

CLÁUDIO JOSÉ RIBEIRO SALLES

**MÉTODO DE PRIORIZAÇÃO DOS REQUISITOS DO NAVIO NO PROJETO DE
CONCEPÇÃO**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do
Título de Mestre em Engenharia.

São Paulo

2004

ON

CLÁUDIO JOSÉ RIBEIRO SALLES

**MÉTODO DE PRIORIZAÇÃO DOS REQUISITOS DO NAVIO NO PROJETO DE
CONCEPÇÃO**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do
Título de Mestre em Engenharia.

Área de Concentração:
Engenharia Naval

Orientador:
Prof. Livre Docente
Kazuo Nishimoto

São Paulo

2004

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo propor uma alteração no processo de obtenção de um novo meio da Marinha. Essa alteração visa estabelecer um método para transformar os requisitos do navio, estabelecida na fase inicial do processo, em uma lista onde os requisitos além de descritos estão elencados por prioridade e com peso. Desta forma, as pessoas que elaborarão as etapas posteriores do processo de obtenção terão uma sinalização fundamental para progredir no seu trabalho. O processo decisório de definição dos requisitos do meio deve contar com uma efetiva participação dos membros de um grupo designado com conhecimento especializado nas diversas funcionalidades do navio e com experiência profissional diversificada. Os estudos visarão consolidar conceitos amplamente utilizados nas diversas indústrias, os quais integrados, viabilizarão e implementarão o sistema proposto. A essa consolidação de conceitos, a que denominamos Engenharia Simultânea e Metodologia de Decisão com Múltiplos Atributos, tem capacitado muitas empresas a desenvolverem habilidades, obtendo vantagens competitivas. A proposta visa colaborar não só na redução de prazos, dos custos e dos retrabalhos, como também assegurar um produto final fiel às necessidades inicialmente elencadas no processo de obtenção do navio de guerra.

AGRADECIMENTOS

Ao amigo e orientador Prof. Dr. Kazuo Nishimoto pelas diretrizes seguras e o permanente incentivo.

A todos que me ajudaram e incentivaram, em especial aos professores do Departamento de Engenharia Naval, ao senhor Roberto Capuano representante da Expert Choice e ao amigo Leonam dos Santos Guimarães.

Aos oficiais e engenheiros que colaboraram com suas opiniões e incentivos.

Aos meus pais pela orientação, carinho e exemplo de vida.

A minha esposa Virgínia e filhos Cláudio e Morgana pelo estímulo e incansável apoio.

AGRADECIMENTOS

Ao amigo e orientador Prof. Dr. Kazuo Nishimoto pelas diretrizes seguras e o permanente incentivo.

A todos que me ajudaram e incentivaram, em especial aos professores do Departamento de Engenharia Naval, ao senhor Roberto Capuano representante da Expert Choice e ao amigo Leonam dos Santos Guimarães.

Aos oficiais e engenheiros que colaboraram com suas opiniões e incentivos.

Aos meus pais pela orientação, carinho e exemplo de vida.

A minha esposa Virgínia e filhos Cláudio e Morgana pelo estímulo e incansável apoio.

CLÁUDIO JOSÉ RIBEIRO SALLES

**MÉTODO DE PRIORIZAÇÃO DOS REQUISITOS DO NAVIO NO PROJETO DE
CONCEPÇÃO**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do
Título de Mestre em Engenharia.

Área de Concentração:
Engenharia Naval

Orientador:
Prof. Livre Docente
Kazuo Nishimoto

São Paulo

2004

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS

1	Introdução.....	1
1.1	Considerações iniciais.....	1
1.2	O papel da Marinha do Brasil.....	4
1.3	Apresentação do trabalho.....	4
1.4	Metodologia.....	5
1.4.1	Estrutura da dissertação.....	6
2	Obtenção de um Novo Meio pela Marinha.....	8
2.1	Ciclo do produto.....	8
2.2	Análise do Processo da Marinha.....	12
2.3	Requisitos de Estado-Maior.....	14
2.4	Exemplo de um Requisito de Estado-Maior.....	17
2.5	Engenharia de Requisitos.....	24
2.6	Metodologia Proposta.....	27
3	Método de Tomada de Decisão com Múltiplos Atributos.....	32
3.1	Escolha do Método.....	35
3.1.1	MAUT.....	35
3.1.2	TOPSIS.....	36
3.1.3	AHP.....	37
3.1.4	Comparação entre os Métodos.....	39
3.2	Detalhamento do AHP.....	41
3.2.1	Comparação aos Pares.....	41
3.2.2	Método de Cálculo do Autovetor.....	45
3.2.3	Estruturando o Problema em Hierarquia.....	47
4	Priorização de Requisitos.....	50
4.1	Propósito.....	50
4.2	Estruturação da Pesquisa.....	50
4.2.1	Estruturação do Modelo da Pesquisa.....	50
4.2.2	Estruturação da Amostra da Pesquisa.....	55
4.3	Resultados da Pesquisa.....	56
4.3.1	Resultado da pesquisa trabalhada individualmente.....	56
4.3.2	Resultado da pesquisa trabalhada em grupo.....	68
4.4	Conclusões da pesquisa.....	76
5	Conclusões.....	78
	ANEXO A – PESQUISA ENVIADA.....	80
	ANEXO B – TABULAÇÃO DOS RESULTADOS DA PESQUISA.....	83
	LISTA DE REFERÊNCIAS.....	92

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Etapas e fases de obtenção de um novo meio	9
Figura 2.2: Fases da metodologia.....	27
Figura 3.1: Matriz de comparações paritárias (MCP). Forman (2001)	42
Figura 3.2: Estrutura hierárquica de atributos.....	48
Figura 4.1: Desdobramento do requisito armamento.	52
Figura 4.2: Desdobramento do requisito discrição.....	53
Figura 4.3: Gráfico das variâncias dos requisitos na pesquisa do pessoal operativo .	58
Figura 4.4: Gráfico das médias dos requisitos na pesquisa do pessoal operativo	59
Figura 4.5: Gráfico das variâncias dos requisitos na pesquisa do pessoal do material	62
Figura 4.6: Gráfico das médias dos requisitos na pesquisa do pessoal do material ...	63
Figura 4.7: Gráfico do resultado final geral.....	69
Figura 4.8: Gráfico do resultado final do grupo operativo	70
Figura 4.9: Gráfico do resultado final do grupo do material	70
Figura 4.10: Gráfico comparativo: Geral, Operativo e Material.....	71
Figura 4-11: Resultado do software para todos os pesquisados.....	73
Figura 4.12: Resultado do software para o grupo operativo.....	74
Figura 4.13: Resultado do software para o grupo operativo.....	75

LISTA DE TABELA

Tabela 3-1: Matriz de Decisão. Norris e Marshall (1995).....	34
Tabela 3-2: Matriz de comparações paritárias (MCP). Norris e Marshall (1995)	42
Tabela 3-3: Tabela de escala de julgamento verbal. Saaty (1991).....	44
Tabela 3-4: Tabela de ordem das matrizes e índice randômico (I.R.). Saaty (1991) .	47
Tabela 4-1: Tabela dos requisitos.....	52
Tabela 4-2: Tabela de Julgamento dos Requisitos	53
Tabela 4-3: Tabela da discriminação das amostras.	55
Tabela 4-4: Tabela do resultado da pesquisa do pessoal operativo.....	57
Tabela 4-5: Tabela da análise estatística da pesquisa do pessoal operativo	58
Tabela 4-6: Tabela de Inconsistência do pessoal operativo.....	60
Tabela 4-7: Tabela do resultado da pesquisa do pessoal do material.....	61
Tabela 4-8: Tabela da análise estatística da pesquisa do pessoal do material	62
Tabela 4-9: Tabela de Inconsistência do pessoal operativo.....	64
Tabela 4-10: Tabela comparativa da ordem de preferência dos requisitos.....	64
Tabela 4-11: Tabela comparativa dos valores das médias dos autovetores dos requisitos	65
Tabela 4-12: Tabela teste de hipótese da variância	66
Tabela 4-13: Tabela do resultado do teste <i>T Student</i> das amostras do pessoal operativo e do material.....	68
Tabela 4-14: Tabela do resultado da pesquisa tratada como grupo.....	69

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP	- <i>Analytic Hierarchy Process</i>
ES	-Engenharia Simultânea
C4I	-Comando, controle, comunicação, computação e inteligência
CAV	-Oficiais dos Centros de Avaliação Operacional
CME	-Contra Medida Eletrônica
CNT	-Oficiais e engenheiros de Centros de Pesquisa
COMTE	-Oficiais comandantes de navios
CPN	-Oficiais e engenheiros do Centro de Projeto de Navios
DEN	-Oficiais e engenheiros da Diretoria de Engenharia Naval
DFMA	- <i>Deployment Failure Manufacturing and Assembly</i>
EGN	-Oficiais da Escola de Guerra Naval
EMA	-Oficiais do Estado-Maior da Armada
EST	-Oficiais e engenheiros do Arsenal de Marinha
HF	- <i>High frequency</i>
IDA	- <i>Institute for Defense Analysis</i>
LEPLAC	-Plano de Levantamento da Plataforma Continental Brasileira
MAUT	- <i>Multi-Attributes Utility Theory</i>
MCP	-Matriz de comparações paritárias
OEM	-Oficiais de outros Estados-Maiores
PAT	- <i>Process Action Teams</i>
RANS	-Requisitos de Alto Nível de Sistemas
REM	-Requisitos de Estado-Maior
REVIZEE	-Programa de Avaliação do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva
TOPSIS	- <i>Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution</i>
UHF	- <i>Ultra high frequency</i>
VHF	- <i>Very high frequency</i>

1 Introdução

1.1 Considerações iniciais

Devido à facilidade com que as notícias e as tecnologias são difundidas pelos meios de comunicação, nações, empresas, grupos sócio-culturais, entre outros, sofrem grande influência dessas mudanças com uma rapidez surpreendente, interagindo e nos levando a afirmar que vivemos no período da globalização. Época esta, que gera processos internacionais atuantes na cultura, na economia, na comunicação, na circulação de riquezas, no comércio e na produção.

A revolução na área tecnológica tem atingido diversos segmentos do desenvolvimento humano, em especial as empresas, transformando algumas no que se denomina hoje de organizações de classe mundial, modificando-as quanto a sua configuração administrativa, tecnológica e processual. Essas alterações ocorrem a velocidades cada vez maiores, acarretando impactos nas economias dos países e das empresas que buscam uma competitividade mundial.

Segundo Prasad (1996), essa mudança no processo produtivo, implica em passar da idade do controle para a idade da flexibilização. Muito embora essas mudanças tenham ocorrido a princípio em determinadas indústrias, as transformações e sua velocidade estão atingindo a todas as empresas indistintamente, independentemente do setor aos quais pertencem.

Em termos produtivos, observam-se mudanças significativas no comportamento empresarial, em que grandes empresas empreendem processos transnacionais de produção, buscando atender a mercados cada vez mais exigentes e diversificados, tanto quantitativamente como qualitativamente.

Precisar o momento em que passamos a viver sob esse novo regime é controverso, pois esta transição ainda não se completou. Essa imprecisão deve-se à rapidez com que as informações circulam em escala mundial, de tal forma que,

embora não tenhamos compreendido todo o significado dos fatos ocorridos, novos eventos surgem, levando-nos a fazer prospectiva.

Fato concreto é que, a tecnologia e a informação no mundo atual mudaram as características do processo produtivo aplicadas desde o início do século passado até o início da década de setenta.

As corporações transnacionais são centros de globalização da produção, procurando atender aos novos mercados mundiais e que em face da evolução da tecnologia e da robotização, sugere a existência de processos de produção sem mão-de-obra, ou então, bastante reduzida, gerando um desemprego estrutural, principalmente no setor industrial.

Simultaneamente ao aumento da atividade econômica internacional e ao incremento na prestação internacional de serviços, uma nova abordagem se faz necessária, o que significará em uma forte influência nos processos produtivos.

O fator primordial de toda essa mudança é sem dúvida a tecnologia, mas se ao adicionarmos uma nova visão, que o homem possui de si mesmo devido principalmente às novas relações de trabalho, e combinando-a com a tecnologia, obteremos uma abordagem mais integral do processo produtivo.

As empresas, na grande maioria dos segmentos industriais, têm focado seus esforços e estratégias no desenvolvimento de novos produtos, ocupando mercados inexistentes a princípio, porém promissores, que são seguidos por uma acirrada competição dos concorrentes que logo procuram ocupar posição de destaque e liderança no novo setor.

Ao analisar o setor da indústria naval brasileira, observa-se uma crise generalizada com exceções em determinados segmentos. Como causas a esta situação pode-se citar entre outros fatores: a ausência de uma política de desenvolvimento industrial e de financiamentos, o baixíssimo emprego do transporte marítimo e fluvial nacional, o alto custo do produto e a baixa demanda do empresariado nacional, função direta da crescente tecnologia agregada ao produto e da fabricação propriamente dita.

Processos e incentivos, bem como proteção às suas indústrias têm sido prática comum em quase todos os países que possuem uma indústria naval, uma indústria de pesca, um comércio marítimo e uma indústria militar naval.

Da mesma forma que na indústria naval, o setor de construção de navios de guerra vem se sofisticando pelo crescimento acentuado da tecnologia empregada, aliada ao seu alto custo e especificidade de suas atribuições, buscando-se processos produtivos a menores custos, mais rápidos e com maior qualidade.

Um navio de guerra é um produto complexo que envolve processos de fabricação não seriados e seriados, porém de número pequeno, o que implica uma proximidade com o trabalho artesanal, mas de alta tecnologia associada, resultando conseqüentemente um produto de alto valor agregado.

O desenvolvimento da tecnologia computacional, seja em equipamentos seja em programas, aplicado aos projetos vem influenciando os ciclos desde a concepção até a construção, associando a esse desenvolvimento uma evolução da metodologia empregada.

O processo de concepção, embora possua características próprias em cada país, é em sua maioria, pelo menos nos países com tradições navais semelhantes quanto às fases envolvidas durante a obtenção do meio. Entendendo-se como obtenção de um meio, a compra ou construção de um navio de guerra para atender a certas finalidades.

O alto custo de construção e da tecnologia de ponta que se emprega no novo navio não são os únicos problemas relacionados com a obtenção de um navio. Existe o componente, tempo, que atua no projeto como um todo, e que é de crucial importância, haja visto que, um navio desde a sua concepção até o efetivo início do seu ciclo operativo varia de oito a quinze anos. A premissa de se construir um navio moderno fica comprometida, isto é, o emprego de tecnologia de ponta do momento da entrega do meio não será incorporado no projeto, pois este a congelou no passado.

Outro fator preponderante relacionado ao setor de construção de navios de guerra é o esforço que a nação deve efetuar para adquirir e manter esta tecnologia, processo caro e árduo que consome décadas de esforço humano e financeiro.

1.2 O papel da Marinha do Brasil

No mundo, as Marinhas têm apontado, muitas vezes, as direções do desenvolvimento de tecnologias, da capacitação e da manutenção do corpo técnico dos seus países. Esse processo ocorre por meio da construção e da aquisição de navios ou pela manutenção dos navios existentes. A política de especialização de pessoal da Marinha, quer civil ou militar, e o desenvolvimento de determinadas tecnologias provêm um impulso direto às indústrias e aos estaleiros.

No Brasil não existe uma capacidade econômica que permita um fluxo constante de construção de várias unidades e que mantenha um mínimo de atividades industriais nas empresas privadas do país, a exemplo do que ocorre nos Estados Unidos da América.

A atuação da Marinha, neste papel de fomentadora de indústrias e de estaleiros no passado, restringiu-se a poucas unidades encomendadas, principalmente ao Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro, com a finalidade de obter a capacitação tecnológica e manter um nível mínimo de capacitação de seu corpo técnico.

1.3 Apresentação do trabalho

Este trabalho tem como objetivo propor uma alteração na metodologia de obtenção de um novo meio¹ da Marinha. Essa alteração visa transformar a lista dos requisitos do navio, estabelecida na fase inicial do processo, em uma lista em que os requisitos além de descritos estão classificados por prioridade e com peso. Desta forma, as pessoas que elaborarão as etapas posteriores do processo de obtenção terão uma sinalização fundamental para progredir no seu trabalho. O processo decisório de

¹ O termo meio para Marinha aplica-se a: navio de superfície, submarinos, aeronaves, sistemas de sensores, comunicações e guerra eletrônica ou sistemas complexos não convencionais.

definição dos requisitos deve conter uma efetiva participação de um grupo que tem interesse ou participará do projeto, os membros designados devem ter conhecimento especializado nas diversas funcionalidades do navio ou com larga experiência profissional. A metodologia proposta deve incorporar as seguintes exigências:

- ✓ Permitir um número razoável de participantes decidir de forma eficaz;
- ✓ Incorporar a decisão do grupo, possibilitando a todos contribuírem sem a interferência explícita de outro membro;
- ✓ Permitir uma fácil aplicação e entendimento para um público leigo.
- ✓ Permitir o julgamento de um número finito de atributos;
- ✓ Ser capaz de priorizar e atribuir peso aos atributos; e
- ✓ Permitir a ponderação de atributos não só quantitativos com unidades diferentes como também de atributos qualitativos.

Os estudos visarão consolidar conceitos amplamente utilizados nas diversas indústrias, os quais integrando-os, viabilizarão e implementarão o sistema proposto.

A essa consolidação de conceitos, a que denominamos engenharia de requisitos e metodologia de tomada de decisão com múltiplos atributos, tem capacitado muitas empresas desenvolverem habilidades e projetos de sucesso, obtendo vantagens competitivas.

A proposta visa colaborar não só na redução de prazo, dos custos e dos retrabalhos, como também assegurar um produto final fiel às necessidades inicialmente descritas no processo de obtenção do navio de guerra.

1.4 Metodologia

Para que o objetivo proposto fosse alcançado, tomou-se por base estudos referenciados na literatura, trabalhos publicados, dissertações e modelos implementados os quais serão utilizados como marcos de excelência.

Corroborando com o objetivo, foi efetuada pesquisa com oficiais que atuam na área operativa da Marinha, que elaboram os requisitos de um novo meio ou são formadores de opinião, como também com oficiais e engenheiros que trabalham na área técnica da Marinha, que dão continuidade ao processo de obtenção.

1.4.1 Estrutura da dissertação

A tese se estruturará da seguinte forma:

Capítulo um: Introdução.

Efetuiremos um breve resumo sobre o tema a ser desenvolvido.

Capítulo dois: Obtenção de um Novo Meio pela Marinha.

Descreveremos o processo de obtenção de um novo meio realizado pela Marinha, onde são apresentadas todas as etapas desde a concepção ao seu descarte, com detalhamento dos requisitos do Estado-Maior. Em seguida são apresentados conceitos da engenharia de requisitos que tem aplicação ao projeto de um navio. E por último, é estruturada uma nova metodologia a ser incorporada ao processo de obtenção na fase de requisitos do Estado-Maior.

Capítulo três: Método de Tomada de Decisão com Múltiplos Atributos.

Apresentaremos alguns métodos de tomada de decisão com múltiplos atributos com suas especificidades que podem ser aplicados à metodologia proposta.

Capítulo quatro: Priorização dos Requisitos.

O capítulo trata da validação do método de tomada de decisão escolhido, realizando um exemplo de um processo de priorização dos requisitos de um navio por meio de uma pesquisa de campo, e apresentando seus resultados e conclusões.

Conclusão e considerações finais.

Levantamos os pontos principais que sirvam de subsídios para a alteração do processo de obtenção de um novo meio para a Marinha, apresentando seus pontos

fortes e os cuidados, a princípio vistos, que devem ser tomados para implantação da alteração do processo.

Por último, teremos as recomendações finais para futuros estudos.

2 Obtenção de um Novo Meio pela Marinha

2.1 Ciclo do produto

A Marinha trata a obtenção de um meio em consonância com o ciclo de vida do produto, isto é, desde sua concepção até o seu descarte. Outro conceito básico da metodologia é propiciar o maior entrosamento possível entre os operadores e os projetistas ao longo de todo o processo.

No momento em que é criado o projeto, são nomeados gerentes participantes de todas as áreas que desempenharão algum papel no ciclo de vida do produto. Estes gerentes formam o comitê principal do projeto sendo presidido pelo chefe do Programa de Reparagem da Marinha. É estabelecido um canal de comunicação próprio, independente de suas organizações, para incentivar e facilitar a comunicação horizontal.

Segundo o EMA-420, os processos de obtenção de um novo meio são compostos por sete etapas:

- ✓ Concepção;
- ✓ Preliminar;
- ✓ Contrato;
- ✓ Execução;
- ✓ Avaliação Operacional;
- ✓ Operação; e
- ✓ Descarte.

As etapas concepção e preliminar possuem forte caráter regenerativo, exigindo constantes interações entre o pessoal operativo e o pessoal técnico. A etapa de concepção é formada por três fases: requisitos de Estado-Maior (REM), requisitos

de alto nível de sistemas (RANS) e o projeto de concepção. A etapa de contrato sintetiza o comprometimento físico-financeiro, viabilizando a execução do projeto. A etapa de execução é composta pelo projeto de construção, pelo programa de apoio logístico integrado e pela construção propriamente dita, de acordo com o cronograma físico-financeiro estabelecida na etapa anterior. A etapa de avaliação operacional computará a real capacidade do novo meio, quantificando seu desempenho tanto na área de engenharia como na área operacional. Esta etapa pode indicar necessidade de alterações no projeto de concepção para o próximo navio da classe. As etapas e fases são mostradas na Figura 2.1.



Figura 2.1: Etapas e fases de obtenção de um novo meio

A primeira fase da etapa de concepção é a elaboração do REM pelo pessoal do setor operativo da Marinha, isto é, o operador final do meio. Desta forma, o cliente final estabelece o cenário onde o meio vai atuar, as possíveis ameaças que vai enfrentar, os tipos de operação que este irá desempenhar e como conseqüência os requisitos que deve atender.

Os requisitos de alto nível de sistemas são um desdobramento dos REM e juntos consolidam o conceito do meio. Estes requisitos são elaborados em conjunto pelo pessoal operativo e pelo pessoal do material, estes últimos são os técnicos que trabalharão nas fases seguintes. Nesta fase buscar-se-á o equilíbrio entre as necessidades operativas e as possibilidades técnicas a um custo aceitável.

O projeto de concepção apresenta um estudo de exeqüibilidade técnica e de viabilidade financeira com diversas configurações para o meio. Este projeto é elaborado por pessoal qualificado em todas as áreas técnicas. Este pessoal técnico está reunido no Centro de Projetos Navais, trabalhando de forma integrada com assessoramento de técnicos das diretorias técnicas, fórum normativo da Marinha. O resultado desta fase é um projeto da melhor configuração do meio com o dimensionamento preliminar, com a estimativa de custos e com a política a ser implantada no apoio logístico integrado para sua vida operativa.

O projeto preliminar detalhará a configuração final do meio com os cálculos formais. Nesta fase são especificados os equipamentos principais e os sistemas de combate iniciando uma interação com o mercado, desta forma pode ser necessário a alteração de parâmetros básicos dos sistemas definidos anteriormente, assumidos nos estudos de exeqüibilidade e viabilidade. Inicia-se também nesta fase, o planejamento da avaliação operacional e definem-se as linhas mestras do programa de apoio logístico. É realizado o estudo de consolidação de custos, não só considerando o custo de obtenção como também o custo de operação e manutenção.

O projeto de contrato será a interface entre a Marinha e o estaleiro construtor. Nele constará: as especificações, os planos contratuais e o macro planejamento físico-financeiro da construção. Este projeto será desenvolvido pelo Centro de Projeto em parceria com a Diretoria de Engenharia Naval, esta última desempenhará,

na fase seguinte, o papel de fiscal do contrato. O contrato também deve conter dados relativos aos testes de recebimento de sistemas e do meio, às instruções necessárias para manter os equipamentos principais após o recebimento do fabricante até o seu comissionamento, à preparação da avaliação operacional, ao adestramento dos tripulantes quanto à operação e à manutenção básica dos equipamentos, à documentação técnica dos equipamentos, à manutenção e a especificação dos sobressalentes dos equipamentos que deve dotar tanto a bordo quanto em bases para manutenções futuras.

O projeto de construção, o programa de apoio logístico integrado e a construção são desenvolvidos pelo estaleiro construtor, independente de ser executado pelo Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro, órgão da Marinha, ou por estaleiro privado nacional ou internacional.

Antes da fase de operação, o primeiro navio da classe passará por uma fase de avaliação. Esta avaliação terá tanto uma abordagem de desempenho técnico como também de desempenho operacional. Avaliar-se-á o grau de atendimento aos requisitos estipulados em diversos tipos de cenário. O meio é colocado em condições limites de operação para a coleta de dados. Esta avaliação será a base para a melhoria do projeto da classe, bem como para as lições aprendidas para projetos futuros.

Após o período de operação, o navio será retirado do serviço ativo da Marinha. O meio é descaracterizado da sua qualificação militar e são removidos materiais considerados danosos ao meio ambiente, em seguida, normalmente, é vendido para algum empresário da área de sucata.

A metodologia empregada possibilita a participação intensiva do pessoal da área operativa nas fases iniciais do projeto. Na etapa de concepção, principalmente, na fase de requisitos do Estado-Maior se tomam decisões que terão um grande peso nas características do meio e do seu custo, sendo executada pelo pessoal da área operativa. A segunda fase, requisito de alto nível de sistemas, é elaborada em conjunto com o pessoal da área técnica. O projeto preliminar, onde o meio será delineado, é desenvolvido pelo pessoal da área técnica, contudo cabe ao pessoal operativo a sua aprovação para dar seguimento ao projeto de contrato.

2.2 Análise do Processo da Marinha

O processo estipulado de obtenção de um novo meio apresenta muitos pontos em consonância com as modernas técnicas para administrar o processo de criação e fabricação de um novo produto. A abordagem do processo como ciclo de vida do produto é um exemplo, o projeto do navio é todo estruturado e pensado desde a sua criação até o seu descarte, o processo garante o desenvolvimento do produto de forma integrada.

É incentivada a participação de todos aqueles que operarão no navio bem como aqueles que participarão da elaboração do seu projeto. Um dos papéis a ser desempenhado pelo gerente participante é de catalisar as opiniões dentro das suas organizações e levá-las ao fórum adequado para decisão.

A área de comunicação do projeto é estruturada de forma assegurar que a informação seja apropriadamente gerada, coletada, disseminada e arquivada e que flua com a rapidez adequada para cumprir o seu efeito. Para atender a esses requisitos foram desenvolvidos sistemas de informação, o principal é um sistema de comunicação entre gerentes participantes, sistema ágil e flexível, trabalha em paralelo ao sistema oficial de comunicação administrativa entre as organizações. Este sistema facilita o desempenho dos gerentes participantes, garantindo que a informação seja transmitida com rapidez e segurança fora do rígido protocolo do sistema de comunicação formal. Desta forma, possibilita a tomada de decisão dentro do projeto de forma eficaz.

Outro sistema importante é o sistema de geração e armazenamento da documentação do projeto, concebido em um único banco de dados, dando suporte desde o projeto básico até o projeto de detalhamento, garante que se trabalhe sempre com a última versão dos documentos e permite a rastreabilidade de origem e de alterações.

O desenvolvimento do projeto é executado por equipes multidisciplinares de forma interativa. A comunicação horizontal é incentivada tanto a formal como a

informal e há disponibilidade de ferramentas computacionais para o gerenciamento do projeto.

O planejamento e o desenvolvimento do projeto básico, que inclui as etapas de concepção, preliminar e contrato, são contemplados com tempo e recursos para trabalhar as grandes decisões do projeto que podem ser bem estudadas e discutidas. Desta forma, duas importantes dimensões do projeto são afetadas em primeira instância, que são o custo e o tempo. O custo é fortemente influenciado pelas decisões iniciais que travam uma grande parcela do custo de todo o projeto e na redução do custo de mudanças nas fases posteriores. O tempo é mitigado pela redução das incertezas das atividades futuras e pela redução do re-trabalho na fase de construção.

Apesar do processo estar estruturado em consonância com as modernas técnicas de administração de projetos, há janelas de oportunidades de melhoria do processo. Os últimos projetos têm apresentado os seguintes problemas: um número elevado de desenhos alterando versões anteriores, uma quantidade razoável de homem hora empregada na mudança de obra já considerada concluída, e uma lista grande de itens solicitando alteração por parte do cliente. Estes problemas tem reflexo em aumento de recursos não planejados, ou aumento do prazo de entrega, ou redução de desempenho de funcionalidades, ou o que é mais provável, uma combinação deles.

Segundo Prasad (1996), um modo comprovado de reduzir o tempo despendido e os recursos nos projetos é inserir todos os participantes nas demais fases desde o início. Com essa mudança os problemas citados no parágrafo anterior podem ser mitigados. Alocar esses recursos na fase inicial do projeto tem um balanço positivo, pois de acordo Keane Jr. (1996) o custo de mudança quando se compara a mudança na fase inicial com esta na fase de construção a primeira em média é dez vezes menor.

Desta forma, a primeira janela de oportunidade é a inserção de representantes de todo o pessoal envolvido em todas as fases do projeto na primeira fase, isto é, na

fase de elaboração dos requisitos do Estado-Maior, agregando conteúdo de técnica e de experiência ao grupo que elabora o documento.

Assim, poder-se-ia explorar mais possibilidades, caminhar na exeqüibilidade técnica e viabilidade econômica das opções e convergir para configurações mais consistentes no início do processo. Embora, com o dispêndio maior de recursos e de tempo nesta fase é muito provável que no balanço de todo o projeto tenha um saldo positivo. Este ganho não seria só na melhor qualidade do trabalho como também na redução de tempo e de recursos nas fases posteriores. Esta conclusão está baseada no crescimento de recursos necessários à medida que o projeto progride, na antecipação de problemas e das decisões decorrentes com um grande impacto nas fases seguintes.

Outra oportunidade nesta mesma fase é introduzir um suporte técnico na definição dos requisitos baseado nos novos conceitos desenvolvidos na engenharia de requisitos. Desta forma, abre-se uma nova dimensão a ser explorada com melhoria na eficiência e na eficácia no desenvolvimento dos requisitos.

Combinando-se essas duas oportunidades potencializam-se os resultados esperados com a implantação das melhorias sugeridas. Para isso, se faz necessário pesquisar o processo atualmente usado na elaboração dos REM, verificar os conceitos pertinentes da engenharia de requisitos e propor uma metodologia que atenda ao propósito estipulado.

2.3 Requisitos de Estado-Maior

Os Requisitos de Estado-Maior (REM) consolidam a necessidade da Marinha para a obtenção de um novo meio e é o foco a ser trabalhado. Os REM são estruturados em três partes: a necessidade geradora, o conceito do emprego e as condicionantes. A estruturação dos REM é a seguinte:

- ✓ Necessidade Geradora
- ✓ Conceito de Emprego
 - Cenário

- Ameaças
- Tarefas
- ✓ Condicionantes
 - Características
 - Emprego
 - Desempenho
 - Aprestamento
 - Custo
 - Nacionalização
 - Outras

A necessidade geradora é decorrente do planejamento estratégico da Marinha abordando, em linhas gerais, as necessidades que geraram a intenção de desenvolvimento do projeto. Ela lista os fatos motivadores e os requisitos do novo meio de uma maneira genérica.

O conceito do emprego é dividido em três partes: o cenário, as ameaças prováveis e as tarefas. O cenário define a área onde prioritariamente o meio deve ser empregado, descrevendo as condições climáticas e geográficas para as quais o meio deve estar especialmente adaptado. O cenário é detalhado em um escopo geral e um escopo prioritário considerando a frequência de uso do meio.

As ameaças prováveis são decorrentes da visão estratégica. As ameaças previstas são discriminadas e detalhadas de uma maneira conveniente. As tarefas são atribuídas considerando três situações: de paz, de crise e de guerra. Elas são descritas de forma elucidativa com ênfase nos aspectos referentes ao desempenho esperado dos sistemas, principalmente o de armas.

As condicionantes do projeto apresentam uma definição das linhas gerais do meio. Ela é desdobrada nas características, no custo, nas metas de nacionalização, nos sistemas, na construção, nas condicionantes logísticas e no prazo estimado para colocação do meio em operação. Nesta etapa é indicado se há algum meio de referência para o projeto ou se o projeto é inovador.

No item das características é expresso o emprego, as características de desempenho e o aprestamento. O emprego é baseado nas tarefas listadas no conceito de emprego, onde se delinea o uso e a subordinação do meio. A segunda parte é quanto às características de desempenho que o meio deve apresentar, caso tenha um navio semelhante, este será um dos parâmetros de comparação.

As características de desempenho são discriminadas dependendo do tipo do meio, mas normalmente são citadas: dimensões, autonomia, raio de ação, mobilidade, comportamento no mar, vulnerabilidade, capacidades específicas de comando, controle e comunicação, armamento, detecção, capacidade de operações aéreas, duplicidade de sistemas, facilidades de navegação e disponibilidade de embarcações. Essas características são apresentadas por condições máximas e mínimas esperadas, por limites ou por estabelecimento de comparação ao meio de referência. Para a maioria das características de desempenho pode ser estabelecida uma referência quantitativa, mas há características de difícil parametrização quantitativa e requererá parâmetros qualitativos.

O item, aprestamento do meio, tece considerações a respeito da confiabilidade dos sistemas, da manutenibilidade e do ciclo de atividade. A confiabilidade é estabelecida por meio de limite mínimo de disponibilidade dos sistemas principais e dos sistemas secundários de bordo. Na manutenibilidade estabelece diretrizes para o planejamento de apoio logístico integrado com horizonte da vida útil esperada do meio. O ciclo de atividade é estimado a vida útil do meio, a possibilidade de modernização e caso ela seja prevista quando deve ocorrer, o ciclo operativo e o ciclo de manutenção, neste caso estabelecendo períodos de manutenção pelo pessoal de bordo e por estaleiros.

Na parte do custo é estabelecido o limite de custo de obtenção, que servirá de orientação ao planejamento e de base aos estudos de exequibilidade e de viabilidade. São estabelecidos também patamares de custo de operação e de manutenção que o navio deve atender.

No item nacionalização define-se metas de nacionalização e orientações sobre a busca de participação da indústria nacional no empreendimento. Essas orientações podem incluir indicação das áreas consideradas mais propícias para o desenvolvimento dos esforços de nacionalização. Esta parte pode ser reformulada nas etapas posteriores do projeto em função de uma melhor definição do meio.

Há outras condicionantes que dependerão da especificidade do meio que devem servir de orientação ao desenvolvimento do projeto a nível estratégico. Entre as condicionantes mais comuns, pode-se citar: os condicionantes logísticos que direcionam o projeto para certos tipos de material e fluídos que o meio deve utilizar, e a estima do prazo para obtenção do meio.

A janela de oportunidade, citada no item anterior, tem uma melhor aderência com as características de desempenho do meio. Elas representam os requisitos que devem ser atendidos nas fases posteriores do projeto dentro dos limites estabelecidos. O melhor entendimento da necessidade geradora e do conceito do emprego por todos os envolvidos no projeto será a base para estruturação precisa dos requisitos.

A seguir é mostrado um exemplo de REM aos moldes da estruturação mostrada.

2.4 Exemplo de um Requisito de Estado-Maior

Com intuito de elucidar o documento detalhado no item anterior, foi estruturado um exemplo de REM de um navio hipotético. O navio escolhido será um navio hidroceanográficos. A primeira parte do REM é a necessidade geradora que tem a seguinte síntese:

“O programa de reaparelhamento da Marinha prevê a baixa do navio hidrográfico “Perseu”, tendo em vista a idade e as características de projeto deste navio, transformando em um navio de alta relação custo-benefício.

A concepção e o projeto atuais para navios hidrográficos correspondem a meios polivalentes, com capacidade para consecução de múltiplas tarefas, hidrográficas e oceanográficas, constituindo unidades classificadas de hidrooceanográficos.

Desta forma, prevê-se a necessidade de obtenção de um navio capaz de realizar atividades hidrográficas e oceanográficas, dotado de sistema automatizado de coleta integrada de dados, maior rendimento operativo e economicidade operacional e que venha a substituir o navio hidrográfico “Perseu”, segundo o planejamento e o cronograma previsto no planejamento de reaparelhamento da Marinha.”

A segunda parte é o conceito de emprego, subdividido em cenário e tarefas, no caso em tela não há ameaças, dado a natureza do navio. A síntese do cenário é:

“O conceito de emprego do meio prevê sua operação na área oceânica, no Atlântico Sul, nas águas jurisdicionais brasileiras e, possivelmente, na costa ocidental africana.

Prevê-se encontrar as seguintes condições médias ambientais na área de operação:

- ✓ Temperatura da água do mar entre 5° C e 28°C;*
- ✓ Temperatura do ar entre 7° C e 45° C;*
- ✓ Estado do mar corresponde a até 10 na escala “Beaufort” (grandes vagalhões);*
- ✓ Umidade relativa do ar acima de 85%;*

- ✓ *Clima tropical, ao norte do trópico de Capricórnio, e temperado, ao sul do mesmo trópico;*
- ✓ *Corrente de até 6 nós; e*
- ✓ *Nevoeiros freqüentes.”*

A síntese da tarefa é:

“Em tempos de paz:

- ✓ *Realizar levantamentos necessários: ao projeto cartográfico náutico brasileiro incluindo-se os levantamentos das cartas de aproximação de portos e terminais, ao plano de desenvolvimento do programa oceano, ao programa REVIZEE e ao levantamento da plataforma (LEPLAC);*
- ✓ *Realizar os levantamentos necessários à consecução dos objetivos inerentes à segurança da navegação;*
- ✓ *Contribuir para a formação e o adestramento do pessoal; e*
- ✓ *Realizar ação de presença em função da necessidade da política externa brasileira.*

Em tempo de guerra:

- ✓ *Realizar coleta de dados ambientais; e*
- ✓ *Ter condições de ser convertido em navio hospital.”*

A última parte é as condicionantes descritas abaixo:

“O navio tipo que servirá de referência para o projeto do novo meio é o navio hidrográfico “Perseu”.

Características

Emprego

O navio será empregado na coleta de dados hidroceanográficos para o conhecimento do cenário de fatores físicos de interesse às operações navais, dentro do escopo do plano de desenvolvimento do programa oceano, do programa REVIZEE, do levantamento da plataforma (LEPLAC) e em atividades à segurança da navegação a cargo da Diretoria de Hidrografia e Navegação.

Desempenho

a. Dimensões:

- ✓ Ter calado máximo de 4 m; e*
- ✓ Deslocar entre 1.700 e 2.500 ton.*

b. Autonomia e raio de ação:

- ✓ Ter autonomia de cerca de 35 dias, não menor do que 25 dias; e*
- ✓ Ter raio de ação mínimo de 10.000 milhas.*

c. Mobilidade e comportamento no mar:

i. Mobilidade:

- Superior a do navio tipo;*

ii. Velocidade:

- Ter velocidade de cruzeiro de 12 nós;*
- Ter velocidade máxima mantida superior a do navio tipo; e*
- Ter velocidade mínima mantida desejável de 4 nós.*

iii. Estabilidade

- Superior a do navio tipo.*

d. Vulnerabilidade:

i. Descrição:

- *Ter descrição infravermelho maior do que a do navio tipo; e*
- *Ter descrição radar maior do que a do navio tipo.*

ii. Sobrevivência:

- *Ter resistência ao choque e ao impacto superior à do navio tipo;*
- *Ter capacidade de controle de avarias que permita o isolamento do navio em seções estanques, mantendo a comunicação entre elas bem como o fluxo de fluidos vitais;*
- *Ter condição de habitabilidade para uma tripulação de dimensionamento compatível com a máxima automação possível dos sistemas de bordo e permitindo a operação com três quartos de serviço. Ter possibilidade de utilização de um beliche para cada membro da tripulação; e*
- *Ter condições de temperatura e umidade internas que permitam o bem estar da tripulação e a preservação dos equipamentos e sistemas de bordo.*

e. Capacidade laboratorial:

- ✓ *Dispor de um posto oceanográfico no convés principal; e*
- ✓ *Dispor de um laboratório úmido.*

f. Capacidades específicas:

i. Comunicações:

- *Ter capacidade de estabelecer comunicações nas faixas de HF, VHF e UHF;*

- *Ter capacidade de transmissão e recepção de dados ambientais via satélite; e*
 - *Ter capacidade de comunicações interiores e dispor de central telefônica.*
- ii. *Radar:*
- *Ter capacidade de navegar com precisão.*
- iii. *Batimetria:*
- *Ter capacidade para efetuar operações de batimetria de precisão até 6.000 m de profundidade e batimetria multifeixe em águas rasas.*
- iv. *Geofísica:*
- *Ter capacidade para efetuar operações de varredura sonar para determinação da geomorfologia do fundo.*
- v. *Oceanografia:*
- *Ter capacidade para efetuar perfilagem acústica de corrente;*
 - *Ter capacidade para monitorar a temperatura e salinidade da água do mar; e*
 - *Ter capacidade para lançar e recolher dispositivos de fundeio de correntômetros e marégrafos.*

Aprestamento

a. *Disponibilidade:*

i. *Confiabilidade:*

- *Os diferentes sistemas de bordo devem ter confiabilidade que lhes assegurem estarem disponíveis em cerca de 75% do tempo; e*

- *Os sistemas e sensores relacionados com sondagem, navegação, posicionamento e perfilagem de parâmetros físico-químicos devem ter confiabilidade de 90%.*

ii. Manutenibilidade:

- *Superior à do navio tipo; e*
- *Deverá ser elaborado o plano de apoio logístico integrado para os novos sistemas e equipamentos.*

iii. Ciclo de atividade

- *A vida útil do meio deverá ser cerca de 25 anos;*
- *Após 12 anos de atividades o meio deverá sofrer uma modernização com duração aproximada de 12 meses;*
- *O ciclo de atividade deverá ser composto de um período operativo de cerca de 3 anos seguido de um período de manutenção de até 3 meses; e*
- *Deverá ser previsto um período de docagem de rotina, no meio do período operativo, com duração de cerca de 1 mês.*

Custos

a. Custos de obtenção:

- ✓ *O custo total por unidade não deverá ultrapassar a 15 milhões de dólares americanos.*

b. Custo de operação e manutenibilidade:

- ✓ *O custo de operação e manutenibilidade deve ser inferior ao do navio tipo em pelo menos 10%.*

Nacionalização

Caso a obtenção seja por oportunidade, o navio a ser adquirido deverá ter no máximo 10 anos de vida.

Caso a obtenção seja por construção, esta pode ter a participação estrangeira seletiva, porém deve ser feito um esforço no sentido de introduzir itens já nacionalizados ou de fácil nacionalização. Neste sentido deve ser privilegiada a nacionalização do conhecimento, da manutenibilidade e do apoio.

Outras

a. Logísticas:

- ✓ *Durante a concepção do meio, deverá ser privilegiado o emprego de técnicas que permitam a redução do tempo e do custo de construção;*
- ✓ *O material a ser empregado na construção deverá, quando possível, ter especificações que reduzam a possibilidade de combustão e de emissão de gases tóxicos; e*
- ✓ *Deverá ser privilegiado o consumo de combustível produzido no país.*

b. Temporal:

- ✓ *O prazo de obtenção deverá ser de no máximo 3 anos.”*

2.5 Engenharia de Requisitos

Com o intuito de dar suporte a definição dos requisitos, abaixo são explorados alguns conceitos da engenharia de requisitos que tem aderência com a proposta do trabalho.

O desenvolvimento dos conceitos da engenharia de requisitos está intimamente ligado à necessidade de sistemas informatizados complexos que sejam economicamente viáveis e confiáveis e que funcionem eficientemente em máquinas reais.

Nos últimos vinte anos, a crescente complexidade dos problemas a serem resolvidos, elevou o custo do software tornando-se o principal item do orçamento dos sistemas. Corroborando a isso, segundo Presman (1995), vários problemas inerentes ao processo de desenvolvimento de software começaram a surgir, tais como: as estimativas de prazo e de custo não se cumpriam e, a qualidade do software ficava aquém da esperada. O caminho para resolver esses problemas foi o emprego de uma abordagem de engenharia no desenvolvimento do software, aliada a uma contínua melhoria das técnicas e ferramentas.

Atualmente, há diversos modelos de desenvolvimento com estruturação do processo em diversas etapas, porém independente do modelo a ser utilizado Presman (1995) sintetiza o processo em três fases genéricas:

- ✓ Definição focada no “**o que**”;
- ✓ Desenvolvimento focado no “**como**”; e
- ✓ Manutenção focada na “**mudança**”.

A engenharia de requisitos é empregada na primeira fase, explorando as especificações e as fronteiras do sistema, contribuindo para minimizar o conflito entre o desenvolvimento do projeto e o tempo dispendido e atendendo aos fatores de qualidade requeridos.

A engenharia de requisitos tornou-se um dos alicerces no desenvolvimento de sistema, pois estabelece os requisitos de forma precisa e não ambígua para atender os objetivos do sistema. Gordijn e Akkermans (2003) definem a engenharia de requisitos como um processo de desenvolvimento de requisitos por meio de uma seqüência cooperativa e iterativa de análise de problema, documentando as observações encontradas em diversas representações e verificando a acurácia do entendimento ganho. Robertson (1999) define de forma mais sintética complementando a definição anterior como: a engenharia de requisitos é um processo para especificar, colher, confirmar e documentar os requisitos de um produto.

Para que o sistema alcance seus objetivos, Pinheiro (2003) estabelece que a engenharia de requisitos deve atender aos seguintes princípios:

- ✓ Objetividade;
- ✓ Adequabilidade; e
- ✓ Veracidade.

A objetividade baseia-se no fato de que o produto final tem de cumprir um determinado papel, isto é, o que está sendo desenvolvido tem de atender a um propósito. Os requisitos do produto expressam o que é necessário para se alcançar os objetivos do produto. Os objetivos, de um modo geral, são de difícil determinação, principalmente quando devem satisfazer interesses conflitantes. Objetivos, que não podem ser claramente estabelecidos ou genéricos ou mesmo de ampla atuação, tornam o atendimento a este princípio um grande desafio. Desta forma, haverá sempre um processo de negociação para se chegar a uma conclusão entre todos os interessados no projeto.

O princípio da adequabilidade estabelece que os requisitos devem ser adequados ao sistema, expressando o que é necessário para que o sistema alcance seus objetivos. A definição do que é necessário para os requisitos atenderem aos objetivos vem *pari pasu* com o desenvolvimento dos objetivos. Tal qual o princípio anterior, atender a este se torna mais difícil quando os objetivos não são específicos e a negociação com todos os envolvidos no projeto é o caminho mais eficaz.

A veracidade assegura que os requisitos certos foram estabelecidos e serão alcançados. Há concordância de diversos autores que cerca de 60% dos erros e dos problemas dos sistemas têm origem em requisitos mal formulados. Há dois caminhos para tratar esses erros e problemas, o primeiro é a análise dos requisitos, onde se deve garantir a consistência, a precisão e a completude dos requisitos e o segundo a validação e a verificação que edificarão a confiança dos requisitos estabelecidos.

O processo de especificar os requisitos pode ser dividido em três fases:

- ✓ Coletar informações;

- ✓ Analisar; e
- ✓ Validar e verificar.

As duas primeiras fases devem estar focadas nos princípios da objetividade e adequabilidade e a terceira fase na veracidade.

2.6 Metodologia Proposta

Em vista do exposto nos itens anteriores, é possível propor uma metodologia a ser incorporada nos REM de forma harmoniosa cumprindo os objetivos deste trabalho, a Figura 2.2 ilustra o processo proposto. Esta metodologia será composta de quatro fases de forma a alcançar os requisitos priorizados e valorados no final com o consenso de todos os interessados no projeto. A execução desta metodologia seria liderada pelo pessoal do Estado-Maior da Armada que é o responsável pelos REM.

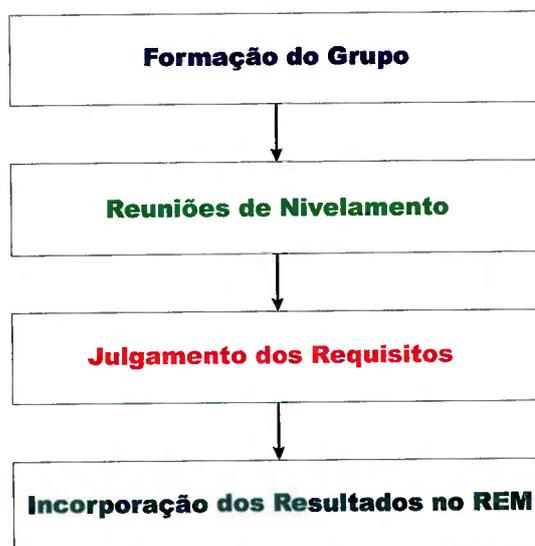


Figura 2.2: Fases da metodologia.

A primeira fase - formação do grupo - deve incorporar todo o pessoal que participe no projeto ou tenha algum interesse no meio. De um modo genérico para navios, este grupo seria formado por dois subgrupos: o subgrupo operativo e o subgrupo do material.

O subgrupo operativo seria composto pelo menos pelos oficiais dos seguintes órgãos: Estado-Maior da Armada, Comando de Operações Navais, Comando em Chefe da Esquadra, Comando Distritais, Diretoria de Hidrografia da Marinha, Centro de Avaliação de Sistemas Navais e Escola de Guerra Naval.

O subgrupo do material, por sua vez, seria composto pelos oficiais ou por engenheiros dos seguintes órgãos: Diretoria Geral do Material, Diretoria de Engenharia Naval, Diretoria de Sistemas de Armas, Diretoria de Telecomunicações da Marinha, Diretoria de Abastecimento da Marinha, Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro e Centros de Pesquisa.

A especificidade do meio pode conduzir a entrada ou a saída de outros oficiais representantes de órgãos citados acima ou um outro órgão que seja impactado pelo meio, como bases ou hospitais distritais.

A princípio, não deve haver restrição quanto ao número de participantes, o processo de tomada de decisão a ser proposto não deve ter esta restrição, um número em torno de setenta participantes seria uma previsão inicial, assim seria viável a participação de cinco a seis membros por órgão.

O perfil dos participantes deve ter uma ampla experiência profissional ou ser um especialista em áreas que o navio demande desempenho particular. Devem integrar o grupo os responsáveis pelos órgãos citados, assim garantir-se-ia a inserção das visões e das políticas setoriais no projeto, como também liberar a sua supervisão direta na atuação dos seus subordinados, para assegurar pontos de vistas diferentes sobre o mesmo tema.

A segunda fase - reuniões de nivelamento- desempenha um papel crucial para o sucesso desta proposta. Estas reuniões devem ter como propósito disseminar ao grupo:

- ✓ O objetivo a ser alcançado do projeto;
- ✓ O papel que eles desempenharão;
- ✓ Os conceitos de trabalho em grupo e da engenharia de requisitos; e

- ✓ As informações referentes ao projeto com a perspectiva e alcance dos requisitos.

É muito importante que todos estejam alinhados com a visão do projeto do Estado-Maior da Armada. Outro objetivo das reuniões é coletar sugestões que possam enriquecer o processo, dado a diversidade de experiências reunidas.

As reuniões devem ser conduzidas pelo pessoal do Estado-Maior, responsável pela elaboração dos REM. O número de encontros seria, a princípio, de três a cinco, em função da complexidade do projeto e da familiaridade dos participantes neste processo. O primeiro encontro tem o intuito de disseminar todas as informações discriminadas acima, do segundo ao quarto encontro o propósito seria coletar sugestões e obter consenso dos participantes. A última reunião se daria após o processamento dos requisitos, com o objetivo de divulgar os resultados alcançados e colher sugestões de melhoria do processo. O ideal é que todas as reuniões aconteçam com o grupo completo, para que todos tenham acesso à mesma informação e, a possibilidade de aumentar a sinergia do grupo, mas caso não seja possível, pelo menos as duas primeiras reuniões seria mandatório.

A terceira fase – julgamento de requisitos – esta fase é onde os participantes analisam e julgam os requisitos. Como resultado, os requisitos devem ser apresentados em uma lista, priorizados e valorados, pois dado à característica de um projeto complexo, como o navio, não permite uma otimização de um determinado requisito e sim um compromisso entre eles, isto é, quando se melhora uma característica de desempenho mantendo os limites estipulados, esta afetará as outras características e de um modo geral de maneira negativa. Como exemplo da relação de compromisso entre as características em um projeto de um navio pode-se citar, caso se queira aumentar a estabilidade do navio (ponto positivo), uma solução seria aumentar a boca, porém esta traria reflexos com o aumento da potência instalada (ponto negativo).

Com intuito de facilitar o julgamento, deve se preparar uma lista, onde deve constar: um breve sumário com a descrição do meio, a sua capacidade operativa esperada, os tipos prováveis de ameaça e o consenso dos representantes sobre a

definição dos requisitos. A lista para julgamento deve conter os critérios e as instruções necessárias para se fazer os julgamentos de forma adequada.

Com intuito de enriquecer a análise dos resultados, pode-se dividir o grupo em subgrupos para captar se há divergência em relação ao resultado do grupo como um todo. Além dos subgrupos iniciais determinados, isto é, subgrupo operativo e do material, poder-se-ia criar outros subgrupos, tais como: o subgrupo dos responsáveis pelos órgãos ou subgrupos pelo círculo de graduação, ou seja, subgrupo dos oficiais gerais, dos oficiais superiores e dos demais oficiais, neste caso dependeria da formação do grupo para viabilizar estes subgrupos. Desta forma, a análise dos resultados pode ser estratificada de diversas formas, passando a visão dos setores do que eles esperam do meio. Antes de passar para a última fase do processo, a análise dos resultados pode levar a necessidade de retornar a fase de reuniões em função de divergências críticas em relação ao projeto sendo necessário mais uma rodada das etapas anteriores.

A quarta fase – incorporação dos resultados nos REM – é a consolidação dos resultados nos REM, será a visão final do meio chancelada pelo Estado-Maior da Armada com o comprometimento dos outros interessados no projeto.

Para que a proposta seja efetiva se faz necessário utilizar uma metodologia de tomada de decisão que apóie o processo e atenda as principais restrições impostas, que são:

- ✓ Permitir um número razoável de participantes decidir de forma eficaz;
- ✓ Incorporar a decisão do grupo, possibilitando a todos contribuírem sem a interferência explícita de outro membro;
- ✓ Permitir uma fácil aplicação e entendimento para um público leigo.
- ✓ Permitir o julgamento de um número finito de atributos;
- ✓ Ser capaz de priorizar e atribuir peso aos atributos; e

- ✓ Permitir a ponderação de atributos não só quantitativos com unidades diferentes como também de atributos qualitativos.

O próximo capítulo explorará algumas metodologias de tomada de decisão e deve indicar aquela que mais se adequa a metodologia proposta.

3 Método de Tomada de Decisão com Múltiplos Atributos

Uma decisão é definida, segundo Eastman et al. (1995), como uma escolha entre alternativas, podendo estas representar diferentes cursos de ações, diversas hipóteses sobre a natureza de uma característica, variados conjuntos de características, etc.

A forma como se vão avaliar as várias alternativas de ação é definida em função dos objetivos da decisão. A natureza destes objetivos e como eles são vistos pelos responsáveis pela decisão constituirão um guia para definição de restrições, regras de decisão ou procedimentos que devem permitir a comparação das várias ações potenciais, ou seja, alternativas de ação.

Os métodos de tomada de decisão com múltiplos atributos são aplicados em problemas onde o responsável ou o grupo responsável pelo processo decisório escolhe ou prioriza um número finito de alternativas, as quais são medidas por dois ou mais atributos relevantes. Os métodos de tomada de decisão, normalmente, valem-se da análise de critérios, fatores ou objetivos. Morita (1998) afirma que os métodos clássicos de otimização da programação matemática não são adequados para tratar esse tipo de problema, uma vez que não há solução ótima que satisfaça a todos os critérios simultaneamente.

Segundo Norris e Marshall (1995), há quatro características comuns em problemas onde o método de tomada de decisão com múltiplos atributos é aplicado, são eles:

- ✓ Conjunto finito de alternativas;
- ✓ Compromisso entre os atributos;
- ✓ Elementos incomensuráveis; e
- ✓ Matriz de decisão.

O conjunto finito de alternativas é normalmente pequeno, discreto e pré-determinado. Os problemas, que requerem a aplicação do método, não apresentam uma única alternativa que contém valores ou desempenho preferível para todos os atributos. A melhor alternativa é o resultado de um balanço entre os atributos em que o melhoramento em determinado atributo, somente será possível em detrimento de um outro atributo, sendo que em muitos casos estes são conflitantes.

Os atributos do problema, de um modo geral, não são medidos na mesma unidade, em alguns casos, medi-los é impraticável, impossível ou com um custo muito elevado. Se todos os atributos, que caracterizam as alternativas, puderem ser expressos em reais ou se seus benefícios ocorrerem em um determinado tempo específico, então a priorização e a seleção de uma alternativa não irá requerer a aplicação do método de tomada de decisão com múltiplos atributos.

O método pode ser geralmente caracterizado por uma matriz de decisão. Esta deve indicar não só o conjunto de alternativas como também o conjunto de atributos a ser considerado em um determinado problema. A matriz deve sumarizar os dados disponíveis para aquele que decide inicie a sua análise. Um problema com m alternativas caracterizadas por n atributos é descrito por uma matriz X de $m \times n$. A abordagem pode ser vista como um método onde se combinam as informações das alternativas e dos atributos em uma matriz junto com informações adicionais do responsável pela decisão para se determinar a priorização final ou seleção entre as alternativas.

A tabela abaixo mostra uma matriz de decisão simplificada para um problema de seleção de um determinado sistema. A primeira coluna de atributos mostra um atributo financeiro, isto é, custo do ciclo de vida. O atributo seguinte é período de garantia, medido quantitativamente, porém em termos não monetários. O último atributo, familiaridade com a tecnologia, é caracterizado somente qualitativamente.

Tabela 3-1: Matriz de Decisão. Norris e Marshall (1995).

	Custo do ciclo de vida (K\$)	Duração da garantia (anos)	Familiaridade com a tecnologia
Alternativa A	10	3	Alta
Alternativa B	15	1	Média
Alternativa C	20	10	Baixa

É importante que a matriz de decisão inclua somente aqueles atributos que variam significativamente entre as alternativas e que o responsável pela decisão considere esta variação significativa.

Há um relativo consenso entre a maioria dos autores Hwang e Yoon, Vincke (1982), Vincke e Roy (1986), Massam (1988) e Norris e Marshall (1995) que o método de tomada de decisão com múltiplos atributos requer assumir hipóteses simplificadoras, sendo prática comum negligenciar as incertezas e as imprecisões nos dados da matriz de decisão e nas informações adicionais. Negligenciar incertezas ocorre quando os valores são representados por seus valores esperados e não pela sua distribuição de probabilidade. Negligenciar imprecisão ocorre na valoração de atributos qualitativos em quantitativos, isto é, atributos qualificados como altos ou baixos são convertidos para uma escala numeral em vez de intervalos.

Dentre os métodos citados por Shimizu (2001), Morita et al. (1999), Turban e Aronson (1998) e Santana (1996), destacam-se para o propósito deste trabalho:

- MAUT (*Multi-Attributes Utility Theory*);
- TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*); e
- AHP (*Analytic Hierarchy Process*).

Estes métodos foram escolhidos, pois, a princípio, se adaptam a metodologia proposta no capítulo anterior.

3.1 Escolha do Método

3.1.1 MAUT

Segundo Shimizu (2001), a maioria dos métodos requer a transformação dos valores de cada atributo em uma mesma unidade. Quando os problemas tratam com atributos quantitativos com unidades diferentes, o método que poderia ser utilizado seria a teoria da utilidade para múltiplos atributos.

A teoria da utilidade é considerada como a representação das preferências relativas de um indivíduo entre os elementos de um conjunto usando números reais. A teoria assume que um decisor sempre busca a solução que gere a maior satisfação (utilidade). A satisfação ou preferência do decisor perante o risco é representada por uma função matemática chamada de função de utilidade ou curva de preferência. O valor esperado da função matemática é a média ponderada dos possíveis resultados antecipados de uma particular ação, em que os pesos são as probabilidades. A função de utilidade com múltiplos atributos, múltiplos critérios ou multidimensional utiliza várias funções de utilidade para avaliar a maior satisfação possível.

No processo de determinação da função utilidade, o decisor deve ser coerente com suas preferências, de modo que se possam evitar inconsistências na estruturação dos problemas. Segundo Gomes (2002), o decisor deve obedecer a seis axiomas de modo que a sua função utilidade possa ser perfeitamente definida, são eles:

- ✓ Axioma da ordenabilidade;
- ✓ Axioma da transitividade;
- ✓ Axioma da continuidade;
- ✓ Axioma da substitutabilidade;
- ✓ Axioma da redutibilidade e;

✓ Axioma da monotonicidade.

Na teoria da utilidade para múltiplos atributos, o valor de uma alternativa a_i é formado por um conjunto de valores $(v_{1i}, v_{2i}, \dots, v_{ni})$, em que cada v_{ji} ($j = 1, 2, \dots, n$) é o valor assumido pela alternativa a_i em cada um dos n atributos.

Esse método é aplicável a uma ampla gama de problemas e, por estar baseado em cálculo matemático, permite a identificação de incoerências e independência entre os atributos. A escolha do método implica na aceitação da estrutura axiomática da teoria, que de início deve satisfazer uma lógica de compensação entre os critérios, de modo a ser obter uma função de síntese que agregue todos os critérios numa única função analítica. Desta forma, o método requer profundo conhecimento e detalhamento das variáveis e suas relações, como também uma grande habilidade do usuário na definição e cálculo da função utilidade.

3.1.2 TOPSIS

O modelo TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), cujo desenvolvimento se deve a Hwang e Yoon (1981), e suas versões mais recentes detalhadas em Hwang et. al. (1993), é um dos modelos mais conhecidos entre os que utilizam a abordagem gráfica. Ele é, na verdade, uma forma analítica de se organizar o processo de escolha de alternativas em um dado conjunto, conjunto este sustentado no princípio segundo o qual as alternativas reais podem ser comparadas com duas soluções hipotéticas, chamadas de ideal e de indesejável. Assim, o modelo tem um princípio simples, onde a alternativa selecionada seria aquela que apresentasse o menor afastamento da solução ideal (A^+) e, ao mesmo tempo, a maior distância da solução indesejável (A^-).

Neste caso, para os critérios $j = 1, 2, \dots, n$, tem-se:

Solução ideal:

$$A^+ = \{v_{1+}; v_{2+}; \dots; v_{n+}\}$$

Equação 3-1

Solução indesejável:

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$$

Equação 3-2

onde v_j^+ e v_j^- representam, respectivamente, os melhores e os piores desempenhos do conjunto de alternativas diante do critério “j”.

As distâncias das diversas localizações A_i ($i = 1, 2, \dots, m$) com relação às soluções ideal e indesejável são calculadas segundo o senso Euclidiano, isto é, a raiz quadrada do somatório das distâncias ao quadrado dos eixos no “espaço dos atributos”.

3.1.3 AHP

O método AHP (Analytic Hierarchy Process) foi desenvolvido por Thomas L. Saaty (1980) na década de 70. O modelo é um método de tomada de decisão com múltiplos atributos classificado como “método de peso aditivo”, esta categoria é provavelmente a mais conhecida e empregada de todos os métodos com múltiplos atributos, devido a sua lógica simples e intuitiva, a sua múltipla funcionalidade e a incorporação de um balanço entre os atributos.

O AHP permite avaliar atributos múltiplos, conflitantes, não-monetários e qualitativos em conjunto e, atualmente, pode ser considerado um método de tomada de decisão com múltiplos atributos bem testado e com resultados consistentes. Outro ponto importante é a disponibilidade de um software para facilitar o processo, este software foi produzido pela Expert Choice Inc., sendo bem flexível e amigável.

Segundo Norris e Marshall (1995), a lógica básica dos métodos de peso aditivo consiste de quatro princípios:

- ✓ Pontuação cardinal das alternativas;
- ✓ Pesos cardinais dos atributos;
- ✓ Contribuição para a desejabilidade; e
- ✓ Aditividade.

A pontuação numérica cardinal vai caracterizar todo o grau de desejo de cada alternativa. Estas pontuações (D_i para cada uma das m alternativas, $i = 1, \dots, m$) podem então ser usadas para classificar as alternativas, para identificar o subconjunto das alternativas mais preferidas ou para selecionar a melhor alternativa.

A importância relativa dos atributos para o decisor é definida como constante entre as alternativas, e é descrita usando pesos cardinais (w_j para cada um dos n atributos, $j=1, \dots, n$), os quais o decisor atribui a cada atributo. Os pesos são, normalmente, normalizados, isto é, o seu somatório é igual à unidade.

O desempenho de cada alternativa com relação a cada atributo deve ser expresso numericamente e esta pontuação do atributo (x_{ij}) deve ser comparável entre os atributos. As características das alternativas com respeito a cada atributo contribuem com uma parcela para o cálculo da desejabilidade total (D_i) da alternativa. Esta contribuição é calculada como o produto da pontuação do atributo (x_{ij}) com o peso da importância do atributo (w_j).

As contribuições separadas de cada atributo para a pontuação da desejabilidade total de uma alternativa são consideradas aditivas. A pontuação para cada uma das alternativas é definida como o somatório das contribuições de cada atributo:

$$D_i = \sum_{j=1}^n w_j x_{ij}$$

Equação 3-3

Desta forma, os métodos de peso aditivo facilitam a triagem, a classificação e a escolha de alternativas por meio de pontuação numérica cardinal para cada alternativa.

Há três importantes refinamentos que o método AHP amplia o método de peso aditivo básico; o primeiro, o AHP usa comparação aos pares, o segundo, a metodologia de cálculo usa o autovetor e o terceiro e a hierarquização do problema.

3.1.4 Comparação entre os Métodos

Os três métodos, sucintamente apresentados acima, devem ser confrontados com as principais restrições imposta pela metodologia que são:

- ✓ Permitir um número razoável de participantes decidir de forma eficaz;
- ✓ Incorporar a decisão do grupo, possibilitando a todos contribuírem sem a interferência explícita de outro membro;
- ✓ Permitir uma fácil aplicação e entendimento para um público leigo;
- ✓ Permitir o julgamento de um número finito de atributos;
- ✓ Ser capaz de priorizar e atribuir peso aos atributos; e
- ✓ Permitir a ponderação de atributos não só quantitativos com unidades diferentes como também de atributos qualitativos.

A teoria da utilidade para múltiplos atributos permitir julgar um número finito de atributos como também atributos quantitativos com diferentes unidades, entretanto tem como grande restrição os axiomas que devem ser satisfeitos, não permitindo inconsistência no julgamento. Quando se colocam pessoas para fazer julgamentos subjetivos é esperado que o resultado apresente um certo grau de inconsistência, pois é da natureza humana. Os atributos qualitativos merecem especial atenção, pois dependendo da personalidade do decisor este poderá ter grandes variações.

Outro ponto importante, o MAUT é de difícil entendimento para um público leigo e requer um profundo conhecimento do problema para o detalhamento correto das variáveis e suas relações para formulação da função utilidade adequada. Desta forma, o método não se aplica a um público heterogêneo e com número razoável de participantes.

O modelo TOPSIS permite um fácil entendimento e aplicação para um público leigo, contudo para seu uso na metodologia proposta implicaria em criar

modelos do meio para comparação, não permitindo uma liberdade de comparar os atributos entre si. Outra restrição seria a criação da melhor e da pior configuração, deveriam ser criados navios fora da realidade para facilitar o consenso do grupo.

O seu método é de aplicação gráfica, assim é inadequado quando se trabalha com um grupo grande e os atributos qualitativos seriam de difícil posicionamento no mapa.

Ao se comparar os métodos apresentados para aplicação no trabalho proposto, constata-se que a metodologia AHP é a que apresenta mais vantagens sobre os demais, pois não apresenta problemas quanto às restrições apresentadas e tem pelo menos três pontos fortes.

O primeiro ponto é quanto à simplicidade para se fazer os julgamentos entre os atributos, é mais fácil comparar dois a dois do que ter que comparar um número maior entre eles de uma vez só. O ponto negativo da comparação paritária é a possível falta de consistência do julgamento, neste caso o método trabalha este problema de forma adequada, calculando um índice que validará ou não a apreciação efetuada. A consistência cardinal perfeita se aplica a atributos quantitativos, mas quanto aos atributos qualitativos não há como impor um rigor matemático.

O segundo ponto é quanto ao gerenciamento da equipe, o método permite que as pessoas façam julgamentos individuais que combinados resultarão no consenso do grupo. Conduzir uma reunião com dez pessoas e chegar a um consenso não é uma tarefa fácil, muitas vezes necessitando de mais reuniões para se chegar a um resultado satisfatório, a metodologia proposta o número de participantes é bem maior. O método, por permitir julgamento individual, minimiza a exposição do membro, tornando-o mais livre para colocar sua opinião como também mitiga a influência de algum participante que tenha personalidade mais forte sobre os demais. Desta forma, a metodologia possibilita trabalhar com um grupo bem maior.

E por último, o método tem disponível um software de fácil uso, que torna o processamento dos julgamentos eficaz com diversas ferramentas para conduzir

trabalhos em grupo, permitindo que um público leigo use a metodologia, faça análise de sensibilidade e não incorra em erros de cálculo.

A seguir são detalhados os pontos em que o AHP difere dos métodos de peso aditivo tradicionais, que são: comparação aos pares, cálculo do autovetor e a hierarquização do problema.

3.2 Detalhamento do AHP

3.2.1 Comparação aos Pares

Os decisores, muitas vezes, encontram dificuldades para determinar com precisão o valor do peso de cada atributo em um conjunto de atributos simultaneamente. O AHP aborda o problema de determinação de pesos aos atributos em um problema mais manipulável, fazendo uma série de comparações aos pares entre os atributos competitivos.

O método sintetiza os resultados das comparações aos pares por meio de uma matriz de comparações paritárias (MCP). Para cada par de atributos, o decisor julga em termos de: importância, quando comparando atributos com respeito à importância relativa, ou preferência, quando comparando a preferência de uma alternativa com relação a um atributo, ou probabilidade, quando comparando eventos incertos ou cenários com relação a sua possibilidade de ocorrência.

O número de comparações necessárias ao processo é menor do que a combinação de todos os atributos, obedecendo a seguinte equação:

$$\text{número de comparações} = \frac{n(n-1)}{2} \qquad \text{Equação 3-4}$$

sendo n igual ao número de atributos julgados.

Isto é devido a duas hipóteses: a identidade e a reciprocidade. A identidade assegura que os elementos da diagonal principal da MCP são sempre iguais a unidade, pois o atributo A tem sempre a mesma importância que ele mesmo. A

reciprocidade garante que os elementos abaixo da diagonal principal da MCP tenham valores recíprocos aos elementos correspondentes acima da diagonal, isto é, se o atributo A é julgado três vezes mais importante do que o atributo B, então de acordo com a reciprocidade o atributo B é um terço menos importante do que o atributo A. Estas duas hipóteses reduzem o número total de comparações requeridas para se montar uma MCP. Abaixo são mostradas duas formas de matrizes de comparações paritárias.

$$D = \begin{pmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & w_1/w_3 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & w_2/w_3 & \dots & w_2/w_n \\ w_3/w_1 & w_3/w_2 & w_3/w_3 & \dots & w_3/w_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & w_n/w_3 & \dots & w_n/w_n \end{pmatrix}$$

Figura 3.1: Matriz de comparações paritárias (MCP). Forman (2001)

Tabela 3-2: Matriz de comparações paritárias (MCP). Norris e Marshall (1995)²

	Atributo 1	Atributo 2	Atributo j	Atributo n
Atributo 1	1	Importância do atributo 1 relativo ao 2		Importância do atributo 1 relativo ao j		Importância do atributo 1 relativo ao n
Atributo 2	Importância do atributo 2 relativo ao 1	1		Importância do atributo 2 relativo ao j		Importância do atributo 2 relativo ao n
.....			1			

² Todos os elementos da diagonal principal da matriz são iguais a 1, dado que é o mesmo elemento na coluna e na linha. Os elementos acima da diagonal principal têm valor recíproco aos seus correspondentes abaixo da diagonal principal.

	Atributo 1	Atributo 2	Atributo j	Atributo n
Atributo j	Importância do atributo j relativo ao 1	Importância do atributo j relativo ao 2		1		Importância do atributo j relativo ao n
.....					1	
Atributo n	Importância do atributo n relativo ao 1	Importância do atributo n relativo ao 2		Importância do atributo n relativo ao j		1

Há dois tipos de abordagem para os julgamentos específicos: numérico e indireto. Ambos requerem responder a pergunta: “Quanto o atributo A é mais importante do que o atributo B, à vista do objetivo geral?” No caso da abordagem numérica a resposta poderá ser: “o atributo A é três vezes mais importante do que o atributo B ou quando se tratar de atributos expressos por valores, o julgamento será uma razão entre eles”.

A abordagem indireta auxilia o decisor quando este tem dificuldade de traduzir seu julgamento em números, podendo ser verbal ou gráfica. A abordagem indireta verbal permite ao decisor selecionar uma resposta de uma lista especificada para cada julgamento. O julgamento verbal é expresso de uma forma ordinal, o que implica na necessidade de se fazer algumas pressuposições para estabelecer a equivalência numérica. Desta forma, se garante que o julgamento atribuirá qual o atributo é mais importante como também o quanto ele é mais importante.

Saaty (1991) recomenda uma escala que varia de 1 a 9 com julgamentos verbais equivalentes, conforme é mostrado abaixo.

Tabela 3-3: Tabela de escala de julgamento verbal. Saaty (1991)

Intensidade de importância	Definição	Explicação
1	Mesma importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra; sua denominação de importância é demonstrada na prática
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza
2, 4, 6 e 8	Valores intermediários entre os valores adjacentes	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições
Recíprocos dos valores acima de zero	Se a atividade i recebe uma das designações diferentes acima de zero, quando comparada com a atividade j, então j tem o valor recíproco quando comparada com i	Uma designação razoável
Racionais	Razões resultantes da escala	Se a consistência tiver de ser forçada para obter valores numéricos n, para completar a matriz

As comparações para uma determinada MCP devem ser baseadas na mesma escala e no mesmo método, isto é, numérico, verbal ou gráfico, para assegurar uma comparabilidade direta entre o conjunto de atributos.

3.2.2 Método de Cálculo do Autovetor

O método de cálculo do autovetor é a segunda particularidade do AHP. Este método converte os dados das comparações paritárias da MCP em pesos dos atributos e usa os resultados do cálculo para verificar o grau de inconsistência dos julgamentos.

A MCP é uma matriz quadrada, e para qualquer matriz quadrada M com n linhas e colunas tem associado n autovetores e_i que satisfazem a equação:

$$\lambda_i e_i = M e_i \quad \text{Equação 3-5}$$

onde λ_i é o autovalor associado ao autovetor e_i . O autovetor principal (e^*) está associado ao autovalor com maior valor absoluto λ_{\max} :

$$\lambda_{\max} e^* = M e^* \quad \text{Equação 3-6}$$

Para obter o vetor dos pesos, primeiro calcula-se o e^* pela equação 3-6 onde M é igual a MCP, este autovetor principal da MCP é então normalizado para que os elementos do vetor final dos pesos w quando somados seja igual a 1.

$$w = e^* \left(\frac{1}{\sum_{j=1}^n e_j} \right) = [w_j] \quad \text{Equação 3-7}$$

O AHP permite que na elaboração da MCP o decisor faça julgamentos não perfeitamente consistentes implicando em não satisfazer a propriedade da consistência cardinal perfeita. A consistência cardinal perfeita significa que para quaisquer três atributos A , B e C ; se A for julgado x vezes mais importante do que B

e B for julgado y vezes mais importante do que C , então A deve ser $(x * y)$ vezes mais importante do que C . O conjunto de julgamento de comparações paritárias que satisfizer a consistência cardinal perfeita é dito com consistência perfeita. A proposta de não assumir consistência cardinal perfeita permite ao decisor fazer um grande número de oportunidades independentes de expressar suas preferências cardinais. Desta forma, o método possibilita o julgamento subjetivo, que pode ter erro ou ser tendencioso.

O cálculo do autovalor principal é usado para verificação da inconsistência entre as comparações paritárias. Dado que a MCP tem em toda sua diagonal principal o valor igual à unidade, então de acordo com dois teoremas da álgebra linear³:

1. Uma matriz recíproca positiva será consistente se e somente se $\lambda_{\max} = n$, e

2. Sendo $\delta = \max_{ij} \delta_{ij}$, então $\lambda_{\max} - n < \frac{1}{n} \sum_{1 \leq i < j \leq n} \delta_{ij}^2 \leq \frac{(n-1)}{2} \delta^2$.

O primeiro teorema garante que o autovalor principal da matriz será igual a n se as comparações paritárias forem perfeitamente consistentes. O segundo teorema assegura que se as comparações paritárias desviarem levemente da consistência perfeita, então o autovalor principal diferirá levemente de n . Baseado nestes dois teoremas, Saaty (1991) recomenda que a razão de consistência (R.C.) é considerada aceitável se for igual ou menor do que 0,10, onde R.C. será a razão entre o índice de consistência (I.C.) e o índice randômico (I.R.), então :

$$R.C. = \frac{I.C.}{I.R.} \quad \text{Equação 3-8}$$

$$I.C. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad \text{Equação 3-9}$$

³ Teorema 7.15 e teorema 7.16 na página 258 de Saaty (1991).

e o I.R. é o índice de consistência de uma matriz recíproca gerada randomicamente baseada na escala de 1 a 9, conforme tabela abaixo:

Tabela 3-4: Tabela de ordem das matrizes e índice randômico (I.R.). Saaty (1991)

Ordem da Matriz	I.R.	Ordem da Matriz	I.R.
1	0,00	8	1,41
2	0,00	9	1,45
3	0,58	10	1,49
4	0,90	11	1,51
5	1,12	12	1,48
6	1,24	13	1,56
7	1,32	14	1,57
		15	1,59

3.2.3 Estruturando o Problema em Hierarquia

O terceiro modo do AHP estender o método de peso aditivo básico é o uso da hierarquização do problema, mantendo um número de comparações paritárias gerenciável e facilitando a compreensão do problema com um grande número de atributos. Este processo permite ao decisor relacionar avaliações intangíveis com tangíveis, o subjetivo com objetivo e agrupá-los para seu propósito.

Saaty define a hierarquia como “uma abstração da estrutura de um sistema para estudar as interações funcionais dos seus componentes e seus impactos em todo o sistema”. Desta forma, estruturando hierarquicamente um problema se consegue dividindo em uma série de níveis de atributos, cada atributo faz parte de um pequeno conjunto de atributos em um nível, e este conjunto de atributos está relacionado a um único atributo um nível imediatamente acima. Um exemplo de hierarquização de atributos e de sub-atributos é ilustrado abaixo.

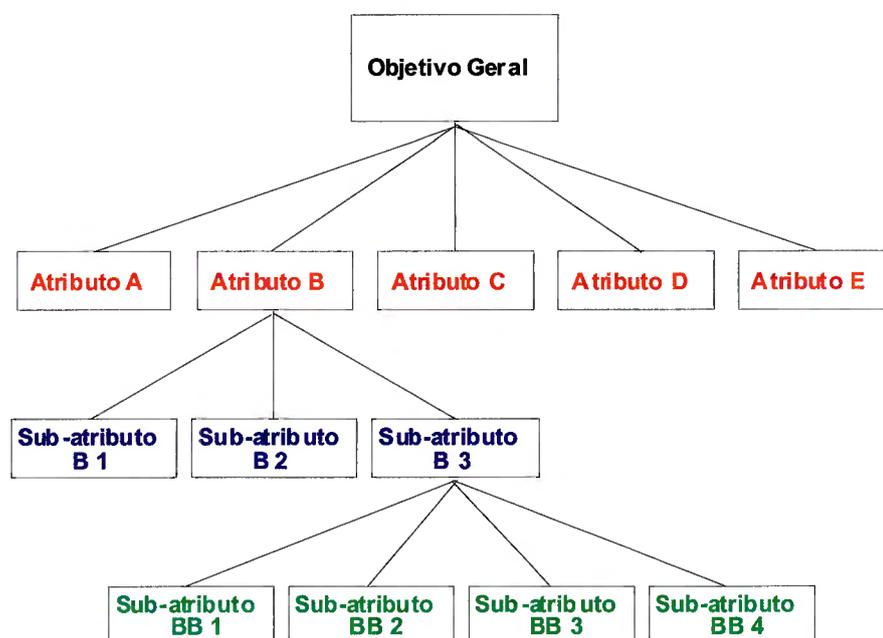


Figura 3.2: Estrutura hierárquica de atributos.

A teoria do AHP recomenda que o limite de atributos por nível hierárquico não exceda a sete, podendo em alguns casos chegar a nove. Esta recomendação não só se prende ao número de comparações paritárias⁴ necessárias, como também a capacidade da memória humana de curto prazo. Segundo Martin (1973), “se uma pessoa tiver de escolher de um conjunto de vinte alternativas, ela dará respostas imprecisas porque o número de elementos excedeu a capacidade do seu canal de percepção”, fato este comprovado por numerosos experimentos e conclui: “em muitos casos, sete alternativas são aproximadamente o limite da capacidade deste canal”. Miller (1956) em seu estudo comprovou que em média as pessoas não são capazes de processar com precisão mais de sete e poucas pessoas até nove coisas ao mesmo tempo.

⁴ Ver equação 3.4.

A representação de um sistema em uma estrutura hierárquica, segundo Saaty (1991), tem as seguintes vantagens:

- ✓ A representação de um sistema pode ser usada para descrever como as mudanças em prioridades nos níveis mais altos afetam a prioridade dos níveis mais baixos;
- ✓ Fornece grandes detalhes de informação sobre a estrutura e as funções de um sistema nos níveis mais baixos, permitindo uma visão geral de atores e de seus propósitos nos níveis mais altos. Limitações nos elementos de um nível são representadas melhor no nível mais alto seguinte para assegurar que elas sejam satisfeitas;
- ✓ Os sistemas naturais montados hierarquicamente, isto é, por meio de construção modular e montagem final de módulos, desenvolvem-se com mais eficiência do que aqueles montados de um modo geral; e
- ✓ São estáveis e flexíveis, estáveis porque pequenas modificações têm efeitos pequenos e flexíveis porque adições a uma hierarquia bem estruturada não perturbam o desempenho.

Com intuito de validar a adequação do uso do AHP na metodologia proposta, será realizada uma pesquisa de campo com público qualificado simulando o questionário a ser usado no julgamento dos requisitos de um navio.

4 Priorização de Requisitos

4.1 Propósito

O propósito deste trabalho é introduzir uma melhoria ao conjunto dos requisitos do meio estabelecido pelo REM, colocando-os em prioridade e com valoração. Desta forma, consegue-se um refinamento das informações que serão trabalhadas pelo pessoal técnico, que não só desenvolverá o projeto para atender os requisitos estipulados, como também alocará recursos para o atendimento dos requisitos de uma forma mais eficaz.

Esta proposta também amplia o atendimento dos princípios básicos da moderna administração. Primeiro, em colocar a voz do cliente final nos requisitos do projeto de uma maneira clara e objetiva; segundo, a possibilidade de um melhor desenvolvimento da fase de concepção do projeto, isto é, mais focado e com balizadores verificáveis do conceito do meio; terceiro, o emprego mais eficaz dos recursos; e quarto, o aumento da probabilidade do produto final obter uma melhor avaliação operacional.

Com intuito de validar esta proposta, foi elaborada uma pesquisa que dará respaldo a esta alteração, verificando se haverá melhoria significativa para o processo de obtenção do meio ou se trará somente benefícios marginais ao processo.

4.2 Estruturação da Pesquisa

4.2.1 Estruturação do Modelo da Pesquisa

Conforme apresentado no capítulo 2, os requisitos do Estado-Maior (REM) se dividem em três partes: necessidade geradora, conceito do emprego e condicionantes. Para pesquisa em tela, concentrou-se na exploração do conceito do emprego e nas condicionantes do meio. O conceito do emprego destaca o cenário, as ameaças e as tarefas, no caso da pesquisa se buscou um meio que fosse de amplo conhecimento e

com uso bastante disseminado na Marinha. A escolha recaiu para um navio tipo Fragata com o seguinte conceito do emprego, a pesquisa enviada está no Anexo A :

Um navio hipotético tipo Fragata operando no Atlântico Sul com capacidade para:

- ✓ Operação de ataque - exercer o controle tático de grupos de ação de superfície e engajar contra ameaças de superfície;
- ✓ Ação anti-submarino - participar de operações de busca e ataque e de coberturas ou atuar como piquete;
- ✓ Operação anfíbia - desembarcar e recolher pessoal em operações especiais em áreas controladas pelo inimigo e efetuar bombardeio naval de costa;
- ✓ Operação de esclarecimento - detectar, identificar e acompanhar alvos de superfície, aérea e submarino por meio eletrônico, ótico e eletro-ótico;
- ✓ Ações de guerra eletrônica e outras mais - emprego de CME e despistadores e;
- ✓ Como também para operação de defesa de plataformas, ação de defesa antiaérea e antimíssil de ponto, ação em área minada tipo de contato e de influência, ação de guerra eletrônica e ação de guerra nuclear, química e bacteriológica.

As ameaças principais esperadas são:

- ✓ Navio aeródromo com aeronaves de asas fixas tipo caça;
- ✓ Navios de superfície armados com canhão e mísseis tipos superfície-superfície;
- ✓ Submarinos convencionais armados com torpedos com “homing” ativo/passivo, e;
- ✓ Aeronaves de asas fixas e móveis, armadas com míssil.

As condicionantes do meio são apresentadas as características de desempenho. Realizando uma síntese dessas características para um navio tipo Fragata, foram escolhidos os seguintes requisitos para atender o conceito de emprego proposto:

Tabela 4-1: Tabela dos requisitos.

Requisitos	Definição
Autonomia	Autonomia e raio de ação do navio.
Mobilidade	Mobilidade, comportamento no mar, velocidade e estabilidade.
Discrição	Discrição radar, acústica, radiação infravermelha e magnética.
sobrevivência	Sobrevivência ao choque e impacto e controle de avarias
Comando	C4I (Comando, controle, comunicação e computação e inteligência).
Armamento	Armamento do navio.
Aérea	Capacidade de operação aérea.
Sensores	Capacidade de detecção.
Habitabilidade	Condições de habitabilidade para a tripulação.

Há dois pontos importantes a comentar, o primeiro é quanto ao número de requisitos a serem trabalhados. Buscou-se o número máximo de nove para atender o limite sugerido pelo método de tomada de decisão escolhido, isto é, o AHP. Caso se faça necessário refinar os conceitos dos requisitos pode-se, conforme exposto no capítulo 3, desdobrar os requisitos, por exemplo:

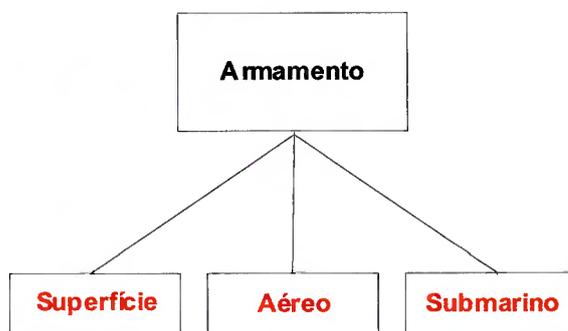


Figura 4.1: Desdobramento do requisito armamento.

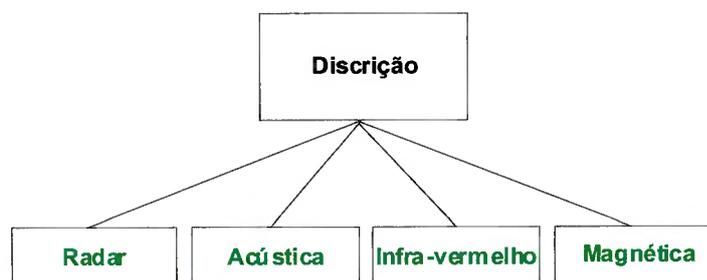


Figura 4.2: Desdobramento do requisito discrição.

O outro ponto a ser considerado é que por se tratar de uma pesquisa de cunho acadêmico, as comparações paritárias necessárias não deveriam ser de um número excessivo. De acordo com a equação 3.4, o número de comparações ficou em 36, considerado um número satisfatório para seu propósito. Quanto à importância relativa dos requisitos usou-se o julgamento verbal que é expresso de uma forma ordinal de acordo com a tabela 3.3. A tabela de julgamento é mostrada abaixo:

Tabela 4-2: Tabela de Julgamento dos Requisitos

1=IGUAL 3=MODERADA 5 = FORTE 7 = MUITO FORTE 9 = EXTREMA

1	Autonomia	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mobilidade
2	Autonomia	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Discrição
3	Autonomia	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sobrevivência
4	Autonomia	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Comando
5	Autonomia	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Armamento
6	Autonomia	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aérea
7	Autonomia	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sensores
8	Autonomia	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Habitabilidade
9	Mobilidade	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Discrição
10	Mobilidade	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sobrevivência
11	Mobilidade	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Comando
12	Mobilidade	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Armamento

1=IGUAL 3=MODERADA 5 = FORTE 7 = MUITO FORTE 9 = EXTREMA

13	Mobilidade	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aérea
14	Mobilidade	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sensores
15	Mobilidade	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Habitabilidade
16	Discrição	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sobrevivência
17	Discrição	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Comando
18	Discrição	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Armamento
19	Discrição	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aérea
20	Discrição	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sensores
21	Discrição	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Habitabilidade
22	Sobrevivência	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Comando
23	Sobrevivência	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Armamento
24	Sobrevivência	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aérea
25	Sobrevivência	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sensores
26	Sobrevivência	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Habitabilidade
27	Comando	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Armamento
28	Comando	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aérea
29	Comando	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sensores
30	Comando	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Habitabilidade
31	Armamento	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aérea
32	Armamento	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sensores
33	Armamento	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Habitabilidade
34	Aérea	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sensores
35	Aérea	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Habitabilidade
36	Sensores	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Habitabilidade

4.2.2 Estruturação da Amostra da Pesquisa

O processo de elaboração dos REM é executado por uma equipe do Estado-Maior da Armada ouvindo outros setores da Marinha. Esta equipe é multidisciplinar e seus integrantes têm experiência profissional bem diversificada. Os outros setores da área operativa, que emitem opinião, são: oficiais de outros Estados-Maiores, por exemplo, do Comando de Operações Navais e de Forças; oficiais instrutores da Escola de Guerra Naval; oficiais dos Centros de Avaliação Operacional; e oficiais Comandantes de navios semelhantes. A população total do pessoal operativo é da ordem 110 oficiais, sendo que uma parte desta população faz o REM.

Este grupo será tratado doravante como grupo operativo. Ele tem uma característica especial que é a movimentação freqüente de funções até por requisito de carreira. Esta troca funcional tem uma freqüência média bianual e máxima de quatro anos, habilitando outros oficiais a responder a pesquisa mesmo não estando mais nas funções apresentadas no parágrafo anterior.

O outro grupo a ser pesquisado desdobrará o REM nos requisitos de alto nível de sistemas. Este, por sua vez, é composto por oficiais e engenheiros que trabalham em órgãos subordinados a Diretoria Geral do Material, sendo tratado doravante como grupo do material. Os oficiais e engenheiros servem na Diretoria de Engenharia Naval, Centro de Projeto de Navios, Centros de Pesquisa da Marinha e Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro. Diferente do grupo operativo, o do material permanece longos anos no mesmo local, evoluindo no tempo na área de responsabilidade. A população total do pessoal do material é da ordem 160 oficiais e engenheiros envolvidos no processo.

Desta forma, as amostras a serem pesquisadas serão compostas da seguinte forma:

Tabela 4-3: Tabela da discriminação das amostras.

Amostra	Composição	Definição
Operativo	EMA	Oficiais do Estado-Maior da Armada
Operativo	OEM	Oficiais de outros Estados-Maiores
Operativo	EGN	Oficiais da Escola de Guerra Naval

Amostra	Composição	Definição
Operativo	CAV	Oficiais dos Centros de Avaliação Operacional
Operativo	COMTE	Oficiais comandantes de navios
Material	DEN	Oficiais e engenheiros da Diretoria de Engenharia Naval
Material	CPN	Oficiais e engenheiros do Centro de Projeto de Navios
Material	CNT	Oficiais e engenheiros de Centros de Pesquisa
Material	EST	Oficiais e engenheiros do Arsenal de Marinha

4.3 Resultados da Pesquisa

Os dados da pesquisa foram trabalhados de três formas: a primeira foi calculada o autovetor de cada pesquisa, a segunda foi calculada o autovetor do grupo, isto é, autovetor do grupo do pessoal operativo e o autovetor do grupo do pessoal do material, e a terceira forma foi calculada do grupo todo.

Os dados foram trabalhados pelo software Expert Choice Pro versão 9.5 da empresa Expert Choice que usa o método AHP, com recurso para efetuar as duas abordagens apresentadas no parágrafo anterior.

4.3.1 Resultado da pesquisa trabalhada individualmente

A tabela 4-4 apresenta os autovetores da amostra do pessoal operativo e a tabela 4-5 a estatística básica destes autovetores agrupadas por requisitos.

Tabela 4-4: Tabela do resultado da pesquisa do pessoal operativo

Pessoal Operativo	Sensores	Armamento	Comando	Discrição	Sobrevivência	Aérea	Mobilidade	Autonomia	Habitabilidade
CAV	0,220	0,099	0,080	0,330	0,167	0,020	0,038	0,033	0,012
CAV	0,271	0,159	0,145	0,076	0,070	0,090	0,091	0,078	0,021
CAV	0,290	0,194	0,125	0,068	0,072	0,068	0,089	0,073	0,020
CAV	0,281	0,189	0,131	0,063	0,065	0,086	0,088	0,077	0,020
COMTE	0,265	0,168	0,048	0,074	0,210	0,062	0,108	0,040	0,024
COMTE	0,199	0,109	0,344	0,069	0,027	0,150	0,048	0,037	0,018
COMTE	0,213	0,213	0,213	0,033	0,032	0,213	0,032	0,021	0,030
EGN	0,188	0,093	0,097	0,309	0,122	0,062	0,036	0,038	0,055
EGN	0,155	0,141	0,283	0,173	0,038	0,113	0,049	0,024	0,024
EGN	0,179	0,109	0,148	0,255	0,034	0,083	0,049	0,077	0,066
EGN	0,202	0,116	0,079	0,318	0,041	0,095	0,037	0,037	0,054
EMA	0,141	0,162	0,178	0,176	0,195	0,041	0,032	0,043	0,031
EMA	0,232	0,167	0,126	0,159	0,082	0,085	0,082	0,042	0,023
EMA	0,184	0,184	0,079	0,059	0,115	0,184	0,062	0,109	0,023
EMA	0,225	0,225	0,234	0,034	0,129	0,072	0,031	0,013	0,038
OEM	0,098	0,050	0,063	0,464	0,181	0,079	0,031	0,020	0,014
OEM	0,141	0,131	0,050	0,023	0,220	0,031	0,038	0,355	0,012
OEM	0,220	0,131	0,238	0,042	0,036	0,130	0,076	0,102	0,024
OEM	0,223	0,142	0,206	0,078	0,064	0,184	0,044	0,030	0,028
OEM	0,146	0,157	0,096	0,085	0,376	0,048	0,046	0,023	0,024
OEM	0,089	0,126	0,138	0,162	0,194	0,024	0,087	0,024	0,157

Tabela 4-5: Tabela da análise estatística da pesquisa do pessoal operativo

Requisitos	Média	Confid. - 95%	Confid. 95%	Mínimo	Máximo	Variância	Desvio Padrão
Sensores	0,198	0,173	0,224	0,089	0,290	0,0031	0,0559
Comando	0,148	0,111	0,184	0,048	0,344	0,0064	0,0801
Armamento	0,146	0,126	0,165	0,050	0,225	0,0018	0,0428
Discrição	0,145	0,089	0,201	0,023	0,464	0,0151	0,1227
Sobrevivência	0,118	0,077	0,158	0,027	0,376	0,0078	0,0886
Aérea	0,091	0,067	0,116	0,020	0,213	0,0029	0,0539
Autonomia	0,062	0,029	0,095	0,013	0,355	0,0053	0,0727
Mobilidade	0,058	0,047	0,069	0,031	0,108	0,0006	0,0244
Habitabilidade	0,034	0,020	0,049	0,012	0,157	0,0010	0,0315

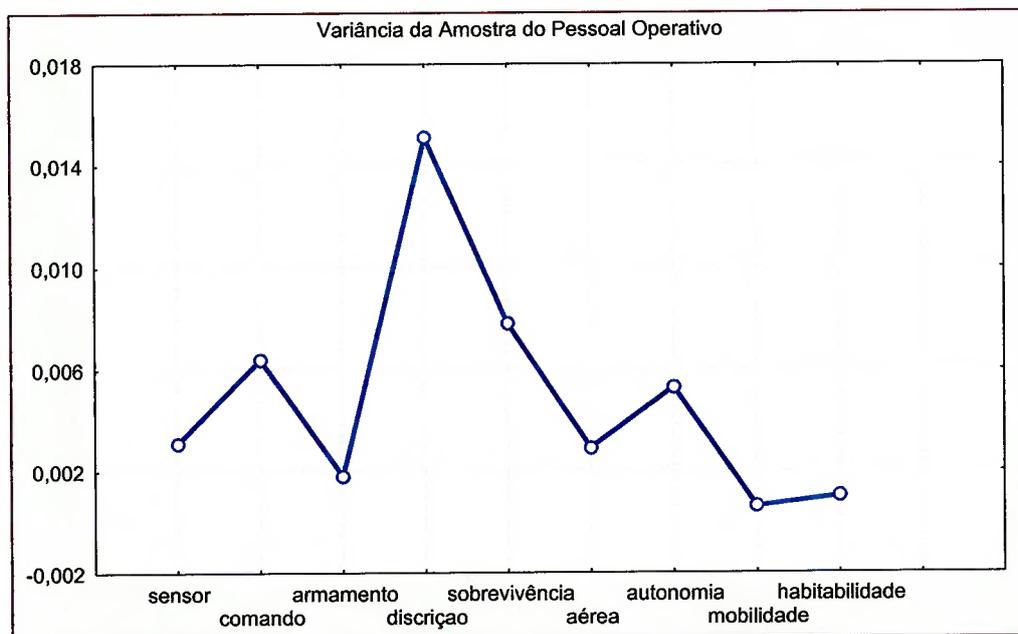


Figura 4.3: Gráfico das variâncias dos requisitos na pesquisa do pessoal operativo

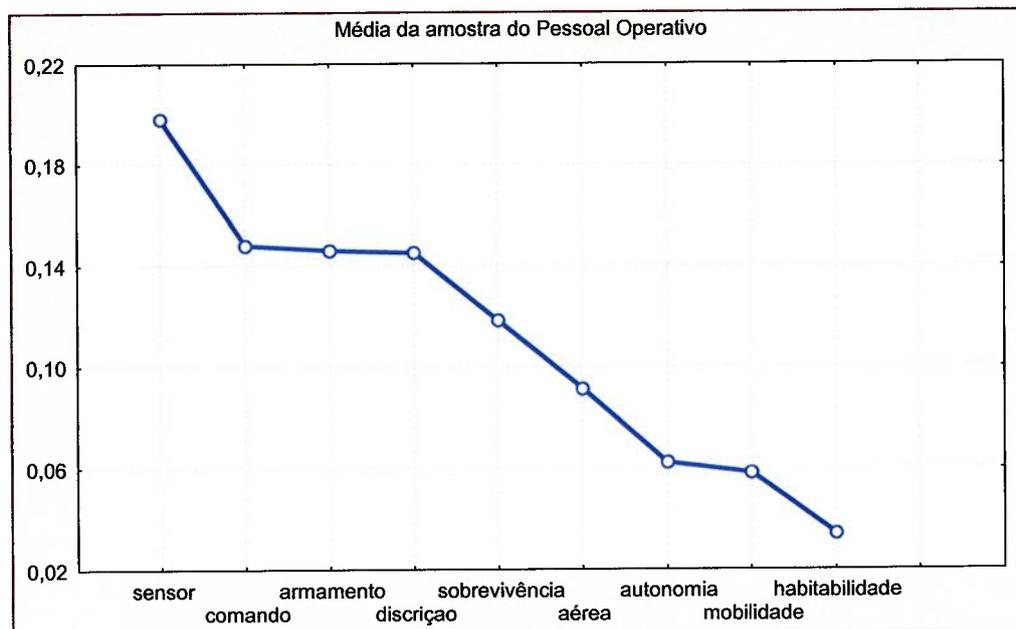


Figura 4.4: Gráfico das médias dos requisitos na pesquisa do pessoal operativo

Analisando os dados e gráficos do pessoal operativo, constatam-se os seguintes pontos:

- ✓ A preferência do requisito sensor como principal;
- ✓ Formação de três grupos de preferência, o primeiro formado por um requisito o sensor, o segundo formado por três requisitos comando, armamento e discricção, e o terceiro grupo formado pelos demais requisitos;
- ✓ A variância do requisito discricção com ordem de grandeza maior que as demais, sinalizando a falta de consenso do grupo com relação a este requisito;
- e
- ✓ A tabela 4-6, abaixo, apresenta o valor de inconsistência calculado para cada pesquisado, o valor da inconsistência média ficou ligeiramente superior ao valor aceitável recomendado pelo método, isto é, 0,1. Verifica-se que mais de 50% dos pesquisados ultrapassaram o valor máximo recomendado, sendo o máximo de 0,50.

Tabela 4-6: Tabela de Inconsistência do pessoal operativo

Pessoal Operativo	Inconsistência	Pessoal Operativo	Inconsistência
CAV	0,17	EMA	0,15
CAV	0,44	EMA	0,03
CAV	0,50	EMA	0,10
CAV	0,02	OEM	0,21
COMTE	0,10	OEM	0,06
COMTE	0,51	OEM	0,15
COMTE	0,10	OEM	0,05
EGN	0,06	OEM	0,27
EGN	0,21	OEM	0,23
EGN	0,10	Inconsistência Média	0,176
EGN	0,08	Variância	0,0211
EMA	0,15	Desvio Padrão	0,145

A Tabela 4-7 apresenta os autovetores da amostra do pessoal do material e a tabela 4-8 a estatística básica destes autovetores agrupadas por requisitos.

Tabela 4-7: Tabela do resultado da pesquisa do pessoal do material

Pessoal do Material	Sensores	Armamento	Comando	Descrição	Sobrevivência	Aérea	Mobilidade	Autonomia	Habitabilidade
CNT	0,188	0,178	0,129	0,050	0,123	0,170	0,032	0,080	0,049
CNT	0,101	0,114	0,061	0,122	0,162	0,084	0,209	0,084	0,064
CNT	0,228	0,168	0,108	0,199	0,110	0,057	0,072	0,020	0,038
CNT	0,155	0,097	0,072	0,105	0,105	0,082	0,265	0,092	0,029
CNT	0,248	0,058	0,133	0,252	0,072	0,108	0,046	0,025	0,057
CPN	0,199	0,245	0,058	0,184	0,158	0,052	0,030	0,049	0,024
CPN	0,320	0,183	0,156	0,089	0,048	0,139	0,029	0,019	0,016
CPN	0,230	0,131	0,171	0,121	0,032	0,114	0,134	0,039	0,029
CPN	0,111	0,095	0,100	0,066	0,468	0,030	0,084	0,023	0,023
DEN	0,186	0,175	0,194	0,105	0,078	0,101	0,061	0,031	0,068
DEN	0,034	0,034	0,034	0,073	0,455	0,034	0,034	0,034	0,268
DEN	0,214	0,106	0,092	0,063	0,237	0,110	0,054	0,105	0,020
DEN	0,027	0,120	0,027	0,027	0,411	0,120	0,120	0,027	0,120
DEN	0,204	0,216	0,060	0,080	0,069	0,233	0,052	0,045	0,041
DEN	0,078	0,078	0,078	0,078	0,435	0,078	0,074	0,074	0,028
EST	0,110	0,130	0,149	0,071	0,364	0,078	0,025	0,032	0,042
EST	0,147	0,159	0,186	0,271	0,101	0,062	0,036	0,025	0,013
EST	0,139	0,273	0,139	0,113	0,132	0,044	0,084	0,041	0,035
EST	0,404	0,145	0,055	0,073	0,019	0,241	0,011	0,017	0,035

Tabela 4-8: Tabela da análise estatística da pesquisa do pessoal do material

Requisitos	Média	Confid. 95%	Confid. 95%	Mínimo	Máximo	Variância	Desvio Padrão
Sobrevivência	0,188	0,113	0,263	0,019	0,468	0,0242	0,1555
Sensores	0,175	0,130	0,220	0,027	0,404	0,0086	0,0929
Armamento	0,142	0,113	0,172	0,034	0,273	0,0038	0,0615
Discrição	0,113	0,080	0,145	0,027	0,271	0,0045	0,0670
Comando	0,105	0,081	0,130	0,027	0,194	0,0027	0,0515
Aérea	0,102	0,073	0,131	0,030	0,241	0,0036	0,0597
Mobilidade	0,076	0,045	0,108	0,011	0,265	0,0043	0,0656
Habitabilidade	0,053	0,025	0,080	0,013	0,268	0,0033	0,0576
Autonomia	0,045	0,032	0,059	0,017	0,105	0,0008	0,0275

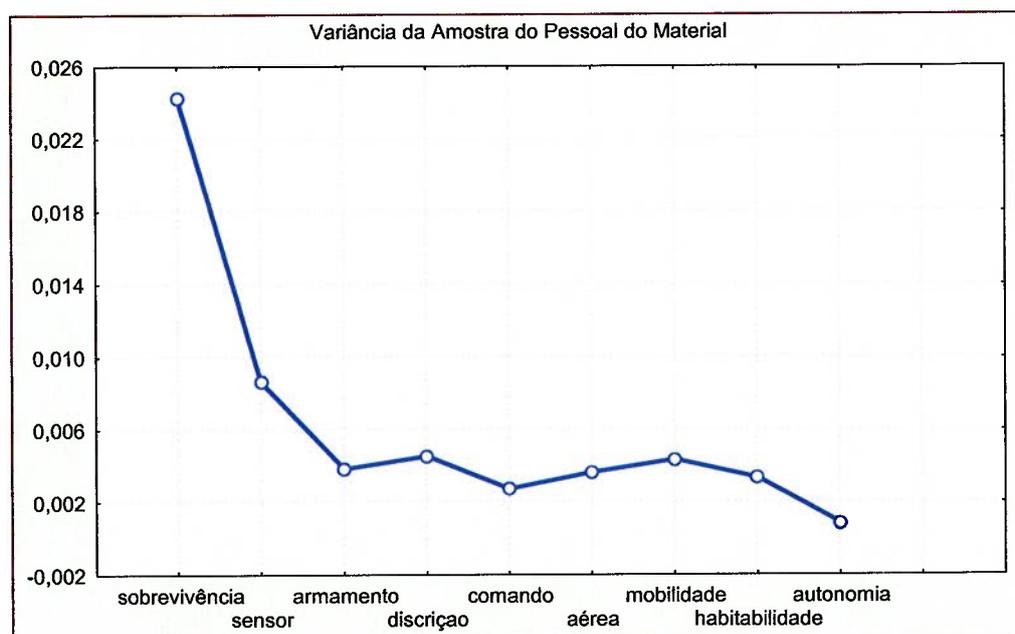


Figura 4.5: Gráfico das variâncias dos requisitos na pesquisa do pessoal do material

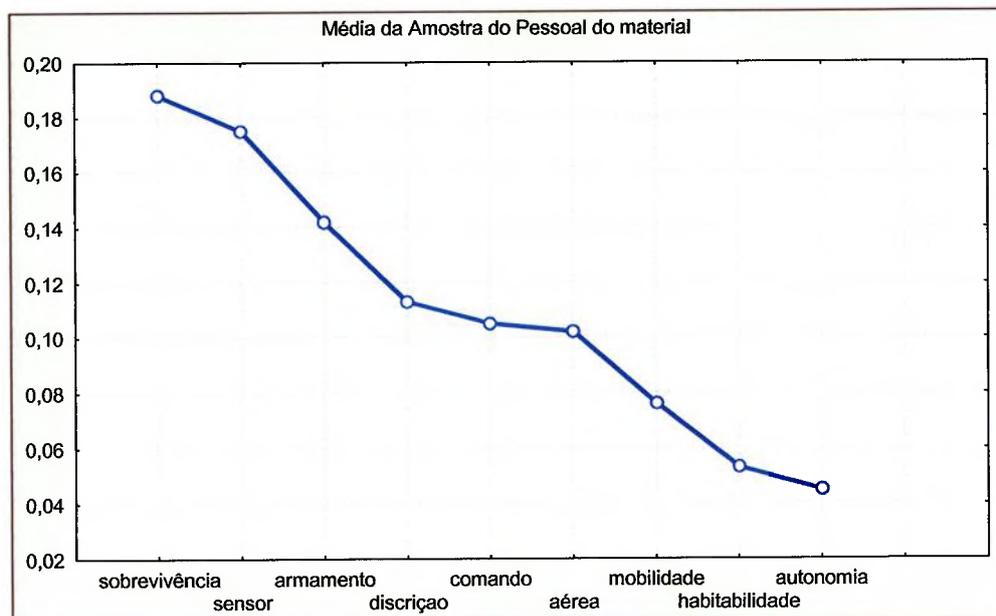


Figura 4.6: Gráfico das médias dos requisitos na pesquisa do pessoal do material

Analisando os dados e gráficos do pessoal do material, constatam-se os seguintes pontos:

- ✓ A preferência do requisito sobrevivência como principal;
- ✓ Formação de três grupos de preferência, o primeiro formado pelos requisitos sobrevivência e sensor, o segundo formado por quatro requisitos comando, armamento, discricção e aérea, e o terceiro grupo formado pelos demais requisitos;
- ✓ A variância do requisito sobrevivência com ordem de grandeza maior que as demais, sinalizando a falta de consenso do grupo com relação a este requisito;
e
- ✓ A Tabela 4-9, abaixo, apresenta o valor de inconsistência calculado para cada pesquisado, o valor da inconsistência média ficou ligeiramente inferior ao valor aceitável recomendado pelo método, isto é, 0,1. Verifica-se que cerca de 20% dos pesquisados ultrapassaram o valor máximo recomendado, sendo o máximo de 0,33.

Tabela 4-9: Tabela de Inconsistência do pessoal operativo

Pessoal Material	Inconsistência	Pessoal Material	Inconsistência
CNT	0,10	DEN	0,01
CNT	0,07	DEN	0,14
CNT	0,02	DEN	0,07
CNT	0,04	DEN	0,16
CNT	0,13	EST	0,09
CPN	0,10	EST	0,04
CPN	0,10	EST	0,33
CPN	0,05	EST	0,04
CPN	0,19	Inconsistência Média	0,094
DEN	0,08	Variância	0,0057
DEN	0,02	Desvio Padrão	0,076

Comparando os resultados das duas amostras verifica-se:

- ✓ Diferença de ordem de preferência é mostrada na tabela abaixo;

Tabela 4-10: Tabela comparativa da ordem de preferência dos requisitos

Ordem de preferência	Pessoal Operativo	Pessoal do material
1	Sensores	Sobrevivência
2	Comando	Sensores
3	Armamento	Armamento
4	Discrição	Discrição
5	Sobrevivência	Comando
6	Aérea	Aérea
7	Autonomia	Mobilidade
8	Mobilidade	Habitabilidade
9	Habitabilidade	Autonomia

O requisito sensor para o pessoal do material não obteve a maior importância e sim a segunda maior, porém o requisito sobrevivência para o pessoal operativo

obteve a quinta preferência em contraste com a preferência para o pessoal do material que a julgou como a maior. O requisito comando obteve a segunda preferência para o pessoal operativo, mas para o grupo do material a quinta. Autonomia, mobilidade e habitabilidade, apesar de não terem a mesma ordem de importância para as amostras, pertencem ao mesmo tipo de grupo para ambas, não sendo significativa a troca de preferência. Os requisitos, armamento, discricção e aérea, obtiveram a mesma ordem de preferência.

✓ Diferença de valor de preferência é mostrada na tabela abaixo;

Tabela 4-11: Tabela comparativa dos valores das médias dos autovetores dos requisitos

Requisitos	Pessoal operativo	Pessoal do material	Diferença	
Sensores	0,198	0,175	0,023	13%
Comando	0,148	0,105	0,043	41%
Armamento	0,146	0,142	0,004	3%
Discricção	0,145	0,113	0,032	28%
Sobrevivência	0,118	0,188	-0,07	-37%
Aérea	0,091	0,102	-0,011	-11%
Autonomia	0,062	0,045	0,017	38%
Mobilidade	0,058	0,076	-0,018	-24%
Habitabilidade	0,034	0,053	-0,019	-36%

Os requisitos comando, autonomia, sobrevivência e habitabilidade têm diferenças significativas na ordem de 40%, sendo a maior de 41% para o requisito comando. O requisito armamento obteve quase a mesma valoração para ambas amostras.

✓ As variâncias de ambas as amostras apresentaram comportamentos semelhantes, isto é, para um requisito a ordem de grandeza maior do que para os demais requisitos, no caso do pessoal operativo o requisito foi discricção e para pessoal do material foi o requisito sobrevivência; e

- ✓ O índice médio de inconsistência teve comportamento diferenciado para cada amostra, sendo o valor recomendado de 0,1. A amostra do pessoal operativo ficou ligeiramente superior ao máximo recomendado e cerca de 50% da amostra ultrapassou este valor. A amostra do pessoal do material a média teve um valor ligeiramente inferior ao limite e aproximadamente 20% da amostra ultrapassou o limite. Este fato possivelmente se deve à experiência profissional do pessoal do material pensar no navio como um todo e não em partes, onde não é possível otimizar uma parte sem prejudicar outra, procurando o equilíbrio do todo.

Para validar os pontos citados acima, faz-se necessário uma análise estatística das amostras, a primeira uma comparação entre as variâncias usando a distribuição de *F de Snedecor*. O teste será o teste bilateral, ou seja, testar as hipóteses:

$$H_0, \sigma_1^2 = \sigma_2^2, \text{ e}$$

$$H_1, \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2 .$$

Nesta caso pode-se definir:

$$F = \frac{\max(s_1^2, s_2^2)}{\min(s_1^2, s_2^2)} \quad \text{Equação 4-1}$$

Rejeitando H_0 para nível de significância de 5% se $F > F_{19;21;2,5\%}$.

O resultado deste teste é apresentado na tabela abaixo.

Tabela 4-12: Tabela teste de hipótese da variância⁵

$F_{19;21;2,5\%}$	1,84	Resultado
F_{SENSOR}	2,77	Rejeito H_0
F_{COMANDO}	2,37	Rejeito H_0
$F_{\text{ARMAMENTO}}$	2,11	Rejeito H_0

⁵ O valor de $F_{19;21;2,5\%}$ foi retirado do Costa Neto (1977) página 251.

$F_{19;21;2,5\%}$	1,84	Resultado
$F_{DISCRICÃO}$	7,48	Rejeito H_0
$F_{SOBREVIVÊNCIA}$	4,88	Rejeito H_0
$F_{AÉREA}$	1,24	Aceito H_0
$F_{AUTONOMIA}$	6,63	Rejeito H_0
$F_{MOBILIDADE}$	7,17	Rejeito H_0
$F_{HABITABILIDADE}$	3,30	Rejeito H_0

Desta forma conclui-se que as variâncias das amostras não são iguais.

Segundo Costa Neto (1977), há um método aproximado de comparação das médias com desvios-padrão diferentes e desconhecidos e dados não emparelhados. O método conhecido como de Aspin-Welch. Os dados a serem trabalhados não serão os autovetores em função das operações realizadas. Os dados a serem trabalhados pelo método de Aspin-Welch serão os dados da pesquisa, isto é, serão 36 variáveis referentes às perguntas da pesquisa. O teste será o teste bilateral com as seguintes hipóteses:

$$H_0, \mu_1 - \mu_2 = 0, \text{ e}$$

$$H_1, \mu_1 - \mu_2 \neq 0.$$

Onde o t crítico é:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{s_1^2/n_1 - s_2^2/n_1}} \quad \text{Equação 4-2}$$

e o número de graus de liberdade dado por:

$$v = \frac{(w_1 + w_2)}{w_1^2/(n_1 + 1) + w_2^2/(n_2 + 1)} - 2 \quad \text{Equação 4-3}$$

sendo,

$$w_1 = \frac{s_1^2}{n_1} \quad \text{e} \quad w_2 = \frac{s_2^2}{n_2} \quad \text{Equação 4-4}$$

O resultado é apresentado na tabela abaixo:

Tabela 4-13: Tabela do resultado do teste *T Student* das amostras do pessoal operativo e do material⁶

	t	v	$t_{v;0,1}$		t	v	$t_{v;0,1}$
1	-0,8210	32	1,3086	19	-0,3385	31	1,3095
2	0,5510	33	1,3077	20	0,5768	29	1,3114
3	-1,0052	32	1,3086	21	-0,8977	29	1,3114
4	0,9686	33	1,3077	22	0,9935	34	1,3070
5	-0,7072	34	1,3070	23	0,5339	33	1,3077
6	-1,3985	28	1,3125	24	0,5525	33	1,3077
7	0,0528	34	1,3070	25	1,0578	31	1,3095
8	-1,8909	34	1,3070	26	-0,4058	26	1,3150
9	1,4322	34	1,3070	27	-0,5333	31	1,3095
10	-1,6281	33	1,3077	28	-1,2065	34	1,3070
11	2,2383	27	1,3137	29	0,7547	33	1,3077
12	1,6603	27	1,3137	30	-1,4022	28	1,3125
13	-1,3313	33	1,3077	31	-1,0956	34	1,3070
14	1,9479	22	1,3212	32	1,3084	32	1,3086
15	-2,2323	31	1,3095	33	-1,1589	23	1,3195
16	-0,0698	34	1,3070	34	2,4244	30	1,3104
17	0,8887	26	1,3150	35	-0,3794	27	1,3137
18	-0,0430	27	1,3137	36	-1,1070	25	1,3163

O resultado não se mostrou conclusivo como o teste da variância, pois cerca de 30% da amostra rejeitou H_0 para um nível de significância de 10%, caso se altere o valor de significância para 5% a percentagem de rejeição passaria para cerca de 15%.

4.3.2 Resultado da pesquisa trabalhada em grupo

O método permite trabalhar os dados da pesquisa de forma coletiva. Para cada conjunto de comparações paritárias calcula-se a média geométrica e esta será o valor julgado do grupo.

⁶ Os valores de $t_{v;0,1}$ foram retirados do Meyer (1969) página 375.

A tabela 4.14 apresenta os autovetores das amostras trabalhadas em grupo e a seguir os respectivos gráficos.

Tabela 4-14: Tabela do resultado da pesquisa tratada como grupo

CRITÉRIOS	GERAL	GRUPO OPERATIVO	GRUPO MATERIAL
SENSOR	0,208	0,236	0,180
ARMAMENTO	0,165	0,167	0,161
COMANDO	0,131	0,147	0,114
SOBREVIVÊNCIA	0,127	0,100	0,159
DISCRIÇÃO	0,119	0,118	0,118
AÉREA	0,096	0,088	0,103
MOBILIDADE	0,065	0,060	0,069
AUTONOMIA	0,049	0,050	0,047
HABITABILIDADE	0,041	0,033	0,048

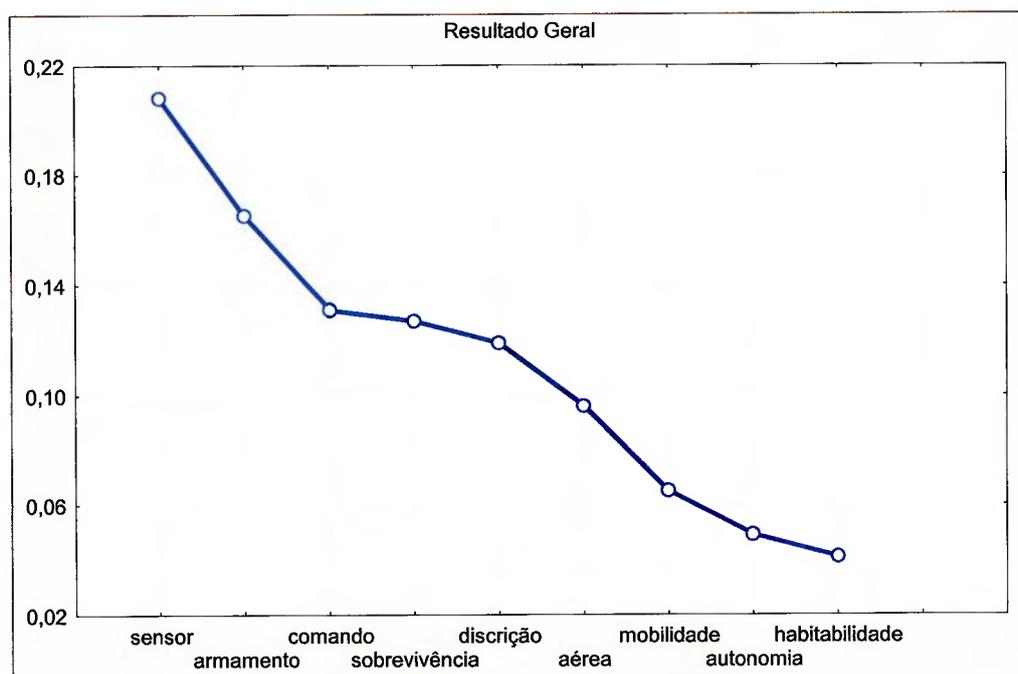


Figura 4.7: Gráfico do resultado final geral

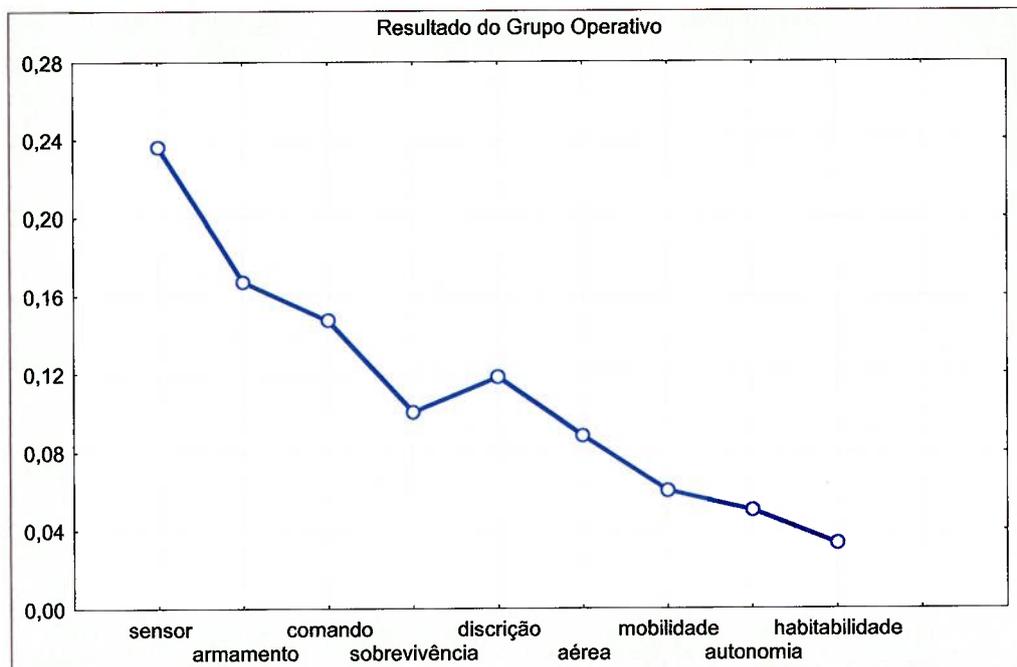


Figura 4.8: Gráfico do resultado final do grupo operativo

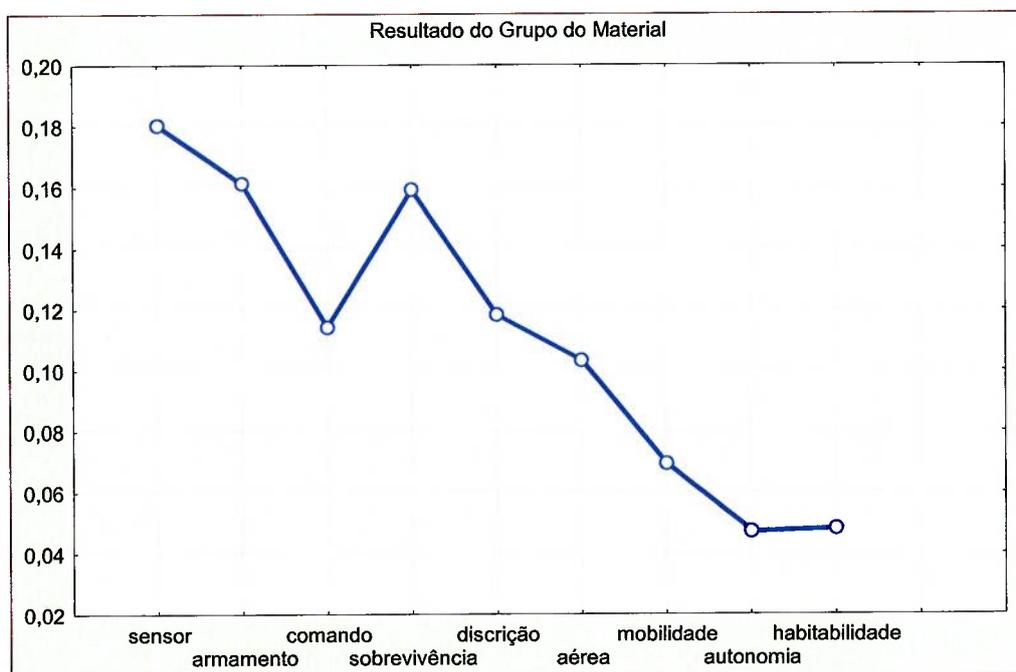


Figura 4.9: Gráfico do resultado final do grupo do material

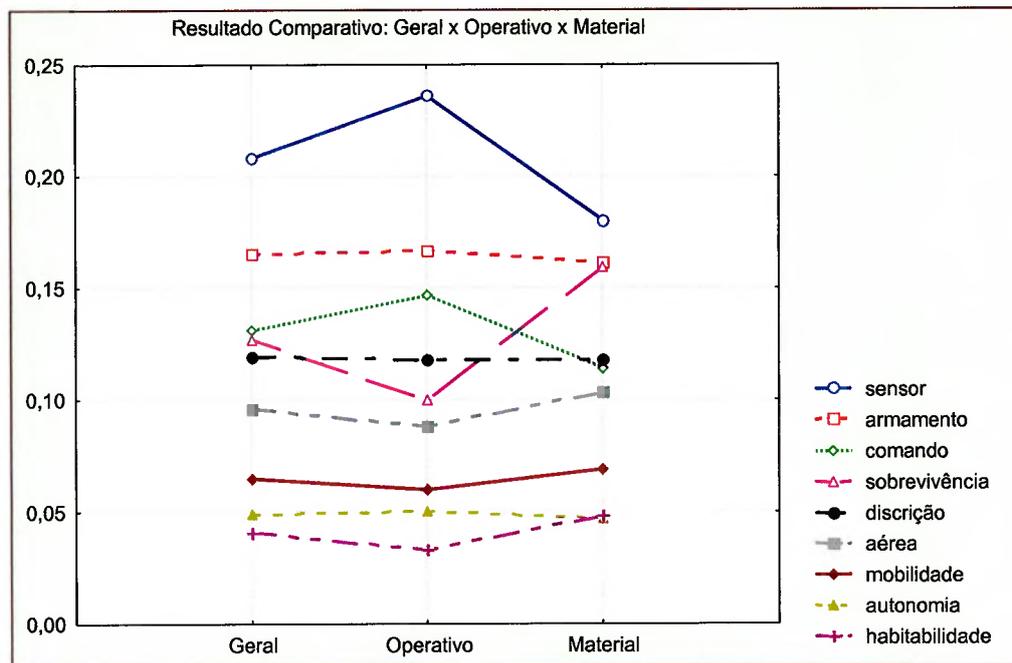


Figura 4.10: Gráfico comparativo: Geral, Operativo e Material

O resultado do grupo diferiu do resultado quando tratado individualmente. O requisito sensor assumiu a preferência para as três formas de abordagem, não deixando dúvida sobre sua importância sobre os demais requisitos. O requisito armamento apresenta a segunda preferência também para as três abordagens, sendo que para o pessoal do material a diferença entre o requisito armamento e o requisito sobrevivência é muito pequena, isto é, 0,002. Da terceira a quinta preferência há divergências entre as abordagens: na abordagem geral a ordem de preferência é comando, sobrevivência e discricção, sendo a diferença entre o maior e o menor de 0,012; no grupo operativo a ordem de preferência é comando, discricção e sobrevivência, sendo a diferença entre o maior e o menor de 0,047; e o grupo do material a ordem de preferência é sobrevivência, discricção e comando, sendo a diferença entre o maior e o menor de 0,045, porém entre os dois últimos de apenas 0,004. A sexta e a sétima ordens de preferência são iguais para as três abordagens, onde os requisitos são aérea e mobilidade. Os dois últimos requisitos, autonomia e habitabilidade, têm ordem de preferência igual para o grupo geral e o grupo operativo obtendo a oitava e nona importância respectivamente, para o grupo do

material esta ordem se inverte, contudo a diferença entre os dois requisitos é muito pequena, isto é, 0,001.

O índice de inconsistência para estas abordagens teve uma redução drástica quando comparado ao tratamento individual, sendo zero para o grupo geral e o grupo do material e 0,01 para o grupo operativo. As figuras 4.11, 4.12 e 4.13 mostram o resultado do grupo apresentado pelo software, onde na parte superior apresenta a matriz final das comparações paritárias dos grupos, ao centro os requisitos e sua sucinta definição e no final o autovetor e o índice de inconsistência.

Esta diferença apresentada entre a metodologia de trabalhar a pesquisa individualmente ou em grupo, é parcialmente explicada pelo emprego da média geométrica pelo software e o uso da média aritmética para as pesquisas individuais. A média geométrica é empregada para se chegar a matriz final das comparações paritárias do grupo que será trabalhada para se encontrar o autovetor correspondente. A média aritmética foi calculada dos autovetores individuais resultantes.

Priorizar os requisitos do navio

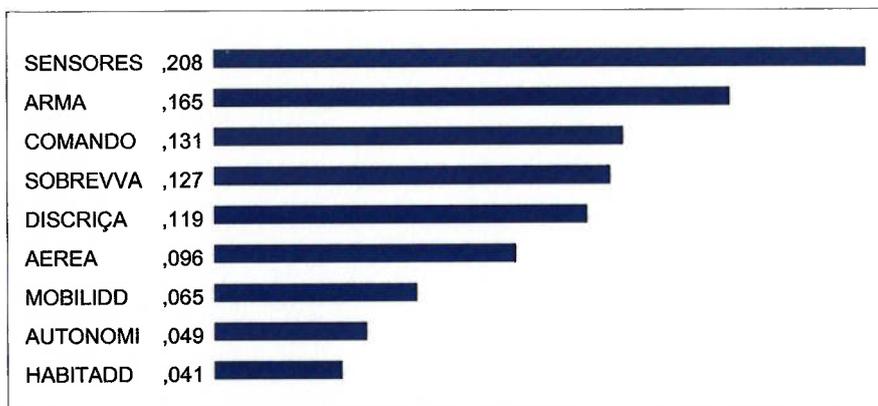
Node: 0

Compare the relative PREFERENCE with respect to: GOAL

	ARMA	COMANDO	SOBREVVA	DISCRIÇA	AEREA	MOBILIDD	AUTONOMI	HABITADD
SENSORES	1,5	1,6	1,5	1,6	2,6	3,4	4,3	3,6
ARMA		1,2	1,3	1,5	1,9	2,8	3,5	4,0
COMANDO			(1,1)	1,1	1,3	2,3	2,7	3,3
SOBREVVA				(1,0)	1,2	1,6	2,6	3,5
DISCRIÇA					1,0	2,2	2,7	2,8
AEREA						1,3	2,1	2,4
MOBILIDD							1,4	1,8
AUTONOMI								1,5

Row element is __ times more than column element unless enclosed in ()

Abbreviation	Definition
Goal	Priorizar os requisitos do navio
SENSORES	capacidade de detecção
ARMA	armamento do navio
COMANDO	C4I comando, controle, comunicação, computação e inteligência
SOBREVVA	sobrevivência ao choque e ao impacto e controle de avarias
DISCRIÇA	discrição radar, acústica, radiação infravermelho e magnética
AEREA	capacidade de operação aérea
MOBILIDD	mobilidade, comportamento no mar, velocidade e estabilidade
AUTONOMI	autonomia e raio de ação do navio
HABITADD	condição de habitabilidade para a tripulação



Inconsistency Ratio =0,0

usuario

Figura 4-11: Resultado do software para todos os pesquisados

Priorizar os requisitos do navio

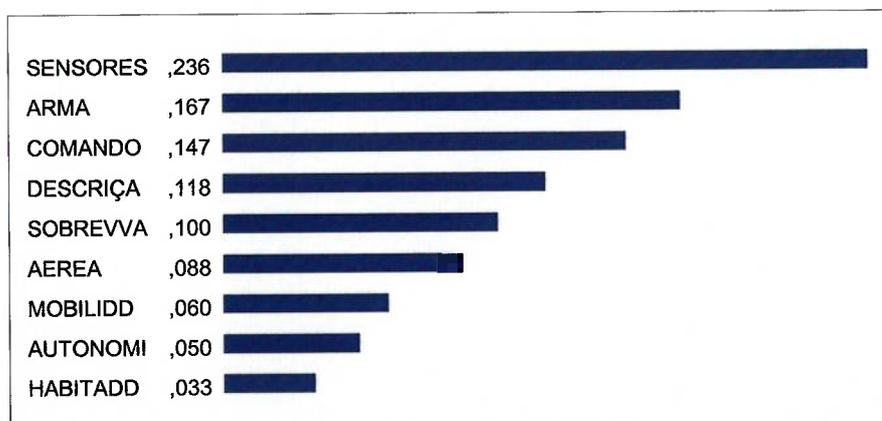
Node: 0

Compare the relative PREFERENCE with respect to: GOAL

	ARMA	COMANDO	DESCRIÇA	SOBREVVA	AEREA	MOBILIDD	AUTONOMI	HABITADD
SENSORES	1,8	1,7	1,8	2,0	3,5	4,7	4,5	4,5
ARMA		1,0	1,5	1,8	2,2	3,8	3,4	4,7
COMANDO			1,3	1,2	1,6	3,2	3,1	4,2
DESCRIÇA				1,0	(1,0)	2,6	3,0	3,2
SOBREVVA					(1,1)	1,0	2,0	3,4
AEREA						1,2	1,8	2,8
MOBILIDD							1,3	2,2
AUTONOMI								2,0

Row element is ___ times more than column element unless enclosed in ()

Abbreviation	Definition
Goal	Priorizar os requisitos do navio
SENSORES	capacidade de detecção
ARMA	armamento do navio
COMANDO	C4I comando, controle, comunicação, computação e inteligência
DESCRIÇA	descrição radar, acústica, radiação infravermelho e magnética
SOBREVVA	sobrevivência ao choque e ao impacto e controle de avarias
AEREA	capacidade de operação aérea
MOBILIDD	mobilidade, comportamento no mar, velocidade e estabilidade
AUTONOMI	autonomia e raio de ação do navio
HABITADD	condição de habitabilidade para a tripulação



Inconsistency Ratio =0,01

usuario

Figura 4.12: Resultado do software para o grupo operativo

Priorizar os requisitos do navio

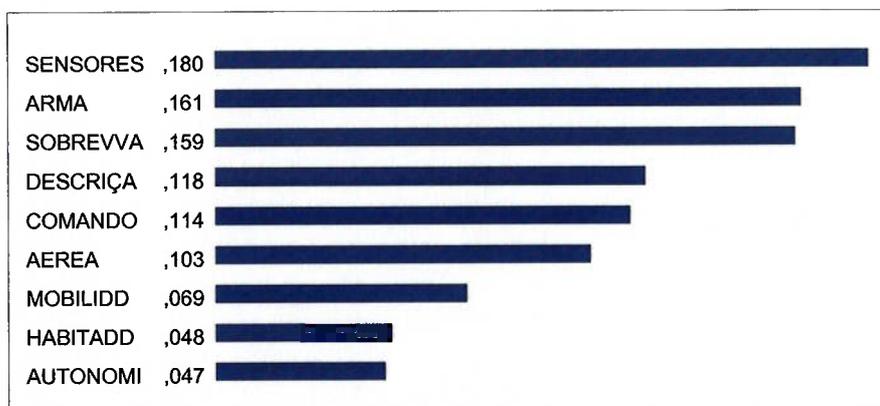
Node: 0

Compare the relative PREFERENCE with respect to: GOAL

	ARMA	SOBREVVA	DESCRIÇA	COMANDO	AEREA	MOBILIDD	HABITADD	AUTONOMI
SENSORES	1,3	1,1	1,5	1,6	1,9	2,5	2,9	4,1
ARMA		1,0	1,6	1,4	1,6	2,0	3,4	3,6
SOBREVVA			1,0	1,4	1,6	2,6	3,6	3,3
DESCRIÇA				1,1	(1,0)	1,8	2,4	2,4
COMANDO					1,1	1,6	2,6	2,4
AEREA						1,5	2,0	2,4
MOBILIDD							1,4	1,5
HABITADD								(1,1)

Row element is ___ times more than column element unless enclosed in ()

Abbreviation	Definition
Goal	Priorizar os requisitos do navio
SENSORES	capacidade de detecção
ARMA	armamento do navio
SOBREVVA	sobrevivência ao choque e ao impacto e controle de avarias
DESCRIÇA	descrição radar, acústica, radiação infravermelho e magnética
COMANDO	C4I comando, controle, comunicação, computação e inteligência
AEREA	capacidade de operação aérea
MOBILIDD	mobilidade, comportamento no mar, velocidade e estabilidade
HABITADD	condição de habitabilidade para a tripulação
AUTONOMI	autonomia e raio de ação do navio



Inconsistency Ratio =0,0

usuario

Figura 4.13: Resultado do software para o grupo operativo

4.4 Conclusões da pesquisa

A pesquisa demonstra a viabilidade da proposta desta dissertação em introduzir uma alteração nos REM melhorando a informação a ser trabalhada pelo pessoal da área técnica. Restringindo a margem às interpretações que levem o projeto para visões pessoais de prioridade.

O tratamento em grupo mostrou-se mais adequado do que o tratamento individual dado os índices de inconsistência apresentados, pois as médias nas comparações individuais tiveram valores bem mais elevados. O tratamento em grupo reduziu o índice final de inconsistência não sendo preciso descartar avaliações que extrapolaram o limite estabelecido, preservando as visões individuais sem necessitar de interferência externa para alterá-las. De certa forma, a inconsistência de julgamentos é uma característica humana e a metodologia a tratou de maneira adequada.

Os REM são elaborados pelo pessoal que tem experiência e formação na operação do meio, porém a participação do grupo técnico na sua elaboração, isto é, a colocação de outro ponto de vista, pode agregar valor ao resultado final, pois houve diferenças nas visões dos grupos e individualmente. O autovetor final dos dois grupos é coerente com o navio tipificado, refletindo a cultura da Marinha para navios desta classe.

A importância relativa dos requisitos e sua valoração balizarão as decisões técnicas adotadas no projeto tanto a nível gerencial nas decisões das grandes definições de rumo do projeto quanto àqueles que especificarão sistemas e equipamentos, obtendo desta forma uma aderência maior do produto final ao idealizado pelo cliente.

A ampliação das discussões sobre a importância relativas dos requisitos também trará como consequência um melhor conhecimento dos requisitos e antecipará um projeto aprimorado do produto final. O entendimento traz a todos envolvidos no projeto uma definição única de cada ponto, ou seja, uma perspectiva do grupo sobre

o requisito. Esta consolidação registrará o ponto de vista naquele momento, reduzindo a possibilidade de quebra de continuidade na condução do projeto em função de possíveis substituições dos atores envolvidos, bem como balizará a fase de avaliação do meio.

Em projetos complexos, tal qual o de um navio, não será possível otimizar determinado requisito sem que haja reflexos para os demais, isto é, melhorar o desempenho de determinado requisito pode trazer mitigação do desempenho de outro ou de outros requisitos. Esta assertiva nem sempre é claro para aqueles que nunca trabalharam em projeto com esta natureza.

5 Conclusões

O propósito básico deste trabalho foi atingido em todos os seus pontos, isto é, propor uma alteração na metodologia de obtenção de um novo meio da Marinha na fase de requisitos do Estado-Maior. Essa alteração visa transformar a lista dos requisitos do navio em uma lista onde estes estão listados por prioridade e com peso. A metodologia proposta incorpora as seguintes exigências:

- ✓ Permitir um número razoável de participantes decidir de forma eficaz;
- ✓ Incorporar a decisão do grupo, possibilitando a todos contribuírem sem a interferência explícita de outro membro;
- ✓ Permitir uma fácil aplicação e entendimento para um público leigo.
- ✓ Permitir o julgamento de um número finito de atributos;
- ✓ Ser capaz de priorizar e atribuir peso aos atributos; e
- ✓ Permitir a ponderação de atributos não só quantitativos com unidades diferentes como também de atributos qualitativos.

A metodologia usada reforça os princípios básicos da administração moderna, entre os quais: melhora o delineamento do meio na fase inicial do projeto com informações mais precisas do que está se desejando, fornece suporte para o processo decisório do projeto ser mais efetivo e, trabalha com grupo. A proposta colabora não só na redução de prazos, dos custos e dos retrabalhos, como também assegurar um produto final fiel às necessidades inicialmente descritas.

O processo de obtenção de novo meio da Marinha, que já incorpora em seu escopo os conceitos da administração moderna, e não apresenta conflito com a alteração proposta, na verdade, ela propõe mudar a estrutura do REM acrescentando um capítulo. Haverá necessidade de despender mais recursos na sua elaboração que será compensada com o valor agregado das informações coletadas e com o conhecimento maior de todos os envolvidos no produto desejado. As diferenças

apresentadas reforçam a necessidade de alteração do processo atual, pois os grupos têm visões diferentes sobre o mesmo tema e ficou comprovado que são amostras distintas.

O uso do AHP como método de tomada de decisão com múltiplos atributos se mostrou adequado e consistente para o objetivo proposto. O julgamento por comparações paritárias é simples e deixou o pessoal que participou da pesquisa confortável para preencher o questionário, com pequenas e poucas dúvidas. O método permite que as pessoas se expressem de maneira natural, isto é, apresentando opiniões contraditórias que fazem parte da nossa natureza, tendo o índice de inconsistência como balizador quanto ao limite permissível. Este índice é um grande apoio para aquele que estiver dirigindo os trabalhos, não só para avaliar os julgamentos como também para conhecer melhor os participantes da equipe. O autovetor exprime de maneira inequívoca a preferência dos atributos julgados, ordenando-os e atribuindo um valor que representa o quanto um tem mais importância do que outro.

A disponibilidade de um software amigável para operar o AHP, torna o trabalho de cálculo do autovetor um trabalho fácil e eficaz, evitando possíveis erros e a utilização do método por leigos. O programa tem outros módulos tais como: executar os julgamentos de modos diferentes do que foi realizado pela pesquisa, fazer análise de sensibilidade e, estrutura o problema ser tratado. Estas ferramentas podem ser incorporadas na elaboração final dos REM.

As recomendações para continuar o trabalho seria propor um método de auditoria nas demais fases do projeto para se assegurar a aderência do estipulado pela metodologia proposta, assim conseguir-se-ia que o esforço na fase inicial seria consolidado no projeto.

ANEXO A – PESQUISA ENVIADA

Prezado Colega,

Peço a sua colaboração para responder esta pesquisa, que será peça fundamental na minha dissertação de mestrado.

Esta pesquisa tem o propósito de estabelecer uma prioridade entre os requisitos de obtenção de um navio, quer seja por construção ou por aquisição.

A sua avaliação fará parte de um banco de dados, que será trabalhado no software “Expert Choice” por meio da metodologia da análise hierárquica (AHP), resultando em uma lista de requisitos valorados pelo grupo de entrevistados.

Os requisitos elencados na tabela de requisitos são características e funcionalidades de um navio hipotético tipo Fragata operando no Atlântico Sul com capacidade para:

- ✓ operação de ataque- exercer o controle tático de grupos de ação de superfície e engajar contra ameaças de superfície,
- ✓ ação anti-submarino - participar de operações de busca e ataque e de coberturas ou atuar como piquete,
- ✓ operação anfíbia - desembarcar e recolher pessoal em operações especiais em áreas controladas pelo inimigo e efetuar bombardeio naval de costa,
- ✓ operação de esclarecimento- detectar, identificar e acompanhar alvos de superfície, aérea e submarino por meio eletrônico, ótico e eletro-ótico,
- ✓ ações de guerra eletrônica e outras mais - emprego de CME e despistadores, e
- ✓ como também para operação de defesa de plataformas, ação de defesa antiaérea e antimíssil de ponto, ação em área minada tipo de contato e de influência, ação de guerra eletrônica e ação de guerra nuclear, química e bacteriológica.

As ameaças principais esperadas são:

- ✓ navio aeródromo com aeronaves de asas fixas, tipo caça,
- ✓ navios de superfície armados com canhão e mísseis tipos superfície-superfície,

- ✓ submarinos convencionais armados com torpedos com “homing” ativo/passivo, e
- ✓ aeronaves de asa fixa e móvel, armadas com míssil.

Estes requisitos devem ter a sua **importância** comparada **aos pares**, isto é, um em relação ao outro. A escala de avaliação varia de 1 a 9. O valor **1** (um) representa que os requisitos têm a **mesma importância**. O valor **9** (nove) representa que um requisito é **extremamente mais importante** do que o outro requisito. Como exemplo, vou julgar dois requisitos de um carro, como aceleração e economia.

1=IGUAL 3=MODERADA 5=FORTE 7=MUITO FORTE 9=EXTREMA

1	Aceleração	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Economia
---	------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----------

No exemplo, julguei economia mais importante do que aceleração com peso 5, isto é, considero a economia do carro um requisito 5 vezes mais importante do que aceleração.

Abaixo há três tabelas, na primeira são listados os requisitos com uma breve definição, na segunda o entrevistado deve marcar a sua área de atuação e a terceira é a tabela de julgamento, onde são listados os requisitos aos pares e a escala de avaliação.

Muito obrigado pela sua colaboração

Cláudio José Ribeiro Salles

E-mail: csalles@usp.br

02@ccemsp.mb

Tabela dos Requisitos

Abreviatura	Definição
Autonomia	Autonomia e raio de ação do navio
Mobilidade	Mobilidade, comportamento no mar, velocidade e estabilidade
Discrição	Discrição radar, acústica, radiação infravermelho e magnética
sobrevivência	Sobrevivência ao choque e impacto e controle de avarias
Comando	C4I (Comando, controle, comunicação e computação e inteligência)
Armamento	Armamento do navio
Aérea	Capacidade de operação aérea
Sensores	Capacidade de detecção
Habitabilidade	Condições de habitabilidade para a tripulação

Área de atuação

Setor operativo	Setor do material
-----------------	-------------------

Tabela de Julgamento dos Requisitos

1=IGUAL 3=MODERADA 5=FORTE 7=MUITO FORTE 9=EXTREMA

1	Autonomia	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mobilidade
2	Autonomia	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Discrição
3	Autonomia	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sobrevivência
4	Autonomia	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Comando
5	Autonomia	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Armamento
6	Autonomia	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aérea
7	Autonomia	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sensores
8	Autonomia	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Habitabilidade
9	Mobilidade	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Discrição
10	Mobilidade	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sobrevivência
11	Mobilidade	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Comando
12	Mobilidade	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Armamento
13	Mobilidade	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aérea
14	Mobilidade	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sensores
15	Mobilidade	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Habitabilidade
16	Discrição	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sobrevivência
17	Discrição	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Comando
18	Discrição	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Armamento
19	Discrição	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aérea
20	Discrição	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sensores
21	Discrição	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Habitabilidade
22	Sobrevivência	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Comando
23	Sobrevivência	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Armamento
24	Sobrevivência	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aérea
25	Sobrevivência	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sensores
26	Sobrevivência	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Habitabilidade
27	Comando	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Armamento
28	Comando	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aérea
29	Comando	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sensores
30	Comando	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Habitabilidade
31	Armamento	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aérea
32	Armamento	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sensores
33	Armamento	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Habitabilidade
34	Aérea	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sensores
35	Aérea	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Habitabilidade
36	Sensores	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Habitabilidade

ANEXO B – TABULAÇÃO DOS RESULTADOS DA PESQUISA

Pessoal Operativo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36			
CAV	3	5	2	0	3	3	7	-3	2	-3	5	0	2	5	-3	0	-3	0	-3	0	-3	0	-3	0	3	7	-7	2	-3	0	-5	-5	0	-5	0	-5	-5		
CAV	5	7	5	5	3	-2	3	5	6	2	3	3	-4	3	-3	-2	2	-5	-2	4	-5	-3	-3	0	-3	-4	0	3	-4	3	-4	3	-3	5	4	3			
CAV	-3	5	2	8	3	-5	4	-8	5	-7	2	4	-5	4	-5	7	5	3	5	-3	7	5	2	0	-3	3	5	5	-3	3	5	-3	3	8	-7	6	0	-5	
CAV	-3	3	2	6	3	-5	6	-8	5	-7	2	7	-5	3	-5	5	5	3	5	-3	7	5	2	0	-3	5	3	5	-3	3	8	-7	6	0	-5				
COMTE	-4	3	2	6	4	-5	6	-6	5	-7	4	7	-5	3	-7	5	5	6	5	-3	7	5	4	0	-3	5	3	5	-5	3	8	-5	6	0	-5				
COMTE	-6	-7	-6	-6	-7	-6	-9	0	3	3	9	-5	8	-5	4	6	9	7	9	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6
COMTE	4	2	6	0	3	2	6	-3	-2	4	-3	2	-3	4	-4	5	-2	3	-2	4	-5	-4	0	-3	-3	-6	3	2	4	-4	3	0	-4	3	-4	3	-3	-6	
EGN	-3	4	4	3	3	4	5	4	4	2	3	2	2	5	-2	-5	-5	-2	5	-2	-3	-3	-3	-3	-3	-2	-2	-2	-3	-3	-4	2	-3	-2	-3	-2	-3		
EGN	3	3	4	7	7	7	8	-4	4	2	5	5	6	5	-4	-2	3	3	4	-3	3	4	3	3	4	4	-2	-2	0	4	2	2	-4	2	2	-4	4		
EGN	-2	9	5	5	7	-3	9	-6	7	2	5	4	-4	7	-7	-7	-5	-9	0	-9	-6	-6	-7	3	-8	-2	-8	-2	-8	-4	-9	-7	2	-8	-9	-6	-9		
EGN	6	6	9	9	9	8	9	4	0	9	4	6	4	7	4	4	5	7	4	6	0	4	4	-3	-4	-7	0	-7	0	-7	0	-7	4	-3	-7				
EMA	5	9	8	5	7	5	5	-5	9	5	5	5	5	5	-5	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-5	-5	-5	-5	-2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
EMA	3	5	-4	6	5	4	4	-3	3	-4	5	5	6	5	-4	-4	5	4	5	5	-4	5	4	5	5	-3	-5	-5	-5	-7	3	4	-5	3	4	-5	-7		
EMA	-2	-2	0	-2	2	2	2	-5	0	2	2	3	3	3	-5	3	2	3	3	3	-5	-2	2	2	2	2	-5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
EMA	-2	-5	-7	4	2	3	4	-4	-4	-5	4	3	3	4	-4	-3	4	4	4	5	-3	5	2	3	6	-4	-3	-3	0	-5	0	-4	3	-4	5	0	-4	5	
OEM	-5	6	7	5	2	3	4	0	7	8	5	4	-3	5	0	2	0	-3	-5	0	-4	-2	-4	-5	0	-8	-4	-5	0	-3	-6	0	-3	-5	-3	-4			
OEM	3	5	8	5	5	3	6	0	2	7	4	3	0	4	-3	6	0	3	-2	0	-3	-5	-4	-7	-4	-8	-3	-3	-3	-5	-4	0	-5	-4	0	-5	-4	-5	
OEM	-4	7	5	5	3	-2	3	5	6	2	3	3	-4	3	-3	-2	2	-2	-5	-2	4	-5	-3	-3	0	-3	-4	-4	0	3	-4	0	3	-4	-3	5	4	3	
OEM	-3	5	-4	6	5	4	4	-3	3	-4	5	5	6	5	-4	-4	5	4	5	5	-4	5	4	5	5	-3	-5	-5	-7	3	4	-5	3	4	-5	-7			
OEM	3	4	4	7	7	7	8	-4	4	2	5	5	6	5	-4	-2	3	3	4	4	-3	3	4	4	4	-4	-2	-2	0	-4	2	-4	2	-4	2	-4	-4		
OEM	4	3	6	2	3	2	6	-3	-2	4	-3	2	-3	4	-4	5	-2	3	-2	4	-5	-4	0	-3	-3	-6	3	2	4	-4	-3	0	-4	-3	0	-4	-3	-6	

Pessoal do Material	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
CNT	2	-2	2	2	2	2	2	-2	-2	-2	-3	-3	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-3	-2	-2	-2	-2	2	2	2	2	-2	-2	-2	2	-2	-2		
CNT	2	3	2	2	4	3	4	-2	2	2	2	4	4	-2	0	-2	0	4	4	4	-2	0	4	4	4	-2	4	4	0	0	0	0	0	0	-4	-2	4	
CNT	0	0	9	0	0	0	9	0	9	0	0	0	9	0	0	9	0	0	0	9	-9	-9	-9	-9	-9	0	0	0	9	0	0	9	0	0	9	0	9	
CNT	5	4	-2	5	4	6	-3	-2	-6	-2	0	-2	-2	-5	-5	2	2	0	3	4	4	4	4	4	5	-2	-2	0	2	-5	0	2	-4	2	-3	4		
CNT	3	7	5	8	8	9	-3	5	3	6	6	6	7	-3	-5	4	4	4	5	-7	4	4	4	4	5	-3	0	0	3	-7	-3	3	-7	5	-7	-9		
CPN	0	7	9	4	7	0	7	4	0	9	0	-4	-4	4	-4	9	4	4	-4	0	-4	-9	-9	-9	-9	0	-6	0	-6	0	-6	4	0	-6	6	-6		
CPN	3	4	3	5	4	5	0	3	0	3	4	3	3	-2	-2	2	3	2	3	-3	3	2	0	2	-2	-2	-2	0	-3	-2	0	-3	2	0	-3	2	3	4
CPN	0	5	4	0	7	-2	8	-5	7	5	0	7	4	4	3	0	-4	0	-4	0	-8	-4	4	-5	0	-7	3	-2	5	-6	-6	0	-8	5	-6	-7		
CPN	4	7	6	6	6	6	6	-7	4	4	6	6	7	6	-5	-4	-3	-3	-6	-3	-8	3	3	-6	3	-8	0	-6	-3	-8	-6	0	-8	6	-5	-8		
DEN	-3	3	7	5	5	2	5	2	2	7	5	7	2	7	2	7	2	0	0	0	0	-7	-2	-7	-3	-7	-2	0	-3	-5	-2	0	-6	-2	0	-6		
DEN	3	0	0	-2	0	2	2	-4	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-4	0	-2	0	-2	2	-4	-2	0	-2	2	-4	0	0	2	-4	-2	2	-4	2	4	4		
DEN	5	0	9	0	5	5	0	5	-5	5	-5	0	0	-5	0	9	0	5	5	0	5	-9	-5	-9	-5	-9	5	5	0	5	0	5	0	-5	0	5		
DEN	-6	5	2	7	8	8	8	7	8	7	8	8	8	8	7	-9	-4	8	8	8	-6	7	8	8	8	5	8	8	8	8	-6	8	8	-7	8	-9		
DEN	0	0	9	0	0	0	0	-3	0	9	0	0	0	0	-3	5	0	0	0	0	-3	-5	-5	-5	-9	0	0	0	0	-3	0	0	-3	0	-3	0	-3	
DEN	0	-3	3	-3	0	0	4	-3	0	4	0	4	4	5	-3	4	0	2	2	2	-5	0	-3	-3	-2	-7	0	0	3	-7	0	3	-7	0	3	-7	-7	
EST	-3	-3	-2	2	4	3	6	0	3	4	3	3	4	4	2	0	3	3	4	4	2	-3	0	3	2	-4	3	-2	0	-3	0	0	-4	0	-4	0	-4	
EST	4	8	6	5	9	3	9	2	2	2	2	3	-2	4	-2	-2	-2	-2	-3	0	-4	0	2	-2	2	-3	2	-2	2	-3	2	-2	2	-4	4	-2	-5	
EST	5	7	8	5	6	5	4	-5	8	5	5	5	5	5	5	-5	-9	-9	-9	-9	-9	-5	-5	-5	-5	-5	-2	2	-9	5	5	-5	3	-5	5	-5	-5	
EST	-3	3	2	5	3	-5	6	-8	5	-7	2	7	-5	3	-5	5	5	5	3	5	-3	7	5	2	0	-3	5	3	5	-3	3	8	-7	6	0	-5		

LISTA DE REFERÊNCIAS

- AKAO, Y. **Quality Function Deployment: Integrating Customer Requirements into Product Design**. Portland, USA, Productivity Press, 1988.
- AL-HARBI, K. M. AL-S. Application of the AHP in Project Management. **International Journal of Project Management**, v. 19(1), p. 19-27, 2001.
- BRASIL. Estado-Maior da Armada, Marinha do Brasil. **EMA-420 - Normas para Logística de Material**. 2ª revisão, 2002.
- CARTER, D. E.; BAKER, B. S. **CE Concurrent Engineering The Product Development Environment for the 1990s**. 1 ed. Massachussets, USA, Addison-Wesley Publishing Group, 1991.
- COSTA NETO, P. L. O. **Estatística**. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1977.
- ECO, H. **Como se Faz uma Tese**. 14. ed. São Paulo: Editora Perspectiva, 1996.
- EASTMAN, J. R. et al. Raster Produces for Multi-Criteria, Multi-Objective Decisions. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, 61(5): 539-547. Maio, 1995.
- EUREKA, W.; RYAN, N. E. **QFD: Perspectivas Gerenciais do Desdobramento da Função Qualidade**. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 1993.
- Expert Choice Pro, versão 9.5. Expert Choice Inc. 1999. Conjunto de programas 1 CD.
- FORMAN, E.; SELLY, M. A. **Decision by Objectives: How to Convince Others that You are Right**. World Scientific. Expert Choice Inc. 2001.
- GARZKE Jr., W. H.; KERR, G. Major factors in frigate design. **Transactions**, v.89, p.179-210, 1981.
- GHOTB, F.; WARREN, L. A case study comparison of the analytic hierarchy process and a fuzzy decision methodology. **The Engineering Economist**, v.40, n.3, p.233-246, 1995.
- GOMES, L.F.A.M.; GOMES, C.F.S.; ALMEIDA, A.T. **Tomada de Decisão Gerencial: enfoque multicritério**. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

- GOMES, L.F.A.M.; ARAYA, M.C.G.; CARIGNANO, C. **Tomada de Decisões em Cenários Complexos**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.
- GORDIJN, J.; AKKERMANS J. M. Value-based requirements engineering: exploring innovative e-commerce ideas. **Requirements Engineering Journal**, V 8, p. 114-134, 2003.
- HARTLEY, J. R. **Engenharia Simultânea**. 1. ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 1998.
- HEYMANS, P.; DUBOIS E. Scenario-based techniques for supporting the elaboration of formal requirements. **Requirements Engineering Journal**, V 3, p. 202-218, 1998.
- HWANG, C. L.; YOON, K. **Multiple Attribute Decision Making: Methods and Application. A State-of-the-Art Survey**. Berlin: Springer-Verlag, 1981.
- HWANG, C. L.; LAI, Y. J.; LIU, T. Y. A New Approach for Multiple Objective Decision Making. **International Journal Computers & Operational Research**, v. 20(8), p. 889-899, 1993.
- JUNQUEIRA, G. B. **Da Engenharia Tradicional à Engenharia Simultânea no Setor Industrial Nacional**. 1994. Dissertação (Mestrado)- Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- KEANE JR, R. G.; TIBBITTS, B. F. A Revolution in Warship Design: Navy-Industry Integrated Product Teams. **Journal of Ship Production** v. 12, n. 4(Nov), p. 254-268, 1996.
- MARTIN, J. **Design of Man – Computer Dialogues**. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, 1973.
- MARX, R. **Trabalho em Grupos e Autonomia como Instrumentos da Competição**. 1. ed. São Paulo: Editora Atlas, 1997.
- MEYER, P. L. **Probabilidade: Aplicações à Estatística**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Livros Técnicos e Científicos, 1969.
- MILLER, G. A. The Magical Number Seven, plus or minus Two: Some limits on our capacity for information processing. **Psychological Review**, V 63, nº 2, p.81-97, March,1956.

- MASSAM, B.H. Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Techniques in Planning. **Progress in Planning**, v. 30, p. 1-83, 1988.
- MORITA, Hideyuki. **Revisão do Método de Análise Hierárquica – MAH (AHP – analytic hierarchy process)**. 1998. 129p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- MUNIZ JUNIOR, J., **Autilização da Engenharia Simultânea no Aprimoramento Contínuo e Competitivo das Organizações** - Estudo de caso do modelo usado no avião EMB145 da Embraer. 1995. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- NEVES, C. **Análise de Investimentos: projetos industriais e engenharia econômica**. Rio de Janeiro: Editora Zahar, 1982.
- NORRIS, G. e MARSHALL, H. E. **Multiattribute Decision Analysis Method for Evaluating Buildings and Building Systems**. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, USA, September 1995.
- PEREIRA, J. C. R. **Análise de Dados Qualitativos: estratégias metodológicas para as ciências da saúde, humanas e sociais**. 3.ed. São Paulo: Editora Edusp, 2001.
- PINHEIRO, F. A. C. Requirements Honesty. **Requirements Engineering Journal**, V 8, p. 183-192, 2003.
- PRASAD, B. **Concurrent Engineering Fundamentals: Integrated Product Development**. v. I e II, 1 ed. Upper Saddle River, New Jersey, USA, Prentice Hall PTR, 1996.
- PRESSMAN, R. S. **Engenharia de Software**. São Paulo: Makron Books, 1995.
- ROBERTSON, S.; ROBERTSON, J. **Mastering the Requirements Process**. ACM Press, Addison-Wesley, 1999.
- SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process**. New York: McGraw-Hill, 1980.
- SAATY, T. L. **Método de Análise Hierárquica**. São Paulo: McGraw-Hill, 1991.
- SANTANA, E. A. Múltiplos critérios: uma alternativa, apesar das fragilidades das soluções. In: **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, Piracicaba, 1996. **Anais**. Piracicaba: Unimep /Abepro /Multiview, 1996. 1 CD-ROM.

- SEVERINO, A. J. **Metodologia do Trabalho Científico**. 21.ed. São Paulo: Editora Cortez, 2000.
- SHIMIZU, T. **Decisão nas Organizações**. 1. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2001.
- SILVA, M. M. D. **Proposta de um Sistema para Integração e Desenvolvimento de Projetos através de Engenharia Simultânea**. 1996. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- TURBAN, E.; ARONSON, J. E. **Decision Support Systems and Intelligent Systems**. 6.ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2001.
- UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. ESCOLA POLITÉCNICA. **Diretrizes para Apresentação de Dissertações e Teses**. 2. ed. São Paulo, 2001.
- VALERIANO, D. L. **Gerenciamento Estratégico e Administração por Projetos**. São Paulo: Makron Books, 2001.
- VINCKE, P. Aggregation of preferences: a review. **Europe Journal of Operation Research**, v. 9, p. 17-22, 1982.
- VINCKE, P. e ROY. T. Analysis of multicriterial decision aid in Europe. **Europe Journal of Operation. Research** ., v. 25, p. 160-168, 1986.
- VOLK, W. **Applied Statistics for Engineers**. New York: McGraw-Hill, 1958.