



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 (FN) FELIPE SOUZA DE MIRANDA

**SELEÇÃO DE UM SISTEMA DE COMUNICAÇÕES TÁTICAS PARA O CORPO DE
FUZILEIROS NAVAIS A PARTIR DA METODOLOGIA MULTICRITÉRIO DE
APOIO A DECISÃO**

Rio de Janeiro, RJ

2019

CT (FN) FELIPE SOUZA DE MIRANDA

**SELEÇÃO DE UM SISTEMA DE COMUNICAÇÕES TÁTICAS PARA O CORPO DE
FUZILEIROS NAVAIS A PARTIR DA METODOLOGIA MULTICRITÉRIO DE
APOIO À DECISÃO**

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

Seleção de um Sistema de Comunicações Táticas para o Corpo de Fuzileiros Navais a partir da Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão

CT (FN) Felipe Souza de Miranda

Resumo: Na última década pudemos observar uma rápida evolução dos sistemas de comunicação, de maneira aparentemente súbita, a comunicação que outrora se dava somente por voz e de maneira precária passa a utilizar dados de alta velocidade. Tal fato tem levado a necessidade de as Forças Armadas adotarem sistemas de comunicações mais modernos, visando se antecipar aos acontecimentos em campo de Batalha. Este artigo compreende a aplicação do método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) e do método THOR, como métodos de tomada de decisões multicritério na solução do problema de escolha de um Sistema de Comunicações para o Corpo de Fuzileiros Navais, para ser utilizado nas operações em que participa. A aplicação desta metodologia tem como objetivo apoiar a decisão do alto escalão da Administração Naval na escolha de um sistema de comunicações mais adequado para utilização em operações Anfíbias e Terrestres. Considerando que o Corpo de Fuzileiros Navais da Marinha do Brasil tem como propósito mais amplo contribuir para a Defesa da Pátria, este trabalho tem como contribuição para a sociedade a escolha de um sistema de comunicações mais eficiente, possibilitando à “Força que vem do Mar” uma melhor eficiência no cumprimento de suas tarefas.

Palavras-Chave: Sistema de Comunicações Táticas; Auxílio à Decisão Multicritério; Digitalização do Campo De Batalha; THOR; Rádio Definido por Software; Rede Rádio de Combate.

1. INTRODUÇÃO

No Campo de Batalha moderno, é imprescindível a necessidade de um Sistema de Comunicações eficiente para o cumprimento das operações com êxito. Somente dessa maneira se pode garantir que as informações fluirão desde os escalões mais baixos até o que toma as decisões em mais alto nível.

Atualmente, o Corpo de Fuzileiros Navais (CFN) tem sido cada vez mais empregado, além de em Operações Anfíbias que são a razão de sua existência, em operações como Operações de Garantia da Lei e da Ordem e Operações de Paz, trazendo a necessidade de se ligar em comunicações com outros órgãos, como Órgãos de Segurança Pública, Organizações não Governamentais e outros organismos internacionais.

Esses fatores elencados, trazem à tona a necessidade de escolha de equipamentos de comunicação eficientes, versáteis, com alguma capacidade de interoperabilidade e sobretudo que atendam às especificidades do CFN.

O objetivo deste trabalho é assessorar a os elementos decisores da Administração Naval a escolher um Sistema de Comunicações capaz de apoiar, com a melhor eficácia possível, o cumprimento das operações que o CFN participa.

Para atingir o objetivo, esse trabalho utilizará os métodos AHP (*Analytic Hierarchy Process*) e THOR para auxílio à decisão e se iniciará com uma breve fundamentação teórica, onde discorrerá sobre a evolução dos sistemas de comunicação e introduzirá os métodos utilizados. Em seguida será delineada a proposta de solução para o problema, e na sequência serão apresentados e discutidos os resultados. Por fim serão realizadas as considerações finais acerca do estudo.

2. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Devido à evolução tecnológica dos Sistemas de Comunicação e de Informação, Forças Armadas de todo o mundo têm investido maciçamente em atualização dos seus Sistemas de Comunicações Táticas. Nesse contexto, o Brasil não pode ficar atrasado e deve estar preparado para qualquer hipótese de emprego, e em condições de acompanhar o fluxo de informações nesse cenário mais dinâmico.

Quanto mais rápido flui a informação em um cenário de conflito maior é a capacidade de uma força manter a iniciativa e superar o seu oponente no campo de batalha.

Umas das maneiras que o Corpo de Fuzileiros Navais pode se adiantar e manter o seu potencial de preparo e emprego num ambiente mais digitalizado de combate é pela aquisição de um Sistema completo e integrado de comunicações mais eficiente possível.

Como o orçamento de Defesa é limitado no Brasil e a sociedade tem cobrado bastante a eficiência no uso de verbas públicas, deve ser feita compra de equipamentos que realmente atendam às necessidades apontadas, ou seja além de se optar por um sistema eficiente, ele deve ter características técnicas que permitam o seu uso em diversos tipos de ambientes operacionais, como em Operações Anfíbias, Operações Terrestres e Operações de Emprego Limitado da Força, que vêm sendo executadas com muita frequência nas últimas décadas.

Face a situação exposta, surge o seguinte questionamento: Qual Sistema Comunicações Táticas disponível no mercado atende melhor às especificidades de emprego pelo Corpo de Fuzileiros Navais?

Para responder a esta pergunta, será utilizada a metodologia Multicritério de Apoio a Decisão a fim de se chegar a uma solução que agregue todas as características necessárias.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O sucesso no campo de batalha depende do recebimento oportuno de informações precisas apresentadas em um formato que possa ser prontamente digerido pelo comandante e pelo seu Estado-Maior, para permitir que sejam preparados planos apropriados. A simples preparação de um bom planejamento não é suficiente; ele deve ser transmitido àqueles que irão executá-lo, e o comandante e seu Estado-Maior devem ser capazes de controlar sua execução. (RYAN; FRATER, 2000)

De acordo com a Doutrina para o Sistema Militar de Comando e Controle (SISMC2) do Ministério da Defesa (MD), a atividade de comando e controle é essencial para o êxito em operações militares e a capacidade dos comandantes de tomarem decisões acertadas, em todos os níveis, é fundamental para permitir uma sinergia das forças sob sua responsabilidade, buscando contemplar as diversas missões que envolvem o emprego de meios militares. (BRASIL, 2015, p.15).

O Sistema de Comunicações (SistCom) é conceituado no Manual de Comando e Controle dos Grupamentos Operativos de Fuzileiros Navais (2008) como sendo a espinha dorsal de um SISMC2 e o sucesso de qualquer operação depende dele.

Na falta de uma SistCom, os comandantes ficam impossibilitados de expedir as suas ordens, bem como de receber relatórios de seus subordinados. Além disso, outros sistemas, como inteligência, e de coordenação de fogos são extremamente dependentes de comunicações e poderão perder sua eficácia na falta dela.

Para se atingir o fluxo de informações necessário e criar essa sinergia para o cumprimento das missões atribuídas, uma Força necessita de um sistema de comunicações eficiente e adequado às suas especificidades.

3.1. EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA DOS SISTEMAS DE COMUNICAÇÕES TÁTICAS

Desde os velhos rádios PTT (*Push-to-Talk*) analógicos as comunicações rádio evoluíram muito. Esses rádios analógicos evoluíram para sistemas capazes de efetuar modulação digital com uma boa capacidade de dados e possibilidade de repetição de sinal, através do uso de repetidoras. No entanto o maior passo na evolução em redes de comunicação sem fio é a configuração de redes onde cada nó pode se conectar com outro simplesmente por estarem com alcance, de uma forma a *ad-hoc*.

Paralelamente à evolução das topologias de rede, as taxas de dados melhoraram bastante usando técnicas avançadas de modulação, alcançando alta eficiência espectral. Isso permite que novos serviços, como vídeo em tempo real, sejam transmitidos em ambientes onde isso não era possível anteriormente.

Além disso, a tendência de engajamento intensificado em operações multinacionais abrangentes envolvendo recursos militares, civis e não governamentais de vários países cria um requisito de ferramentas eficientes de colaboração baseadas em rede.

Este trabalho se propõe a comparar alguns desses sistemas de forma a auxiliar a decisão de escolha quanto ao possível emprego em Sistemas de comunicação do Corpo de Fuzileiros Navais. Serão avaliados os seguintes sistemas: *Combat Network Radio* (CNR), *Software Defined Radio* (SDR) e o Sistema Rádio Troncalizado APCO 25.

3.1.1. *Combat Network Radio* (CNR)

Amplamente utilizado nas Forças Armadas, também conhecida como Rede Rádio de Combate (CNR). O CNR é o meio tradicional de prover comunicações em movimento. Rádios pequenos e robustos são combinados em um sistema tático flexível que fornece comunicações em uma única frequência sintonizada, half-duplex. Os rádios podem ser montados em veículos

ou transportados em mochilas por soldados. As comunicações ocorrem principalmente pelo canal de voz, embora as comunicações de dados estejam cada vez mais disponíveis em rádios modernos. A principal desvantagem do CNR é que ele é geralmente limitado ao terreno, em vez de limitado pela potência. Isso causa dificuldades adicionais no estabelecimento e manutenção de comunicações entre forças móveis que naturalmente se mantêm em partes baixas no terreno. (RYAN; FRATER, 2000)

Para a comparação nesse artigo foram utilizados dados da família de rádios Tadiran CNR-9000HDR.

3.1.2. Rádio Definido por Software (SDR)

O SDR é um dispositivo de comunicação sem fio no qual a modulação/demodulação do transmissor e do receptor ocorre no software em vez de em hardware, dispensando o uso de filtros, misturadores e amplificadores comuns. Como resultado, a funcionalidade é modificada ou alterada apenas por software, evitando a necessidade de fazer alterações físicas no hardware. Além disso, não requer o uso de capacitores e resistores, pois os algoritmos de filtragem baseados em software podem ser utilizados para selecionar frequências específicas.

Com o SDR, os algoritmos podem ser baixados e adaptados ao longo do ciclo de vida do hardware. O SDR também é capaz de incorporar novas funcionalidades, permitindo que ele faça muito mais do que a transmissão de dados e voz. (CHIAO, 2016)

Por esta flexibilidade o SDR é capaz de facilmente implementar redes Ad-Hoc. Uma rede ad-hoc móvel (MANET) é uma infra-estrutura de informação que tem sido muito comentada por pesquisadores da área nos últimos anos, principalmente devido à sua atraente característica de autoconfiguração e de auto-organização. MANETS são redes constituídas por um conjunto de nós autônomos, interconectados por meio de enlaces sem fio, em que os nós agem como clientes, servidores e roteadores simultaneamente. No entanto, em contraste com as demais redes em malha sem fio (WMN, *Wireless Mesh Networks*), os nós MANET não são estacionários e podem se mover independentemente em qualquer direção. À medida que os nós entram e saem do alcance, a topologia da rede muda dinamicamente sem a necessidade de qualquer administração central (SIGHOLM, 2016).

Para a comparação nesse artigo foram utilizados dados da família de rádios Tadiran MCTR-7200.

3.1.3. Sistema Rádio Troncalizado APCO 25

O Projeto 25 (P25) é um padrão definido para a fabricação de produtos de comunicações sem fio bidirecionais digitais interoperáveis. Foi desenvolvido na América do Norte numa cooperação entre diversos órgãos Estaduais, Federais e a Telecommunications Industry Association (TIA). O P25 obteve aceitação mundial para soluções de segurança pública, serviços públicos e comerciais. (PROJECT 25 TECHNOLOGY INTEREST GROUP, 2019)

Um sistema de rádio P25 é composto por equipamentos fixos e móveis. As estações fixas cumprem as funções de estação base, controlador de tronco e repetidor. Uma estação fixa pode fornecer serviços de dados e interconexão com a rede telefônica pública comutada e para outros sistemas de rádio. Os rádios móveis podem portáteis ou veiculares. Seja fixo ou móvel, todos os rádios P25 podem operar em modos analógicos de modulação de frequência (FM) ou digitais. O modo digital pode usar uma criptografia criptográfica escolhida pelo operador para proteger a confidencialidade da mensagem. O padrão P25 não exige o fornecimento de recursos de criptografia e, portanto, esse recurso está disponível em alguns, mas não em todos, equipamentos compatíveis com P25. (GLASS et al., 2012)

No Brasil, este sistema é conhecido no meio militar devido ao crescente emprego das Forças Armadas em operações de Garantia da Lei e da Ordem (GLO).

Para a comparação nesse artigo foram utilizados dados da família de rádios Motorola APX 2000.

3.2. MÉTODO AHP

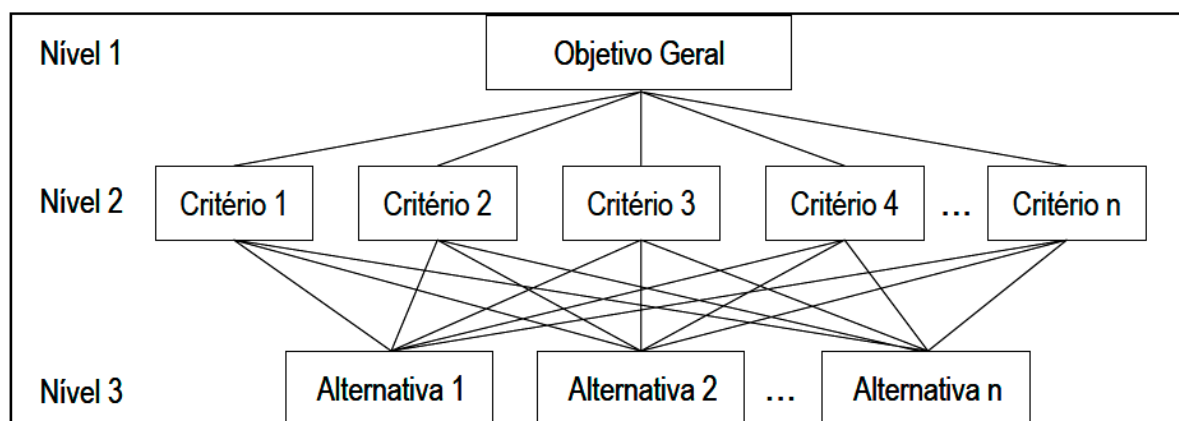
De acordo com Saaty e Vargas (2011), o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) fornece uma solução matemática objetiva para processar as preferências subjetivas e pessoais de um indivíduo ou grupo na tomada de decisão.

Para Silva e Belderrain (2005), a sistemática do método AHP, consiste em se realizar a divisão de um problema em níveis hierárquicos, depois é realizada uma síntese dos valores definidos pelos decisores, criando uma medida global para cada uma das alternativas do problema, ao final da aplicação do método elas são classificadas.

Um problema estruturado com o AHP, é iniciado com a definição de alguns elementos pelo domador de decisão, são eles o objetivo final, os critérios e as alternativas. O objetivo final é o problema em si, ou seja, a decisão que se pretende tomar. Os critérios são os fatores que influenciam o objetivo final, geralmente com relevância ou peso diferentes. E as alternativas são as ações possíveis de serem tomadas, que ao final do processo serão priorizadas para o atingimento do Objetivo final. (WOLFF, 2008)

Dessa maneira, os elementos ficam organizados de forma hierárquica como mostra a Figura 1.

Figura 1 - Hierarquia de três níveis



Fonte: WOLFF, 2008

Após a estruturação do problema o decisor estabelece as prioridades fazendo as devidas comparações entre todos os elementos de um mesmo nível. O objetivo dessas comparações é permitir a medição da contribuição de todos os critérios, inclusive dos qualitativos. Para realizar essa comparação o tomador de decisão se vale de sua experiência na área e de sua intuição.

Para isto, de acordo com Silva e Belderrain (2005), é gerada uma matriz quadrada recíproca positiva conhecida como Matriz Dominante. Essa matriz expressa o quanto um critério ou alternativa é melhor ou pior que outro, após uma comparação par a par realizada pelo decisor.

A comparação par a par das alternativas é realizada através da utilização de uma escala linear própria, que varia de 1 a 9, a qual é denominada Escala Fundamental de Saaty, em homenagem ao criador do método AHP.

Por fim, através dos cálculos matemáticos estabelecidos pelo modelo AHP as alternativas são ordenadas com as pontuações obtidas e chega-se ao resultado final.

3.3. MÉTODO THOR

O algoritmo THOR é um método de apoio a decisão que utiliza simultaneamente a Teoria da Utilidade, a Teoria Multiatributo e a Modelagem de Preferências. Com este algoritmo é possível uma análise mais eficiente, uma vez que considera o não-determinismo na atribuição de pesos dos critérios. Além de permitir a quantificação do não-determinismo e reaplica-lo no processo de ordenação das alternativas. (VALLE et al., 2004)

De acordo com Vieira et al. (2006) são necessárias algumas informações adicionais para a aplicação desse método. Quais sejam, o estabelecimento de pesos para cada um dos critérios, o estabelecimento de dois limiares, um de preferência (p) e um de indiferença (q) e o estabelecimento da discordância. O limiar de indiferença pode ser definido como um limite superior para a diferença do valor de dois critérios quaisquer $g(b)-g(a)$, onde qualquer valor desta diferença inferior a ele, não é suficiente para garantir a preferência de b sobre a. Já o limiar de preferência pode ser definido como um limite inferior de $g(b)-g(a)$, abaixo do qual não pode ser mensurada a preferência de b sobre a.

Segundo Gomes et al. (2009), “o estabelecimento de uma discordância para cada critério reside no fato de que não existem critérios em que a intensidade de preferência de b em relação a a ultrapasse um limite aceitável.” (apud GOMES; COSTA, 2015)

Três situações são consideradas na utilização do THOR: S1, S2 e S3. As três diferem em termos de termos de regras de classificação, onde. S3 é menos rigoroso que S1 e S2 e, portanto, pode levar a mais dominâncias de uma alternativa sobre a outra. S1 permite um maior número de empates que o S3 e S2 é uma situação intermediária entre S1 e S3. (GOMES; GOMES; RANGEL, 2011).

3.4. MÉTODOS DE ESTRUTURAÇÃO DE PROBLEMAS (PSM)

PSM ou *Problem Structuring Methods* são métodos criados para que possamos lidar com certos níveis de incerteza. Os PSM visam a estruturação problemas para ajudar determinado agente facilitador a elaborar planos estruturados para alguma ação futura, como ocorre no apoio a decisão, por exemplo. (CURO; BELDERRAIN, 2011)

Os PSM mais amplamente utilizados são o Soft Systems Methodology (SSM), o Strategic Options Development and Analysis (SODA), e o Strategic Choice Approach (SCA).

O SODA é um método geral de identificação de problemas que usa o mapeamento cognitivo como um dispositivo de modelagem para obter e registrar as visões individuais de uma situação problemática. Os mapas cognitivos individuais congregados (ou um mapa conjunto desenvolvido dentro de uma sessão de oficina) fornecem a estrutura para discussões em grupo e um facilitador orienta os participantes para o comprometimento com um portfólio de ações.

A metodologia Soft Systems (SSM) é um método geral para o redesenho do sistema. Os participantes constroem modelos conceituais (CMs), um para cada visão de mundo relevante. Eles os comparam com as percepções do sistema existente, a fim de gerar um debate sobre quais mudanças são culturalmente viáveis e sistemicamente desejáveis.

Já a SCA é uma abordagem de planejamento centrada no gerenciamento da incerteza em situações estratégicas. Os facilitadores auxiliam os participantes a modelar a interconectividade das áreas de decisão. A comparação interativa de esquemas de decisão alternativos os ajuda a trazer as principais incertezas à tona. Nesta base, o grupo identifica áreas prioritárias para compromisso parcial e projeta explorações e planos de contingência. (MINGERS; ROSENHEAD, 2004)

3.4.1.Strategic Options Development and Analysis (SODA)

Para que seja possível realizar a comparação proposta neste artigo, se faz necessário compreender diversos elementos. Dentre eles, destacam-se a própria estrutura organizacional do CFN, procedimentos, as necessidades e requisitos de comunicações, entre outros.

Dessa maneira, considerando o objeto em estudo, caracterizado por uma problemática não estruturada, pela existência de vários utilizadores em diferentes níveis hierárquicos, e por diversas incertezas, optou-se pela utilização do método Strategic Options Development and Analysis (SODA) para a estruturação do Problema.

O SODA é um método para estruturação de problemas complexos desenvolvido por um pesquisador chamado Colin Eden. Esta metodologia utiliza entrevistas e mapeamentos cognitivos para levantar as visões individuais de um problema.

Mapas construídos por meio da consolidação de mapas cognitivos individuais são usados para facilitar a chegada ao consenso sobre juízo de valores, objetivos organizacionais, questões estratégicas importantes e portfólios de opções.

Além do conteúdo do problema, são considerados a dinâmica afetiva, aspectos da política organizacional e de processos subjetivos inerentes ao grupo de estudo.

O SODA visa fornecer, a quem estuda determinado problema, um dispositivo para auxiliar na negociação, trabalhando a individualidade e subjetividade como base para a definição de problemas. Tende a gerar modelos cada vez mais ricos, em vez de avançar em direção à abstração ou à simplicidade, e vê o gerenciamento estratégico em termos de mudança de pensamento e ação, em vez de planejamento. (SENA et al., 2016)

3.4.2.MAPEAMENTO COGNITIVO

Os mapas cognitivos são representações gráficas, que são obtidos através da interpretação sobre um problema.

Um mapa cognitivo é desenvolvido tendo como base a hierarquização de conceitos inter-relacionados e é utilizado para estruturação e análise de problemas.

Segundo Ackermann, Eden e Cropper (2008), o mapeamento cognitivo é uma técnica usada para estruturar, analisar e entender os dados de um problema. Esses dados podem ser obtidos verbalmente, por exemplo, através de uma entrevista com os atores da organização que se pretende entender determinado problema.

Já de acordo com Amaral e Filho (1998), o processo de mapeamento se desenvolve por meio de entrevistas onde o facilitador conduz o cliente a relacionar construtos ligados ao problema em exame, por meio de entrevistas. Ao final deste processo são obtidos mapas com um número elevado de construtos. Depois de obtido o mapa de como o cliente percebe a situação-problema, é possível ainda, conduzir o cliente a entender melhor a questão em estudo e atuar no modelo, de forma a aprimorar a estrutura e contribuir com novos aspectos ignorados anteriormente, permitindo encontrar soluções.

4. PROPOSTA DE SOLUÇÃO

O problema central de que trata este artigo é a escolha de um Sistema de Comunicações Táticas para o Corpo de Fuzileiros Navais. Foram elencados na fundamentação teórica três possíveis alternativas de sistemas de comunicações, sejam eles Sistemas de rede compostos com rádios CNR, rádios SDR e rádios compatíveis com o padrão APCO25.

Porém, não existe um consenso no Corpo de Fuzileiros Navais sobre quais critérios são necessários à escolha de um Sistema de Comunicações eficiente.

Para se chegar a uma solução sobre quais critérios serão aplicados, devemos estruturar esta problemática. Neste artigo foi aplicado o método SODA, auxiliado com a elaboração de um mapa cognitivo congregado, com o objetivo de esclarecer a situação problemática.

Para contextualizar o problema, primeiramente foram definidos os atores relacionados ao problema em estudo, exibidos na Tabela 1.

Tabela 1 – Atores do Problema

Atores	
Decisor	Comando do Material de Fuzileiros Navais
Intervenientes	Comandantes e demais Usuários das Redes Rádio
Agidos	OM da FFE/Sociedade
Facilitador	O Autor

Fonte: O Autor

Em seguida foram definidos os Elementos Primários de Avaliação (EPA). Esta etapa da fase de estruturação caracterizou-se pelo levantamento dos EPAs, por meio de entrevistas com especialistas (quatro Oficiais Fuzileiros Navais com cursados em Comunicações, dois deles com graduação em Engenharia de Telecomunicações) representando o Decisor.

Solicitou-se que cada decisor identificasse os requisitos que direta ou indiretamente influenciam no desempenho de um Sistema de Comunicações a ser utilizado pelo CFN.

Buscou-se na entrevista, motivar os especialistas a falar sobre todos os aspectos que acreditava ser importantes, sendo que não deveriam se preocupar com a redundância. Desse processo surgiram os Elementos Primários de Avaliação (EPAs), conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Elementos Primários de Avaliação (EPAs)

1 - Desempenho	2 - Resistência a escutas	3 - Funcionamento com outros sistemas
4 - Segurança	5 - Imunidade a interferências	6 - Facilidade de Transporte
7 - Mobilidade	8 - Velocidade de Dados	9 - Flexibilidade
10 - Resistência a interferências	11 - Quantidade de Canais	12 - Facilidade de Alteração da Arquitetura
13 - Criptografia	14 - Tolerância a Falhas	15 - Consumo de Energia/ Bateria

Fonte: O Autor

Na sequência, buscou-se elaborar, em conjunto com os especialistas, os conceitos orientados à ação. Os conceitos foram obtidos, por meio de perguntas direcionadas aos especialistas, onde foi solicitado a cada um falar detalhadamente sobre cada EPA. Na Tabela 3, são apresentados alguns exemplos de conceitos orientados à ação e seus correspondentes opostos psicológicos.

Tabela 3 – Conceitos orientados à ação

Atingir desempenho satisfatório às necessidades do CFN....Não atender aos requisitos de Comunicações Mínimos
Ter imunidade a interferências... Ter seu funcionamento facilmente comprometido por outras fontes rádio
Possibilitar sigilo nas comunicações... Ser inseguro quanto ao conteúdo transmitido

Fonte: O Autor

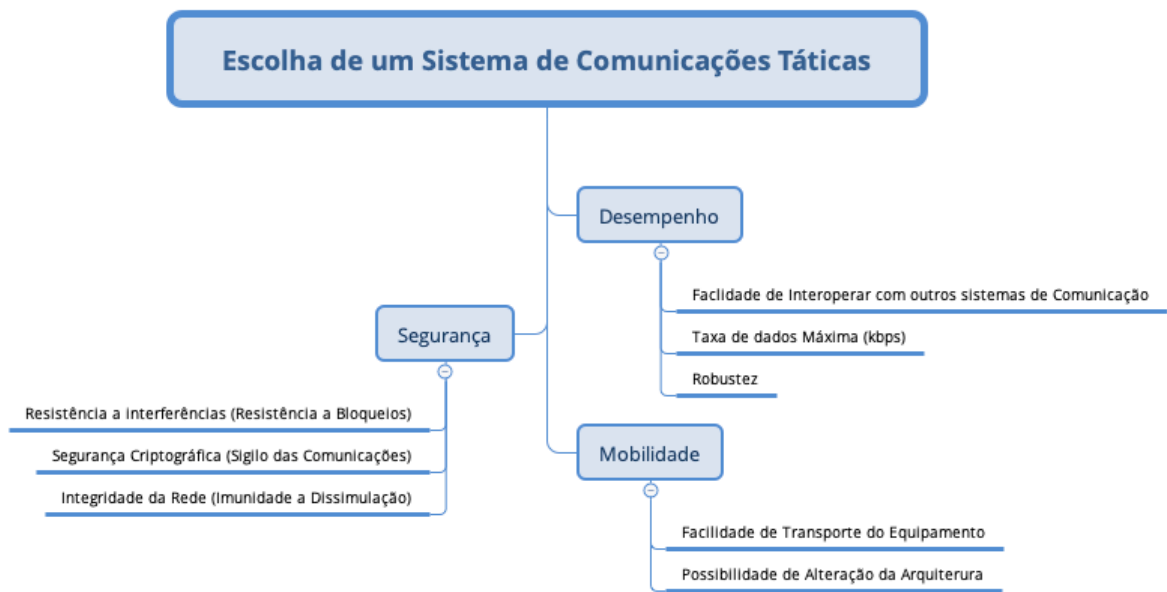
Depois de identificados os EPAs e da construção dos Conceitos orientados à ação, compreendeu-se melhor os pontos que os especialistas julgaram importantes, em relação a um

Sistema de Comunicações Táticas. Assim foi possível agrupar os conceitos importantes em poucos grupos de requisitos, são eles: Desempenho, Segurança e Mobilidade.

Depois do agrupamento dos Requisitos, foi possível realizar a construção dos Mapas individuais referentes às opiniões de cada especialista e destes em seguida em seguida foram obtidos os mapas agregados.

Após a construção do mapa agregado, o passo seguinte foi obter o mapa congregado. O mapa agregado recebeu algumas modificações devido à análise do decisor, resultando na árvore de requisitos mostrada na Figura 2.

Figura 2. Árvore de critérios do subsistema de Rádio de Combate.



Fonte: O Autor

4.1. SOLUÇÃO PELO MÉTODO AHP

A partir do mapa mental foi possível chegar à definição dos critérios mais importantes para a escolha do Sistema de Comunicações Táticas ideal.

Os critérios que têm impacto sobre essa escolha são os apresentados no segundo nível da hierarquia, quais sejam: o Desempenho, Segurança e Mobilidade. Esses três critérios foram divididos ainda em subcritérios, desta forma: Interoperabilidade, Taxa de Dados Máxima e Robustez são subcritérios do critério Desempenho, enquanto Resistência a Interferências, Segurança criptológica e Integridade da Rede são subcritérios do critério Segurança e, por fim, Facilidade de Transporte e Possibilidade de Alteração da Arquitetura são subcritérios do critério Mobilidade.

Com os critérios elencados foi possível realizar a comparação de pares, utilizando a escala fundamental de Saaty, que pode ser visualizada, a seguir, na Tabela 4.

Tabela 4 – Matriz de Ponderações de Segundo Nível

	Desempenho	Segurança	Mobilidade
Desempenho	1	0,33	2,00
Segurança	3,00	1,00	5,00
Mobilidade	0,50	0,20	1,00

Fonte: O Autor

Tais resultados são normalizados pela aplicação da expressão:

$$\bar{w}_i(C_j) = \frac{C_{ij}}{\sum_{i=1}^m C_{ij}}, \quad j = 1, \dots, m$$

Fonte: GOMES; GONZÁLEZ; CARIGNANO, 2004

Onde m corresponde ao número de critérios de um mesmo nível. O vetor prioridade é calculado da seguinte forma:

$$\bar{w}(C_i) = \sum_{j=1}^m \bar{w}_i(C_j)/m, \quad i = 1, \dots, m$$

Fonte: GOMES; GONZÁLEZ; CARIGNANO, 2004

Os resultados da normalização e dos vetores prioridade são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Matriz de Ponderações de Segundo Nível (Normalizada)

	Desempenho	Segurança	Mobilidade	VETOR PRIORIDADE
Desempenho	0,22	0,22	0,25	0,230
Segurança	0,67	0,65	0,63	0,648
Mobilidade	0,11	0,13	0,13	0,122

Fonte: O Autor

Portanto, pela análise do Vetor Prioridade, a ordem de prioridade dos critérios é Segurança, Desempenho e Mobilidade.

Em seguida foram ponderados os subcritérios referentes a cada critério, apresentados já normalizados e com os vetores prioridade calculados nas Tabelas 6 a 8 abaixo.

Tabela 6 – Matriz de comparação dos subcritérios do critério desempenho

	Facilidade de Interoperar	Taxa de dados Máxima (kbps)	Robustez	VETOR PRIORIDADE
Facilidade de Interoperar	0,2	0,3	0,2	0,260
Taxa de dados Máxima (kbps)	0,1	0,1	0,1	0,106
Robustez	0,7	0,6	0,7	0,633

Fonte: O Autor

Tabela 7 – Matriz de comparação dos subcritérios do critério Segurança

	Resistência a interferências	Segurança Criptográfica	Integridade da Rede	VETOR PRIORIDADE
Resistência a interferências	0,1	0,1	0,1	0,122
Segurança Criptográfica	0,6	0,7	0,7	0,648
Integridade da Rede	0,3	0,2	0,2	0,230

Fonte: O Autor

Tabela 8 – Matriz de comparação dos subcritérios do critério Mobilidade

	Desempenho	Segurança	VETOR PRIORIDADE
Facilidade de Transporte	0,8	0,8	0,750
Possibilidade de Alteração da Arquitetura	0,3	0,3	0,250

Fonte: O Autor

Para as avaliações das alternativas houve dificuldade em se obter os dados dos critérios em quantificação numérica. Somente o subcritério Taxa de Dados Máxima têm valores quantificáveis disponíveis, exibidos na Tabela 9.

Tabela 9 – Tabela das alternativas Segundo o Critério Taxa de Dados

Alternativa	Taxa de Dados Máxima	Taxa de Dados Normalizada
<i>CNR</i>	115,20	0,18
<i>SDR</i>	500,00	0,80
<i>APCO 25</i>	12,00	0,02

Fonte: O Autor

Para todos os demais critérios foram elencadas, por um especialista, as prioridades de cada alternativa em relação a cada subcritério, utilizando a escala fundamental de Saaty, o que originou a matrizes apresentadas nas tabelas 10 a 16. Em seguida, os valores foram normalizados pela aplicação da equação abaixo:

$$\bar{v}_i(A_j) = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}, \quad j = 1, \dots, n$$

Fonte: GOMES; GONZÁLEZ; CARIGNANO, 2004

Desta forma, o vetor de prioridades, que nada mais é do que a média dos valores obtidos na normalização, é obtido pela aplicação da seguinte equação:

$$\bar{v}_k(A_i) = \sum_{j=1}^n \bar{v}_i(A_j)/n, \quad i = 1, \dots, n$$

Fonte: GOMES; GONZÁLEZ; CARIGNANO, 2004

Abaixo são exibidas as tabelas de comparação das alternativas e os resultados dos cálculos dos Vetores Prioridade.

Tabela 10 – Matriz de Comparação das Alternativas segundo a Interoperabilidade

Matriz de Comparação das Alternativas (Interoperabilidade)			
	CNR	SDR	APCO 25
<i>CNR</i>	1,00	0,50	0,20
<i>SDR</i>	2,00	1,00	0,33
<i>APCO 25</i>	5,00	3,00	1,00

Fonte: O Autor

Após a realização dos cálculos de normalização e do vetor prioridade, obteve-se a seguinte pontuação das alternativas segundo o critério Interoperabilidade: 0,12 para o CNR 0,23 para o SDR e 0,65 para o APCO 25.

Tabela 11 – Matriz de Comparação das Alternativas segundo a Robustez

Matriz de Comparação das Alternativas (Robustez)			
	CNR	SDR	APCO 25
<i>CNR</i>	1,00	1,00	3,00
<i>SDR</i>	1,00	1,00	3,00
<i>APCO 25</i>	0,33	0,33	1,00

Fonte: O Autor

A pontuação das alternativas em relação ao critério Robustez é: 0,43 para o CNR, 0,43 para o SDR e 0,14 para o APCO 25.

Tabela 12 – Matriz de Comparação das Alternativas segundo a Resistencia a Interferências

Matriz de Comparação das Alternativas (Resistencia a Interferências)			
	CNR	SDR	APCO 25
<i>CNR</i>	1,00	0,50	3,00
<i>SDR</i>	2,00	1,00	4,00
<i>APCO 25</i>	0,33	0,25	1,00

Fonte: O Autor

Foi obtida a seguinte pontuação das alternativas segundo o critério Resistencia a Interferências: 0,32 para o CNR, 0,56 para o SDR e 0,12 para o APCO 25.

Tabela 13 – Matriz de Comparação das Alternativas segundo a Segurança Criptológica

Matriz de Comparação das Alternativas (Segurança Criptológica)			
	CNR	SDR	APCO 25
CNR	1,00	2,00	4,00
SDR	0,50	1,00	3,00
APCO 25	0,25	0,33	1,00

Fonte: O Autor

As alternativas tiveram a seguinte pontuação segundo o critério Segurança Criptológica: 0,56 para o CNR, 0,32 para o SDR e 0,12 para o APCO 25.

Tabela 14 – Matriz de Comparação das Alternativas segundo a Integridade da Rede

Matriz de Comparação das Alternativas (Integridade da Rede)			
	CNR	SDR	APCO 25
CNR	1,00	2,00	5,00
SDR	0,50	1,00	4,00
APCO 25	0,20	0,25	1,00

Fonte: O Autor

As alternativas tiveram a seguinte pontuação segundo o critério Integridade da Rede: 0,57 para o CNR, 0,33 para o SDR e 0,10 para o APCO 25.

Tabela 15 – Matriz de Comparação das Alternativas segundo a Facilidade de Transporte

Matriz de Comparação das Alternativas (Facilidade de Transporte)			
	CNR	SDR	APCO 25
CNR	1,00	1,00	0,14
SDR	1,00	1,00	0,14
APCO 25	7,00	7,00	1,00

Fonte: O Autor

As alternativas tiveram a pontuação de prioridade segundo o critério Facilidade de Transporte: 0,11 para o CNR, 0,11 para o SDR e 0,78 para o APCO 25.

Tabela 16 – Matriz de Comparação das Alternativas segundo a Possibilidade de Alteração da Arquitetura

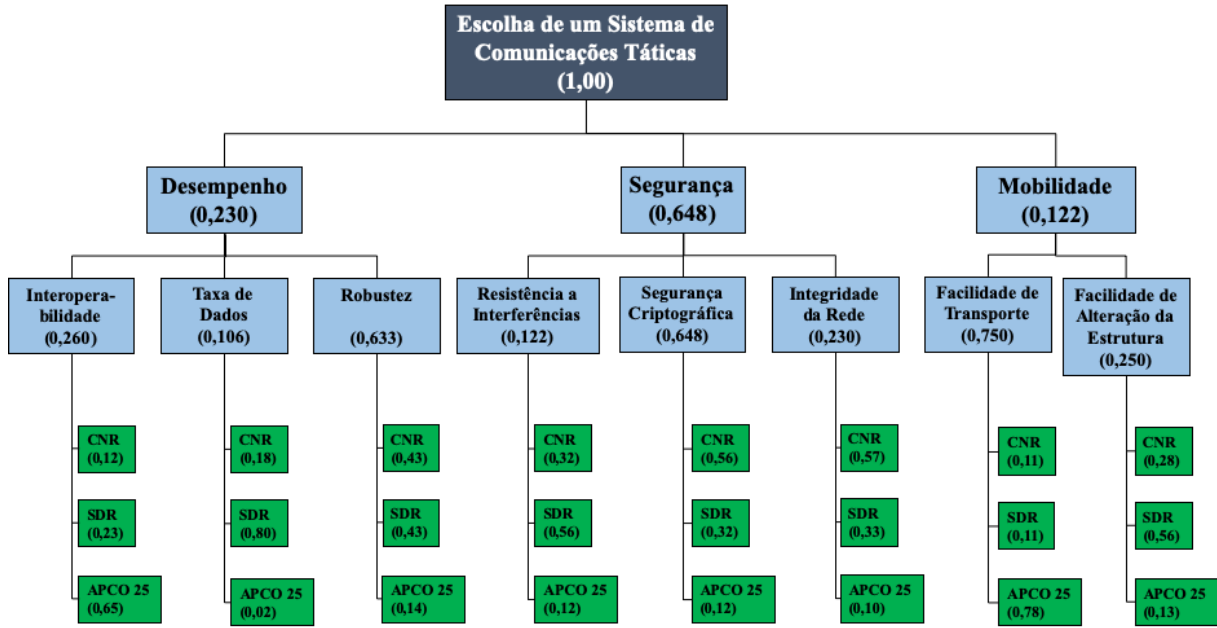
Matriz de Comparação das Alternativas (Possibilidade de Alteração da Arquitetura)			
	CNR	SDR	APCO 25
CNR	1,00	1,00	2,00
SDR	2,00	1,00	2,00
APCO 25	0,33	0,20	1,00

Fonte: O Autor

As alternativas tiveram a seguinte pontuação segundo o critério Possibilidade de Alteração da Arquitetura: 0,38 para o CNR, 0,48 para o SDR e 0,13 para o APCO 25.

Dessa forma, a síntese dos pesos atribuídos aos critérios e às alternativas pelo Método AHP são apresentados na Figura 3.

Figura 3. Pesos Obtidos para o Problema



Fonte: O Autor

4.1.1. RESULTADOS ALCANÇADOS

Para obter os valores finais de cada alternativa, utiliza-se a equação abaixo, exibida Figura 4, onde são multiplicados todos os pesos obtidos em cada nível e somados por todos os critérios para cada alternativa. Assim, para o CNR, a pontuação final é atingida da seguinte maneira:

Figura 4. Fórmula para cálculo da pontuação das alternativas

$$\bar{f}(A_j) = \sum_{i=1}^m \bar{w}(C_i) \times v_i(A_j), \quad j = 1, \dots, n$$

Fonte: GOMES; GONZÁLEZ; CARIGNANO, 2004

Pontuação do Sistema CNR = $0,230 \times 0,260 \times 0,12 + 0,230 \times 0,106 \times 0,18 + 0,230 \times 0,633 \times 0,43 + 0,648 \times 0,122 \times 0,32 + 0,648 \times 0,648 \times 0,56 + 0,648 \times 0,230 \times 0,57 + 0,122 \times 0,75 \times 0,11 + 0,122 \times 0,25 \times 0,28 = 0,439972532$

Pontuação do Sistema SDR = $0,230 \times 0,260 \times 0,23 + 0,230 \times 0,106 \times 0,80 + 0,230 \times 0,633 \times 0,43 + 0,648 \times 0,122 \times 0,56 + 0,648 \times 0,648 \times 0,32 + 0,648 \times 0,230 \times 0,33 + 0,122 \times 0,75 \times 0,11 + 0,122 \times 0,25 \times 0,56 = 0,348897576$

Pontuação do Sistema APCO 25 = $0,230 \times 0,260 \times 0,65 + 0,230 \times 0,106 \times 0,02 + 0,230 \times 0,633 \times 0,14 + 0,648 \times 0,122 \times 0,12 + 0,648 \times 0,648 \times 0,12 + 0,648 \times 0,230 \times 0,10 + 0,122 \times 0,75 \times 0,78 + 0,122 \times 0,25 \times 0,13 = 0,211129892$

Como resultado final, foi possível estabelecer as pontuações para as alternativas conforme descrito na Tabela 17.

Tabela 17 – Pontuação final das alternativas

Posição	Sistema de Comunicações Táticas
1º	CNR
2º	SDR
3º	APCO 25

Fonte: O Autor

4.2. SOLUÇÃO PELO MÉTODO THOR

Com os critérios já elencados na Proposta de Solução, seguiu-se a avaliação das três alternativas pelo método THOR.

Foi realizada uma abordagem do método THOR com os mesmos dados da modelagem AHP (Critérios e seus pesos), para efeito de comparação dos resultados.

Foram utilizados os mesmos valores (pesos dos critérios e matriz de comparação entre as alternativas) da modelagem AHP, pois o objetivo é justamente comparar o algoritmo THOR com o método AHP. Os pesos foram consolidados a partir da Figura 3 e a matriz de comparação foi extraída a partir dos Vetores Prioridade da modelagem AHP. Estes dados estão reunidos na Tabela 18.

Tabela 18 – Matriz de Comparação para modelagem THOR

	Critérios	Peso	CNR	SDR	APCO 25
Desempenho	Facilidade de Interoperar com outros sistemas de Comunicação	0,06	0,12	0,23	0,65
	Taxa de dados Máxima (kbps)	0,02	0,18	0,8	0,02
	Robustez	0,15	0,43	0,43	0,14
Segurança	Resistência a interferências (Resistência a Bloqueios)	0,08	0,32	0,56	0,12
	Segurança Criptográfica	0,42	0,56	0,32	0,12
	Integridade da Rede (Imunidade a Dissimulação)	0,15	0,57	0,33	0,1
Mobilidade	Facilidade de Transporte	0,09	0,11	0,11	0,78
	Possibilidade de Alteração da Arquitetura	0,03	0,38	0,48	0,13

Fonte: O Autor

4.2.1. RESULTADOS ALCANÇADOS

Para se obter a ordenação entre as alternativas em cada situação (S1, S2 e S3) são aplicados os seguintes algoritmos:

$$S1: \sum_{j=1}^n (w_j | aP_j b) > \sum_{j=1}^n (w_j | aQ_j b + aI_j b + aR_j b + bQ_j a + bP_j a)$$

$$S2: \sum_{j=1}^n (w_j | aP_j b + aQ_j b) > \sum_{j=1}^n (w_j | aI_j b + aR_j b + bQ_j a + bP_j a)$$

$$S3: \sum_{j=1}^n (w_j | aP_j b + aQ_j b + aI_j b) > \sum_{j=1}^n (w_j | aR_j b + bQ_j a + bP_j a)$$

Nessa equação R representa a não comparabilidade e w_j representa o peso do critério j ; e os critérios são $j = 1, 2, \dots, n$, onde:

Limite de preferência (p): $aPb \leftrightarrow g(a) - g(b) > + p$

Limite de indiferença (q): $aIb \leftrightarrow -q \leq g(a) - g(b) \leq + q$

Situação de preferência fraca: $aQb \leftrightarrow q < |g(a) - g(b)| \leq p$

Na primeira situação (S1) as alternativas só pontuam nas ocasiões em que ocorre aPb , da seguinte forma:

A alternativa a é comparada com todas as outras alternativas. De maneira que, verifica-se os critérios nos quais ocorre aPb levando-se em consideração os limiares de preferência e de indiferença e a discordância. Se a condição imposta for satisfeita, tem-se que a domina b , posteriormente os pesos dos critérios nos quais a condição foi atendida são somados. Para uma alternativa c , o mesmo procedimento é repetido. A pontuação (ou atratividade) final da alternativa a será a soma desses valores obtidos (GOMES et al., 2008).

Na segunda situação (S2) as alternativas pontuam em ocasiões em que ocorre aPb e aQb . Já na situação S3, as alternativas pontuam para ocasiões em que aPb , aQb e aIb .

É importante frisar que as duas últimas situações (S2 e S3) são menos rigorosas que a primeira (S1), de maneira que uma menor diferença entre avaliações permite indicar uma alternativa como melhor que outra em determinado critério (GOMES; GOMES; RANGEL, 2009).

Após a inclusão dos dados dos critérios e alternativas em uma ferramenta implementada em PYTHON, o THOR se apresenta como uma ordenação gerando a atratividade de uma alternativa, de acordo com o modelo. Os resultados são apresentados na forma de valores numéricos representando (quantificando) a atratividade, como é mostrado na Tabela abaixo:

Tabela 18 – Pontuação das Alternativas na modelagem THOR em S1

S1				PONTUAÇÃO
CNR	0.0	0.5	0.5	1.0
SDR	0.5	0.0	0.5	1.0
APCO 25	0.5	0.5	0.0	1.0

Fonte: O Autor

Tabela 19 – Pontuação das Alternativas na modelagem THOR em S1

S2				PONTUAÇÃO
CNR	0.0	0.646	0.849	1.495
SDR	0.0	0.0	0.849	0.849
APCO 25	0.0	0.0	0.0	0.0

Fonte: O Autor

Tabela 20 – Pontuação das Alternativas na modelagem THOR em S3

S3				PONTUAÇÃO
CNR	0.0	0.78	0.849	1.629
SDR	0.0	0.0	0.849	0.849
APCO 25	0.0	0.0	0.0	0.0

Fonte: O Autor

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos acima apontam que o rádio CNR, sistema mais tradicional no meio militar, continua sendo a melhor opção de aquisição com pontuação muito superior aos demais tanto na modelagem AHP quanto na modelagem THOR. Conclui-se também pelos resultados, que os critérios desempenho e segurança foram determinantes no resultado do melhor sistema de comunicações pelo maior peso pontuação final.

Na modelagem THOR todos os sistemas empatam no primeiro cenário e o CNR ganha nos outros dois. Podemos observar pelo resultado que o sistema CNR também se mostra como a melhor opção quando aplicado o modelo THOR. Os dois modelos, THOR e AHP resultaram na mesma ordenação: CNR, SDR e MANETS.

Por se tratarem de equipamentos de uso reservado, e consequentemente com muitas informações omitidas, foram adotados critérios simplificados de comparação entre as alternativas elencadas. Em um processo de avaliação mais profundo, onde realmente seja feita a proposta comercial aos fornecedores, com o recebimento dos dados detalhados dos Sistemas, bastaria substituir as avaliações qualitativas deste trabalho por dados quantitativos para se chegar a um resultado ainda mais preciso.

Embora ao longo do desenvolvimento deste artigo tenha parecido simples realizar a comparação entre as alternativas de sistemas de comunicações táticas, existem outros critérios ainda mais subjetivos que poderiam, por exemplo, ser postos à prova em um exercício em campo. Porém, para o objetivo do artigo que é mostrar uma aplicação prática dos métodos de apoio à decisão, os critérios e os resultados atingidos foram satisfatórios.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse artigo apresentou a estruturação de um problema de seleção de equipamentos que é comum na área militar e a utilização de um método multicritério é vantajosa pois permite clareza na abordagem do processo decisório e na apresentação do resultado.

O problema aqui apresentado tem como característica a existência de aspectos bastante técnicos e a necessidade de experiência no meio militar, particularmente das comunicações navais, esse óbice foi amenizado com a entrevista com militares habilitados em comunicações e com a simplificação dos critérios abordados.

Com a aplicação do método AHP chegou-se a conclusão que se deve optar pela opção tradicional das comunicações militares, o sistema *Combat Network Radio* (CNR), pois ele é a que melhor atende aos critérios básicos necessários ao desempenho das tarefas típicas de um tropa de Fuzileiros Navais.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACKERMANN, Fran; EDEN, Colin; CROPPER, Steve. **Cognitive mapping: Getting Started with Cognitive Mapping**. [S. l.], 2008. Disponível em:

<https://pkab.wordpress.com/2008/01/19/getting-started-with-cognitive-mapping/>. Acesso em: 5 set. 2019.

ALENCAR, Luciana Hazin; COSTA, Ana Paula Cabral Seixas. **Gerenciamento De Projeto Na Construção Civil Baseado No Sad Thor – Estudo De Caso**. XXXVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, São João Del Rei, 2004.

AMARAL, Daniel Capaldo; FILHO, Targino de Araújo. **APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SODA NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO**. **ENESEP**, [S. l.], 1998.

BRASIL. Ministério da Defesa. MD-31-M-03: **Doutrina para o Sistema Militar de Comando e Controle**. 3. ed. Brasília, DF: 2015

BRASIL. Marinha. Corpo de Fuzileiros Navais. Comando-Geral. **CGCFN 60: Manual de Comando e Controle dos Grupamentos Operativos de Fuzileiros Navais**. Rio de Janeiro, 2008.

CHIAO, STEPHANIE. **Software-defined radio enables enhanced military communications**. Military Embedded Systems, [S. l.], 28 out. 2016. Disponível em: <http://mil-embedded.com/articles/software-defined-enhanced-military-communications>. Acesso em: 5 maio 2019.

CURO, Rocio Soledad Gutierrez; BELDERRAIN, Mischel Carmen Neyra. Ensino dos métodos de estruturação de problemas para estudantes de engenharia. **XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia 2011**, São José dos Campos - SP, 2011.

DEVETAK, Sasa; KAROVIC, Samed. **Application of AHP method in support of decision-making of CIS selection in the land forces operations**. [S. l.], 2018.

DOSHI, Bharat and ; CANSEVER, Dr. **Software Defined Networking for Army's Tactical Network: Promises, Challenges, and an Architectural Approach**. Journal of Cyber Security and Information Systems, [S. l.], 2018.

EDEN, C., Ackermann, F. and Cropper, S. The analysis of cause maps, Journal of Management Studies, 29(3), pp. 309–324. 1992.

ELBIT SYSTEMS. Datasheet: Tadiran CNR-9000HDR /IP RADIO. Publicação Eletrônica, 2016.

ELBIT SYSTEMS. Datasheet: MCTR-7200 Family of Software-Defined Radios. Publicação Eletrônica, 2016a.

ENSSLIN, Leonardo; DUTRA, Ademar; ENSSLIN, Sandra Rolim. O uso de mapas cognitivos como instrumento de apoio ao processo decisório: um estudo de caso. www.abepro.org.br – biblioteca –ENEGEP: 1997 <acesso em 01.0.2019>

GOMES, Luiz Flavio Autran Monteiro; GONZÁLEZ, Marcela Cecilia Araya; CARIGNANO, Claudia. **Tomada de decisões em cenários complexos: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão**. [S. l.]: Thomson, 2004.

GOMES, Luiz Flavio Autran Monteiro; GOMES, Carlos Francisco Simões; RANGEL, Luís Alberto Duncan. **A comparative Decision Analysis with THOR and TODIM: rental evaluation in Volta Redonda**. Revista Tecnologia (UNIFOR), Fortaleza, 2009.

GOMES, Luiz Flavio Autran Monteiro; GOMES, Carlos Francisco Simões; RANGEL, Luiz Alberto Duncan. BALLAST WATER MANAGEMENT: A COMPARATIVE ANALYSIS OF TODIM AND THOR. **The 21st International Conference on Multiple Criteria Decision Making**, [S. l.], 2011.

GOMES, Carlos Francisco Simões; NUNES, Kátia R.A; XAVIER, Lucia Helena. CARDOSO, Rosângela; VALLE, Rogerio. **Multicriteria decision making applied to waste recycling in Brazil**. The International Journal of Management Science, 2008.

GOMES, Carlos Francisco Simões; COSTA, Helder Gomes Costa. Aplicação de métodos multicritério ao problema de escolha de modelos de pagamento eletrônico por cartão de crédito. **Associação Brasileira de Engenharia de Produção**, [S. l.], 2015.

LASS, Stephen; MUTHUKKUMARASAMY, Vallipuram; PORTMANN, Marius; ROBERT, Matthew. Insecurity in Public-Safety Communications: APCO Project 25. **Queensland Research Laboratory**, Brisbane, 2012.

LUIZ, André Vinícius Pinho. **A Evolução Tecnológica e sua Influência no Sistema Militar de Comando e Controle: Impactos e Consequências das novas Tecnologias e do SDGC na Capacidade do Sistema Militar de Comando e Controle**. Escola de Guerra Naval, 2017.

MINGERS, John; ROSENHEAD, Jonathan. Problem Structuring Methods in Action. **European Journal of Operational Research** , London, 2004.

MOTOROLA. Folha de Dados do Produto: RÁDIO PORTÁTIL P25 APX™ 2000. Publicação Eletrônica, 2018.

Project 25 Technology Interest Group. What is Project 25?. Disponível em: <<http://www.project25.org/>>. Acesso em: 20 de jul. de 2019.

RYAN, Mike; FRATER, M. **A Modern Tactical Communication System for the Australian Army**. Australian Defence Force Academy, Canberra, Austrália, 2000.

SALLES, Ronaldo M. et al. **Novas perspectivas tecnológicas para o emprego das comunicações no Exército Brasileiro**. Revista Militar de Ciência e Tecnologia, [S. l.], 2008.

SENA, THIAGO FRANCISCO DE; PIRATELLI, Claudio Luis; LIMA, Cleber Marcelo de; PAVAN, Anderson; TREVISAN, Germano de M. M. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SODA NO PROJETO DE UM SISTEMA DE MEDIÇÃO DE DESEMPENHO. XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, João Pessoa/PB, 2016.

SIGHOLM, JOHAN. **Secure Tactical Communications For Inter-Organizational Collaboration**. 2016. Dissertação (Doutorado) - University of Skövde, [S. l.], 2016.

SAATY, T. L. **Fundamentals of decision making and priority theory with the analytic hierarchy process**. Pittsburgh: RWS publications, 2006. 478 p.

SAATY, Thomas L.; VARGAS, Luis. **The Seven Pillars of the Analytic Hierarchy Process**. **Analytic Hierarchy Process (AHP)**, [S. l.], 2011.

SILVA, R.M.; BELDERRAIN, M.C.N. **Considerações sobre Métodos de Decisão Multicritério**. XI Encontro de Iniciação Científica e Pos-Graduação do ITA, São José dos Campos. 2005.

WOLFF, Cristina Santos. **O método AHP – revisão conceitual e proposta de simplificação.** Orientador: JOSE EUGENIO LEAL. Dissertação (Mestrado) - PUC-RIO, Rio de Janeiro, 2008.

VALLE, Rogerio; CARDOSO, Rosangela; XAVIER, Lúcia H.; GOMES, Carlos Francisco Simões. **Sistema De Apoio À Decisão Multicritério Thor Aplicado Na Avaliação Das Alternativas De Destinação De Resíduo Plástico.** Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha , Rio de Janeiro, 2004.

VIEIRA, Guilherme Bergmann Borges; PASA, Giovana Savitri; GOMES, Carlos Francisco Simões; SANTOS, Carlos Honorato Schuch. **Identificação de Hub Ports na Costa Brasileira Comparação Entre a Análise Conjunta e o Sad- Thor.** XXXVIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, Goiânia, 2006.