

ESCOLA NAVAL

DEPARTAMENTO DE FORMAÇÃO DE MARINHA



***LOGÍSTICA OPERACIONAL DO DISPOSITIVO NAVAL DA MARINHA DE
GUERRA ANGOLANA***

Manuel Moraton Claver Ladislau

**MESTRADO EM CIÊNCIAS MILITARES NAVAIS
(MARINHA)**

5º ANO

Setembro, 2013

ESCOLA NAVAL

DEPARTAMENTO DE FORMAÇÃO DE MARINHA

MESTRADO EM CIÊNCIAS MILITARES NAVAIS

(MARINHA)

LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE APOIO LOGÍSTICO AVANÇADOS
RECORRENDO A META-HEURISTICAS

O Mestrando

ASPOF Manuel M. Claver Ladislau

O Orientador

CMG Maia Martins

AGRADECIMENTOS

A Deus Pai, Deus Filho e Deus Espírito Santo, pelos dons que me concedestes.

Quero agradecer a todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, em especial:

Em primeiro lugar, ao meu Orientador Capitão-de-mar-e-guerra Maia Martins, que com sabedoria e paciência, me direcionou para a conclusão deste trabalho; sem sua eficaz orientação, não conseguiria tornar este sonho realidade: Muito obrigado.

Quero também agradecer a todos professores, pelos incentivos e conhecimentos ministrados.

Os meus agradecimentos ao Capitão-de-mar-e-guerra Augusto Alfredo porta-voz da Marinha de Guerra Angolana, por ter dado contributo valiosos sobre a organização da MGA.

Um agradecimento especial à minha família, os meus pais, Ladislau e Cristina, responsáveis por todos os valores morais e pessoais que tenho perseguido ao longo dos anos, os meus irmãos, os meus tios, por todo o apoio que me foram dando durante o tempo que fiquei longe deles.

À minha noiva Marisa, a Monisa, Fidel, kapolo, Nguanho, Lala, Alci, Gilda, Carmen, Sónia e Victor que, no anonimato, viveram minhas alegrias e compartilharam minhas tristezas, reconhecendo mais um desafio que foi superado, incentivando-me em cada momento da caminhada.

Ao camarada, Hosten Aly, pela disponibilidade e companheirismo dispensados durante o Curso e realização deste trabalho de uma forma conjunta.

Finalmente, a todas as pessoas e camaradas da Escola Naval, com especial referência aos alunos dos países de língua oficial portuguesa que acompanham meu crescimento, contribuem para ele e torcem pelo meu desenvolvimento pessoal e profissional.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus familiares, amigos e professores, em especial a minha mãe Cristina Claver, cujo amor enseja o constante apoio, dedicação, confiança e incentivo nos mais importantes projetos de minha vida.

RESUMO

A presente dissertação de mestrado enquadra-se no âmbito dos Sistemas de Apoio à Decisão para a otimização dos Pontos de Apoio Logísticos Avançados que servem de armazéns de mercadorias para os navios da esquadra da Marinha de Guerra de Angolana.

Foram recolhidos dados reais das facilidades de transporte de mercadorias em Angola, pedidos de transferências de material em Portugal e modelados através de métodos meta-heurísticos. O principal objetivo da dissertação consiste em minimizar os custos e as demoras de fornecimento dos materiais necessários para garantir o funcionamento dos armazéns da Marinha de Guerra de Angolana. Tratando-se dum problema de programação não-linear, aplicaram-se os métodos do Algoritmo Genético e *Simulated Annealing* para obter o menor valor da solução.

O menor valor da solução é obtido a partir dum processo de simulação através na ferramenta informática *Matlab*, onde o utilizador poderá alterar os valores de entrada consoante o grau de importância das variáveis de decisão (custo e demora).

Os resultados obtidos em ambos métodos variaram significativamente consoante as alterações feitas pelo decisor durante o processo de simulação para 60 meses. Estes resultados apontaram o *Simulated Annealing* como melhor método heurístico para a resolução de problemas de esfera idêntica.

Palavras-chaves: Algoritmo Genético, Simulated Annealing, Custos, Demoras, Transporte.

ABSTRACT

This dissertation deals with a type of Decision Support Systems for the optimization of Points Advanced Logistic Support serving warehouse goods for ships of the squadron of the Navy of Angolan.

Data were collected from actual freight facilities in Mozambique, requests for material transfers in Portugal and modeled by meta-heuristic methods. The main objective of the dissertation is to minimize costs and delays in the provision of materials necessary to ensure the functioning of the warehouses of the Navy of Angolan.

For this case there is a problem of nonlinear programming, we applied the methods of genetic algorithm and simulated annealing to obtain the lowest value of the solution.

The lowest value of the solution is obtained from a process through simulation in Matlab software tool, where the user can change the input values depending on the degree of importance of decision variables (cost and delay).

The results obtained by both methods varied significantly depending on the changes made by the decision maker during simulation process for 60 months. Those results show that the Simulated Annealing heuristic as the best method for solving problems similar sphere.

Key-words: Genetic Algorithm, Simulated Annealing, Costs, Delays, Transportation.

EPÍGRAFE

"O conhecimento é como um jardim: se não for cultivado, não pode ser colhido."

PROVÉRBIO AFRICANO

Índice

AGRADECIMENTOS.....	I
DEDICATÓRIA	II
RESUMO	III
ABSTRACT	IV
EPÍGRAFE	V
LISTA DE TABELAS.....	X
LISTA DE ILUSTRAÇÕES E GRÁFICOS	XI
LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS	XII
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO.....	14
1 – INTRODUÇÃO	1
1.1 - Visão Geral	1
1.1.1 - Caracterização de Angola.....	2
1.1.2 - Espaço Marítimo Nacional	3
1.2 - Objetivo do Estudo.....	4
1.3 - Metodologia De Estudo.....	5
1.4 - Relevância do Estudo do Tema	8
1.5 - Organização do Trabalho.....	9
CAPITULO II – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA (LOGÍSTICA OPERACIONAL).....	10
2 - INTRODUÇÃO	11
2.1 - Definição Atual de Logística	11
2.2 - Logística Operacional	11
2.4 – Transporte.....	13
2.5 - Armazenagem	14
2.4 - Considerações Finais.....	15
2.3 - Logística Operacional Naval	16
CAPÍTULO III – ENQUADRAMENTO DO PROCESSO LOGISTICO DA MARINHA DE GUERRA ANGOLANA	17
3.1 - Introdução	18

3.2 - Processo de Planeamento FAA	20
3.3 - Processo de Aquisição FAA	21
3.4 - Direção de Logística da Marinha de Guerra de Angola (DLMG)	22
3.5 - Repartição de Logística	23
3.6 - Secção de Abastecimento	24
3.7 - Secção Técnica	24
3.8 - Prestação de Contas	24
CAPÍTULO IV – INFORMAÇÃO E O SISTEMA DE APOIO À DECISÃO	26
4.1. - INTRODUÇÃO	27
4.2 - Recolha dos Dados	27
4.3 - Tratamento dos Dados	30
4.4 – Custos E Demoras Dos Transportes Aéreos	30
4.5 – Custos dos Transportes Rodoviários	31
4.6 - Demoras Entre Pontos	32
4.7 Dados do SIGDN	33
4.8 Justificação da Escolha do Programa Matlab	34
CAPÍTULO V – MODELAÇÃO DO PROBLEMA	36
5.1 - Introdução	37
5.2 - A Escolha do Modelo	40
5.2.1 - O Modelo Matemático	41
5.2.1.1 Programação Linear.....	42
5.2.1.2 Aplicação do Modelo Matemático	43
5.2.2.1 - Custos de Abertura de Instalações	45
5.2.2.2 - Custos de Funcionamento das Instalações	45
5.2.2.3 - Custos de Fornecimento do Material aos Navios.....	45
5.2.3 - Variáveis de Decisão.....	46
5.2.4- Variáveis Auxiliares.....	46
5.3 Uniformização das Escalas dos Dados	47

5.3.1 - Obtenção do Valor Duma Solução.....	47
5.3.2 - Definição de Uma Solução	47
5.3.3 - Função Multiobjectivo	48
5.3.4 - Restrições	49
CAPÍTULO VI – SIMULAÇÃO E OTIMIZAÇÃO	50
6.1 - INTRODUÇÃO	51
6.2 - Meta-Heurísticas	52
6.3 - Algoritmo Genético (AG)	53
6.3.1 - Caldeirão Inicial	54
6.3.2 Inicialização da Amostra	54
6.3.3 Avaliação da População.....	55
6.3.4 - Aplicação do Ciclo.....	55
6.3.4.1 - Reprodução	55
6.3.4.2 - Cruzamento	56
6.3.4.3 - Mutação.....	57
6.3.4.4 - Seleção da Melhor Solução	58
6.4 - Simulated Annealing Algorithm (SAA)	58
6.4.1 - Vizinho da Solução Inicial	59
CAPITULO VII – A FERRAMENTA OPALAA.....	61
7.1 – Introdução.....	62
7.2 - Variáveis de Entrada: Criação dos Dados Iniciais.....	63
7.3 - Carregamento de Dados	65
7.4 - O Processo de Simulação	66
7.5 - Obtenção de Soluções e Valores das Soluções	67
Etapa 1	68
Etapa 2	68
Etapa 3	69

Etapa 4	70
Etapa 5	70
Etapa 6	71
CAPITULO VIII – CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS.....	73
8.1 - CONCLUSÕES.....	74
Resposta a pergunta central:	75
8.2 - RECOMENDAÇÕES	76
8.3 - DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
ANEXO A – MAPA DE ANGOLA	80
ANEXO B – TABELA GRUPO DE MERCADORIAS	81
ANEXO C – CARACTERÍSTICAS DO N.R.P. AGUÍA	82
ANEXO D – QUADRO RESUMO DADOS SOCIO-DEMOGRAFICOS:	83
ANEXO E – EXEMPLO DE REGISTO DE PEDIDOS DE MERCADORIAS	84

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1 Preços (em Kwanzas) dos transportes aéreos partindo de Luanda (por quilograma)</i>	<i>30</i>
<i>Tabela 2 Preços dos transportes aéreo (por quilograma)</i>	<i>31</i>
<i>Tabela 3 Preços dos transportes rodoviários (por quilograma)</i>	<i>32</i>
<i>Tabela 4 Demoras dos transportes rodoviários (em minutos)</i>	<i>33</i>
<i>Tabela 5 Valores obtidos no processo de simulação 1ª etapa</i>	<i>68</i>
<i>Tabela 6 Valores obtidos no processo de simulação 2ª etapa.</i>	<i>69</i>
<i>Tabela 7 Valores obtidos no processo de simulação 3ª etapa.</i>	<i>69</i>
<i>Tabela 8 Valores obtidos no processo de simulação 4ª etapa.</i>	<i>70</i>
<i>Tabela 9 Valores obtidos no processo de simulação 5ª etapa.</i>	<i>70</i>
<i>Tabela 10 Valores obtidos no processo de simulação 6ª etapa.</i>	<i>71</i>

LISTA DE ILUSTRAÇÕES E GRÁFICOS

<i>Ilustração 1 processo de planeamento</i>	21
<i>Ilustração 2 Processo de Aquisição</i>	22
<i>Ilustração 3 Organigrama da DLMGA</i>	23
<i>Ilustração 4 Organigrama da DLMGA</i>	23
<i>Ilustração 5 Processo de tomada de decisão</i>	38
<i>Ilustração 6 Transformação de dados brutos em conhecimento</i>	40
<i>Ilustração 7 Conjunto da solução: gráfico das soluções aceitáveis e matriz de facilidades por PALA</i>	48
<i>Ilustração 8 Representação do cromossoma com 29 grupos de mercadoria para PALA 1</i>	55
<i>Ilustração 9 Representação do cromossoma com 29 grupos de mercadoria para 11 PALA</i>	56
<i>Ilustração 10 Representação do cromossoma codificado (solução)</i>	56
<i>Ilustração 11 Processo de reprodução</i>	56
<i>Ilustração 12 Processo de cruzamento com 2 pontos</i>	57
<i>Ilustração 13 Representação dos novos descendentes</i>	57
<i>Ilustração 14 Processo de mutação a partir do ponto 11 escolhido aleatoriamente</i>	58
<i>Ilustração 15 Solução inicial aceitável gerada aleatoriamente</i>	58
<i>Ilustração 16 Ambiente de Trabalho do programa</i>	62
<i>Ilustração 17 Janela de carregamento dos dados iniciais.</i>	63
<i>Ilustração 18 Carregamento dos dados iniciais.</i>	64
<i>Ilustração 19 Janela de informação para criação dos dados iniciais</i>	65
<i>Ilustração 20 Carregamento dos dados para os algoritmos</i>	66
<i>Ilustração 21 Gráfico de desempenho dos métodos</i>	72

LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS

AG	Algoritmo Genético
AN	Administração Naval
BCA	Base Central de Abastecimento
CA	Comando Administrativo
CAP	Capitão
CEMGFAA	Chefe de Estado maior General das Forças Armadas Angolanas
CD's	Canais de Distribuição
CMG	Capitão-de-Mar-e-Guerra
CN	Comando Naval
CSCMP	Council of Cupply Chain Management Professionals
CTEN	Capitão-Tenente
DCL	Dipositivo Central de Logística
DLMGA	Direção de Logística da Marinha de Guerra Angolana
DGLFAA	Direção Geral de Logística das Forças Armadas Angolanas
FAA	Força Armadas Angolanas
FRAG	Fragata
GRP	Grupo de Mercadorias
KG	Quilograma
KZ	Kwanza
LDM	Lancha de Desembarque Media

LDP	Lancha de Desembarque Pequena
MGA	Marinha de Guerra Angolana
PALA	Ponto de Apoio logístico Avançado
PAN	Ponto de Apoio Naval
PT	Pedidos de Transferência
SAA	Simulated Annealing Algorithm
SADC	Southern Africa Development Community
SIG-DN	Sistema Integrado de Gestão da Defesa Nacional
TCUL	Transporte Coletivo Urbano de Luanda

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO



1 – INTRODUÇÃO

1.1 - Visão Geral

Esta dissertação de mestrado, trata do problema de logística operacional da Marinha de Guerra Angolana, através da implementação de um Algoritmo Genético no *software Matlab*¹, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Militares Navais na Escola Naval de Lisboa.

Segundo uma declaração do Comandante da Marinha de Guerra Angolana «*Esta em curso na MGA o processo de reedificação, o qual visa adequar o aparelho militar naval às transformações em curso, para que a MGA, constitua um poder de autoridade do estado com capacidade de dissuasão e resposta militar eficazes, através do qual se assegura o alcance à manutenção dos objetivos nacionais, com ênfase para a defesa das águas nacionais.*» Atualmente é uma preocupação constante a manutenção dos meios navais que a Marinha de Guerra Angolana tem vindo adquirir, com a obtenção dos melhores resultados operacionais e com menor custo possível (in Revista da Marinha, ano 9 edição especial).

Nos dias que correm a análise de custo é cada vez mais primordial dentro da estratégia das organizações, a missão da Marinha de Guerra Angolana não prevê lucros numa perspetiva financeira, mas sim, resultados operacionais que são o produto da sua prestação de um serviço público como organismo do Estado Angolano.

Neste caso, a questão financeira prende-se somente com os custos realizados, que deve ser feita de uma forma muito analítica ou numa perspetiva de uma gestão económica dos custos e racionalização de stock de material, em que o decisor pretende saber atempadamente os custos de operacionalidade dos meios navais disponíveis atualmente e futuramente, tendo os seguintes objetivos a alcançar:

¹ *Matlab*: é uma poderosa ferramenta de computação numérica, com um ambiente de trabalho de fácil utilização e uma potente capacidade para realização de cálculo matemáticos de forma interativa. Fornece uma linguagem de programação própria, que permite o desenvolvimento de programas mais simples e compactos do que quando desenvolvidos nas tradicionais linguagens de programação. Este *software* é mantido e comercializado pela *MathWorks*, sediada em Massachusetts, nos Estados Unidos da América (Morais e Vieira, 2013).



1. Quanto encomendar. Por forma a ter de definir que quantidades económicas de cada encomendar e por sobresselentes.
2. Quando encomendar definido os períodos entre encomendas por forma a minimizar os custos.

Realizando da melhor maneira estes objetivos, ter-se-á conseguido numa perspetiva de gestão de custos, segundo o que:

- Qualquer artigo seja fornecido aos serviços utilizadores pelo mínimo custo total.
- Seja assegurada continuidade de fornecimento desses serviços.
- Que a referida continuidade de fornecimento não tenha custos mais elevados que a falha que suprime.

1.1.1 - Caracterização de Angola

A pertinência da pesquisa decorre do facto do mar ter uma elevada importância para a vida e segurança dos Estados. A República de Angola tem uma área de 1.246.700 km² e situa-se na costa ocidental da África austral. Conquistou a sua independência a 11 de Novembro de 1975 (portal do governo, 2013).

O país divide-se em 18 províncias e tem como capital a cidade de Luanda. Com uma extensão de 4.837 km, as suas fronteiras terrestres localizam-se a norte da província de Cabinda com Congo Brazzaville, a norte e leste com a República Democrática do Congo (ex-Zaire), a leste com a Zâmbia e ao sul com a Namíbia (*hht:portalangop.co.ao*, 2013).

Angola tem uma costa de 1.650 km banhada pelo Oceano Atlântico. Os seus principais portos são Luanda, Lobito e Namibe. O ponto mais alto do país é o Monte Moco (2.620 m), localizado na Província do Huambo. Com uma rede hidrográfica



privilegiada ao nível do continente, Angola tem como principais rios o Kwanza, o Zaire, o Cunene e o Cubango (*hht:portalangop.co.ao*, 2013).

A moeda corrente é o Kwanza (Kz). O número estimado de habitantes em 1995 era de 11 milhões, com previsão de chegar a 16 milhões em 2010. O censo de 1995 indica que a população era composta de 49,3% de homens e 50,7% de mulheres. Desse total, 32% da população viviam em áreas urbanas e 53% eram economicamente activos. Estimava-se, em 1995, que Luanda tinha cerca de 3 milhões de habitantes (*hht:portalangop.co.ao*, 2013).

A língua oficial é o Português, mas Angola tem várias línguas nacionais, como o umbundo, kimbundo, kikongo, chokwe, mbunda, luvale, nhaneca, gangela e o xikuanyama. A população é predominantemente cristã, e a religião católica é a mais difundida (portal do governo, 2013).

1.1.2 - Espaço Marítimo Nacional

O mar constitui um elemento indispensável para a vida de qualquer país por vários motivos, nomeadamente os aspetos geográficos, significado económico, recursos vivos e não vivos. A Lei 14/10 de 14 Julho estabelece que a Republica de Angola ratificou a Convenção das Nações Unidas Sobre o Direito do Mar, no dia 5 de Dezembro de 1990, Convenção esta que foi aprovada em Montego Bay, na Jamaica, a 10 de Dezembro de 1982 e a Republica de Angola subescreveu-a nessa mesma data (Lei nº14/10 de 14 Julho Lei dos espaços marítimos).

Esta Lei dos Espaços Marítimos, regula o exercício de poderes, dos direitos e dos deveres do Estado Angolano e define os limites dos espaços marítimos sob soberania e jurisdição nacionais. Convindo a efetuar um combate eficaz nos espaços marítimos sob soberania e jurisdição nacionais ou no alto mar, ao contrabando, às descargas operacionais não controladas, ao crescente número de infrações às leis e aos regulamentos aduaneiros, fiscais, sanitários e de imigração. Sem prejuízos dos poderes exercidos pelo Estado Angolano nos espaços marítimos de estados terceiros ou em



espaços marítimos específicos, nos termos definidos no direito internacional (Lei nº14/10 de 14 Julho Lei dos espaços marítimos).

Os espaços marítimos sob soberania e jurisdição nacional são os seguintes:

- a) As águas interiores;
- b) O mar territorial;
- c) A zona contígua,
- d) A zona económica exclusiva;
- e) A plataforma continental.

O exercício da autoridade do Estado Angolano, compete às entidades, todos os serviços ou organismos Estado que exercem o poder de autoridade marítima no quadro do Sistema de Autoridade Marítima Angolana, tendo o dever de cooperar entre si, no sentido de serem assegurados, na medida das suas necessidades e disponibilidades, os meios adequados ao cumprimento das respetivas missões. O diploma legislativo estabelece ainda que o exercício da autoridade do Estado angolano compete às entidades que integram o Sistema de Autoridade Marítima, à Marinha e à Força Aérea, no âmbito das suas competências as atividades de fiscalização e exercício do direito de visita nos espaços marítimos e estabelece as medidas cautelares sobre os navios que se encontrem na sua zona contígua, em matéria civil (Lei nº14/10 de 14 Julho Lei dos espaços marítimos).

1.2 - Objetivo do Estudo

O presente estudo teve como objetivo analisar o desempenho Logístico da cadeia de abastecimento da MGA. Para determinar os resultados da análise preliminar dos dados e a estimação dos parâmetros para os modelos discriminatórios, foram implementadas funções no *software* MATLAB.

Desta forma, para facilitar a representação do sistema a ser simulado, bem como a programação dos pedidos de abastecimento, apresenta-se como objetivo específico deste trabalho desenvolver uma técnica de modelagem conceitual, que permita a representação do sistema a ser simulado, através de uma lógica próxima a utilizada em



simulação. Esta técnica deverá ser utilizada na modelagem conceitual dos objetos de estudo deste trabalho.

Construir um fluxograma que represente uma sequência de etapas para a validação estatística de modelos de simulação. Este fluxograma deverá ser construído a partir da revisão da literatura. Uma vez construído, este fluxograma deverá ser utilizado na fase de validação dos modelos deste trabalho, e poderá ser utilizado para orientar trabalhos de simulação, no que concerne à validação estatística de modelos. Este sector do circuito iguala-se a uma estrutura de distribuição escalonada típica com um Deposito Central de Abastecimento e um conjunto de Armazéns de distribuição avançados próximos das Unidades em terra.

O objectivo destes armazéns é permitir o rápido atendimento logístico às necessidades das Unidades Navais em determinadas área geográficas distantes dos Armazéns Centrais localizados em Luanda. São armazéns que pela sua localização no ciclo logístico possibilitam a obtenção de economia de transporte, bem como, permite o recebimento de grandes carregamentos consolidados e que, portanto, evita o fraccionamento das mercadorias, facto que se verificam no caso hipotético de existência da relação directa entre Unidades Navais e em terra das várias Zonas Marítimas e o Armazém Central (DCL). Para as Unidades estes armazéns são valiosas estruturas, pelo facto de possibilitarem que os pedidos sejam expedidos no mesmo meio e como um único carregamento muitas das vezes.

1.3 - Metodologia De Estudo

Em todos os sectores das atividades económica, a importância da otimização da produtividade e eficiência dos processos e a melhoria na qualidade dos serviços prestados são cada vez mais crescentes, motivadas pela necessidade do aumento da competitividade em um mercado globalizado.

A problemática do trabalho pode ser descrito por varias perguntas para qual ate o final do trabalho se propõe responder, assim a **Questão Central** do trabalho é:



“Onde deverão ser abertos centro de abastecimento para apoio da esquadra de Angola e quais as mercadorias disponibilizadas, minimizando custos e demoras de fornecimento?”.

E outras **Questões Derivadas** que também podem ser respondidas no decorrer do trabalho, tais como:

- Quais os tipos de navios dos dispositivos naval?
- Quais os dispositivos navais?
- Qual o principal porto praticado pelos navios de cada dispositivo naval?
- Quais os grupos de mercadoria que os navios necessitam para a sua operação normal?
- Como variam as necessidades dos navios, por classe, mês, grupo de mercadorias e peso?
- Quais os custos de transporte de mercadorias entre os centros de abastecimento e os portos de atracação dos navios?
- Qual a demora no transporte de mercadorias entre os centros de abastecimento e os portos de atracação dos navios?
- Qual o custo da abertura de um centro de abastecimentos junto aos locais de atracação de um navio?
- Qual o custo de manutenção de um centro de abastecimento, dependendo dos grupos de mercadorias que fornece?

O sector da Logística Naval da MGA estudada neste trabalho, é bastante dependente dos processos logísticos de distribuição material, por lidar com limites temporais de abastecimento dos navios envolvidos nos mas variados tipos de operações e missões no mar.

A distribuição material compreende os processos de estocagem, transporte, controle, intercâmbio de dados e fluxo financeiro, que permitem transferir materiais desde a Base



de Logística Central (BCA), em Luanda até ao PALA ou diretamente ao navio. Ela tem como objetivo garantir que o produto certo seja entregue ao consumidor final, no lugar correto, no momento exato e com o nível de serviços desejado pelo navio, buscando minimizar os custos dos serviços logísticos.

No estudo de caso deste trabalho foi identificado que um empecilho para a tomada de decisões em distribuição material na MGA é o volume de informações no processamento de pedidos que precisam ser analisadas simultaneamente, consumindo tempo e, conseqüentemente, incorrendo custos para o Estado. Todavia, direcionar esforços para redução de custos de forma isolada podem não garantir o resultado desejado. É interessante planejar e coordenar ações gerenciais de forma integrada, avaliando todo o processo.

Com isso, o modelo proposto neste trabalho pode ser inserido em um sistema logístico mais amplo, composto, por exemplo, de mecanismos integrados de Coleta e distribuição de pedidos eletrônicos, verificação de estoques e consolidação de cargas, podendo se tornar um importante factor de competitividade, já que pode conferir à indústria maior rapidez, confiabilidade e eficiência tanto no processamento quanto na distribuição dos pedidos.

Nesse contexto, ferramentas utilizadas de distribuição de funções estatística surgem como alternativas de apoio aos métodos tradicionais de processamento de pedidos e tomada de decisão em transportes, atividade-chave da logística de distribuição. A construção de uma metodologia de apoio à decisão através do uso de técnica de simulação e modelagem estatística, com o intuito de viabilizar e facilitar o planeamento e controle das actividades logísticas é interessante não só do ponto de vista de gerenciamento do sistema, mas também da verificação da aplicabilidade dessas técnicas em relação ao problema proposto.

Assim, este trabalho propõe uma metodologia baseada em simulação em no MATLAB para auxiliar o tomador de decisão na escolha da melhor estratégia de distribuição dos materiais a partir da BCA, tendo como foco a agilização dos processos de distribuição e a redução de custos logísticos.



Recorrendo aos dados reais das facilidades de transporte em Angola no que diz respeito aos transportes aéreos, ferroviários, rodoviários, marítimos e fluviais, bem como às necessidades logísticas dos navios da MGA, pretende-se otimizar os recursos disponibilizados utilizando simulação em *Algoritmo Genético* e *Simulated Annealing*.

1.4 - Relevância do Estudo do Tema

Depois de respondida a pergunta central da problemática do presente trabalho:

“Onde deverão ser abertos centro de abastecimento para apoio da esquadra de Angola e quais as mercadorias disponibilizadas, minimizando custos e demoras de fornecimento?”.

Também outras perguntas derivadas, o decisor terá uma ferramenta útil para o apoio a decisão quase a tempo real e com custo de análise praticamente nulos, bastando para isso possuir a informações necessárias e o *software* instalado.

Na Marinha, o grande objetivo da manutenção é a maximização da disponibilidade operacional do material tendo em atenção as relações custo\eficiência. Desenvolve-se, porem, um ambiente profundamente influenciado por limitações diversas em que avulta as de natureza financeira, pelo que dever-se-á atuar por forma a atingir esses objetivos, procurando o melhor compromisso possível entre dois fatores:

- Obtenção de graus de aceitáveis de fiabilidade do material.
- Obtenção de elevados coeficientes de disponibilidade operacional dos meios navais.

Estes dois fatores são de certa forma antagónicos, o que faz com que o esforço de manter os equipamentos e sistemas com graus de fiabilidade aceitável é conseguido a custa de tempo de imobilização elevadas, e o esforço tendente a manter os sistemas e equipamentos com taxas de utilização elevadas é conseguido à custa de compromisso cada mais gravoso para sua fiabilidade.



1.5 - Organização do Trabalho

Esta dissertação está dividida em oito capítulos, incluindo a introdução e as conclusões, e encontra-se organizada de acordo com os objetivos definidos.

Capítulo 1: tem-se a introdução do trabalho, a descrição dos objetivos, a problemática do tema, relevância do estudo e metodologia adotada, além da estrutura do trabalho.

Capítulo 2: estado da arte da Logística sobre a sua origem e história, bem como as funções do ciclo logístico.

Capítulo 3: descreve-se um breve enquadramento do funcionamento da Logística Naval Angolana.

Capítulo 4: apresenta-se a metodologia de estudo do trabalho, com base no sistema de apoio a decisão.

Capítulo 5: Faz-se a modelação do problema proposto.

Capítulo 6: executa-se o método e descreve as características de otimização em *matlab* usando o AG e SAA.

Capítulo 7: apresenta-se os resultados da aplicação dos métodos e faz-se a interpretação dos mesmos.

Capítulo 8: apresentam-se as principais conclusões obtidas ao longo deste trabalho, as recomendações e os desenvolvimentos futuros.



CAPITULO II – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA (LOGÍSTICA OPERACIONAL)



2 - INTRODUÇÃO

2.1 - Definição Atual de Logística

Logística é a parte da arte da guerra que tem por objetivo proporcionar as forças armadas os meios de pessoal, material e serviços, necessários para satisfazer em qualidade, quantidade, momento e lugar adequado as exigências da guerra, (Thorpe, 1917).

O processo de gerenciar estrategicamente a aquisição, movimentação e armazenagem de materiais, peças e produtos acabados (e os fluxos de informações correlatas) através da organização e seus canais de marketing, de modo a poder maximizar as lucratividades presente e futura através do atendimento dos pedidos a baixo. (CHRISTOPHER, 1999).

Um sistema de logística eficiente e económico é semelhante a um ativo tangível nos livros contábeis de uma empresa. Não pode ser prontamente copiado pela concorrência. (LAMBERT et al., 1998, p.13).

Para o presente trabalho a definição que melhor se encaixa naquilo que são os propósitos desta pesquisa é a abordagem de estudo que envolve as atividades entendidas como relevantes para o desenvolvimento da logística de transporte, tais como: Canais de distribuição, estoques, gestão de estoques, armazenagem, distribuição física, serviços de transporte, transporte rodoviário, transporte ferroviário, navegação de cabotagem, transporte aéreo, serviços integrados de transporte, intermodalidade, multimodalidade, estrutura de custos dos modais, gestão logística, gestão da procura, planeamento dos CD's, localização dos CD's, tecnologia da informação, geração de informações, terceirização dos serviços logísticos, o SCM (Supply Chain Management), benchmarking e modelos de transporte (Carvalho, 2010).

2.2 - Logística Operacional



Segundo as lições do professor CAP. FRAG. A.N. Manuel j. Pereira, Logística Operacional é definido como “a parte da Logística Aplicada que trata da resolução dos problemas que se apresentam no escalão as Forças Armadas. Estes problemas consistirão sempre em proporcionar meios de pessoal, material, e serviços as Forças Operacionais.

Assim, a Logística Operacional está mais ligada a tática que à estratégia, que se encaixa no que chamamos Logística de Consumo e que tem um carácter predominantemente militar. Convém assinalar e destacar o carácter profundamente realista que é preciso imprimir a todo o trabalho Logístico. A Logístico tem de se fundar sempre sobre realidade e realidades tangíveis. A Logística Operacional, em contrapartida com a estratégia, e muitas vezes com a Tática, é uma ciência de cálculo, mais do que de imaginação.

Ainda Segundo as lições do professor CAP. FRAG. A.N. Manuel j. Pereira, os princípios e regras que compõem a Logística Operacional, são de carácter pratico e realista e foram extraídos da experiencia. A Logística Operacional é, pois, uma ciência experimental de aplicação pratica. Tal como hoje a conhecemos, esta experiência foi extraída da Segunda Guerra Mundial e o seu desenvolvimento foi devido, na sua quase totalidade, aos Norte-Americanos. Foram os Norte-Americanos quem criaram a Logística Operacional na sua formação atual e a doutrina por eles criada e desenvolvida é a que se admite, com mais ou menos propósitos de adaptação, em todas as organizações militares ocidentais. Eu seguirei naturalmente estas teorias procurando, tanto quanto possível, adaptar às nossas condições o que seja adaptável.

Todo o esforço Logístico para resolver um problema de Logística Operacional consiste em aplicar as *Funções de Direção* aos *Elementos Funcionais Logísticos* nas fases do *Ciclo Logístico* e realizar a solução obtida mediante os órgãos de apoio Logístico (Pereira, 1966):

- As Funções de Direção assinalam o modo ou método de obter as soluções:
 1. Obter informações;
 2. Planear;
 3. Transmitir ordens;
 4. Supervisionar ou Inspeccionar;



5. Coordenar.

- Os Elementos Funcionais Logísticos fixam a matéria sobre qual há que operar:
 1. Abastecimento;
 2. Manutenção;
 3. Saúde;
 4. Pessoal;
 5. Transporte;
 6. Obras civis.

- As Fases do Ciclo Logístico indicam as etapas em se desenvolve o trabalho ou processo:
 1. Determinação de necessidades;
 2. Obtenção;
 3. Distribuição.

- Os Órgãos de Execução e meio para realizarem as soluções que se obtenham:
 1. Instalações terrestres metropolitanas (Órgãos de apoio indireto);
 2. Bases navais em terra (permanente e avançada) - Órgãos de apoio direto;
 3. Bases flutuantes moveis (Órgãos do apoio móvel);
 4. Grupos de abastecimento no mar (Órgãos do apoio móvel).

2.4 – Transporte

O transporte de mercadorias é um elemento essencial das Cadeias de Abastecimento e não pode ser gerido de forma isolada, pois opções sobre o modo e o tipo de solução de transporte tem um impacto significativo na estrutura de custos e na capacidade para as empresas reagirem à procura. É também um dos elementos da Cadeia de Abastecimento em que os fatores de risco estão mais presentes (Pereira, 1966).

As opções de transporte possíveis dependem essencialmente de três variáveis:

- 1) Tamanho da carga/encomenda (também muito dependente da frequência entrega/encomenda);
- 2) Distancia (depende da geografia de atuação da organização);
- 3) Densidade de valor da mercadoria (depende do valor por tonelada ou valor por metros cúbicos).



Para Carvalho (2010), as empresas procuram cada vez mais uma solução de transporte, que em função do nível de serviço (frequência, velocidade, quantidade mínima) e custo, otimizem os *trade-offs* com os restantes custos da SC. As tendências presentes na cadeia apontam, entre outras, para:

- Que o elo da cadeia para quem os níveis de serviço são mais críticos assuma o controlo dos transportes (por exemplo, entrega às lojas/pontos de venda no retalho, recolhas junto dos fornecedores em ambientes JIT);
- A procura de soluções de transporte porta-a-porta (*end-to-end*) por parte dos clientes dos serviços de transporte, tem levado (e levará cada vez mais) ao aparecimento de operadores capazes de integrar vários modos de transporte. Os integradores como DHL, UPS, TNT têm servido de modelo de referência do que serão os serviços de transporte no futuro;
- A crescente externalização do transporte, como forma de otimizar a utilização dos ativos, minimizar retorno em vazio e entregar a especialistas esta atividade;
- A procura de velocidade, com cada vez mais produtos a conseguir incorporar os custos mais elevados associados aos transportes rápidos;
- Que as janelas de entrega/recolha sejam cada vez mais restritivas, e condicionem fortemente a otimização dos custos de transporte, reduzindo as oportunidades de otimização da carga e da rota;
- *Track and tracing* da carga, em particular nos modos de transporte mais lentos.

Pontos nodais ou multimodais (terminais, plataformas, portos, aeroportos, entre outros) têm um papel determinante na capacidade de se oferecerem serviços integrados e de tirar partido do melhor que os vários modos têm a oferecer. Por outro lado, é necessário aproveitar estes momentos de ruturas/passagem de cargas para acrescentar valor e não só tempo á cadeia. Assim, os pontos nodais ou multimodais têm cada vez mais um papel essencial na criação de fluxo, otimização da carga a montante e a jusante, e desenvolvimento de atividades que acrescentem valor ao produto (Carvalho, 2010).

2.5 - Armazenagem

Visão tradicional sobre os sistemas de armazenagem é de que devem providenciar os meios para manter inventários de um determinado material/produto nas quantidades requeridas, no ambiente mais apropriado e ao menor custo possível. Nesta visão tradicional /clássica, os armazéns não acrescentam valor a Cadeia de Abastecimento (Carvalho, 2010).

Os desenvolvimentos mais recentes nas Cadeias de Abastecimento, têm levado a que o papel do armazém (em sentido lacto) mude. Não é mais visto como o «ponto



morto» do processo mas sim como uma parte integrante da excelência total da Cadeia de Abastecimento (Marvik & White, 1998). Nos últimos anos, e numa perspectiva cada vez mais integrada de Cadeia de Abastecimento, os armazéns (plataforma, entrepostos, centros de distribuição, centro de processamento, entre outros) têm vindo cada vez mais a desempenhar outros papéis, como:

- Consolidação - quando economicamente se justifica recolher/entregar todos os abastecimento de varias origens num armazém, consolidar e agregar as varias entregas e fazer entregas num único carregamento;
- Transbordo – sistema usado para desagregar e fracionar grandes quantidades de cargas menores para entregas a clientes, nomeadamente entregas em cidades, áreas ou ruas de acesso limitado;
- *Cross-docking* (passagem de cais) – quando o armazém funciona como mera plataforma de passagem de mercadoria, já preparada para o destino definitivo, permitindo otimizar os custos de transporte a montante e a jusante;
- Atividades de valor acrescentado – quando o armazém é o local onde se processam atividades de personalização, manipulação, sequenciamento, preparação, pequenas montagens e desmontagens, retornos e devoluções, entre outros.

2.4 - Considerações Finais

Facilmente se percebe que a localização de fábricas, pontos de vendas, armazéns ou outras estruturas físicas tem muito de semelhante. Em todos os casos a localização ótima implica minimizar os custos do transporte, quer sejam a montante ou a jusante da estrutura, minimizando-se ao mesmo tempo o custo de construção ou aluguer da mesma. Devido a esta proximidade, a investigação sobre a localização de armazéns está intimamente ligada com as investigações que acima se referiram, e que não sendo objetivamente sobre a localização de armazéns, nos dão informações preciosas sobre como desenvolver os modelos para a resolução deste problema.

Definido o objetivo ou missão da Logística Operacional na resolução de problemas Logísticos ao nível das Forças, vejamos, em primeiro lugar, qual é a constituição geral de todo o problema Logístico deste tipo. Da definição de Logística Operacional, por mim adotada, deduzimos que todo o problema Logístico há de tratar de proporcionar meios às Forças, numas circunstâncias dadas. O que variara de um problema para outro serão as circunstâncias.



Na definição de Logística Operacional assinala-nos as condições e requisitos que devem acompanhar a solução de todo o problema Logístico: que os meios proporcionados sejam os necessários em quantidade e qualidade para que, no tempo e lugar adequados, possam satisfazer as exigências dos planos Operacionais (Pereira, 1966).

2.3 - Logística Operacional Naval

É natural que, sendo a Logística Operacional a que trata da resolução dos problemas derivados da necessidade de proporcionar meios às Forças Militares da Nação, e existindo três tipos de forças militares: Terrestre, Naval e Aérea, haja três tipos de Logística Operacional: Terrestre, Naval e Aérea. E é também natural que tendo estes três tipos de forças militares necessidades comuns e necessidades exclusivas, exista nestes três tipos de Logística Operacional uma parte comum a todas elas e uma parte exclusiva de cada uma. Esta parte comum aos três tipos de Logística Operacional Naval, Terrestre e Aérea é o que chamamos “Logística Inter-exércitos”. A parte diferencial da Logística privativa de cada exército é consequência, por um lado, das espaciais necessidades Logísticas das forças que o compõe, e por outro lado, das características do meio onde atuam (Pereira, 1966).

Por outro lado, a influência da técnica no material das Forças Navais, que hoje em dia chega a ser fator dominante neste tipo de forças, e os incessantes avanços da técnica eletrónica, da técnica aeronáutica, e da técnica de propulsão de armas, afetam a Marinha mais do que nenhum outro ramo das Forças Armadas. Isto representa uma complicação na Logística do material, dentro da Logística Naval, o que lhe imprime um selo característico. Um Destroyer da I Guerra tinha 14 válvulas eletrónicas, como máximo, um Destroyer atual chega a 4000, de variadíssimos tipos (Pereira, 1966).



CAPÍTULO III – ENQUADRAMENTO DO PROCESSO LOGISTICO DA MARINHA DE GUERRA ANGOLANA



3.1 - INTRODUÇÃO

Marinha de Guerra Angolana, inicialmente designada por Marinha de Guerra Nacional, foi criada á 10 de Julho de 1976 após ter terminado o primeiro curso de Especialistas Navais ministrados por instrutores cubanos. No entanto a sua génese pode ser referenciada a 11 de Novembro de 1975, quando um grupo de combatentes angolanos, componentes das forças integradas se apoderarem das instalações da Marinha colonial, em virtude do seu abandono pelas autoridades portuguesas (Portal da Marinha Angolana, 2013).

De acordo ainda com o mesmo Portal da Marinha Angolana, mesmo antes desta data, já as nossas unidades realizavam atividades com destaque para as lanchas de desembarque “Alfange” e “Ariete” que apoiavam as tropas terrestres na pacificação do Norte do país. Nesta altura, constituíam património da Marinha Nacional o espólio da Marinha colonial, consubstanciado nas infraestruturas em terra, navios e lanchas, sendo:

- 4(quatro) lanchas de fiscalização da classe “Argus”;
- 5 (Cinco) Lanchas de fiscalização pequenas “Bellatrix”;
- 2(Duas) Patrulhas pequenas da Classe “Júpiter”;
- 2(Duas) Patrulhas pequenas da Classe “Pollux”;
- 2 (duas) Lanchas de Desembarque médias (LDM);
- 3 (três) Lanchas de Desembarque Pequenas (LDP);

Ainda 1 (um) Navio hidrográfico, que nunca navegou e apenas funcionou como navio escola e centro de comunicações. Graças a um ingente e entusiástico trabalho dos combatentes e trabalhadores da Marinha com ajuda internacionalista de especialistas cubanos, esses navios foram postos a funcionar e passaram a navegar. Os marinheiros nessa altura com as mais variadas missões sulcaram com orgulho os imensos horizontes das águas nacionais de Angola, já que o dispositivo de que dispunha possibilitava o asseguramento quase da totalidade de todas as missões programadas (Portal da Marinha Angolana, 2013).



No entanto a boa vontade, entusiasmo e espírito patriótico não estavam aliadas as disponibilidades financeiras de forma a poder manter os meios técnicos existentes. Desta forma é que paulatina mas definitivamente se foram avariando os navios, uma parte dos quais abalroados e encalhados e outros ainda “apodrecidos” e naufragados em cais. Desta maneira, a uma intensa atividade de fiscalização seguiram-se tempos de menor presença no mar, já que os navios são o núcleo a volta do qual se devem desenrolar todas as abordagens sobre a Marinha (Portal da Marinha Angolana, 2013).

A partir de 1976 foram sendo adquiridos os primeiros navios e lanchas de construção Soviética, nomeadamente Lanchas Torpedeiras e navios de desembarque médio, o que coincide com a chegada dos primeiros especialistas básicos formados na URSS. Estes meios e homens vieram reanimar a atividade operativa da Marinha (Portal da Marinha Angolana, 2013).

Em 1980 chegou o primeiro contingente de técnicos médios angolanos formados na URSS e em Cuba nas diversas especialidades, aparentemente um alto nível de operacionalidade dos navios, armamento e meios técnicos devia ser conseguido ao combinar-se o binómio “Técnica-homens preparados”. Tal não aconteceu porque as estruturas de assistência técnica não estavam a altura do nosso desejo. As oficinas navais de Luanda e do Soyo estavam degradadas, a Sorefame de Luanda, idem, a Sorefame do Lobito realizaram as reparações que se impunham (Portal da Marinha Angolana, 2013).

Em 1983 chegam as Lanchas Porta-Mísseis que de facto vieram dar nova vida e o reaparecimento da Marinha, constituindo até 1989 o momento áureo da MGA. Em 1987 chegaram 2 Draga-minas portuárias que pelas suas características não puderam influir consideravelmente no estado geral da Marinha. Desta forma, a partir de 1989 a marinha está praticamente incapaz de manter em prontidão mais de 50% das suas forças navais, e aqueles navios que se consideravam operacionais (Portal da Marinha Angolana, 2013).

Realça-se por outro lado, a criação de um sistema de observação costeira por radares, cujos problemas técnicos são similares aos dos navios (Portal da Marinha, 2013). Em 1992, com a introdução de uma nova doutrina, a MGA procedeu a alteração da sua estrutura orgânica, sendo as mais significantes as seguintes:

- Surgimento do Estado-maior Coordenador como órgão de conceção;



- Comando Naval como órgão operacional do Ramo; 2 (dois) Comandos Funcionais (CLA e CPI);
- Zonas Marítimas, onde as Bases Navais estavam inclusas, mas com tarefas de asseguramento.

A criação da Força de Fuzileiros, veio tornar mais flexível o sistema de forças da MGA, tornando-a mais omnipresente no mar e em terra, em toda a extensão da costa, ao mesmo tempo que viabiliza da melhor forma a cooperação com o Exército, atuando na orla marítima e nas margens dos grandes rios. Toda esta evolução teve reflexo, como é óbvio, nas sucessivas estruturas orgânicas e sistemas de direção que se foram criando (Portal da Marinha Angolana, 2013).

3.2 - Processo de Planeamento FAA

O planeamento das necessidades por parte dos ramos das FAA dá início ao sistema logístico (Figura 1). As necessidades são apresentadas a divisão do planeamento do Estado-Maior General (DPEMG), que analisa e contabiliza as propostas definidas para o ano (Anexo S). Segue-se a apreciação em conselho dos Chefes de Estado-Maior, Órgão que após elaboração do projeto de orçamento de Estado das FAA por parte da divisão das Finanças aprova. O CEMGFAA como responsável máximo do conselho encaminha a proposta para o Ministério da Defesa Nacional que em coordenação com o Ministério das Finanças apreciam.

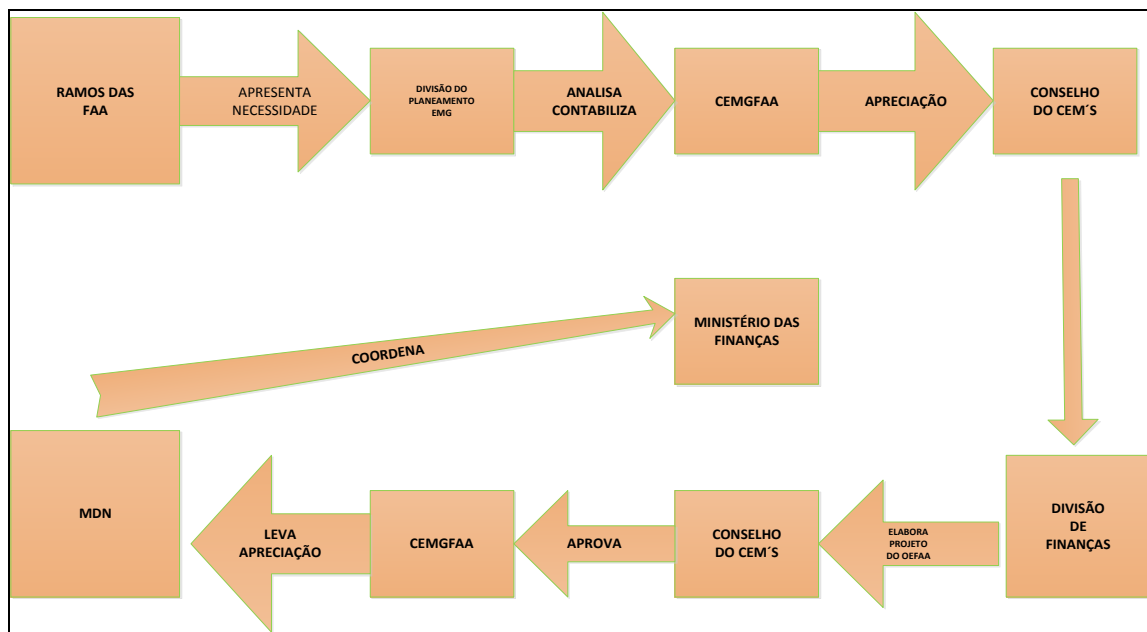


Ilustração 1 processo de planeamento

Fonte: ITEN Celo (in Regime alimentar MGA)

3.3 - Processo de Aquisição FAA

Em termos logísticos a aquisição é processada de modo centralizado, isto é, na estrutura das FAA está instituído uma Direção geral de Logística das Forças Armadas Angolanas (DGLFAA), que funciona como “organismo abastecedor central” transacionando com a Ecomed² e com a Simportex³, empresas que sob delegação do Ministério da Defesa Nacional desenvolvem todo o processo de consulta, obtenção, receção e transporte (Figura 2). Cabe posteriormente a DGLFAA o armazenamento e a distribuição do material a nível das Forças Armadas (Celo, 2002).

² Ecomed: é uma empresa que dedica ao comércio a retalho e a grosso.

³ Simportex: uma empresa que atua no mercado Angolano na importação e exportação de mercadorias.

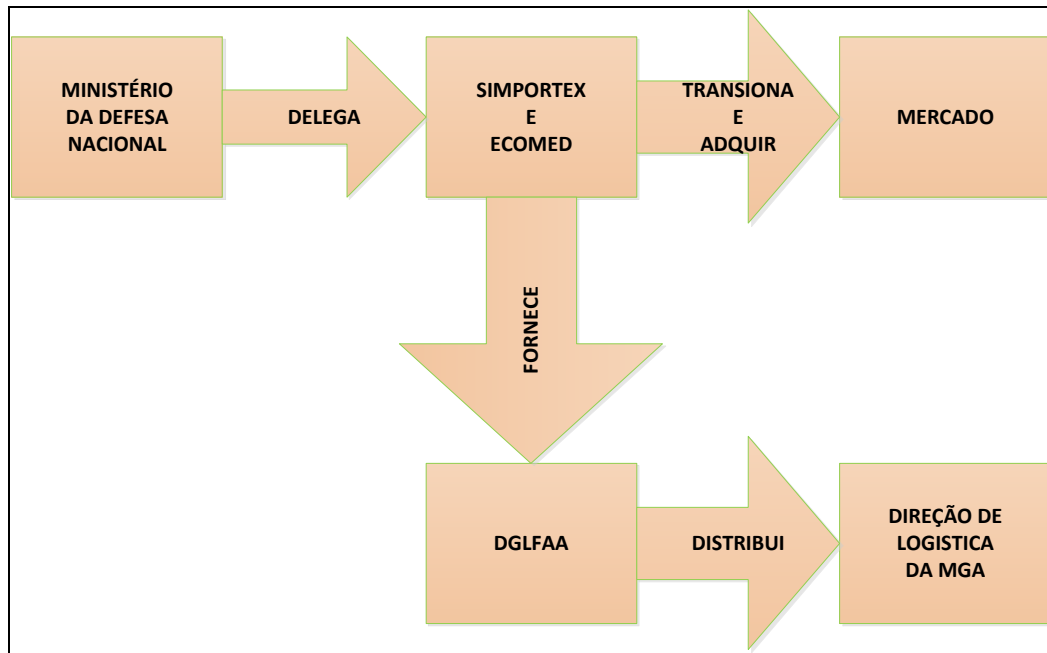


Ilustração 2 Processo de Aquisição

Fonte: ITEN Celo (in Regime alimentar MGA)

É levado em linha de conta, como procedimento para a aquisição de bens e serviços, o estabelecido no Despacho n.º 7/96 de 16 de Fevereiro (Anexo H), do conselho de Ministros – regime de realização de despesas públicas com locação, empreitadas de obras públicas, prestação de serviço e aquisição de bens.

3.4 - Direção de Logística da Marinha de Guerra de Angola (DLMG)

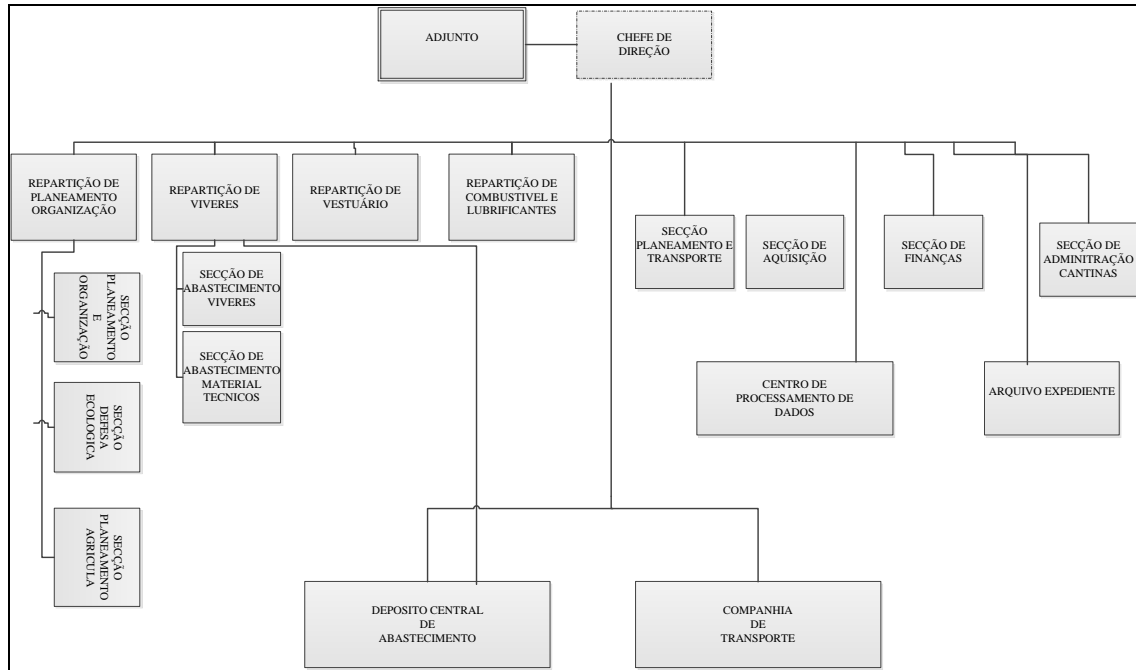


Ilustração 3 Organigrama da DLMGA

Fonte: ITEN Celo (in Regime alimentar MGA)

3.5 - Repartição de Logística

Sob delegação da Direção de Logística á Repartição de Viveres é área em que, na qual, se desenvolve quase que todo o ciclo da cadeia da logística da MGA, portanto, com uma “aquisição” levanta junto da DGLFAA os géneros destinados para a Marinha. O transporte para posterior armazenagem é feito em carros selecionados em função das prioridades de conservação e manuseamento do produto. A armazenagem ocorre respeitando os prazos de validade e frequência de saída (Celo, 2002).

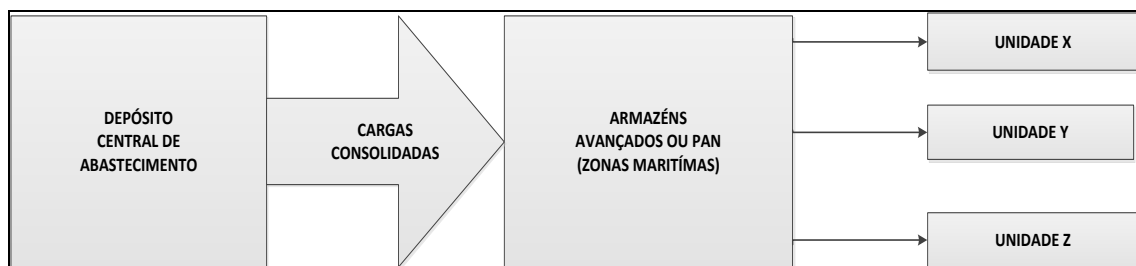


Ilustração 4 Organigrama da DLMGA



Fonte: ITEN Celo (in Regime alimentar MGA)

3.6 - Secção de Abastecimento

A Secção de Abastecimento de viveres e Organização Alimentar tem na sua incumbência a programação e garantia de abastecimento das Unidades da MGA, organização da receção, conservação e planificação dos abastecimentos e a determinação das necessidades de transporte de viveres para o reabastecimento às Zonas Marítimas. Para além de comparar o planeamento previsional de consumo com o controlo do registo de consumo de viveres nas Unidades em terra e Navais, também controla a organização da alimentação nas mesmas. O planeamento das necessidades é elaborado mensalmente de acordo com as normas estabelecidas no Despacho n.º0014/2003 de 5 de Fevereiro, do Chefe do Estado-Maior General das Forças Armadas Angolanas (CEMGFAA) (Anexo I).

3.7 - Secção Técnica

De acordo com Celo (2002), a Secção de Abastecimento de Material Técnico superintende tecnicamente e metodologicamente o funcionamento dos Depósitos Avançados de Material, regulamenta, elabora e difunde normas técnicas, determina as necessidades de meios materiais e monetários para o serviço de víveres:

- I. Unidades Navais
- II. Bases Costeiras
- III.** Unidades Navais privadas de Cozinha

3.8 - Prestação de Contas



O controlo dos documentos é meramente contabilístico, ou seja, a prestação de contas é quase que inexistente. Dos documentos comprovativos de receção dos géneros, são somente extraídos registos e algumas anotações, que são lançadas a seu tempo nos livros e fichas de registo de operações de movimento realizados e do estado quantitativo e qualitativos dos mantimentos. A informação sobre existências e movimentos, controlo do consumo e utilização legal dos meios materiais são utilizados como dados na elaboração dos documentos de informação estabelecidos superiormente (Celo, 2002).



CAPÍTULO IV – INFORMAÇÃO E O SISTEMA DE APOIO À DECISÃO



4.1. - INTRODUÇÃO

O ensino da pesquisa operacional nas várias universidades espalhadas pelo mundo passou a ter foco na modelação dos problemas, na interpretação dos resultados dos mesmos e na sua aplicabilidade aos problemas do quotidiano. Por exemplo a utilização dos conhecimentos lecionados na disciplina de *Análise Operacional*, no 3º ano do ciclo de formação dos alunos da Escola Naval Portuguesa, para a análise dos vários problemas de otimização, localização, previsão e outros que tem vindo a testar as capacidades de resposta da Marinha Portuguesa. A pesquisa operacional vai incidir sobre o processo de recolha dos dados, tratamento e análise estatística dos mesmos.

Poderemos começar por dizer que um *sistema* é todo e qualquer objeto sobre o qual se pretende realizar um determinado estudo, enquanto um seu *modelo* é uma qualquer representação desse objeto na qual se irá, efetivamente, executar tal estudo (Brito e Teixeira, 2001).

A simulação é uma forma de imitar a realidade sem correr os riscos, os custos e o tempo que resultariam se tivéssemos de experimentar. Para o fazermos, criamos um modelo matemático que descreva o comportamento ao longo do tempo do sistema que vamos estudar (Brito e Teixeira, 2001).

Segundo (LAW e KELTON, 2000), a etapa de criação do modelo conceitual é o aspeto mais importante de um estudo de simulação. Para se obter um modelo computacional que permita a realização dos experimentos, torna-se necessário construir um modelo conceitual do processo. Este modelo conceitual deverá contemplar a lógica do processo e descrever as falhas a serem consideradas.

4.2 - Recolha dos Dados

Um dos problemas associados à recolha de dados reais prende-se com a credibilidade destes, carecendo normalmente de alguma análise e tratamento que possibilitem uma utilização adequada. Um dado por si só, não tem interesse para uma



investigação. É indispensável que os dados sejam devidamente organizados e preparados para que se transformem em informação. Esta informação, quando devidamente validada e tratada, poderá traduzir-se em conhecimento. Portanto, os dados tratados geram informações e, as informações quando são credíveis geram conhecimento.

Os dados recolhidos para a presente investigação são na maioria provenientes de balcões de atendimento das instituições transportadoras e prestadoras de serviços de apoio logístico. Os dados reais sobre os custos e demoras foram recolhidos em Setembro de 2012 em Luanda, e os registos dos pedidos de transferência de materiais em Fevereiro de 2013, em Portugal junto à MP.

A maior parte, são dados referentes aos custos de transporte de mercadorias entre as diversas regiões do país, custos de abertura de armazéns ao longo da costa, custos médios de envio de mercadorias, custos de manutenção e funcionamento de armazéns. Estes custos não são fixos, sofrendo alterações temporais.

Os dados recolhidos para a presente investigação são na maioria provenientes balcões de atendimento das instituições transportadoras e prestadoras de serviços de apoio logístico, na área do transporte. São dados recolhidos no mês de Setembro de 2012, em Luanda.

A maior parte, são dados referentes aos custos de transporte de mercadorias entre as diversas regiões do país, os custos de abertura armazéns ao longo da costa, os preços médios de envio de mercadorias, o custo de manutenção dum armazém e os custos de funcionamento.

Os dados fornecidos por estas organizações são na maioria não credíveis uma vez que variam muito ao longo do ano, e em alguns casos, devido a natureza do motivo para os quais foram solicitados, sofreram alterações para que não comprometessem as respetivas organizações. Portanto, para a utilização destes dados, foi preciso compará-los com outros dados existentes na internet e, obter um valor médio de referencia. Os dados referentes aos preços dos transportes aéreos e preços de envio por correio são os únicos dados cujas origens se encontram devidamente definidas e que obedecem a sistemas de controlo interno adotados pelas Linhas Aéreas de Angolanas e Correios de Angola.



Para presente investigação não são considerados cruciais os preços dos transportes de passageiros e de mercadorias por via dos Caminhos de Ferro de Angola, uma vez que esta organização possui linhas estritamente direcionadas ao escoamento de produtos entre os principais portos e as cidades dos países vizinhos. Em Angola, a rede ferroviária é utilizada frequentemente para o transporte interno de mercadorias ou passageiros, contudo aplica-se mais na deslocação das matérias-primas entre centros de produção e os países da SADC.

Os dados sobre os transportes rodoviários foram recolhidos junto as bilheteiras localizadas no terminal dos transportes interprovinciais da Cidade de Luanda, “Terminal Rodoviário da Multiperfil”, e devidamente tratados para efeitos de aplicação na presente investigação. Neste âmbito, foram recolhidos os dados de cerca de 3 empresas transportadoras regionais, interprovinciais e semicolectivos de passageiros, dentre as quais a SGO, TURA, MACOM e TCUL.

É importante salientar que a falta de Sistemas de Informação por parte de várias empresas a operar na área de transporte, conduziu a que os dados fornecidos fossem adaptados pelo programador. Algumas das empresas com ou sem sistemas de informação para a gestão dos transportes, não se mostraram disponíveis a fornecer os dados, sendo que para estes casos, recorreu-se a informação existente na internet. Em casos onde não se verificou qualquer informação sobre preço ou custos na internet, recorreu-se a estimativa destes, para a utilização exclusivamente académica, devendo ser analisados detalhadamente e substituídos para a aplicação no futuro.

Os dados inerentes aos custos dos transportes marítimos e fluviais são relevantes para a presente investigação. O transporte marítimo geralmente envolvera processos logísticos e facilidades que em Angola apenas são encontrados nos principais portos, ou de influência regional. Tendo em consideração o tipo de meios com que a Marinha de Guerra de Angola opera, não se justifica o envio de material por via marítima, de acordo com as estimativas de pedidos de fornecimento dos navios patrulhas e lanchas, como se poderá constatar na modelação do problema.

Todos os dados utilizados no presente trabalho são suscetíveis de serem substituídos por dados reais caso se verifique a necessidade.



4.3 - Tratamento dos Dados

Como foi anteriormente referido, os dados fornecidos pelas diferentes organizações careciam de tratamento e formatação para o uso académico. Deste modo, todos os dados recolhidos foram analisados e formatados em *Microsoft Excel 2010*, de forma a uniformizar a informação.

As tabelas de custos e preços foram adaptadas para serem utilizadas em *Matlab*. As tabelas de distâncias, construídas a partir de dados recolhidos dum processo de simulação *online*, foram adaptadas de igual forma para serem carregadas para o *Matlab*. Todas as tabelas discriminam preços em *Kuanzas*, moeda da República de Angola.

PARTIDA	DESTINO	PREÇO (/kg)
LUANDA	LUANDA	0
LUANDA	AMBRIZ	750
LUANDA	BENGUELA	1000
LUANDA	CABINDA	1100
LUANDA	LOBITO	950
LUANDA	NZETO	1050
LUANDA	NAMIBE	1200
LUANDA	PORTO AMBOIN	800
LUANDA	SOYO	1000
LUANDA	SUMBE	850
LUANDA	TOMBUA	1250

Tabela 1 Preços (em Kuanzas) dos transportes aéreos partindo de Luanda (por quilograma)

4.4 – Custos E Demoras Dos Transportes Aéreos

A tabela de custos dos transportes aéreos tem como base os preços médios praticados pelas Linhas Aéreas de Angolanas, E.P. Esta tabela de preços corresponde ao preço de envio do material por quilograma. Neste caso em concreto as tabelas reportam o preço médio praticado entre 01 de Janeiro de 2013 e 01 de Junho de 2013. O preço do envio de mercadoria não varia muito ao longo do ano.

A tabela do abaixo discrimina o preço de envio do material dum local possível ponto de abertura de centros de abastecimento para o outro. É importante anotar que sempre que a partida e o destino forem iguais, o custo será nulo. Porém possíveis pontos



como por exemplo o Tombua, os seus preços são estimados com referência a distância dos pontos conhecidos mas próximos, que é neste caso o Namibe, por não haver ligação aérea até àquele ponto do país. Durante a recolha dos dados verificou-se a diferenciação dos preços entre os materiais normais e os perecíveis, facto que não foi considerado relevante para a presente investigação uma vez que variam em valores muito baixos.

CUSTOS	LUANDA	AMBRIZ	BENGUELA	CABINDA	LOBITO	NZETO	NAMIBE	PORTO AMBOIN	SOYO	SUMBE	TOMBUA
LUANDA	0	2500	1000	1000	1000	1000	1250	1000	1050	1000	1500
AMBRIZ	2500	0	1000	1000	1500	1200	1600	1300	1050	1020	1250
BENGUELA	1000	100	0	1350	1000	1700	1050	1000	1250	900	1050
CABINDA	1000	100	1400	0	1200	500	1500	1050	900	1100	1600
LOBITO	1050	1000	100	1250	0	1200	1000	600	1300	1000	1100
NZETO	1050	1250	1350	1050	1250	0	1250	1050	1000	1100	1850
NAMIBE	1500	1250	1000	1900	1600	1300	0	1070	1300	1050	600
PORTO AMBOIN	2000	900	1500	1100	1050	1100	2100	0	2150	500	1100
SOYO	1000	1050	1300	1250	1350	750	1350	2200	0	2000	1700
SUMBE	1050	1250	950	2250	550	1150	1100	1000	1250	0	1300
TOMBUA	1250	1700	1100	2050	1150	2000	500	2050	2050	2050	0

Tabela 2 Preços dos transportes aéreo (por quilograma)

4.5 – Custos dos Transportes Rodoviários

A tabela dos preços dos transportes rodoviários, contém o preço mínimo praticado pelas várias empresas transportadoras de semiolectivos e interprovinciais de passageiros, a operar em Angola. Os preços são referentes ao dia 15 de Setembro de 2012.

Nesta tabela, encontram-se discriminados os preços por quilograma a transportar entre quaisquer dos destinos. A grande vantagem da utilização dos transportes rodoviários é associada ao facto dos preços serem mais reduzidos que qualquer outra forma (aplicável em Angola), em contrapartida a desvantagem será a demora que a mercadoria leva a chegar ao destino (centro de abastecimento).



CUSTOS	LUANDA	AMBRIZ	BENGUELA	CABINDA	LOBITO	NZETO	NAMIBE	PORTO AMBOIN	SOYO	SUMBE	TOMBUA
LUANDA	0	700	950	1050	900	1000	1150	750	950	800	1200
AMBRIZ	750	0	1000	1000	950	800	1200	850	600	900	1250
BENGUELA	1000	1050	0	1350	50	1300	950	500	1250	300	1050
CABINDA	1100	1050	1400	0	1200	500	1500	1050	400	1100	1600
LOBITO	950	1000	100	1250	0	1200	1000	600	1300	500	1100
NZETO	1050	850	1350	550	1250	0	1250	1050	100	1100	1450
NAMIBE	1200	1250	1000	1550	1050	1300	0	1050	1300	1050	50
PORTO AMBOIN	800	900	550	1100	650	1100	1100	0	1150	50	1100
SOYO	1000	650	1300	450	1350	150	1350	1200	0	1200	1500
SUMBE	850	950	350	1150	550	1150	1100	100	1250	0	1100
TOMBUA	1250	1300	1100	1650	1150	1500	100	1150	1550	1150	0

Tabela 3 Preços dos transportes rodoviários (por quilograma)

4.6 - Demoras Entre Pontos

A tabela das demoras dos transportes rodoviários, contem a duração média das empresas transportadoras de semicolectivos e interprovinciais de passageiros, entre os destinos neles discriminados. Os dados recolhidos juntos aos balcões de atendimento ou postos de venda de bilhetes, são referentes ao dia 15 de Setembro de 2012. A tabela discrimina a duração entre pontos em minutos, isto é, o tempo que o transporte rodoviário leva dum ponto para o outro a uma velocidade média de 70km/h.

Havendo ligação rodoviária entre os vários pontos do país, apenas os campos onde a partida e o destino são iguais terá o valor nulo. Lembre-se que na tabela dos transportes aéreos, devido a falta de ligação entre alguns pontos, assumiu-se que o valor era nulo, o que não se verifica com os transportes rodoviários.



MINUTOS	LUANDA	AMBRIZ	BENGUELA	CABINDA	LOBITO	NZETO	NAMIBE	PORTO AMBOIN	SOYO	SUMBE	TOMBUA
LUANDA	0	185	310	540	290	455	505	60	425	85	605
AMBRIZ	185	0	495	500	515	135	810	310	145	335	910
BENGUELA	310	495	0	740	20	610	350	85	575	60	450
CABINDA	540	500	740	0	760	60	990	630	75	660	1010
LOBITO	290	515	20	760	0	640	330	105	595	75	410
NZETO	455	135	610	60	640	0	930	630	25	660	990
NAMIBE	505	810	350	990	330	930	0	430	900	410	60
PORTO AMBOIN	60	310	85	630	105	630	430	0	600	25	490
SOYO	425	145	575	75	595	25	900	600	0	580	960
SUMBE	85	335	60	660	75	660	410	25	580	0	470
TOMBUA	605	910	450	1010	410	990	60	490	960	470	0

Tabela 4 Demoras dos transportes rodoviários (em minutos)

4.7 Dados do SIGDN

A Direção de Abastecimento da Marinha Portuguesa é o organismo de direção técnica na área do material. Qualquer pedido de fornecimento de material para o uso nos navios da Marinha Portuguesa deverá ser registado no sistema informático, sendo preciso criar um processo de compra (caso a DA não tenha o material no armazém) para a aquisição direta ao mercado.

Os pedidos de fornecimento de material são tratados por pedidos de transferência (PT), e são registados no SIGDNO SIGDN divide a lista do material (catalogado) em 29 grupos de mercadorias. Cada um destes grupos poderá ser pedido a qualquer momento. Todavia, para saber quais os grupos de mercadoria que deverão os centros de abastecimento fornecer é necessária criar um modelo para a previsão dos pedidos. Desta forma, será necessário prever:

- Quais são os grupos de mercadorias pedidos mensalmente?*
- Para um determinado grupo de mercadoria, quantos pedidos são feitos mensalmente?*
- Qual é a quantidade (peso) dos grupos de mercadorias pedidos mensalmente?*

A tabela do Anexo E contém 2989 linhas e 5 colunas; apenas estes dados são necessários para modelar os pedidos de fornecimento de material. Porém, a coluna 4 que contém a data foi utilizada para a separação dos pedidos por meses. O tratamento



destes dados foi feito no *Matlab*, tendo-se elaborado um conjunto de instruções (vide o código em anexo), que colmatar as lacunas resultantes da formatação, falha no registo dos dados e ausência de dados.

Todavia, após o tratamento dos dados, verificou-se que havia meses em que não se registaram pedidos e outros meses em que foram registados pedidos em grandes quantidades para alguns grupos de mercadoria. Em alguns casos, num mesmo mês foram registados pedidos apenas durante o primeiro ano, ou seja, não havia regra para a requisição dos materiais; o material podia ser pedido a qualquer dia, mês ou ano.

Tratando-se do universo de 2989 requisições agrupados em 29 tipos de mercadoria, de que forma se distribuía os pedidos?

É importante perceber que um determinado grupo de mercadoria poderá fornecer dezenas de matérias. Os materiais que fazem parte dum mesmo grupo de mercadoria são diferenciados através do Número Nacional de Abastecimento (NNA). Desta forma, um grupo poderá ter vários NNA atribuídos para materiais com características bastante semelhantes.

Tendo em conta as amostras em estudo, verificou-se que não havia qualquer regra nos intervalos entre requisições do mesmo tipo de material. Colocou-se em hipótese a possibilidade de ser utilizada um tipo de distribuição estatística que pudesse gerar um número máximo de pedidos por cada grupo de mercadorias num determinado mês. Esta distribuição podia definir os quantitativos em peso para cada um dos 29 grupos de mercadoria. A distribuição do número de pedidos de fornecimentos poderá ter uma distribuição padronizada, com uma probabilidade de se receber um determinado pedido de fornecimento para o grupo de mercadoria j , assim como o erro associado ao facto desse pedido ser ou não satisfeito.

4.8 Justificação da Escolha do Programa Matlab

O *Matlab*, produzido pela *The Math Works Inc.*, é uma ferramenta informática concebida para problemas de engenharia e matemática aplicada. Esta ferramenta foi criada com o principal objetivo de oferecer aos utilizadores técnicas de resolução de problemas baseadas em técnicas matriciais, sem que estes tenham de escrever extensos programas em linguagem clássica.

A decisão de escolha do *Matlab* é baseada na simplicidade dos seus comandos, muito idênticos à forma como são escritas as expressões algébricas em matemática, à sua velocidade de cálculo e à grande precisão numérica. O programa *Matlab* na sua versão 2009.b, caracteriza-se por providenciar um excelente programa de ensino de diversas disciplinas, como a Análise Numérica, Métodos Numéricos, Controlo, Simulação.

A maioria das operações no programa é realizada diretamente sobre a área de trabalho. Os comandos simples e intuitivos permitem que o programa seja relativamente fácil de interpretar.





CAPÍTULO V – MODELAÇÃO DO PROBLEMA



5.1 - INTRODUÇÃO

A quantidade de informações disponíveis cresceu exponencialmente nos últimos anos com o advento da internet, o que nos levou ao problema inverso de 20 anos atrás; a quantidade de dados obtidos nas diversas organizações é tão grande que se torna impossível montar modelos com todas estas informações.

Um exemplo concreto do acréscimo da informação disponibilizada pelas unidades da Marinha Portuguesa é a organização dos dados sobre os *pedidos de transferência* dos navios. A Marinha Portuguesa através do Sistema Integrado de Gestão da Defesa Nacional (SIG-DN) regista os dados em bases de dados eletrónicas há mais de nove anos.⁴

Assim, devido a este crescimento do número de informações tornou-se relevante separar as informações relevantes das irrelevantes, de forma a modelar o controlo eficiente, eficaz e de certo modo económico da informação. O objetivo da modelação da informação baseia-se na criação de ferramentas que permitam que estes sejam analisados detalhadamente sempre que necessário.

Em suma, uma decisão pode-se entender como o processo de identificar um problema ou uma oportunidade e seleccionar uma linha de ação para resolvê-lo (Lachtermacher, 2004. P.4). Um processo de tomada de decisão segue a seguinte estrutura:

⁴Sistema Integrado de Gestão da Defesa Nacional, utilizado pela Marinha Portuguesa desde 2008, para a gestão logística e financeira.

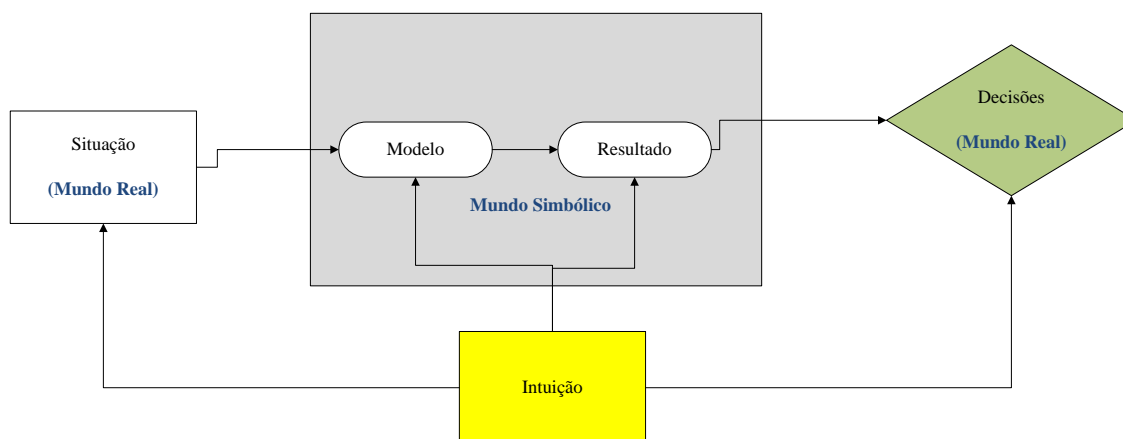


Ilustração 5 Processo de tomada de decisão

Todavia, um problema ocorre quando o estado atual de uma situação é diferente ao estado desejado⁵. A manutenção dos navios de guerra por exemplo, tornou-se um problema a medida foi determinada uma necessidade de executar uma ação com a finalidade de manter os meios num determinado nível operacional ou estado, quando destes níveis de operações os navios começaram a afastar-se (Stoner e Freeman, 1985).

Entretanto, uma oportunidade ocorre quando as circunstancias oferecem a possibilidade de o individuo ou organização ultrapassar os seus objetivos e/ou metas. E mais uma vez, o processo de modernização das Fragatas da Classe “Vasco da Gama” tornou-se numa oportunidade porque não inviabiliza o cumprimento da missão, embora condiciona a execução de determinadas operações.

Assim, segundo Lachtermacher (2004. P.4), vários fatores condicionam a tomada de decisão e entres eles destacam-se:

- Tempo disponível para a tomada de decisão
- A importância da decisão
- O ambiente / meio envolvente
- Certeza/incerteza e risco

⁵Segundo STONER e FREEMAN, em muitos casos o problema pode ser uma oportunidade disfarçada. O *problema* de “empregados demais”, por exemplo, também pode ser visto como uma *oportunidade* de reestruturação da organização. A questão da diferenciação entre problema e oportunidade pode ser aprofundada no Manual de Administração (Stoner e Freeman, 1985. P. 182).



- Agentes decisores
- Conflito de interesses.

Neste caso de estudo, a importância da decisão centraliza-se na implementação das facilidades logísticas nos vários órgãos de base, centros de abastecimento da Marinha de Guerra de Angolana, tendo em atenção as restrições económicas e temporais.

Contudo, os dados utilizados para o alcance os objetivos desta investigação foram disponibilizados pela Marinha Portuguesa (Direção de Abastecimento - DA), a partir da plataforma SIGDN. A dimensão da informação disponibilizada pela Direção de Abastecimento é extensa, sendo que o tamanho da amostra recolhida deu origem ao acréscimo do *risco e incerteza*⁶ dos agentes decisores e/ou do modelo em estudo. Assim, surge a necessidade de criar um sistema computacional cujo objetivo é facilitar os processos de tomada de decisão operacional, de gestão e estratégico. Este sistema deverá estar em concordância com os objetivos da Logística Operacional.

A transformação dos dados sobre os pedidos de transferência dos navios patrulhas e lanchas da Marinha Portuguesa, fornecidos pela Direção de Abastecimento passará pela seguinte estrutura:

⁶ Risco é a condição para a tomada de decisão em que os administradores conhecem a probabilidade de que uma determinada alternativa leve a um objetivo ou resultado desejado (Stoner e Freeman, 1985. P. 185).

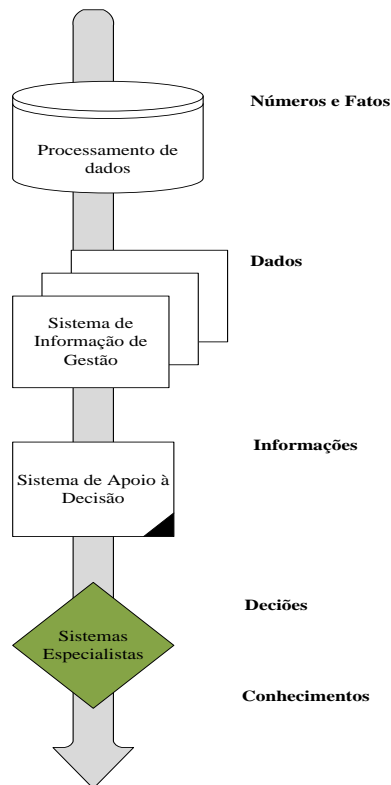


Ilustração 6 Transformação de dados brutos em conhecimento

5.2 - A Escolha do Modelo

A grande vantagem dos modelos centraliza-se no facto destes forçarem os decisores a tornarem os seus objetivos mais explícitos. No modelo que se pretende propor, o decisor deverá atribuir um coeficiente que corresponde ao grau de importância da variável de decisão.

Mediante um determinado modelo, qualquer utilizador pode utilizar eficientemente um determinado sistema de apoio à decisão. Os modelos auxiliam no reconhecimento das limitações impostas pelo meio envolvente e permitem a comunicação das ideias do decisor e o seu entendimento por parte de qualquer utilizador (formado), para facilitar o trabalho em grupo.

Segundo Gerson (Lachtermacher, 2004. P.6), existem três tipos de modelos que um decisor poderá optar de acordo com o tipo de problema, nomeadamente: *os Modelos Físicos, Análogos e Matemáticos ou Simbólicos*.



Um modelo matemático usa notação simbólica e relações matemáticas para representar um sistema. Um modelo de simulação é um tipo particular de modelo matemático de um sistema. Modelos podem ser ainda classificados como instantâneos ou dinâmicos, determinísticos ou estocásticos e, discretos ou contínuos (existem também outras classificações que podem ser consideradas). A escolha de qual deles usar é função das características do sistema e do objetivo do estudo (Miyagi, 2001).

Podemos resumidamente dizer que a simulação segundo (aulas professor J. Soares), traz as seguintes vantagens e desvantagens:

Objetivos:

- Reproduzir a sequência de acontecimentos pelos quais o sistema passa.
- Recolher informação com base na qual se pode medir a eficiência do sistema.

Vantagens:

- Possui enorme flexibilidade (“simula-se tudo o que se quiser”)

Desvantagens:

- Requer grande esforço computacional para estimar o valor esperado da medida de utilidade face a apenas uma concretização das variáveis de decisão.
- A busca de melhores decisões é um processo difícil de sistematizar.

5.2.1 - O Modelo Matemático

O modelo matemático é aquele em que as grandezas são representadas por variáveis e as relações entre as mesmas são feitas por expressões matemáticas. Estes modelos necessitam de informações quantificáveis, podendo a partir das informações serem agrupados em lineares e não lineares como se poderá verificar a seguir (Lachtermacher, 2004, p. 7). As duas características que levaram a escolha dum modelo matemático para a resolução da investigação em curso baseiam-se nos seguintes pontos:



- a. O Modelo Matemático ser uma representação simplificada da realidade.
- b. O Modelo Matemático permite:
 - A conversão de resultados numéricos em resultados reais;
 - A análise da solução face a variações dos dados de entrada;
 - A rápida incorporação de novas restrições ou alterações da realidade.

A área da Investigação Operacional que estuda a otimização dos recursos é denominada programação matemática (Lachtermacher, 2004, p. 24). Na programação matemática a quantidade a ser maximizada ou minimizada é descrita como uma função matemática de variáveis de decisão. As relações entre as variáveis são formalizadas através das restrições ao problema, expressas como equações matemáticas.

Em alguns casos devido ao facto da área da programação matemática ser muito intensa, esta, é dividida em áreas de menor escala, dependendo do tipo das funções utilizadas na função-objetivo e restrições. Deste modo, a programação matemática poderá ser definida em duas vertentes:

- a. Programação linear - Programação matemática em que todas as funções-objetivo e restrições são representadas por funções lineares.
- b. Programação Não-linear – programação matemática em que pelo menos umas das funções-objetivo, restrições, variáveis ou custos são descritas por funções não-lineares. Porém, esta programação poderá ser encontrada em alguns tipos importantes, como programação Côncava, Convexa e Quadrática.

5.2.1.1 Programação Linear

O problema de localização dos PALA constitui um problema de otimização combinatória em que o número de soluções admissíveis, embora seja enorme, é composto por um conjunto finito. Todavia, os problemas de programação combinatória apresentam na sua estrutura as variáveis de decisão, as restrições e a função objetivo.

Um problema de programação combinatória pode-se caracterizar quanto à relação entre as variáveis de decisão na função objetivo e nas restrições em linear e não linear.



O problema estudado diz-se linear porque todas as expressões que definem as restrições e a função objetivo são lineares nas variáveis de decisão (y_i, x_{ij} e z_{hij}), isto é, são combinações lineares dessas variáveis.

Por exemplo, na Equação 4, os coeficientes dessa combinação linear são definidos por $g_{ijk} \cdot Q_{jk} \cdot \chi_i$.

Por outro lado, o problema estudado é um problema de Otimização Combinatória, em que o número de soluções admissíveis, embora seja enorme, é finito. Como as variáveis de decisão só podem tomar valores inteiros (valores binários), trata-se então de um problema de Programação Linear Inteira (PLI). Mas o facto de as variáveis de decisão não serem contínuas, não faz com que o problema seja verdadeiramente não linear.

Os problemas de PLI são, em geral, consideravelmente difíceis de resolver "em tempo útil", e podem ser resolvidos por métodos apropriadas, dentre os quais: Branch and Bound, Branch and Cut e Branch and Price (Aveiro, 2011). Contudo, poderão também ser resolvidos recorrendo à meta-heurísticas.

É importante perceber os conceitos que são associados aos problemas de programação linear de modo que para a tomada de decisão seja possível garantir o espaço ou intervalo onde se vai localizar a solução ótima.

Solução: qualquer especificação de valores (dentro dum domínio da função objetivo) para as variáveis de decisão, independentemente de se tratar de uma escolha desejável ou permissível.

Solução viável: uma solução em que todas as restrições são satisfeitas.

Solução ótima: uma solução viável que tem o valor mais favorável de uma função objetivo (Lachtermacher, 2004, p. 28).

5.2.1.2 Aplicação do Modelo Matemático

Considerando 11 pontos (Luanda, Lobito, Namibe, Ambriz, Sumbe, Porto Amboim, Cabinda Benguela, Soyo, Nzento e Tombua) disponíveis para aberturas de facilidades logísticas, representados por i , os quais coincidem com os portos de atracação dos navios atribuídos aos dispositivos navais. O fornecimento de um navio



atracado num porto, a partir do centro instalado nesse porto tem custos e demora de valor zero.

$$i = \{1,2,3, \dots, 10,11\}$$

Considerando 29 grupos de mercadorias, representados por j .

$$j = \{1,2,3, \dots, 29\}, \quad \forall j \in N$$

Considerando 3 classes de navios, representados por k .

$$k = [1; 3], \forall j \in N$$

Considerando a matriz quadrada C , dimensão $11*11$, como a matriz de custos de transporte de um Kg de mercadoria entre o ponto i e o ponto i . Esta matriz é válida para todos os grupos de mercadorias.

$$C = [11 \times 11]$$

Considerando a matriz quadrada D , dimensão $11*11$, como a matriz de demoras no transporte de um Kg de mercadoria entre o ponto i e o ponto i . Esta matriz é válida para todos os grupos de mercadorias.

$$D = [11 \times 11]$$

Considerando o vetor Fi , como o custo de abertura unitário de uma facilidade logística no ponto i . Este custo é imputável ao início de funcionamento do local, dependendo do número de grupos de mercadorias fornecido. Caso sejam fornecidos w grupos de mercadorias em i , o valor final do custo de abertura será de $w*Fi$.

Considerando o escalar m , como o custo de manutenção associado ao fornecimento de um grupo de mercadorias, englobando custos de pessoal, alimentação, salários, energia, água, limpeza e transporte de material para o navio. Para o 1º grupo de mercadorias aberto num ponto de apoio logístico, o custo será o quántuplo dos restantes. Ex: ponto de apoio i fornece um grupo de mercadorias-custo $5m$; ponto de apoio i fornece três grupos de mercadorias-custo $7m$.

Considerando Pjk a probabilidade de necessidade da mercadoria j por parte de um navio k . Esta probabilidade é independente em relação ao ponto ou teatro de operações onde se encontra o navio.

Considerando Qjk a quantidade, em Kg , da mercadoria j requisitada por um navio da classe k , independente em relação ao ponto ou teatro de operações onde se encontra o navio.



5.2.2.1 - Custos de Abertura de Instalações

O custo de abertura das instalações ocorre apenas uma vez para cada um dos portos i . Este custo é resultante da aquisição do espaço fixo para a fixação dos depósitos e do apetrechamento de forma a garantir as condições necessárias para a armazenagem. O custo de abertura das instalações é dado pela seguinte fórmula:

$$\sum_{i=1}^{11} y_i f_i \sum_{j=1}^{29} x_{ij} \quad (1)$$

5.2.2.2 - Custos de Funcionamento das Instalações

O custo do funcionamento é o conjunto dos objetos de custeio que serão imputados por forma a manter abertos os depósitos. Corretamente chama-se custo de manutenção e, é variável com o número de grupos de mercadorias j , disponível num ponto de apoio logístico.

$$\sum_{i=1}^{11} 4m y_i + \sum_{i=1}^{11} \sum_{j=1}^{29} m x_{ij} \quad (2)$$

5.2.2.3 - Custos de Fornecimento do Material aos Navios

Embora as necessidades dos navios não sejam iguais para todos os meses ao longo dos 5 anos observados e considerando g meses de funcionamento da solução, o custo do fornecimento dos materiais é dado pela seguinte expressão:

$$\sum_{i=1}^{11} \sum_{j=1}^{29} \sum_{k=1}^3 \sum_{h=1}^{11} g p_{ijk} Q_{jk} z_{hij} C_{hi} \quad (3)$$

Demora no fornecimento aos navios será dada pela seguinte expressão:



$$\sum_{i=1}^{11} \sum_{j=1}^{29} \sum_{k=1}^3 \sum_{h=1}^{11} g_{pijk} Q_{jk} z_{hij} D_{hi} \quad (4)$$

5.2.3 - Variáveis de Decisão

As variáveis de decisão estão associadas ao fornecimento de um determinado grupo de mercadorias por um determinado ponto de apoio logístico.

Considere-se x_{ij} como uma variável binária, onde $x_{ij} = 1$ significa que a facilidade existente no ponto i fornece a mercadoria j e $x_{ij} = 0$ significa que facilidade no ponto i não fornece a mercadoria j .

$$x_{ij} = \begin{cases} 0 & , \text{se a facilidade no ponto } i \text{ não fornece a mercadoria } j \\ 1 & , \text{se a facilidade no ponto } i \text{ fornece a mercadoria } j \end{cases}$$

5.2.4- Variáveis Auxiliares

As variáveis auxiliares estão associadas à abertura de pontos de apoio logístico em determinados locais e ao fornecimento de material a navios localizados em locais distantes.

Considere y_i uma variável binária. Representa a abertura de um ponto de apoio logístico no local i .

$$y_i = \begin{cases} 0 & , \text{não abertura de um ponto de apoio logístico no local } i \\ 1 & , \text{abertura de um ponto de apoio logístico no local } i \end{cases}$$

Caso um ponto de apoio forneça alguma mercadoria, a correspondente variável y_i assumirá o valor **1**.

Considere z_{hij} uma variável binária que representa a ação de fornecimento de mercadoria do grupo j a um navio no porto i a partir de um ponto de apoio localizado em h .



5.3 Uniformização das Escalas dos Dados

Os coeficientes a e b que representam o grau de importância das variáveis de decisão poderão a qualquer momento não funcionarem para o propósito pretendido se verificar uma maior discrepância de valores entre os dados carregados para o sistema (custos e demoras).

Os custos são medidos em kwanzas e as demoras em minutos. Não existindo qualquer relação direta entre estas variáveis, torna-se indispensáveis que sejam equiparadas a mesma escala. Por exemplo, o custo de abertura varia entre os 3.000.000 e 7.000.000 kwanzas e a demora dos fornecimentos varia entre 0 e 1010 minutos se for utilizado apenas o transporte rodoviário. Esta diferença de medidas poderá afetar no funcionamento dos parâmetros a e b , pois atribuindo 50% para cada um destes, o valor da função objetivo na realidade poderá significar que fora atribuído o maior peso para o parâmetro a devido aos valores superiores que os dados dos custos apresentam. Para colmatar o problema da diferença dos valores foi necessário dividir os custos de abertura por 10.000, e os custos de funcionamento (entre 1.500.000 a 2.500.000) por 10.000. Assim, estando todos os valores reportados a uma escala entre 0 e 1010, reduz-se o risco associado ao problema dos coeficientes.

5.3.1 - Obtenção do Valor Duma Solução

Definindo os pesos a e b , o valor da solução é dado pela equação da função multiobjectivo:

Valor solução = a * (custos do fornecimento + custos de abertura dos **PALA** + custos de funcionamento dos **PALA**) + b *demora no fornecimento

5.3.2 - Definição de Uma Solução

Cada solução é definida por um vetor binário com 11×29 valores, representando as variáveis de decisão x_{ij} . Os primeiros 29 valores correspondem aos grupos de mercadorias fornecidos no ponto de apoio logístico nº1 e assim sucessivamente:

$$\{x_{1,1}, x_{1,2}, \dots, x_{1,29}, x_{11,1}, \dots, x_{11,29}\}$$



Os valores de cada solução são obtidos aleatoriamente, rejeitando-se as soluções que não obedecem às condições de admissibilidade das restrições 2 e 4.

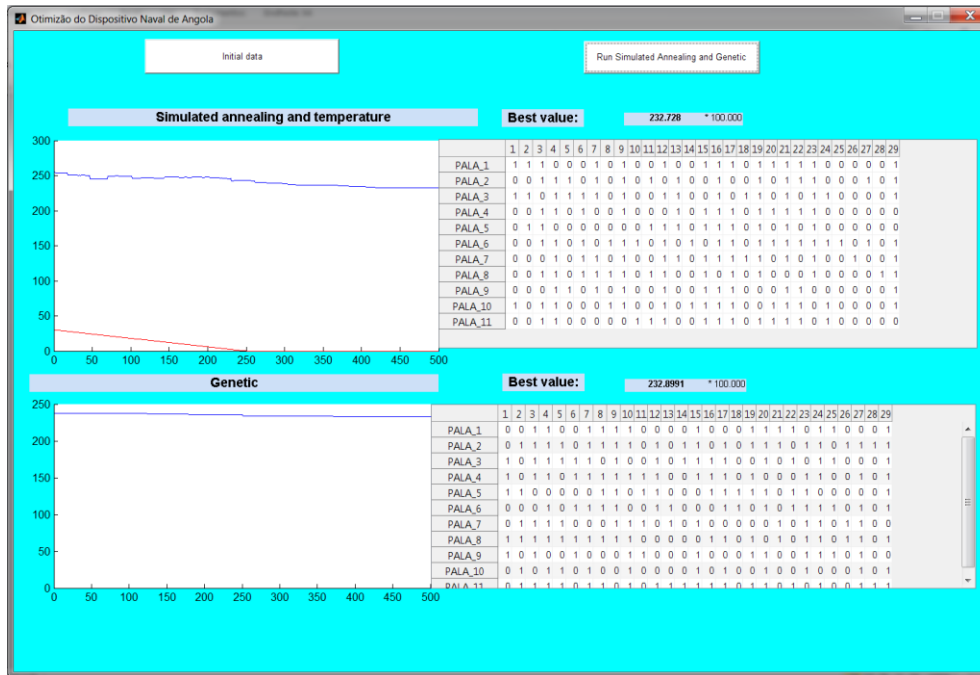


Ilustração 7 Conjunto da solução: gráfico das soluções aceitáveis e matriz de facilidades por PALA

5.3.3 - Função Multiobjectivo

Minimizar os custos de abertura, funcionamento e fornecimento dos PALA e a demora no fornecimento dos materiais:

$$\min = a * \left[\sum_{i=1}^{11} \sum_{j=1}^{29} \sum_{k=1}^3 \sum_{h=1}^{11} g P_{jk} Q_{jk} Z_{nij} C_{ni} + \sum_{i=1}^{11} y_i f_i + g \left(\sum_{i=1}^{11} 4m y_i + \sum_{i=1}^{11} \sum_{j=1}^{29} m x_{ij} \right) \right] + b$$

$$* \sum_{i=1}^{11} \sum_{j=1}^{29} \sum_{k=1}^3 \sum_{h=1}^{11} g P_{jk} Q_{jk} Z_{nij} D_{ni}$$

A equação de minimização resulta do agrupamento das equações 2, 3, 4 e 5. Os coeficientes a e b representam os pesos atribuídos pelo decisor. Através destes



coeficientes, pode o decisor definir qual o principal objetivo a que quer atender (custo ou demora) na otimização. Os coeficientes relacionam-se da seguinte forma:

$$\mathbf{a} + \mathbf{b} = 1$$

O coeficiente a (importância dos custos) vai incidir sobre todos os custos do sistema logístico, de modo que sempre que $\mathbf{a} = 0$, então o decisor só daria importância à demora e não daria nenhuma importância ao custo.

5.3.4 - Restrições

1ª Restrição: A primeira restrição obriga y_i a ter o valor 1 sempre que o ponto de apoio logístico situado em i forneça alguma mercadoria. O valor numérico 29 é o número de grupos de mercadorias existente.

$$29 * y_i \geq \sum_{j=1}^{29} x_{ij} \quad , \quad \forall i \quad (5)$$

2ª Restrição: A segunda restrição permite que o fornecimento de todos os grupos de mercadoria seja obrigatório, em qualquer solução.

$$\sum_{i=1}^{11} x_{nj} \geq 1 \quad , \quad \forall j \quad (6)$$

3ª Restrição: A terceira restrição obriga a que a todos os portos i , possam ser fornecido a mercadoria j a partir de qualquer ponto de abastecimento h .

$$\sum_{h=1}^{11} z_{hij} \geq 1 \quad , \quad \forall i, j \quad (7)$$

4ª Restrições: As restrições que se seguem incidem sobre as classes das variáveis

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad y_i \in \{0, 1\}, \quad z_{hij} \in \{0, 1\} \quad (8)$$

Uma solução binária poderá ser definida por um conjunto de i vetores, cada um com j células



CAPÍTULO VI – SIMULAÇÃO E OTIMIZAÇÃO

~



6.1 - INTRODUÇÃO

A área das ciências exatas que estuda a otimização de recursos é denominada de programação. Nesta área a quantidade a ser maximizada ou minimizada é descrita como uma função matemática dos recursos (variáveis de decisão) escassos. As relações entre as variáveis são formalizadas através de restrições ao problema expressas com equações e/ou inequações matemáticas. Nos capítulos anteriores foram abordadas algumas propostas para a resolução do problema dos pedidos de fornecimento de mercadoria.

Nos finais da década 60 vários analistas matemáticos se dedicaram a complexidades inerentes as técnicas de resolução dos problemas otimização. Nessa altura, se o problema não fosse possível de resolver a partir de algoritmos de otimização devido a dimensão da amostra e perda de tempo, a outra opção era obter soluções mais rápidas que se aproximassem das soluções ótimas. Estes métodos foram denominados *aproximação* ou *algoritmos heurísticos*.

Os algoritmos heurísticos são na sua essência muito eficientes para problemas de análise combinatória em que as escolhas poderão resultar num elevado número de alternativas.

Todavia os problemas de otimização em que a função objetivo e as restrições envolvidas são lineares nas variáveis de decisão denominam-se Problemas de Programação Linear (PLI). As variáveis de decisão do problema em estudo só poderão tomar valores inteiros, razão pela qual é correto afirmar que trata-se dum problema de Programação Linear Inteira, como já se referiu no ponto 5.2.

Encontrar uma solução para um PLI é extremamente difícil, em muitos casos o programador não consegue encontrar um conjunto de soluções viáveis donde se possa tirar uma solução ótima. Uma forma de ultrapassar este problema pode ser a utilização das heurísticas. As heurísticas são algoritmos de busca entre as soluções diversas, tentando encontrar uma boa solução. Uma boa solução não é a solução ótima. As heurísticas não garantem que ao longo da resolução do problema se venha a encontrar uma solução que maximiza ou minimiza a função objetivo, mas garante uma boa



solução que se aproxima suficientemente da solução ótima, como se poderá ver no capítulo a seguir.

Atualmente, os algoritmos heurísticos são utilizados em várias áreas, através de técnicas de otimização dentre as quais o Arrefecimento Simulado (baseado na análise da estatística mecânica), Algoritmo Genético (AG) (baseado na análise da evolução biológica), Redes Neurais (baseado no estudo do sistema nervoso humano) (Jaiswal, 1997).

6.2 - Meta-Heurísticas

Existem vários tipos de meta-heurísticas e uma possível divisão é dada por Melián et al. (Universidad de La Laguna - Espanha):

Meta-heurísticas de busca por entornos: percorrem o espaço de busca levando em conta, fundamentalmente, a “vizinhança” da solução em mãos, definida como o conjunto de soluções que podem ser obtidas a partir da aplicação de algum operador à solução atual.

Exemplo:

- GLS (Guided Local Search): busca monotônica. Porém, altera a função objetivo ao encontrar um ótimo local.
- Simulated Annealing : não monotônica. Probabilidade de “movimentos ruins” decresce exponencialmente com o aumento na diferença de custo.
- Busca Tabu: não monotonia. Classifica como tabu os componentes de soluções adicionados ou removidos recentemente.
- Busca Reativa: Busca Tabu com detecção de ciclos.

Meta-heurísticas de relaxação: simplificam o problema (criando um problema relaxado) e utilizam a solução encontrada como guia para o problema original. Exemplo:

- Relaxação Lagrangeana: remove algumas restrições de um problema de programação linear, atribui um peso (multiplicador de Lagrange) a cada uma delas e altera a função objetivo para penalizar as soluções que seriam inviáveis no problema original.

Meta-heurísticas construtivas: definem de forma meticulosa o valor de cada componente da solução. Exemplo:



- GRASP (Greedy Randomized Adaptive Search Procedure): cada iteração é composta por uma fase construtiva e uma fase de busca por entornos.

Meta-heurísticas evolutivas: lidam com uma população de soluções, que evolui, principalmente, através da interação entre seus elementos. Exemplo:

- Algoritmos genéticos: abordarei dele nos próximos parágrafos.
- Algoritmos meméticos: algoritmos genéticos que realizam otimização local.
- Estimação de distribuição: verificam a distribuição dos componentes nas melhores soluções e criam a geração seguinte aleatoriamente, segundo essa distribuição.
- Busca dispersa e Path relinking : criam caminhos entre soluções e geram a população seguinte a partir das soluções que aparecem nesses caminhos.

Outros exemplos:

Meta-heurísticas de decomposição: indicam como decompor o problema em instâncias e utilizar as soluções resultantes na construção da solução para o problema original.

Ant colony optimization : formigas artificiais percorrem um grafo em que cada aresta representa um componente de solução.

Otimização extrema: em cada iteração, remove o pior componente.

Particle swarm optimization.

Iterated local search : tenta realizar uma espécie de busca por entornos nos ótimos locais.

6.3 - Algoritmo Genético (AG)

O algoritmo genético foi desenvolvido por Holland (1992), sendo atualmente utilizado para uma variedade de aplicações. Constitui-se num procedimento de busca e otimização desenvolvido a partir do princípio da Genética e das teorias de Seleção Natural (Jaiswal, 1997). Estes algoritmos foram criados a partir dos conhecimentos da genética e utilizados artificialmente para construir algoritmos de busca que sejam robustos e requerem informações mínimas dum determinado problema.



Os algoritmos genéticos são baseados no princípio de sobrevivência do mais apto, donde se tenta reter apenas os indivíduos mais adequados sob o efeito das condições existentes.

Assim, apenas os melhores descendentes serão mantidos na próxima geração de acasalamentos, o que implica que as gerações subseqüentes procederão duma forma evolutiva. Os indivíduos mais aptos das soluções que foram evoluindo ao longo do tempo serão considerados soluções ótimas. Um algoritmo genético será dado pelos seguintes procedimentos:

1. Determinar a dimensão das variáveis (caldeirão)
2. Inicialização da população
3. Avaliação da população
4. Inserir ciclo:
 - a. Aplicar operador de reprodução
 - b. Aplicar o operador de cruzamento
 - c. Aplicar o operador de mutação
 - d. Avaliar a amostra
5. Terminar o ciclo (condição de paragem)
6. Selecionar a melhor solução entre a população

Para um estudo aprofundado sobre o AG poderá ser consultado o manual de Jaiswal (Jaiswal, 1997) e o artigo sobre o Desenho de Quadros de Recursos Humanos desenvolvido pela Direção de Análise e Gestão da Informação – Comissão Eventual da Marinha Portuguesa (Marinha, 2011).

6.3.1 - Caldeirão Inicial

O caldeirão inicial será dado pelo número de PALA multiplicado ao número de grupos de mercadorias, 11x29. Neste caso o caldeirão inicial será composto por 319 cromossomas.

6.3.2 Inicialização da Amostra

A amostra é composta por uma população de 2989 pedidos de mercadoria.



6.3.3 Avaliação da População

Cada solução viável é codificada para obter o valor decimal equivalente. Estes valores decimais são substituídos na função objetivo, e o valor de aptidão é avaliado para cada solução.

6.3.4 - Aplicação do Ciclo

6.3.4.1 - Reprodução

Codificação: os algoritmos genéticos funcionam com um conjunto de códigos de variáveis agrupados conforme as suas características próprias. A vantagem da codificação resume-se eficiência das diretrizes de busca no espaço dos resultados o que reduz o tempo de execução. Geralmente as sequencias binárias são fornecidas como uma representação universal para a otimização das variáveis.

A reprodução é a funcionalidade mais importante para produzir um elevado número de cópias para a solução mais apta e eliminar as menos adaptadas. Por outras palavras o propósito da reprodução é selecionar as melhores sequências que dominarão as próximas gerações vindouras. Normalmente é utilizada a função objetivo como uma função de aptidão para determinar o número de cópias das diferentes soluções.

Codificação do cromossoma genético:

Número de grupos de mercadorias

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
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

PALA 1

Ilustração 8 Representação do cromossoma com 29 grupos de mercadoria para PALA 1

Número de grupos de mercadorias

1	...	29	1	...	29	1	...	29	1	...	29	1	...	29	1	...	29	1	...	29	1	...	29	1	...	29
---	-----	----	---	-----	----	---	-----	----	---	-----	----	---	-----	----	---	-----	----	---	-----	----	---	-----	----	---	-----	----



1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

PAI 1

1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

PAI 2

Ilustração 12 Processo de cruzamento com 2 pontos

Supondo que foram selecionados aleatoriamente os pontos 3 e 18 como pontos de cruzamento. Então, os novos descendentes serão:

Descendentes

1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

FILHO

Ilustração 13 Representação dos novos descendentes

6.3.4.3 - Mutação

Consiste na simples introdução dum elemento aleatório. O propósito da mutação é manter a diversidade na população. Com uma probabilidade bastante reduzida o valor de cada um dos bits em todos os descendentes é revertido. Por exemplo se o valor do bit for 1, este será trocado para 0 e vice-versa.

Quando é aplicado o operador de mutação, assume-se que o tamanho da população passa a ser duas vezes o tamanho da população inicial. Passam a existir novas sequências subjetivas aos constrangimentos da satisfação verificados. As novas sequências que não satisfizerem às restrições serão removidas do conjunto da população. Após a verificação de admissibilidade é obtido o valor do filho. Comparando este valor com o dos pais, é eliminado o cromossoma de maior valor, regressando os restantes ao caldeirão, como no exemplo da mutação no Desenho de Quadros de Recursos Humanos da Marinha Portuguesa (Marinha, 2011, p. 6).

Mutação

1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

FILHO 1



1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

FILHO 2

Ilustração 14 Processo de mutação a partir do ponto 11 escolhido aleatoriamente

6.3.4.4 - Seleção da Melhor Solução

Ao executar ao algoritmo genético o programa vai escolher aleatoriamente pais diferentes no caldeirão. A partir destes pais serão selecionados aleatoriamente o PALA para trocar e para irradiar. Nesta fase estará a decorrer a mutação genética entre os PALA. Desta forma uma nova solução oriunda do primeiro pai e outra do segundo pai serão trocadas, originando uma nova solução que será alterada por irradiação.

A nova solução binária e assumirá os valores 0 e 1. Sempre que a solução assumir o valor 1 o programa passará a calcular o custo desta nova solução. Porém, se o valor da nova solução ser melhor do que o valor dos pais, a nova solução passa a substituir os pais. Um dos pais do cruzamento será pior que o filho. Este pai de pior valor (valor mais alto) será eliminado e ter-se-á uma nova solução e conseqüentemente um novo valor que será mostrado no gráfico.

6.4 - Simulated Annealing Algorithm (SAA)

A grande maioria dos métodos de otimização adota estratégias descendentes para a minimização de uma função. Nestes métodos, a partir de uma solução inicial, uma nova solução é gerada e o valor da função obtido para esta solução é a inicial. No Simulated Annealing o procedimento se inicia carregando os dados sobre a população e, é criada uma solução inicial aceitável.

Solução inicial aceitável (SAA)

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Ilustração 15 Solução inicial aceitável gerada aleatoriamente

O algoritmo irá proceder ao cálculo do valor desta solução através da função multiobjectivo do problema de otimização.

O enquadramento teórico sobre o SAA poderá ser consultado no livro de N.K. Jaiswal (Jaiswal, 1997, pp. 171-195) .

Em termos práticos o algoritmo consiste:



1. Identificar a função objetivo que se quer otimizar no problema de minimização;
2. Associar os custos e demoras do sistema às variáveis do problema;
3. Para cada valor da solução de uma sequência de temperaturas decrescentes realiza-se a simulação (com perturbação);

No final do processo, espera-se que o sistema estacione solução de valor globalmente mínimo. A grande diferença entre estes algoritmos centraliza-se no facto de enquanto o AG utiliza pais para obter melhores filhos, neste processo cria-se apenas um valor que servirá de base para todo o processo.

6.4.1 - Vizinho da Solução Inicial

No ponto anterior verificou-se que uma solução inicial foi criada. Esta solução aceitável baseia-se no número de PALA possíveis abrir e nas facilidades que estes poderão fornecer. A solução aceitável terá um custo que será expresso num valor calculado através da função multiobjectivo.

O método *Simulated Annealing Algorithm* - SAA, utiliza uma estratégia diferente do AG, visto que nunca percorre grandes distâncias entre duas soluções, tendo no entanto procedimentos que tentam evitar a convergência para um mínimo local, aceitando inicialmente, soluções que incrementem o valor da função objetivo.

“O SAA foi desenvolvido em analogia ao processo de recozimento de um sólido, quando se busca a obtenção de um estado que apresenta mínima energia. O termo recozimento é dado ao processo de aquecimento de um sólido até seu ponto de fusão, seguido de um resfriamento lento. Neste processo, o resfriamento lento é essencial para a manutenção do equilíbrio térmico no qual os átomos possam se reorganizar em uma estrutura de mínima energia. Caso o sólido seja resfriado de forma abrupta, seus átomos formarão uma estrutura irregular e, portanto, fraca. Computacionalmente, o recozimento pode ser considerado como um processo estocástico de determinação da organização dos átomos com mínima energia. Há altas temperaturas os átomos movem-se livremente podendo, com grande probabilidade, atingir posições que acarretam em aumento na energia do sistema. A redução gradual da temperatura possibilita aos átomos a gradual movimentação no sentido de formarem uma estrutura



regular, e a probabilidade de aumento na energia é reduzida.” (Kripka, Kripka, & Oro, 2005, pp. 65-72)

Assim, neste caso o ciclo de melhoria do SAA consiste no arrefecimento da temperatura inicial por forma a criar novos valores próximos do valor inicial. Estes valores serão chamados de vizinhos. Cada um dos vizinhos a semelhança da solução inicialmente criada terá um valor que corresponde ao valor da solução. Caso se verifique uma redução no valor da solução, a mesma passa a ser adotada como solução corrente e o processo é repetido, até que nenhuma melhoria seja verificada no valor da função, dentro da precisão desejada.

O resultado obtido deste processo, dependendo das características das funções envolvidas, pode constituir-se na melhor solução ou aproximação nas vizinhanças da solução inicial, mas não necessariamente no ótimo global. A estratégia usual para melhorar a solução obtida consiste na análise do problema a partir de diversas soluções iniciais.

Uma vez calculado o valor da solução da vizinhança se este ser menor que o valor da solução criada depois do arrefecimento (fator de perturbação), a nova solução passa a ser a vizinha e o seu valor será calculado segundo a função multiobjectivo. Desta forma a solução que será o valor total fornecido pelo PALA será igual ao valor total fornecido pelo PALA vizinho, i.e., o vizinho passa a ser a solução inicial e o ciclo se repetirá até que seja encontrado o menor valor possível. Existe a possibilidade do valor da nova solução ser superior à existente se da comparação com os vizinhos mais próximos verificar-se um valor superior. Caso a nova solução seja superior à existente, assume-se como valor inicial da solução.

Para um estudo aprofundado sobre o SAA poderá ser consultado o manual de Mecânica Computacional (Dvorkin, Goldschmit, & Storti, 2010, pp. 9317-9325) e o artigo sobre Simulated Annealing aplicado na otimização da alocação de salas em instituição de ensino superior (Kripka, Kripka, & Oro, 2005).



CAPITULO VII – A FERRAMENTA OPALAA

7.1 – INTRODUÇÃO

O principal objetivo da otimização dos PALA é garantir que os materiais tidos como necessidade estejam sempre prontos a ser fornecidos quando pedidos. A ferramenta OPALAA (Otimização dos Pontos de Apoios Logísticos Avançados de Angola) serve para a otimização dos pontos de apoios logísticos avançados da Marinha de Guerra de Angola.

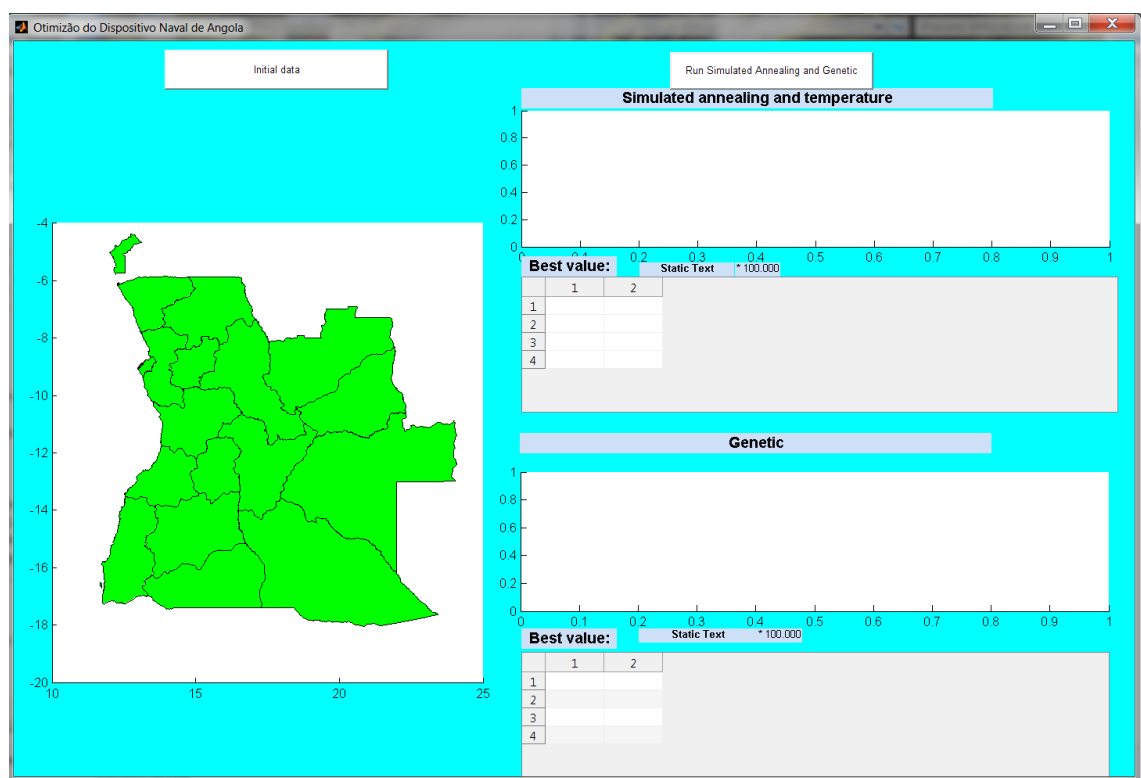


Ilustração 16 Ambiente de Trabalho do programa

O programa deverá localizar os possíveis locais de abertura de Pontos de Apoios Logísticos Avançados, onde haja disponível o material ou facilidade nas quantidades determinadas como necessidades. Neste caso as variáveis de decisão vão ser o custo e a demora de fornecimento. Para cada PALA o programa deverá ter em atenção a localização dos aeroportos, estações ferroviárias e portos de atracação. Mediante esta informação, será possível determinar qual o menor custo de abertura e funcionamento dum determinado PALA.

7.2 - Variáveis de Entrada: Criação dos Dados Iniciais

O programa se inicia com a execução do botão “initial data”, que permite ao utilizador carregar os dados ao sistema.

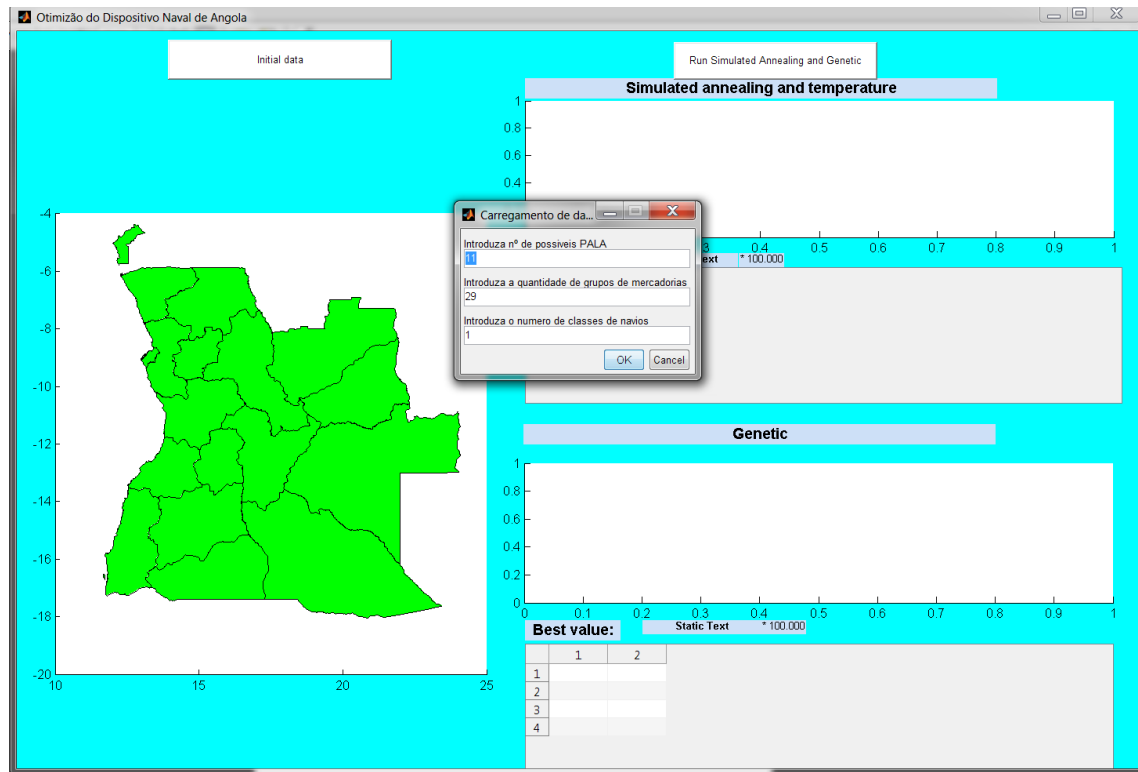


Ilustração 17 Janela de carregamento dos dados iniciais.

Ao pressionar o botão *initial data* será aberta uma janela onde o utilizador deverá inserir o número possível de PALA's a serem abertos, a quantidade de grupos de mercadorias e o número de classes de navios que a Marinha possui.

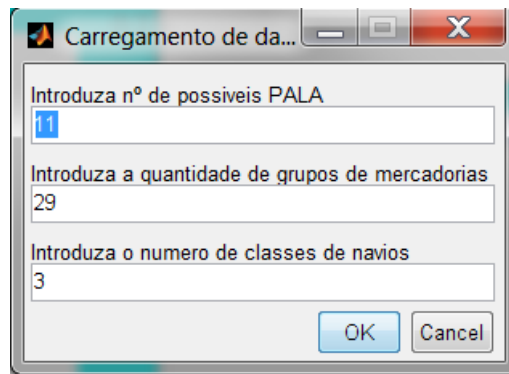


Ilustração 18 Carregamento dos dados iniciais.

O campo de inserção de dados “*introduza o número de classes de navios*” admite apenas o conjunto c. Ao executar a tecla “OK” da janela de carregamentos de dados o programa inicia a criação dos dados iniciais. A criação dos dados iniciais efetua-se através do carregamento dos dados das tabelas de custos e demoras.

A semelhança dos dados inicialmente referidos, foram criadas de forma aleatória as probabilidades de requisição de um grupo de mercadoria por parte de uma classe de navios e da quantidade de material de um grupo de mercadoria que será requisitado por esta mesma classe de navios (vide Anexo B).

Numa etapa final da criação dos dados iniciais, foram guardados os seguintes dados: número de PALA, número de grupos de mercadorias, número de classes de navios, as demoras de fornecimento entre os PALA, o custo inicial de abertura das instalações, o custo de abertura de uma determinada facilidade, a matriz com classes de navios por portos, o número de pedidos de transferências e as quantidades requisitadas pelos navios. A criação destes dados termina quando o programa mostrar a janela de informação “*Atenção: “terminada a criação de dados iniciais”*”

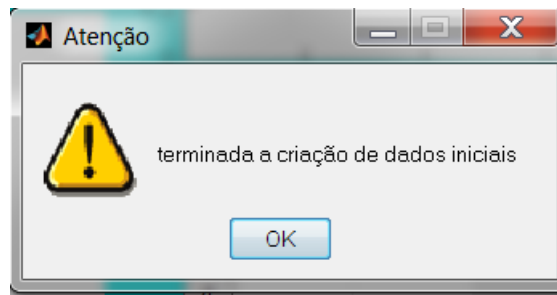


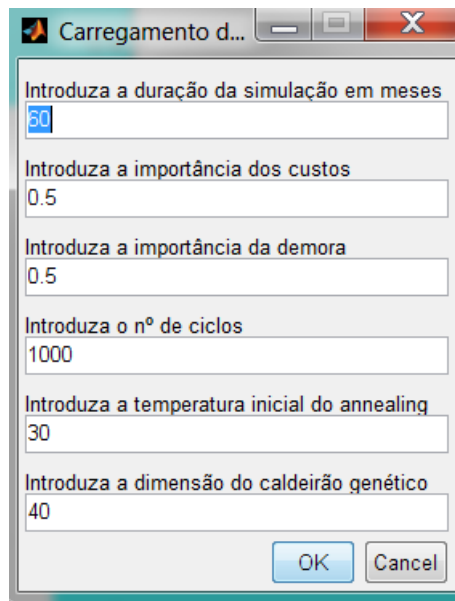
Ilustração 19 Janela de informação para criação dos dados iniciais.

7.3 - Carregamento de Dados

A diferença entre a criação de dados iniciais e o carregamento de dados centraliza-se no facto duns dados serem gerados aleatoriamente pelo programa e dos outros serem introduzidos diretamente pelo utilizador.

Os dados carregados pelo utilizador quando este executa o botão “*Run Simulated Annealing and Genetic*” serão utilizados pelo programa para minimizar a função objetivo.

Assim, ao executar o botão “*Run Simulated Annealing and Genetic*”, o programa mostra uma janela de carregamento de dados, através da qual o utilizador poderá introduzir a duração da simulação em meses, o peso da importância dos custos (predefinido em 50%), o peso da importância da demora (predefinido em 50%), o número de ciclos que o utilizador pretende percorrer, a temperatura inicial do SAA, a dimensão do caldeirão genético (aplicável para o AG).



The image shows a Windows-style dialog box titled "Carregamento d...". It contains six input fields with the following labels and values:

- Introduza a duração da simulação em meses: 30
- Introduza a importância dos custos: 0.5
- Introduza a importância da demora: 0.5
- Introduza o nº de ciclos: 1000
- Introduza a temperatura inicial do annealing: 30
- Introduza a dimensão do caldeirão genético: 40

At the bottom right of the dialog box are two buttons: "OK" and "Cancel".

Ilustração 20 Carregamento dos dados para os algoritmos.

Ao pressionar a tecla “OK” na janela de carregamentos de dados o programa inicia o processo de simulação através dos métodos meta – heurísticos percorrendo cada um dos passos do AG e do SAA.

7.4 - O Processo de Simulação

No processo de simulação serão testados vários cenários alterando cada um dos dados carregados, variáveis de entrada a fim de obter uma boa solução. É importante ter em atenção que uma boa solução pode não ser a solução ótima, quer seja obtida através do AG ou do SAA.

Conforme se tinha calculado nos capítulos anteriores, uma solução deverá ser obtida a partir do número de PALA, do número de classes de navios da esquadra, do custo unitário de transporte entre os PALA, da demora de transporte entre os PALA, do custo de abertura das instalações, do custo de manutenção de cada facilidade de fornecimento sum determinado grupo de mercadoria, do número de navios numa determinada classe atracado num determinado PALA e do número de pedidos e pesos da classe única por grupo de mercadorias e por mês.



Os dois algoritmos irão utilizar os dados de forma a obter a melhor solução possível. A melhor solução será a solução que observar o menor custo e demora. A temperatura e a dimensão do caldeirão poderão influenciar os valores das soluções obtidas ao longo dos procedimentos. O utilizador ao executar o segundo botão “*Simulated Annealing and Genético*”, o programa pedirá o período em que pretende este simular o processo. Este período será atribuído em meses. O custo de manutenção dos depósitos acresce quanto maior for o período de simulação.

Assim, no decorrer dos procedimentos obtenho os custos e as demoras de envio de material para um determinado PALA. Lembre-se que para o presente estudo apenas estão a ser estudados os dados duma única classe de navios, o que implica que os navios vão requisitar de acordo com os pedidos e pesos dos dados históricos. No decorrer dos procedimentos acima explicados obtêm-se o PALA mais próximo que tem a aberta a facilidade pretendida. Isto, implica que na solução o programa verifica quais são os PALA que fornecem os grupos de mercadorias requisitados.

Sempre que o próprio PALA fornece a facilidade, então este PALA é assumido como um PALA bom. O PALA bom é aquele que fornece uma determinada facilidade (grupo de mercadoria) ao mínimo valor possível. Para encontrar o PALA Bom, ou seja o PALA que fornece ao menor custo ou demora, o programa vai percorrer os procedimentos ilustrados a seguir.

A quantidade total fornecida por um determinado PALA será o somatório entre a quantidade fornecida pelo PALA em termos de peso por cada grupo de mercadoria por mês. O mesmo acontece para o custo fornecimento e para as demoras de fornecimento.

O somatório entre os custos de fornecimento, de abertura e de manutenção equivalem ao custo total para a abertura dum Ponto de Apoio Logístico Avançado.

7.5 - Obtenção de Soluções e Valores das Soluções

Na simulação as variáveis de entrada serão alteradas de forma que o algoritmo possa navegar entre as várias soluções possíveis. Desta forma a simulação foi dividida em 6 etapas, tendo cada uma das etapas 5 processos. Numa primeira etapa é do interesse do programador que inicialmente o programa se inicie com os dados predefinidos.



Assim, as tabelas que se seguem mostram os valores predefinidos no programa e o respetivo valor da solução quer seja utilizando o Algoritmo Genético ou o Simulated Annealing Algorithm.

Etapa 1

Nesta etapa, 5 processos são simulados em 500 iterações mantendo a temperatura do SAA e o caldeirão do AG constantes, 30 e 40 respetivamente. Apenas o peso dos parâmetros a e b (custo e demora) são alterados, conforme a seguinte tabela:

Processo	Duração	Iterações	% Custo	% Demora	Temp.	Caldeirão	F-OBJ AG	F-OBJ SAA
1	60	500	50	50	30	40	216,2359	215,1333
2	60	500	25	75	30	40	117,2642	117,9766
3	60	500	75	25	30	40	337,4805	335,8099
4	60	500	0	100	30	40	1,3073	0,95601
5	60	500	100	0	30	40	459,7952	462,0586

Tabela 5 Valores obtidos no processo de simulação 1ª etapa

Segundo a tabela acima ilustrada a alternância dos pesos conduziu a várias soluções aceitáveis. Todavia, a melhor solução foi obtida no processo 4, onde o utilizador apenas se preocupa com a demora do fornecimento, o que significa que peso do parâmetro a é nulo ($a=0$). Comparando os valores das soluções obtidas pelos algoritmos, facilmente se deduz que a melhor solução foi assegurada pelo SAA.

Etapa 2

Na Etapa 2 foram simulados 5 processos em 500 iterações. Nesta etapa foram atribuídos aos parâmetros a e b os mesmos pesos (50%). Pretende-se verificar até que ponto o aumento da temperatura (em múltiplos de 30), e do caldeirão (em múltiplos de 40) poderá afetar o valor da solução obtida? Observe a seguinte tabela:



Processo	Duração	Iterações	% Custo	% Demora	Temp.	Caldeirão	F-OBJ AG	F-OBJ SAA
1	60	500	50	50	30	40	216,2359	215,1333
2	60	500	50	50	60	80	240,6271	240,618
3	60	500	50	50	90	120	221,2606	220,1778
4	60	500	50	50	120	160	213,9789	213,1217
5	60	500	50	50	150	200	226,8292	227,6706

Tabela 6 Valores obtidos no processo de simulação 2ª etapa.

Dos resultados obtidos, observou-se que os valores das melhores soluções foram verificados no processo 1, com a temperatura 30 e caldeirão 40. Contudo, nesta etapa o SAA obteve o melhor valor da função objetivo.

Etapa 3

Na etapa 3, foram simulados 5 processos nas mesmas condições da Etapa 1, tendo sido alterado o número de iterações para 250. Pretende-se avaliar até que ponto a diminuição do número de iterações poderá afetar o valor da solução obtido?

Nesta etapa, são constantes os valores da temperatura e do caldeirão em todos os processos, variando apenas os pesos do custo e da demora, conforme a tabela que se segue:

Processo	Duração	Iterações	% Custo	% Demora	Temperatura	Caldeirão	F-OBJ AG	F-OBJ SAA
1	60	250	50	50	30	40	222,9267	231,9398
2	60	250	25	75	30	40	110,5295	109,6638
3	60	250	75	25	30	40	311,2572	314,5654
4	60	250	0	100	30	40	1,7568	1,4575
5	60	250	100	0	30	40	429,5062	438,3257

Tabela 7 Valores obtidos no processo de simulação 3ª etapa.

A semelhança da Etapa 1, o valor da melhor solução obtida, verificou-se no processo 4 em que o utilizador não se preocupa com os custos de fornecimento ($a=0$); o utilizador apenas se preocupa com a demora ($b=1$). Assim, verificou-se a melhor solução com o SAA.



Etapa 4

Na Etapa 4, os processos são semelhantes a etapa 2, com a alteração do número de iterações para 250. Lembre-se que foram simulados 5 processos em 250 iterações e que foram atribuídos aos parâmetros *a* e *b* os mesmos pesos (50%), conforme a seguinte tabela:

Processo	Duração	Iterações	% Custo	% Demora	Temp.	Caldeirão	F-OBJ AG	F-OBJ SAA
1	60	250	50	50	30	40	234,162	240,9575
2	60	250	50	50	60	80	238,0993	241,9188
3	60	250	50	50	90	120	224,6107	228,7022
4	60	250	50	50	120	160	226,5784	227,8653
5	60	250	50	50	150	200	240,9114	240,3395

Tabela 8 Valores obtidos no processo de simulação 4ª etapa.

Desta simulação verificou-se que os melhores valores das soluções obtidas foram registados no processo 3, com temperatura 90 e caldeirão 120, ambos valores são múltiplos dos valores iniciais. A melhor solução entre os algoritmos foi encontrada a partir do AG.

Etapa 5

Na etapa 5, foram simulados 5 processos nas mesmas condições da Etapa 1, tendo sido alterado o número de iterações para 1000. Pretende-se avaliar até que ponto o aumento do número de iterações poderá afetar o valor da solução obtido?

Nesta etapa, são constantes os valores da temperatura e do caldeirão em todos os processos, variando apenas os pesos do custo e da demora, conforme a tabela que se segue:

Processo	Duração	Iterações	% Custo	% Demora	Temp.	Caldeirão	F-OBJ AG	F-OBJ SAA
1	60	1000	50	50	30	40	219,0077	217,6054
2	60	1000	25	75	30	40	118,3527	117,5251
3	60	1000	75	25	30	40	336,366	337,4347
4	60	1000	0	100	30	40	0,88025	0,18171
5	60	1000	100	0	30	40	478,4818	468,596

Tabela 9 Valores obtidos no processo de simulação 5ª etapa.



A semelhança da Etapa 1, o valor da melhor solução obtida, verificou-se no processo 4 em que o utilizador não se preocupa com os custos de fornecimento ($a=0$); o utilizador apenas se preocupa com a demora ($b=1$).

Assim, verificou-se que a melhor solução foi encontrada a partir do SAA. Note que até a presente etapa, esta solução foi a melhor de todos os processos desenvolvidos, o que poderá estar associado ao aumento do número de iterações.

Etapa 6

Com o aumento ou diminuição do número de iterações nas etapas anteriores, verificaram-se vários resultados para os valores das soluções, não tendo sido possível concluir com rigor quais os efeitos destas alterações. A ideia de comparar resultados é sustentável se todas as variáveis de entrada forem submetidas aos mesmos valores.

Assim, nesta etapa foram simulados apenas 3 processos. O principal objetivo desta etapa foi o de colocar os valores da temperatura, caldeirão e os parâmetros **a** e **b** constantes, alterando apenas o número de iterações, conforme a tabela seguinte:

Processo	Duração	Iterações	% Custo	% Demora	Temp.	Caldeirão	F-OBJ AG	F-OBJ SAA
1	60	500	50	50	40	40	216,5561	217,3283
2	60	250	50	50	40	40	235,6245	241,1006
3	60	1000	50	50	40	40	213,4601	213,7152

Tabela 10 Valores obtidos no processo de simulação 6ª etapa.

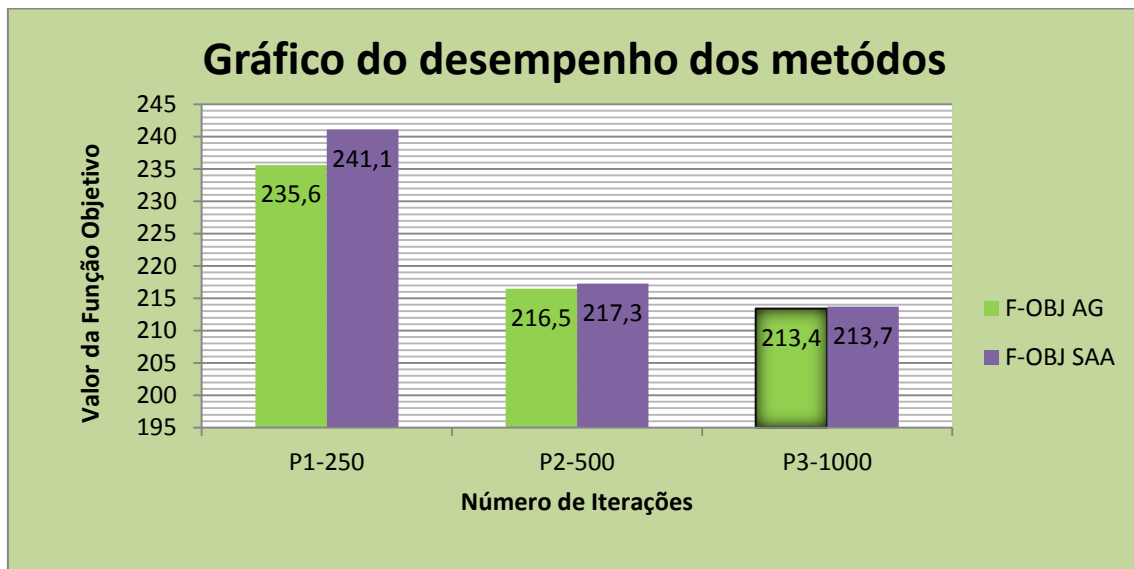


Ilustração 21 Gráfico de desempenho dos métodos

O balanceamento das variáveis de entrada permite comparar com rigor os valores das soluções obtidas, e concluir sobre o efeito do aumento ou diminuição do número de iterações. Assim, verificando os valores obtidos desta etapa pode-se concluir:

- 1. Quanto maior for o número de iterações, melhor será o valor da função objetivo. No entanto, a partir de um determinado número de iterações, verifica-se que deixa de haver melhoria da solução.*
- 2. Mantendo todos os dados iguais para os dois algoritmos, o processo de simulação que verificará os melhores valores das soluções foi em AG, todavia o melhor resultado da função objetivo (mais baixo) foi obtido com o SAA.*



CAPITULO VIII – CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS



8.1 - CONCLUSÕES

De acordo com a metodologia usada e, tendo em conta os resultados do trabalho, pode-se concluir que:

- O uso do *Software Matlab* na elaboração do código permitiu a determinação dos custos de envio dos sobressalentes usando no interface do programa um dispositivo que permite a colocação de pesos relativos a demora e o tempo de acordo com o grau de importância e necessidades do utilizador, que possibilitou a identificação dos Pontos de Apoio logístico Avançados e as suas potenciais facilidades de abastecimento para cada grupo de mercadoria.
- Com este trabalho foi possível a aplicação de uma metodologia que permite a identificação de Pontos de Apoio logístico Avançados prioritários para um planeamento sustentável, e para intervenções com vista a reduzir as perdas em tempo das missões dos navios, bem como dos custos de transporte dos meios materiais envolvidos.
- Em função das limitações metodológicas relacionadas com a falta de dados precisos do dispositivo naval da marinha de guerra Angolana e da programação militar deste ramo das forças armadas e também a falta de informação atualizada sobre as requisições e necessidades do dispositivo de forma cronológica, os resultados devem ser tomados somente como indicativos das análises custos e demoras. Portanto, este trabalho pode ser considerado como um exercício metodológico para a determinação dos Pontos de Apoio logístico Avançados do dispositivo naval da M.G.A..



Resposta a pergunta central:

Onde deverão ser abertos os Pontos de Apoios Logísticos (centros de abastecimento), para o apoio da esquadra de navios e quais as mercadorias que poderão ser disponibilizadas, minimizando os custos e as demoras de fornecimento, da Marinha de Guerra de Angola?

1. Os Pontos de Apoio Logísticos ou Centros de abastecimento para os navios da esquadra da Marinha de Guerra Angolana, aconselham-se serem abertos de acordo com as observações validadas pelo Sistema de Apoio à Decisão. Porém, o programa deverá ser devidamente atualizado por forma a melhorar a qualidade das informações nele contido. Numa fase em que o país necessita de centros de armazenagem para a sustentação dos novos meios adquiridos, é indispensável que exista um sistema de apoio que sugere a organização e o funcionamento dos PALA. Os centros poderão utilizar a matriz binária de fornecimento de facilidades para definir quais as mercadorias que deverão ser armazenadas de forma a minimizar o custo e a demora.
2. Os Centros de Abastecimentos para o apoio da esquadra poderão ser abertos em quaisquer dos PALA ou novos pontos possíveis devidamente indicados, desde que sejam otimizados. Note que embora a ferramenta de otimização forneça uma solução boa, alguns PALA poderão fornecer quantidades de grupos de mercadorias que não justifiquem a sua abertura. Desta forma, caberá ao decisor estudar dentro da solução boa quais os pontos que realmente serão indispensáveis para o bom funcionamento do sistema logístico.
3. Uma vez que a solução obedece uma restrição que obriga o fornecimento de pelo mesmo um grupo de mercadorias por cada PALA (restrição 1), existe a possibilidade dum determinado PALA fornecer apenas um único grupo de mercadoria. Estando nesta situação provavelmente não se justifica a abertura desse PALA, porque estaria o decisor a acrescentar custos (abertura e



- funcionamento) acrescentados ao sistema. Assim, tendo o decisor uma solução boa em que num dos PALA verifica a existência de poucas facilidades, poderá este definir um critério de abertura, como por exemplo abrir apenas os PALA que forneçam uma percentagem mínima de grupos de mercadorias.
4. É importante ter em atenção que o facto de um PALA fornecer apenas um grupo de mercadoria, não implica diretamente que este seja pouco significativo para o sistema logístico. Todavia, um único grupo de mercadoria poderá ter dezenas de materiais diferenciados pelas especificações técnicas e NNA. Por exemplo, o grupo 4 dos combustíveis e lubrificantes, agrupa todos tipos de combustível desde F44, Marine Gasoil, gasolina, até aos diferentes tipos de óleos.

8.2 - RECOMENDAÇÕES

Tendo sido observados a falta de registos fiáveis das requisições das unidades navais do dispositivo naval da Marinha Angolana, torna-se necessário a aplicação de estratégias de manutenção de registos dos dados ao longo dos anos, para criação de um arquivo de dados suscetíveis de serem analisados e estudados.

O monitoramento e o registo das requisições através de *software* simples de serem usados por qualquer utilizador e o posterior armazenamento numa base de dados central, são as principais estratégias a ser consideradas.

Recomenda-se também a avaliação do código em *Matlab* fase as novas versões e atualizações deste *software*. Por outro lado atualização de todos géneros custos dos pedidos e o cálculo de novos tempos de demora, fase a construção de novas rodovias, autoestradas, facilidades portuárias e ferroviárias, de forma a manter os resultados de otimização sempre pertinentes e atualizados.

8.3 - DESENVOLVIMENTOS FUTUROS



Desenvolver mas a parte da visualização tornando-a uma ferramenta mais aliciante para os utilizadores da informação final, em termos do desenho e interatividade.

Como possíveis desenvolvimentos futuros nesta área, refira-se em termos de conhecimento detalhado do dispositivo naval da marinha Angolana, a necessidade de desenvolver métodos empíricos de determinação e otimização de rotas mais usadas através de Sistemas de informação geográfica para servir também como *input* do dispositivo na determinação dos Pontos de Apoio logístico Avançados.

Outro aspeto pertinente será fazer a comparação dos resultados produzidos pelo modelo correndo Algoritmo Genético e Simulated Annealing Algorithm e desenvolver códigos aonde pudessem ser usados os dois simultaneamente AG/SA e SA/AG, bem como outras metas-heurística como forma de avaliar o desempenho dos modelos quando aplicados ao dispositivo naval da Marinha Angolana.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(s.d.). *Diário da Republica de Angola Assembleia Nacional Lei nº.14/10 Regula o exercício dos poderes, dos direitos e dos deveres do Estado Angolano e define os limites dos espaços marítimos sob soberania e jurisdição nacionais.*

Portal Oficial do Governo Angolano (15 de Maio de 2013)

<http://www.governo.gov.ao/opais.aspx>. (2013).

Apontamento sobre problemas de localização, E. N. (06 de fevereiro de 2013).

Apontamento sobre problemas de localização.

Cajarabille, V.-A. L. (Janeiro de 2009). Ciclo de Palestras Academia de Marinha. (A. d. Portuguesa, Entrevistador)

Carvalho, J. C. (2010). *Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento* (1ª Edição ed.). Lisboa: Sílabo.

Celo. (2002). Regime Alimentar para a Marinha Angolana. In *Marinha*. Alfeite Escola Naval: Departamento de Formação de Marinha.f

Deus, I. G. (Fevereiro de 2013). Sistema de Apoio à Decisão para PEPCP - EMA. (A. H. Aly, Entrevistador) Lisboa.

Dias, J. C. (2005). *Logística Global e Macrologística* (1ª Edição ed.). Lisboa: Sílabo.

Figueiredo, J. L. (Dezembro 2007). *Optimização da localização de armazéns de*.

Lisboa: IST/Dissertação para obtenção do Grau de Mestre.

<http://www.taag.com/pt/domestic-flights.aspx>, T. L. (s.d.).

Jaiswal, N. K. (1997). *Military Operations Research Quantitative Decision Making* (Vol. II). Massachusetts: kluwer Academic Publishers.

Lachtermacher, G. (2004). *Pesquisa Operacional na tomada de decisões* (2ª Edição ed.). São Paulo: Editora Campus.

Lourenço, A. (2008). Marinha de Guerra Angolana. *Revista da Marinha de Guerra Angolana*, 5,6,7,8,8,9,10,11,12.



- Marimha, D. d. (s.d.). DESENHO DE QUADROS DE RECURSOS HUMANOS. *DESENHO DE QUADROS DE RECURSOS HUMANOS*. Lisboa: Marinha.
- Martins, J. J. (2013). *Apontamento sobre problemas de localização*. Escola Naval: Marinha.
- MELIÁN, B. e. (2003). A Global View. In Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial. *Asociación Española de Inteligencia Artificial*, v. 2, n. 19.
- Pereira, M. J. (1966). *Logística* (Vol. II). (S. d. Escolares, Ed.) Lisboa: Escola Naval.
- Pereira, M. J. (1966). *Logística* (Vol. II). Alfeite: Escola Naval.
- Portal Angop (o4 de Abril de 2013) [hht:portalangop.co.ao](http://portalangop.co.ao), 2. (2013).
[hht:portalangop.co.ao](http://portalangop.co.ao), 2013.
- Soares, J. C. (2009). *Investigação Operacional. Aulas Investigação Operacional*. Coimbra.
- Stoner, J. A., & Edward, R. F. (1985). *Administração* (5ª Edição ed.). Rio de Janeiro: Editora Prentice-Hall do Brasil.
- Stoner, J., & Freeman, E. (1985). *Administração* (5ª Edição ed.). Rio de Janeiro: Prentice-Hall do Brasil.
- Teixeira, A. E. (2001). *Simulação por Computador*. Porto: Publindústria.
- Viera, V. M. (2012). *Matlab - Curso Completo*. Lisboa: FCA - Editora de Informática.



ANEXO B – TABELA GRUPO DE MERCADORIAS

Unidades	Designação
AY	CONJUNTO
BC	BLOCO
BG	SACO
BK	LIVRO
BT	GARRAFA
BX	CAIXA
CA	CARTUCHO
CB	GARRAFÃO
CN	LATA
CZ	METRO CÚBICO
DZ	DÚZIA
EA	UNIDADE
HD	CENTENA
HK	NOVELO
KG	QUILOGRAMA
KT	KIT
LI	LITRO
MR	METRO
OT	EQUIPAMENTO
PD	BLOCO (PAPEL)
PG	EMBALAGEM
PR	PAR
PZ	PACOTE
RL	CARRETEL
RM	RESMA
RO	ROLO
SE	JOGO
SH	FOLHA
SM	METRO QUADRADO
TE	DEZ
VI	FRACO

Anexo 1. Unidades de fornecimento dos materiais.

Fonte: SIG-DN (Direção de Abastecimento).



ANEXO C – CARACTERÍSTICAS DO N.R.P. AGUÍA

Caraterísticas	
Deslocamento	43,5t
Comprimento	21,9m
Boca máxima	5,3m
Calado	1,9m
Velocidade máxima	14 nós
Propulsão	
2 Motores Cummins Diesel-50-M2	1.100hp
Autonomia	2500 NM 12 nós
Armamento	
Portatil diverso	
1 radar de navegação Furuno	
Equipamento diverso	
Aladador de redes	3000 kg
Guarnição	
Oficiais	1
Sargentos	1
Praças	6

Anexo 2. Características do N.R.P. Águia.

Fonte: extraído da página www.intranet.marinha.pt, em 13 de Fevereiro de 2013.

**ANEXO D – QUADRO RESUMO DADOS SOCIO-DEMOGRAFICOS:**

Nome Oficial	República de Angola
Data da Independência	11 de Novembro de 1975
Capital	Luanda
Regime Político	Democracia Parlamentar
Língua Oficial	Português
Regime Governamental	Presidencialista
Presidente da Republica	Eng.º José Eduardo dos Santos
Superfície	1246700km ²
Projeção da População de 2012	20.609.294
Hora Local	GMT +1
Moeda	Kwanza
Clima	Tropical, nas zonas de maior altitude, temperado
Faixa Etária da População (0 - 14 anos)	48.1%
Faixa Etária da População (15 - 64 anos)	49.3%
Faixa Etária da População (65 anos ou mas)	3%
Taxa de crescimento da População	3%
Índice sintético de fecundidade	6.0 Filhos por mulher
Taxa de mortalidade materna	42 anos (ambos os sexos)
Taxa de mortalidade infantil (inferior a 1 ano)	1400/100.000 Nados vivos
Taxa bruta de mortalidade	158/1000
Taxa de alfabetização	53.3/1000 Habitantes

Fonte: Adaptado pelo Autor a partir do site Oficial do Governo ([hht:portalangola.co.ao](http://portalangola.co.ao))



ANEXO E – EXEMPLO DE REGISTO DE PEDIDOS DE MERCADORIAS

Texto breve	Qtd	UMB	Data doc.	Grp.merc.	Preço líq.
AÇÚCAR	20	KG	02.01.2008	1	1
ARROZ	24	KG	02.01.2008	1	0,66
ATUM DE CONSERVA	5	KG	02.01.2008	1	6,11
AZEITE	40	LI	02.01.2008	1	3,49
BATATA	100	KG	02.01.2008	1	0,59
BOLACHA	5	KG	02.01.2008	1	2,01
CEBOLA	20	KG	02.01.2008	1	0,62
CONCENTRADO DE TOMATE	5	KG	02.01.2008	1	1,51
FARINHA DE TRIGO ESPECIAL	10	KG	02.01.2008	1	0,37
FLOCOS DE CEREAIS	5	KG	02.01.2008	1	5,34
LEITE MEIO GORDO UHT	100	LI	02.01.2008	1	0,59
MASSA ESPARGUETE	10	KG	02.01.2008	1	0,98
MOUSSE DE CHOCOLATE	2	KG	02.01.2008	1	6,35
OLEO ALIMENTAR	45	LI	02.01.2008	1	0,93
PICKLES	5	KG	02.01.2008	1	1,9
PUDIM DE BAUNILHA	3	KG	02.01.2008	1	4,86
PUDIM DE OVOS	3	KG	02.01.2008	1	4,9
PURÉ DE BATATA, FLOCOS	5	KG	02.01.2008	1	2,75
SAL	25	LI	02.01.2008	1	0,09
CARNE DE VACA DE 1ª	28	KG	02.01.2008	1	5,25
VÃOS DE PORCO	28	KG	02.01.2008	1	3,14
COSTEleta DE PORCO	12	KG	02.01.2008	1	3,39
FEBRA DE PORCO	10	KG	02.01.2008	1	3,47
FRANGO	15	KG	02.01.2008	1	1,61
CAMARÃO, EMBALAGEM DE 1,5 E 2 KG	6	KG	02.01.2008	1	5,89
CHOCO PEQUENO	12	KG	02.01.2008	1	4,38
DELICIAS DO MAR	6	KG	02.01.2008	1	2,19
LULA	10	KG	02.01.2008	1	4,59
MARUCA, CONGELADA	16	KG	02.01.2008	1	6,11
BATATA DUQUESA, CONGELADA	10	KG	02.01.2008	1	1,36
BATATA FRITA, TIPO CHIPS	4	KG	02.01.2008	1	4,03
CHERNE À POSTA, ULTRACONGELADO	10	KG	02.01.2008	1	4,52
DOURADINHOS DE PEIXE	8	KG	02.01.2008	1	3,33
GAROUPA À POSTA, ULTRACONGELADA	10	KG	02.01.2008	1	5,26

