

OS SIG NO APOIO AO PLANEAMENTO DE MISSÕES DE BUSCA E SALVAMENTO EM AMBIENTE MARÍTIMO

Deodato José Ramalhais Ferreira

Dissertação apresentada ao Instituto Politécnico de Castelo Branco para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Sistemas de Informação Geográfica, realizada sob a orientação científica do Mestre e Especialista Paulo Alexandre Justo Fernandez, Professor Adjunto da Unidade Técnico-Científica de Recursos Naturais e Desenvolvimento Sustentável da Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Castelo Branco e do Comandante do Comando da Zona Aérea dos Açores, Luís António Flôr Ruivo, Major-General Piloto-Aviador da Força Aérea Portuguesa.

Dedicatória

Este trabalho é dedicado a todos aqueles que, “mesmo com o risco da própria vida”, abandonam o conforto do seu lar e o aconchego da sua família para enfrentar a tempestade e a tormenta, a tensão e a ansiedade, figurando deste modo o milagre de alguém que, porventura, perdeu a esperança nos confins ermos do oceano. Àqueles que mesmo não sabendo se voltam, vão...

“Cada dia que passa sem que nada aconteça, é menos um dia que falta para o próximo acontecimento”

Professor Doutor João Luís Gaspar

Agradecimentos

O maior agradecimento que poderei exprimir neste trabalho que marca o fim de mais uma etapa da minha vida será, sem dúvida, dirigido aos meus pais. Para vocês, mãe e pai, que sempre me ofereceram o vosso apoio incondicional, independentemente das decisões que viesse a tomar, para vocês que me criaram e me moldaram no homem que sou hoje, o meu muito obrigado, não só por me terem ajudado a chegar a este ponto, mas também por vos ter como meus pais. E à minha irmã, que ao longo de toda a sua vida foi sempre presença constante na minha, obrigado por todos os momentos que me permitiste apreciar contigo. Obrigado por rires e me fazeres rir.

O meu agradecimento ao Professor Paulo Fernandez, antes de mais, por tão prontamente ter aceitado a orientação deste projeto, mas também pelo interesse demonstrado ao longo da realização do mesmo e pela forma expedita como orientou o mesmo. Não posso deixar de agradecer a todos os professores da Escola Superior Agrária de Castelo Branco que contribuíram para a minha formação académica, em especial àqueles que, mesmo estando eu distante, me abriram incondicionalmente as portas e me permitiram terminar com sucesso mais esta etapa académica.

Um especial agradecimento ao Exmo. Major-General Luís Ruivo por todas as notas, todos os apontamentos e pela forma tão pronta e entusiasta como aceitou orientar este trabalho. Para um grande líder, um grande obrigado.

A todos os meus camaradas e amigos do RCC Lajes que contribuíram para a realização deste projeto, a todos eles dirijo o meu agradecimento. Um muito obrigado ao meu camarada e amigo Alferes Ferreira da Silva, a quem não posso deixar de agradecer a camaradagem e o grande contributo para este trabalho. E, como não podia deixar de ser, um especial agradecimento à minha “*dream team*”. Um grande obrigado à minha camarada e amiga Tenente Patrícia Fernandes pela firmeza e apoio incondicionais ao longo de incontáveis missões SAR, ao meu camarada e amigo Capitão Tiago Andrade um enormíssimo obrigado pela ajuda a detetar os erros do Excel quando a paciência já não era muita e por último, mas, de todo, não menos importante, um especial agradecimento ao meu camarada e amigo Major Rui Rocha, que acolheu este projeto no seio do serviço por si chefiado, possibilitando a evolução e viabilização do mesmo.

Não posso deixar de agradecer a todos os meus camaradas e amigos do Comando da Zona Aérea dos Açores e da Base Aérea N°4 ao lado de quem tracei o meu percurso insular. Obrigado por partilharem comigo o vosso dia, o vosso serviço e a vossa camaradagem nesta porção de terra de fronteiras tão bem definidas.

Não podendo enumerar todos, deixo um muito obrigado a todos os meus familiares e amigos que me acompanharam ao longo dos anos. Há pessoas que entram na nossa vida e pessoas que dela saem... E depois há aquelas que entram e que eu nunca vou deixar sair. Obrigado a todos.

Resumo

O Sistema Nacional de Busca e Salvamento Aéreo, legalmente estabelecido pelo Decreto-Lei 253/95, de 30 de setembro, prevê a existência de Centros de Busca e Salvamento, designados por *Rescue Coordination Centre* (RCC), responsáveis pela coordenação das missões de busca e salvamento nas áreas que lhes estão adjacentes. O RCC Lajes, dependente da Força Aérea Portuguesa, está localizado na ilha Terceira, arquipélago dos Açores. É o órgão responsável pelo Serviço de Busca e Salvamento Aéreo na *Search and Rescue Region* (SRR) de Santa Maria, em estreita cooperação com o seu homólogo responsável pelo Serviço de Busca e Salvamento Marítimo, o *Maritime Rescue Coordination Center* (MRCC) de Ponta Delgada, órgão da dependência da Marinha Portuguesa. As situações ocorridas nesta zona são fortemente caracterizadas por uma série de movimentos relacionados com a dinâmica marítima. Ao contrário do que acontece em terra, onde as ocorrências se mantêm, à partida, estáticas no espaço, no mar são afetadas por diversos vetores de movimento, vetores cujas características é necessário conhecer de modo a localizar com precisão o foco da missão, otimizando recursos e, bem mais importante, tempo, o fator mais precioso à disposição do *SAR Mission Coordinator* (SMC).

O planeamento de missões missão de busca e salvamento, ou como são mais conhecidas, de *Search And Rescue* (SAR), tarefa da competência do RCC, pode, por vezes, tornar-se moroso se todos os cálculos e representações gráficas forem efetuados sem auxílio computadorizado. Com o intuito de otimizar, não só o tempo, mas também a performance do SMC, foi desenvolvido o SAR-PT, uma ferramenta de cálculo de derivas marítimas. A criação desta ferramenta tem como objetivos colmatar a necessidade de efetuar cálculos manuais, bem como automatizar a expressão gráfica e georreferenciada das áreas de busca.

Foi utilizado o *Microsoft Excel* para criar uma componente que efetue os cálculos necessários mediante a inserção de valores recolhidos e ao *ArcGIS 9.3* para criar e representar a componente gráfica de forma a elaborar as cartas orientadas para a missão. Foram efetuados testes de validação ao SAR-PT recorrendo à obtenção e análise de valores de *Root Mean Square Error* (RMSE), fundamentando a sua utilização em ambiente real.

Os resultados obtidos indicam que o SAR-PT permite uma redução de cerca de 95% a nível de tempo necessário para obter as derivas requeridas.

O trabalho permitiu também demonstrar que é possível produzir ferramentas e soluções que visem otimizar tempo e recursos, facilitando todo o processo de planeamento de missão.

Keywords - SAR, Busca, Salvamento, RCC, SRR, Marítimo, Aeronáutico

Abstract

The Portuguese Aeronautical Search And Rescue System, legally established by the portuguese law DL 253/95, of September 30, predicts the existence of Rescue Coordination Centre's, commonly known as RCC, an entity responsible for coordinate Search And Rescue Missions in the region where they are located. The RCC Lajes, tutored by Portuguese Air Force, is located in Terceira Island, Azores. This agency is responsible for the Aeronautical Search And Rescue Service in the Search And Rescue Region (SRR) of Santa Maria, working in a close partnership with its maritime equivalent MRCC Ponta Delgada, tutored by Portuguese Navy and responsible for the Maritime Search And Rescue Service. Most of the distress situations that occur in this region are related to sea. When a distress situation occurs in land, normally it keeps static in space and devoid of movement. This is not what happens in a maritime environment. At sea, objects are affected by different motion vectors, vectors whose characteristics must be known in order to accurately locate the focus of the mission, optimizing resources and time, the most important parameter to the SAR Mission Coordinator (SMC).

Planning a SAR mission, which is an RCC task, can sometimes become lengthy, if all calculations and graphical representations are made without computerized assistance. In order to optimize time and the SMC performance, it was developed a tool named SAR-PT to improve the drift calculations process. This tool development aims to suppress the need of manual calculations and automatize the geo-referenced graphic process of creating a search area map.

It was used the Microsoft Excel to create an interface that optimizes all the calculation process and the ArcGIS 9.3, used to produce the search areas maps. In order to validate SAR-PT results were used and analyzed RMSE values.

Based on the results, it was concluded that SAR-PT allows a reduction of about 95% of the needed time to get a maritime drift. Considering the RMSE values, these results were considered viable.

This project also allows to demonstrate that it is possible and relatively simple to produce tools and solutions aiming the optimization of time and resources, making mission planning process easier.

Índice geral

RESUMO	v
ABSTRACT	vi
ÍNDICE GERAL	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABELAS	xii
LISTA DE ABREVIATURAS	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objetivos	3
1.3. Organização do trabalho	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1. Evolução do conceito SAR e da cultura de segurança em ambiente marítimo.....	6
2.1.1. Dos cascos de madeira às superestruturas de aço	6
2.1.2. TITANIC, o ponto de viragem	8
2.1.3. SOLAS.....	10
2.1.4. Do mar para o ar	11
2.1.5. A Convenção de Chicago e o seu Anexo 12	15
2.1.6. A Convenção Internacional para a Busca e Salvamento Marítimo	18
2.1.7. IAMSAR, um produto de convergência.....	19
2.1.8. O panorama português em matéria de busca e salvamento	21
2.1.8.1. A evolução da legislação e a criação dos centros de busca e salvamento	21
2.1.8.2. A evolução da cooperação.....	23
2.1.8.3. A evolução dos meios aéreos.....	25
2.2. Atlas of Pilot Chart	27
2.3. Métodos de cálculo de derivas	28
2.4. <i>Softwares</i> de cálculo e gestão SAR	30
2.5. Trigonometria Esférica e Geometria Analítica	33
3. APLICAÇÃO MANUAL DO MÉTODO IAMSAR	39
3.1. Etapa A - <i>Starting Position for this Drift Interval</i>	39
3.2. Etapa B - <i>Datum Time</i>	40
3.3. Etapa C - <i>Average Surface Wind (ASW)</i>	41
3.4. Etapa D - <i>Total Water Current (TWC)</i>	44
3.5. Etapa E - <i>Leeway (LW)</i>	47

3.6. Etapa F - <i>Total Surface Drift</i>	48
3.7. Etapa G - <i>Datum Positions and Divergence Distance</i>	48
3.8. Etapa H - <i>Total Probable Error of Position (E) and Separation Ratio (SR)</i>	49
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE APLICAÇÃO	52
4.1. A SRR de Santa Maria	52
4.2. A capacidade de operação das SRU aeronáuticas	53
4.3. O ambiente de trabalho equacionado para o SAR-PT	55
5. METODOLOGIA	57
5.1. Ferramentas utilizadas	57
5.2. Introdução ao SAR-PT	58
5.2.1. DATA CALCULATOR	58
5.2.2. AREA CALCULATOR	60
5.3. Avaliação dos resultados	61
6. APLICAÇÃO PRÁTICA DO SAR-PT	63
6.1. DATA CALCULATOR	63
6.1.1. Etapa A - Starting Position for this Drift Interval.....	63
6.1.2. Etapa B - Datum Time.....	64
6.1.3. Etapa C - Average Surface Wind (ASW)	64
6.1.4. Etapa D - Total Water Current (TWC)	65
6.1.5. Etapa E - Leeway (LW)	67
6.1.6. Etapa F - Total Surface Drift.....	68
6.1.7. Etapa G - Datum Positions and Divergence Distance	68
6.1.8. Etapa H - Total Probable Error of Position (E) and Separation Ratio (SR)	69
6.2. AREA CALCULATOR	70
6.3. Casos de estudo	71
7. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	73
7.1. Abordagem e resolução dos casos de estudos	73
7.2. Análise de contenção de posições	75
7.3. Validação dos resultados	75
7.4. Aplicação do método manual VS SAR-PT	77
7.5. Limitações.....	78
7.6. O futuro do SAR-PT	79
8. CONCLUSÕES	81
BIBLIOGRAFIA	82
ANEXOS	
○ ANEXO A - Cronograma de desenvolvimento do projeto	
○ ANEXO B - <i>Pilot Chart</i> do Atlântico Norte, janeiro	
○ ANEXO C - <i>Sea Current Charts</i>	

- **ANEXO D** - Exercício prático SAR
- **ANEXO E** - Área de resgate via aérea
- **ANEXO F** - Área de busca via aérea
- **ANEXO G** - Ambiente de trabalho do SAR-PT
- **ANEXO H** - Fichas para cálculo de derivas
- **ANEXO I** - Tabelas e gráficos de apoio ao planeamento
- **ANEXO J** - Guia de utilização do SAR-PT
- **ANEXO K** - Exemplo de *layout*

Índice de figuras

Figura 1.1 - Carta de agitação marítima do Arquipélago dos Açores (IH, 25JAN2014)	1
Figura 1.2 - Degradação da capacidade de sobrevivência no mar em função do tempo	2
Figura 2.1 - Marcas de naufrágios da época do domínio romano	7
Figura 2.2 - RMS TITANIC	8
Figura 2.3 - Mensagem de SOS emitida pelo TITANIC e recebida pelo BIRMA	9
Figura 2.4 - Otto Lilienthal a manobrar os seus planadores experimentais	12
Figura 2.5 - 100 anos de evolução na aviação	14
Figura 2.6 - Simbologia utilizada por sobreviventes e por equipas de resgate	17
Figura 2.7 - FIR de Santa Maria e FIR de Lisboa (AIP PORTUGAL)	22
Figura 2.8 - Exercício SAR conjunto entre FAP e Marinha (AÇORDIVEX 2013).....	24
Figura 2.9 - Helicópteros que serviram na FAP (...)	26
Figura 2.10 - Método IAMSAR; Método de Monte Carlo.....	29
Figura 2.11 - <i>Interface do SAROPS</i>	31
Figura 2.12 - <i>Interface e ferramenta Time/Distance Calculator do SARMAP 6.7</i>	32
Figura 2.13 - Interoperabilidade do SARMAP com servidores meteorológicos e com o ArcGIS	32
Figura 2.14 - Definição de parâmetros para compilação de relatórios no SARMAP	33
Figura 2.15 - <i>Interface do ICAR SAR System</i>	33
Figura 2.16 - Operação de soma de vetores	37
Figura 3.1 - Etapa A - <i>Starting position for this drift interval</i>	39
Figura 3.2 - Determinação de distâncias com recurso a <i>software</i>	40
Figura 3.3 - Etapa B - <i>Datum Time</i>	41
Figura 3.4 - Etapa C - <i>Average Surface Wind (ASW)</i>	41
Figura 3.5 - Folha de cálculo <i>Average Surface Wind (ASW) Worksheet</i>	42
Figura 3.6 - Adequação das previsões de vento ao período diário	42
Figura 3.7 - Calculador de Voo	43
Figura 3.8 - Etapa D - <i>Total Water Current (TWC)</i>	44
Figura 3.9 - Folha de cálculo <i>Total Water Current (TWC) Worksheet</i>	45
Figura 3.10 - Folha de cálculo <i>Wind Current (WC) Worksheet</i>	45
Figura 3.11 - Soma de vetores com recurso ao calculador de voo	46
Figura 3.12 - Etapa E - <i>Leeway (LW)</i>	47
Figura 3.13 - Folha de cálculo <i>Leeway (LW) Worksheet</i>	47
Figura 3.14 - Etapa F - <i>Total Surface Drift</i>	48
Figura 3.15 - Etapa G - <i>Datum position and divergence angle</i>	48
Figura 3.16 - Etapa H - <i>Total Probable Error of Position (E) and separation ratio</i>	49
Figura 3.17 - Folha de cálculo <i>Total Probable Error of Position (E) Worksheet</i>	50
Figura 3.18 - Representação gráfica da informação calculada	51
Figura 4.1 - A SRR de Santa Maria (delimitada a vermelho).....	52
Figura 4.2 - O ambiente de trabalho do SAR-PT em utilização no <i>Falcon View</i> (...)	55

Figura 5.1 - Interface do DATA CALCULATOR	59
Figura 5.2 - Interface do AREA CALCULATOR	60
Figura 5.3 - Modelo de análise espacial considerado pelo AREA CALCULATOR	61
Figura 6.1 - A. Starting position	63
Figura 6.2 - B. Datum time.....	64
Figura 6.3 - C. Average Surface Wind (ASW).....	65
Figura 6.4 - D. Total Water Current (TWC)	66
Figura 6.5 - Expressão analítica da função Local Wind Current	66
Figura 6.6 - E. Leeway (LW).....	67
Figura 6.7 - F. Total surface drift	68
Figura 6.8 - G. Datum positions and divergence angle.....	69
Figura 6.9 - H. Total probable error of position (E).....	69
Figura 6.10 - Ativação do AREA CALCULATOR	70
Figura 6.11 - Operações com o AREA CALCULATOR.....	70
Figura 6.12 - Shapefile DERIVA_REAL a representar (a verde) a posição de assistência	72
Figura 7.1 - S/V BUCANEER.....	73
Figura 7.2 - F/V FRANCES.....	73
Figura 7.3 - S/V SIMO	73
Figura 7.4 - S/V MAUSI	74
Figura 7.5 - S/V ALEXANDRA	74
Figura 7.6 - F/V SAMEIRO	74
Figura 7.7 - S/V CHEMINEES POUJOLAT	74
Figura 7.8 - Distâncias calculadas e análise estatística básica fornecida pelo ArcGIS.....	76

Índice de tabelas

Tabela 2.1 - Comparação dos resultados obtidos através da trigonometria esférica e plana ..	36
Tabela 6.1 - Características dos casos de estudo	71
Tabela 7.1 - Valor de erro e de RMSE para os casos de estudo	76
Tabela 7.2 - Análise de tempo despendido no cálculo	77

Lista de abreviaturas

AIP	Publicação de Informação Aeronáutica (<i>Aeronautical Information Publication</i>)
ALERFA	Fase de Alerta (<i>Alert Phase</i>)
ANPC	Autoridade Nacional de Proteção Civil
ARCC	Centro Coordenador de Busca e Salvamento Aéreo (<i>Aeronautical Rescue Coordination Centre</i>)
ASW	Vento médio à superfície (<i>Average Surface Wind</i>)
CASP	<i>Computed Assisted Search Planning</i>
CEMFA	Chefe de Estado Maior da Força Aérea
CEMGFA	Chefe de Estado Maior General das Forças Armadas
C/JMTK	<i>Commercial Joint Mapping Tool Kit's</i>
COSPAS	Sistema Espacial para Busca de Embarcações em Emergência (<i>Cosmicheskaya Sistyema Poiska Avaryynich Sudov</i>)
CSP	Posição de início das buscas (<i>Commence Search Point</i>)
CST	Hora de início das buscas (<i>Commence Search Time</i>)
DAA	Destacamento Aéreo dos Açores
DAM	Destacamento Aéreo da Madeira
DETRESFA	Fase de Emergência (<i>Distress Phase</i>)
DL	Decreto-Lei
DR	<i>Death Reckoning</i>
E	Erro (<i>Error</i>)
EDS	<i>Environmental Data Server</i>
EIP	Posição Estimada do Incidente (<i>Estimated Incident Position</i>)
EMFA	Estado Maior da Força Aérea
EQM	Erro Quadrático Médio
ESRI	<i>Environmental Systems Research Institute</i>
EUA	Estados Unidos da América
FAP	Força Aérea Portuguesa
FIR	Região de Informação de Voo (<i>Flight Information Region</i>)
F/V	Pesqueiro (<i>Fishing Vessel</i>)
GDH	Grupo Data/Hora
GIS	Sistema de Informação Geográfica (<i>Geographic Information System</i>)
GMDSS	Sistema Global de Segurança e Emergência em ambiente Marítimo (<i>Global Maritime Distress Safety System</i>)
GUI	<i>Graphical User Interface</i>
GS	Velocidade sobre o terreno (<i>Ground Speed</i>)
ICAO	Organização da Aviação Civil Internacional (<i>International Civil Aviation Organization</i>)
IH	Instituto Hidrográfico

IMO	Organização Internacional Marítima (<i>International Maritime Organization</i>)
INCERFA	Fase de Incerteza (<i>Uncertainty Phase</i>)
JAWS	<i>Joint Automated Work Sheets</i>
JRCC	Centro Coordenador de Busca e Salvamento Conjunto (<i>Joint Rescue Coordination Center</i>)
KT/KTS	Nós (<i>Knots</i>)
LKP	Última Posição Conhecida (<i>Last Known Position</i>)
LPAZ	Indicativo ICAO para o Aeródromo de Santa Maria
LPBJ	Indicativo ICAO para a Base Aérea de Beja
LPFL	Indicativo ICAO para o Aeródromo das Flores
LPLA	Indicativo ICAO para a Base Aérea das Lajes
LPHR	Indicativo ICAO para o Aeródromo da Horta
LPMR	Base Aérea de Monte Real
LPMT	Base Aérea do Montijo
LPOV	Aeródromo de Manobra de Ovar
LPPD	Aeroporto Internacional João Paulo II
LPPS	Aeródromo de Manobra de Porto Santo
LW	Deriva (por ação do vento) (<i>Leeway</i>)
MAI	Ministério da Administração Interna
MDN	Ministro da Defesa Nacional
METAR	Reporte meteorológico de aeródromo (<i>Meteorological Aerodrome Report</i>)
MTC	Ministro dos Transportes e Comunicações
MRCC	Centro Coordenador de Busca e Salvamento Marítimo (<i>Maritime Rescue Coordination Centre</i>)
OSC	Coordenador no teatro de operações (<i>On Scene Coordinator</i>)
POB	Pessoas a bordo (<i>Persons on board</i>)
POC	Probabilidade de Contenção (<i>Probability Of Containment</i>)
POD	Probabilidade de Detecção (<i>Probability Of Detection</i>)
POS	Probabilidade de Sucesso (<i>Probability Of Success</i>)
RCC	Centro de Busca e Salvamento (<i>Rescue Coordination Centre</i>)
RMS	<i>Royal Mail Ship / Royal Mail Steamer</i>
RMSE	Raiz do Erro Quadrático Médio (<i>Root Mean Square Error</i>)
SAROPS	<i>Search And Rescue Operations Planning System</i>
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIM	Simulador
SMC	Coordenador de Missões de Busca e Salvamento (<i>SAR Mission Coordinator</i>)
SNBSA	Serviço Nacional de Busca e Salvamento Aéreo
SOLAS	Salvaguarda da Vida Humana no Mar (<i>Safety Of Life At Sea</i>)
SR	Razão de Separação (<i>Separation Ratio</i>)
SRPCBA	Serviço Regional de Proteção Civil e Bombeiros dos Açores
SRR	Região de Busca e Salvamento (<i>Search and Rescue Region</i>)

SRU	Meio de Busca e Salvamento (<i>Search and Rescue Unit</i>)
S/V	Veleiro (<i>Sailing Vessel</i>)
TAS	Velocidade sobre a massa de ar (<i>True Air Speed</i>)
TWC	Corrente Marítima Total (<i>Total Water Current</i>)
USCG	Guarda Costeira Norte-Americana (<i>United States Coast Guard</i>)
Z	Hora Zulu / UTC
ZOPS	Zona de Operações
λ	Longitude
φ	Latitude
24/7	Vinte e quatro horas por dia, sete dias por semana

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento

Uns chamam-lhe oceano, para outros, porém, é simplesmente o mar. A ciência define aquele que outrora foi conhecido como o domínio de *Posídon* como um dos primordiais componentes da Terra, sendo o principal constituinte da hidrosfera, ocupando cerca de 71% deste nosso mundo. Dotado de biologia própria, é, segundo apontam teses e dissertações, o berço da vida (Oparin, 1924). Detentor, também, de vida própria, este elemento é o objeto de estudo de milhares de homens e mulheres da ciência e prever o seu comportamento pode tornar-se uma tarefa difícil perante a complexidade, a magnitude e a imensidão desta entidade global que é o mar. Uma tarefa difícil contudo necessária, pois compreender o mar e fornecer este conhecimento aos demais, através de exemplos como o da Figura 1.1, condiciona toda a visão que se tem do mesmo e orienta o planeamento das atividades que nele têm lugar. Compreender o mar poderá até, quem diria, salvar vidas.

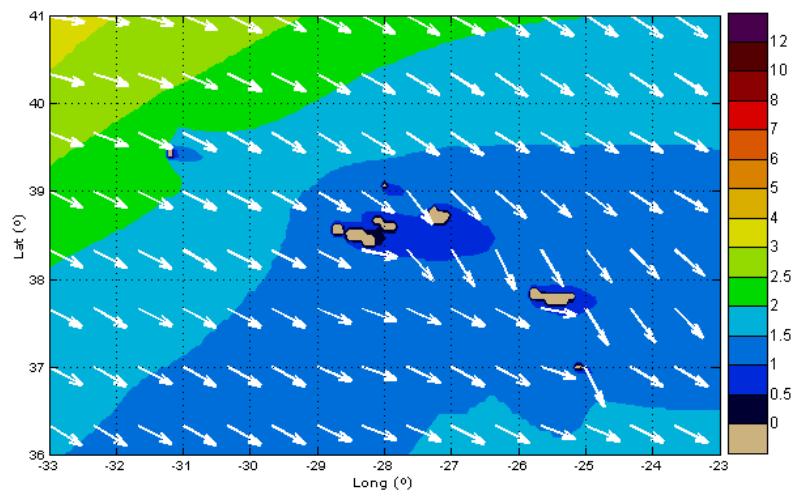


Figura 1.1 - Carta de agitação marítima do Arquipélago dos Açores (IH, 25JAN2014).

Fatos à parte, para uma imensidão de pessoas o mar é mais que números, o mar é a segunda casa, onde podem muitas vezes passar tanto ou mais tempo que na primeira. Quando se navega pelos mares desse mundo, quer seja pelo dever da profissão, pelo prazer de uma atividade lúdica ou pela simples necessidade de deslocação, é necessário ter presente que o benefício que se retira do relacionamento com o mar pode muitas vezes ser largamente ultrapassado pelo prejuízo de perder bens ou mesmo vidas. A questão é que, em ambiente marítimo, nas piores situações, a vida vai-se perdendo a uma velocidade alarmante (Figura 1.2). E como tal, é um conforto enorme saber que, se algo correr mal, existe alguém algures pronto a prestar o auxílio necessário e a fazer tudo o que estiver ao seu alcance, e muitas vezes para lá do seu alcance, para auxiliar quem se encontra em dificuldades em pleno oceano. Este projeto vai destacar, sobretudo, o papel daquele que, na temática *Search And Rescue* (SAR) é conhecido

como o *SAR Mission Coordinator (SMC)*, vulgo Coordenador de Missão de Busca e Salvamento. É a este indivíduo que é atribuída a responsabilidade de iniciar, conduzir, controlar e coordenar uma missão SAR, sendo ele a chave para o sucesso da missão, uma vez que é sua a gestão da mesma. Tendo assim em conta que o sucesso da missão depende em grande parte desta figura, erros e falhas são ocorrências que o próprio SMC não se permite ter. Trata-se contudo de um ser humano, e com todo o *stress* que uma missão SAR pode acarretar, como ser humano que é, vai acabar com o decorrer da operação por ficar permeável a interpretações e julgamentos processados por uma mente sobrecarregada. É neste aspeto que este projeto pretende ser uma mais-valia e é este o problema que este trabalho visa colmatar. Subtrair o peso de efetuar cálculos complexos à quantidade de tarefas que num curto espaço de tempo se amontoam sob tutela do SMC, esta ferramenta pode ser uma ajuda extremamente valiosa, não só porque diminui o tempo “perdido” com cálculos, como, efetuando os mesmos através de uma máquina, estamos a diminuir a incerteza e a mente fica liberta para lidar com toda aquela informação que necessita realmente do discernimento humano.

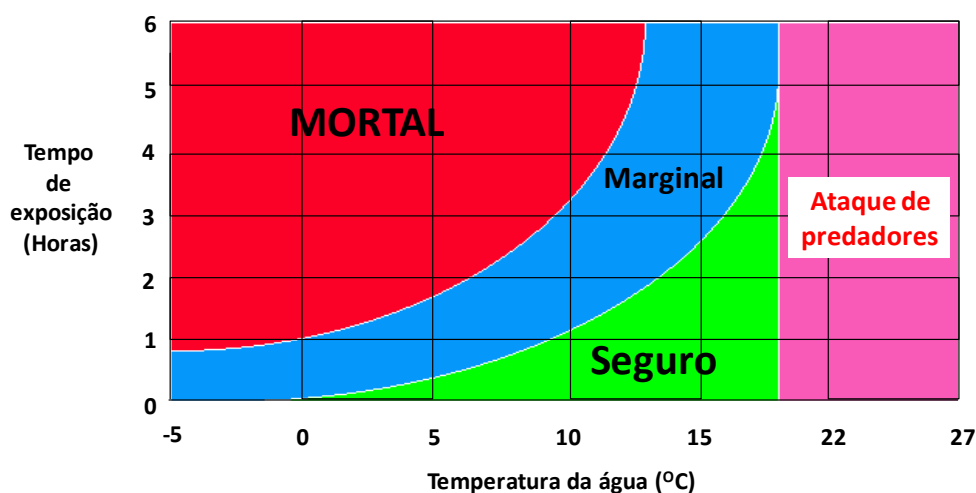


Figura 1.2 - Degradação da capacidade de sobrevivência no mar em função do tempo

O mundo da busca e salvamento estende-se, contudo, muito para além do SMC. É um mundo para o qual não existem fronteiras, idiomas e muito menos raças ou religiões. Ao longo da História, e após uma sucedânea de acontecimentos que marcaram a evolução da cultura de segurança que hoje observamos na maioria das atividades do domínio marítimo, chegamos ao nível em que possuímos uma complexa estrutura organizacional que relaciona um conjunto de entidades regionais, nacionais e internacionais que, para além de laborarem pelos objetivos próprios da sua atividade específica, apontam para um objetivo comum que é a salvaguarda da vida humana. Embora o mar seja o dinamizador de todo o ambiente que se pretende estudar e compreender, a observação do problema vai ser efetuada sobretudo do ar. É do ponto de vista aeronáutico que o problema vai ser estudado e é sobretudo para uma aeronave que os resultados expectados se destinam. É relevante nesta instância registar que existem, regra geral, três entidades a nível nacional responsáveis pela atividade da busca e salvamento. São elas a Autoridade Nacional de Proteção Civil (ANPC), a Marinha e a Força Aérea, todas elas cooperando estritamente entre si para um objetivo comum, com áreas de jurisdição devidamente

delineadas, não sendo isso motivo para que uma não empenhe meios para prestar auxílio às congéneres. Trata-se de uma relação sinérgica, que mais uma vez opera por um bem maior. Embora este projeto seja realizado no seio da Força Aérea Portuguesa, tendo sido por isso pensado para servir as necessidades desta instituição, os seus benefícios poder-se-ão estender para outras entidades, devendo, por isso, ser aproveitados.

Tendo em conta a natureza espacial que caracteriza a temática SAR, a aplicação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) pode facilmente catalisar a capacidade de processamento de toda a operação. Atualmente, os SIG disponibilizam uma série de ferramentas que, com conhecimento de causa, podem ser bastante vantajosas na otimização do processo de análise espacial e de criação de informação geográfica de apoio à decisão.

Munir os serviços de busca e salvamento de ferramentas SIG, é, portanto, uma necessidade, particularmente quando se tem em conta o carácter urgente que define esta área de atuação.

O panorama português no que à atividade da busca e salvamento diz respeito, desde as dimensões da sua área de responsabilidade aos fenómenos ambientais que em toda a sua extensão é possível observar, torna-o num dos mais completos e complexos a nível global. E essa é uma das razões porque somos, segundo os organizadores de diversas regatas, “um bom país para naufragar”. Uma questão é certa, mares calmos não fazem bons marinheiros!

1.2. Objetivos

Uma vez identificado um dos principais problemas com que o SMC tem de se defrontar, ou seja, o tempo disponível para o planeamento de uma missão SAR, foi possível reunir informação concreta, passível de ser analisada, de modo a extrair possíveis opções para a sua solução.

No âmbito da temática da busca e salvamento, definem-se os seguintes objetivos para este trabalho:

- Conceptualizar e produzir uma ferramenta capaz de, mediante a introdução de dados essenciais, calcular automaticamente a posição geográfica de um objeto conhecido após este sofrer ação da deriva marítima ao longo de um determinado período de tempo.
- Ampliar a automatização da ferramenta ao nível de criação de uma carta onde sejam representadas graficamente as posições geográficas determinadas, bem como a área de busca, também ela previamente calculada, que traduz o conjunto de todas as posições geográficas onde existe probabilidade de encontrar o objeto em questão.
- Testar a ferramenta que resultará da combinação do DATA CALCULATOR e do AREA CALCULATOR e que tomará a designação de SAR-PT, o acrónimo de *Search And*

Rescue Planning Tool, designação que pretende também ser ambígua ao ponto de criar uma alusão às operações de busca e salvamento (SAR) em Portugal (PT).

Neste trabalho, é possível ainda discernir um conjunto de objetivos secundários que promovem, quer o atingir dos objetivos primários, quer a fundamentação de uma série de premissas que se pretendem validar.

- Reunir toda uma série de conceitos que suportam o Sistema para a Busca e Salvamento a nível nacional e internacional, permitindo a compreensão do mesmo após a leitura deste trabalho;
- Criar um documento único que permita aos novos SMC contextualizar, histórica e legalmente, todo o Sistema SAR, bem como abordar de forma detalhada um dos métodos mais utilizados para cálculo de derivas marítimas;
- Reunir toda uma série de conceitos da área da cartografia matemática que possam auxiliar na concetualização de novos projetos que permitam tornar a resposta dos RCC mais eficaz e eficiente;
- Obter uma análise espacial operacional decorrente da sobreposição dos vários raios de ação das diferentes aeronaves afetas à Força Aérea Portuguesa (FAP) na Região de Busca e Salvamento (SRR) de Santa Maria;
- Mostrar a simplicidade com que se torna possível produzir ferramentas que permitam tornar um trabalho complexo numa série de ações simples, mantendo ou até mesmo elevando a qualidade dos dados resultantes.

1.3. Organização do trabalho

Visando estabelecer uma abordagem funcional à temática da busca e salvamento, ao longo de todo este documento são abordadas diferentes temáticas de modo a providenciar os conhecimentos básicos essenciais à compreensão da importância do resultado final deste projeto. Todas essas temáticas servem assim o propósito único de fundamentar a criação do SAR-PT, sendo a sua organização explicada no presente sub capítulo.

Neste Capítulo 1 pretende-se elaborar uma breve introdução à temática da busca e salvamento, possibilitando o enquadramento da situação e a delineação inicial da problemática que se pretende abordar. Uma vez identificado o problema, são também delineados os objetivos estabelecidos a fim de colmatar o mesmo.

O Capítulo 2, referente à Revisão Bibliográfica, visa reunir todo um conjunto de informação que possibilita entender os motivos e os propósitos que levaram à atual conjuntura

SAR, quer nacional, quer internacional. Desde factos históricos até aos documentos e convenções que legalmente estabelecem a área de atuação dos serviços de busca e salvamento, pretende-se sobretudo abordar o passado para que se possa compreender o presente e melhor definir o futuro. Neste capítulo são ainda abordados as diversas técnicas e ferramentas atualmente utilizadas para processar missões de busca e salvamento, de modo a que se consiga compreender o que já existe e de que maneiras podem esses mesmos recursos ser utilizados para melhorar a resposta esperada, produzindo uma ferramenta devidamente adaptada às necessidades. Por último, são abordados ainda uma série de conteúdos relativos às ciências matemáticas, são assim revistos alguns conceitos que compõem a Geometria Analítica, a base do método previsto no *International Aeronautical and Maritime Search And Rescue Manual* (IAMSAR) que recorre fundamentalmente à teoria dos vetores, e a Trigonometria Esférica, que possibilita analisar toda a informação vetorial necessária de uma perspetiva tridimensional, tendo em conta a superfície esférica, entenda-se curvatura, da Terra.

O Capítulo 3 apresenta a complexidade da resolução manual do método IAMSAR. Tendo em conta uma situação devidamente predefinida em que o método poderá ser aplicado, será essa mesma situação resolvida com recurso ao método IAMSAR, sendo todo o processo analisado e demonstrado detalhadamente.

O Capítulo 4 reúne toda a informação essencial referente à SRR de Santa Maria. Pretende também demonstrar de que forma os meios aeronáuticos que se encontram à disposição da entidade coordenadora se relacionam com essa mesma área, e de que forma poderão ser empenhados de acordo com as diversas situações possíveis.

No Capítulo 5, são apresentados os recursos utilizados para construir o SAR-PT, a ferramenta que traduz o objetivo deste trabalho.

No Capítulo 6, é apresentado e analisado o SAR-PT, sendo utilizado para resolver a mesma situação proposta no Capítulo 3, de modo a que se consigam estabelecer comparações iniciais de alguns parâmetros gerais. O SAR-PT será aplicado a sete casos de estudo que servirão para validar a nova ferramenta.

No Capítulo 7 são apresentados e discutidos os resultados obtidos, de forma a identificar as vantagens da utilização do SAR-PT. Será também incluído o testemunho de quem diariamente lida com operações SAR.

As conclusões obtidas neste projeto são apresentadas no Capítulo 8.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Evolução do conceito SAR e da segurança em ambiente marítimo

Para realmente entender a complexidade das operações de busca e salvamento em ambiente marítimo torna-se necessário ter noção da evolução dos acontecimentos até ao nível em que hoje nos encontramos. Muitos foram os eventos que no passado ditaram as regras que levaram ao panorama que hoje observamos e para se chegar ao ponto em que temos embarcações e aeronaves a trabalharem em conjunto e de modo coordenado para prestar auxílio a quem se encontra em dificuldades no mar foi necessária uma extraordinária capacidade de organização, intelecto e audácia.

2.1.1. Dos cascos de madeira às superestruturas de aço

Desde que o Homem deu início à sua relação com o mar que cedo se apercebeu da imponente adjacência a este elemento, bem como de toda a dinâmica envolvente do meio marítimo. Cedo se deu conta que do mar tanto advém o proveito e a bonança como o perigo e a fatalidade. O Homem começou assim a tomar consciência que empreendimentos relacionados com o mar podem, por um lado, ser projetos bastante rentáveis, mas também providos de danos e perdas imensuráveis.

A História da navegação marítima mostra-nos que as necessidades subsequentes à segurança foram surgindo gradualmente na sequência de desastres e acidentes, provocando alterações importantes na maneira de pensar e operar, mudando-se hábitos e atitudes perante esse “adversário” poderoso que é o mar.

Com o início das grandes travessias ultramarinas e com a expansão do comércio e do transporte por via marítima, o mar imiscui-se de tal forma no quotidiano da sociedade que ocorrências nefastas, como sejam naufrágios e afogamentos, foram tidos como produto resultante do normal decurso do dia-a-dia.

A ideia de que em tempos antigos a sinistralidade no mar era menor, quer seja pelo tamanho modesto das embarcações, pelo menor número, ou até mesmo pelas formas rudimentares de locomoção, a remos ou com recurso a velas, não podia estar mais errada. Além da total inexistência de equipamentos de segurança, o conhecimento científico da altura não permitia que fatores como ventos e marés fossem abordados como são hoje no processo de navegação, levando as embarcações a enfrentar pesadas tormentas. Para que se tenha noção da precariedade existente, era comum observar embarcações envoltas em cordas para impedir danos estruturais significativos por tanto serem batidas pela força do mar.

Devido à evolução da percepção e entendimento daquilo que podia correr mal, assistimos assim às primeiras tentativas legais para impedir a ocorrência de acidentes no mar. Da época do domínio romano chega até aos dias de hoje a *Lex Rhodia de Jactu* (Boisson, 1999), uma lei que

permitia o lançamento de carga ao mar na medida em que tornar a embarcação mais leve incrementava a segurança da mesma. O prejuízo com esta ação teria de ser suportado pelo proprietário da embarcação e pelos donos da carga, numa questão que viria mais tarde a dar origem ao conceito de “responsabilidades de seguro”. Não é raro encontrar vestígios de naufrágios ou carga com características de civilizações passadas, sobretudo no Mediterrâneo, tal como mostra a Figura 2.1. Com a experiência foram sendo adquiridos conhecimentos suficientes para implementar cada vez mais e melhores medidas de segurança. Exemplo disto mesmo são as proibições de uso de velas no Inverno, como forma de impedir que as embarcações fossem sujeitas a forças superiores à sua capacidade de resistência. Podemos apontar também as condicionantes de deixar os portos durante o período da noite com céus nublados, o que impedia a observação das estrelas e dificultava a navegação. Com estas medidas chegaram também as sanções administrativas e cabia aos oficiais dos portos a inspeção das embarcações, bem como a emissão do *dimissorium*, um documento que atestava as condições de segurança e permitia à embarcação abandonar o porto onde se encontrava atracada.

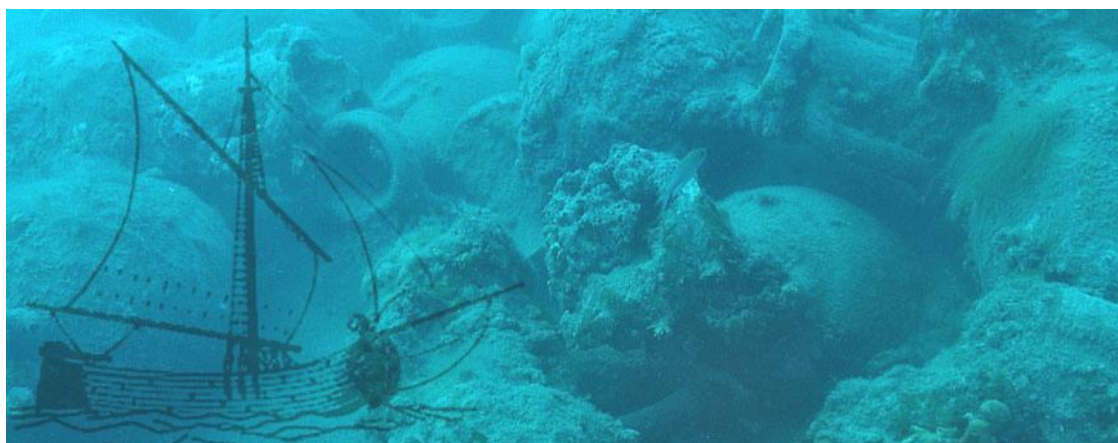


Figura 2.1 - Marcas de naufrágios da época do domínio romano

Os principais avanços na legislação marítima para a segurança chegam, contudo, na Idade Média. Desta época datam os primeiros atos legais que regulamentavam o processo de carregamento dos navios, tendo sido estabelecidas medidas que visavam travar os atos abusivos de carregamentos excessivos a fim de obtenção de maiores lucros, em detrimento, claro está, da segurança em viagem. No ano de 1255, em Veneza, era já comum observar marcas nos navios que permitiam verificar a carga que este poderia transportar. Já do ano de 1330 existem registos de regras muito precisas para o cálculo da carga máxima de determinados navios. A acompanhar estas regras vinham também uma série de funcionários cuja tarefa era única e exclusivamente inspecionar a carga e aplicar coimas a quem se encontrasse em desacordo com a lei.

Apesar de todas as medidas que foram surgindo, os naufrágios continuaram uma ocorrência comum no Mediterrâneo, especialmente durante o período do Inverno. Com o passar das décadas os princípios de segurança do comércio sofreram poucas alterações e as que iam surgindo visavam sobretudo a introdução de legislação que permitia a compensação e proteção dos

interesses financeiros dos armadores. As inovações tecnológicas que acompanharam a Revolução Industrial estimularam desmesuradamente o desenvolvimento do transporte marítimo durante o século XIX. Os desenvolvimentos mais importantes foram, sem dúvida, a introdução de motores a vapor a bordo dos navios e a construção destes em ferro, seguindo-se o aço. Estes avanços na tecnologia naval foram, no entanto, acompanhados por um aumento dos riscos no mar, sobretudo devido ao maior número, ao tamanho e à velocidade das embarcações.

E é com este panorama, com a constante tentativa humana de impor o seu domínio sobre o mar que, sem que nada o fizesse antever, o mundo assiste ao acidente naval que mais impacto teve a nível global. O principal marco na história da segurança naval e, sem dúvida, o ponto de viragem na forma de encarar o mar, deu-se quando, para grande surpresa e choque da sociedade, aquele se pensava inafundável, naufragou...

2.1.2. TITANIC, o ponto de viragem

Na manhã do dia 14 de abril de 1912, Edward Smith, Capitão do RMS TITANIC (Figura 2.2) cancelou um exercício agendado a bordo que visava incutir aos tripulantes os procedimentos para gestão de passageiros em botes salva-vidas. Ao que consta dos registos, este exercício iria perturbar a manhã dos passageiros, após uma noite de festejo.

Ao entardecer, por volta das 17:50 são recebidos na sala de comunicações avisos de gelo ao longo da rota que estaria a ser praticada. O Capitão Smith altera a rota ligeiramente para sul, sem contudo abrandar a velocidade da embarcação. Seria fundamental cumprir os prazos e atestar a magnificência daquele navio, impossível de afundar. Às 21:40, o navio MESABA envia um registo ao TITANIC informando-o de uma zona de *icebergs* que continha, segundo avistamento, enormes montanhas de gelo flutuante. Ao que parece, Jack Phillips, operador de radiocomunicações estaria a processar mensagens dos passageiros, negligenciando esta mensagem crucial que nunca viria a chegar ao conhecimento da ponte do navio.

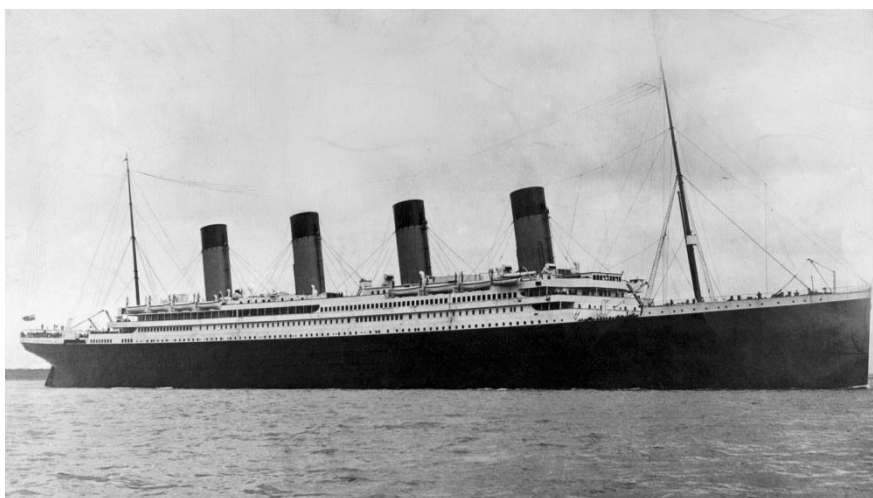


Figura 2.2 - RMS TITANIC

Observam-se, assim, uma série de acontecimentos que contribuíram para a tragédia que se viria a verificar nessa noite. Com mais ou menos detalhe, é de cultura geral a história do desastre do TITANIC. A noite e o mar estariam incrivelmente calmos, tornando difícil a quem estaria de vigia reconhecer objetos flutuantes como *icebergs*, que seriam facilmente avistados pela rebentação da ondulação na sua orla. Por volta das 23:35, os vigias avistam algo indefinido na rota da embarcação, tocando três vezes a sineta de que dispunham, uma ação de aviso predeterminada para avisar quem se encontrasse na ponte. Esta ação não foi contudo suficiente para impedir que um *iceberg* de consideráveis proporções colidisse contra o TITANIC, arrastando-se e rasgando parte da lateral da embarcação. O primeiro reporte recebido pelo Capitão Smith informava que o compartimento do correio se encontrava cheio de água. Reportes posteriores indicaram que cinco compartimentos se encontravam inundados. A embarcação estaria desenhada para permitir a flutuação e navegação com até quatro compartimentos inundados. Após uma análise estrutural efetuada pelo engenheiro naval Thomas Andrews, *designer* do TITANIC e que se encontrava a bordo, a sua estima para o desfecho daquela ocorrência estava calculada. O TITANIC afundar-se-ia dentro de uma a duas horas...

Русское Восточно-Азиатское Пароходство.
The Russian East Asiatic S. S. Co. Radio-Telegram.

Received from _____
1 19 _____
by _____

S. S. *Birma*

Delivered to _____
1 19 _____
by _____

No	Words.	Origin. Station.	Time handed in	Via	Remarks.
<i>69.</i>		<i>Titanic</i>	<i>11.50^H 19^M April 14-15</i>		<i>Distress Call Sigs Sound</i>

*Cgd - sos. from M.S.Y
We have struck iceberg sinking
fast come to our assistance
Position Lat 41.46' N. Lon 50 14 W
M.S.Y
A. L. Barron
S.O. Ward.*

Figura 2.3 - Mensagem de SOS emitida pelo TITANIC e recebida pelo BIRMA

Por volta das 02:20 do dia 15 de abril, o TITANIC parte-se em dois e desaparece no breu oceânico, traçando assim o destino dos 2208 indivíduos que se encontravam a bordo, dos quais só 705 sobreviveram. Embora o número de botes fosse, já à partida, insuficiente para todos os que se encontravam a bordo, o número de sobreviventes poderia ter sido muito superior, não fosse a má gestão dos mesmos, tendo-se verificado desde botes naufragados a botes com apenas doze passageiros, sendo a sua lotação para sessenta.

O famoso naufrágio do TITANIC correu o mundo nos dias seguintes. Afinal, os acidentes de grande magnitude no mar eram uma realidade bem presente e talvez os procedimentos não estivessem tão bem definidos como seria de esperar.

O acidente do TITANIC fez surgir sérias questões relativas à segurança no mar. As mais importantes organizações de controlo marítimo surgiram ou foram exponenciadas na sequência deste acidente, daí que o mesmo seja considerado como o virar de uma página importante na história da relação da humanidade com o mar. No seguimento desta situação, teve lugar o evento que é por muitos considerado como o primeiro passo dado após o acidente do TITANIC, rumo à melhoria do panorama da altura. Teve lugar a convenção cujas linhas orientadoras ainda hoje persistem, aquela que ficou conhecida como a convenção SOLAS.

2.1.3. SOLAS

A Convenção SOLAS, desde o seu primeiro evento e passando pelas suas sucessivas atualizações e emendas que tiveram lugar ao longo do século XX, conjuram aquele que é unanimemente considerado como o tratado mais importante no que à matéria de segurança e socorro das embarcações diz respeito.

Foi em 1914, em jeito de reação ao naufrágio do RMS TITANIC, que teve lugar a primeira *International Convention to the Safety Of Life At Sea - SOLAS*. Com a morte de mais de 1500 pessoas no famigerado naufrágio, muitas foram as questões levantadas no que concerne à segurança a bordo. E foi a tamanha preocupação que se instalou em volta desta temática que levou o governo do Reino Unido a propor a realização de uma conferência que visasse a abordagem do assunto e a criação de regulamentos internacionais. Nos encontros que decorreram no âmbito deste evento estiveram presentes representantes de treze países e deles saíram as primeiras linhas de um regulamento que viria no futuro a ser globalmente aceite. Dessas orientações constam, a título de exemplo, a regulamentação de equipamentos salva-vidas e de combate a incêndios a bordo e a obrigação de posse de equipamentos de radiocomunicação em embarcações destinadas ao transporte de mais de 50 passageiros.

A Convenção SOLAS foi oficialmente publicada a 20 de janeiro de 1914. Devido ao emergente conflito que viria a ser conhecido como a Primeira Grande Guerra, apenas cinco estados viriam a assinar e adotar esta convenção. Não passou, contudo, muito tempo sem que os estados aderentes crescessem em número, aderindo a esta convenção.

No que toca à evolução desta Convenção, existiram mais cinco eventos, cada um deles com mais estados participantes, levando ao que hoje existe como Convenção SOLAS. Teve lugar uma segunda edição da Convenção em 1929, onde já estiveram presentes dezoito países, e um terceiro encontro em 1948. Este ano foi profícuo para as entidades marítimas, uma vez que foi criada a 6 de março a *Inter-Governmental Maritime Consultative Organization*, que veria a sua designação alterada em maio de 1982 para *Internacional Maritime Organization*, aquela que é hoje conhecida como IMO. A “quarta” Convenção SOLAS teve lugar em 1960 e daqui surgiram as necessidades de acompanhamento de regulamentações de acordo com os avanços tecnológicos

que se faziam sentir na época. Aqui surge o conceito de “emenda”, uma atualização de uma dada informação regulamentada que deveria ser ratificada pelos estados envolvidos, tornando desnecessário promover todo um encontro.

A última grande Convenção SOLAS teve lugar em Londres, de 21 de outubro a 1 de novembro de 1974. Nela estiveram presentes representantes de 71 países, tendo-se verificado uma profunda revisão às convenções anteriores. Devido à sua reestruturação e às numerosas emendas que periodicamente surgem desde então, esta é a versão que ainda hoje se mantém em vigor e que delineou a Convenção como a conhecemos hoje.

2.1.4. Do mar para o ar

Da mesma forma que não é objetivo deste trabalho incidir na História Naval, também não o é relativamente à História da Aviação. Contudo, e uma vez que a aeronáutica é parte principal de todo o processo de busca e salvamento, torna-se essencial abordar a evolução do conceito aéreo para, por um lado, entender que operações SAR no mar em torno de aeronaves são das ações mais complexas que podem surgir, e por outro ter conhecimento da flexibilidade e prontidão que as aeronaves trouxeram para o mundo da busca e salvamento.

Seja água ou seja ar, é tudo uma questão de mecânica de fluidos e a questão aqui é que o Homem conseguiu dominar estes dois ambientes de forma a conseguir deslocar-se no seu meio de forma eficaz, embora nem sempre de forma tão eficiente quanto seria desejável.

A evolução da aviação é, em opinião própria, dos fenómenos mais espantosos em toda a história da humanidade. Ainda na época Renascentista, o mundo assiste pela primeira vez à concetualização de diversas máquinas voadoras por parte do génio Leonardo Da Vinci. Estes aparelhos desafiavam teoricamente a gravidade recorrendo a diferentes mecanismos. “Voando” até ao dia 8 de agosto de 1709, testemunhamos pela primeira vez um desafio à gravidade quando o português Bartolomeu de Gusmão eleva pela primeira vez, de forma autónoma, um objeto nos ares. Durante alguns momentos, este padre jesuíta inventor deixa pasmada toda a corte de D. João V ao fazer levitar a sua Passarola, que mais não era que aquilo que conhecemos hoje como um balão de ar quente. Apesar do invento ter supostamente colidido com a janela, pegando fogo às cortinas da sala, a ideia de que o homem poderia voar estava mais forte que nunca. Embora ainda presos ao conceito de aeróstato, verificou-se em 1783 o primeiro voo tripulado pelo homem num balão de ar quente, produzido pelos irmãos Montgolfier. O percurso deste aeróstato era no entanto incontrolável, trazendo a esta atividade um caráter tão lúdico quanto perigoso.

Cedo o homem percebeu que navegar no ar não era assim tão diferente de navegar no mar. Em 1852 deu-se o invento do dirigível. Esta máquina do ar inovava por ser controlável recorrendo a lemes e motores, tal como nas embarcações. Nesse mesmo ano, o dirigível faz o seu primeiro voo comandado por Henri Gifford, totalizando uma distância de 24 km. Foi, por fim, a primeira aeronave a ser considerada viável para transporte de passageiros e para fins militares, tendo sido, inclusive, utilizada para bombardeamentos durante a 1ª Guerra Mundial.

Paralelamente à evolução do dirigível, as teorias de voo com máquinas mais pesadas que o ar começaram também a surgir. Após trabalhos com planadores efetuados por George Cayley, aquele que é considerado o pai da ciência física aerodinâmica e após os estudos da asa por parte Frank Wenham, criador do túnel de vento, está iniciada a era da engenharia aeronáutica, sendo a década de 1980 um período fervilhante em descobertas nesta área. Desta época sobressaem diversos nomes, que são hoje associados aos pioneiros da aviação. De entre eles encontramos o de Otto Lilienthal (Figura 2.4), conhecido como o pai do voo planado. Lilienthal deu continuação ao trabalho de Wenham, anteriormente referido, tendo efetuado avanços significativos a partir do mesmo. Lilienthal foi o primeiro a conseguir efetuar voos devidamente sustentados a distâncias superiores a 25 metros, tornando-se no primeiro homem a aplicar controlos de manobra a uma aeronave dita mais pesada que ar.

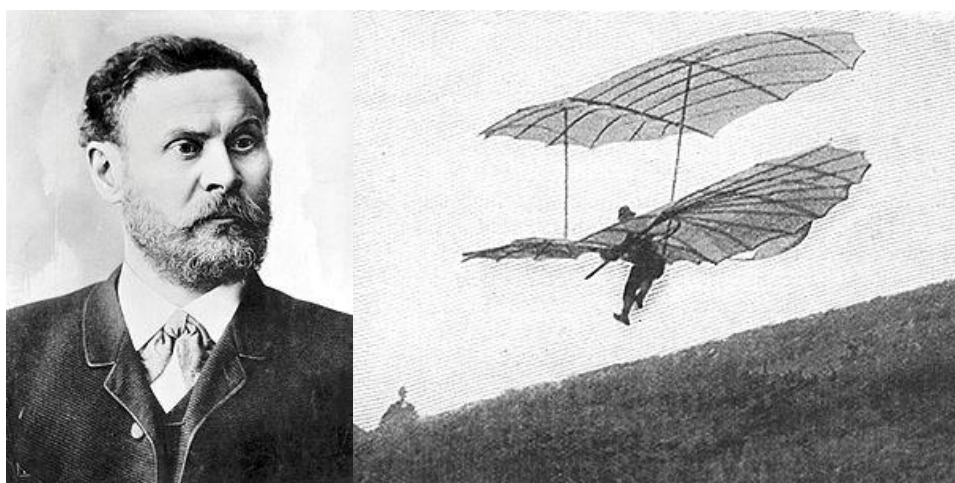


Figura 2.4 - Otto Lilienthal a manobrar os seus planadores experimentais

Tendo deixado todo o seu trabalho em matéria de pesquisa e avanços devidamente documentados, Lilienthal pode ser considerado como um dos mais importantes pioneiros da aviação. Viria a morrer a 9 de outubro de 1896 na sequência de um acidente aéreo devido a ventos cruzados repentinos. Caindo de uma altura de 17 metros, Lilienthal sofreu um traumatismo grave a nível da coluna dorsal. Com uma estima de mais de 2500 voos em diversas máquinas, as suas últimas palavras antes de morrer, ecoam ainda hoje na história da aviação:

“Sacrifices must be made...” (Lilienthal, 1986)

Foi referido anteriormente que a evolução da aviação se caracterizava por ser um fenómeno exponencial. Exponencial é mesmo a palavra que melhor define esta evolução a partir do momento em que o homem apetrechou um planador com um motor, fundamentando assim o conceito de avião e levando-o, ao longo de apenas 100 anos, até às máquinas de *design* futurista que cruzam os céus nos dias de hoje (Figura 7).

Existem registos de uma série de inventos que visavam criar máquinas similares ao que hoje conhecemos como avião. A maior parte foi um fracasso, sobretudo devido à falta de estabilidade e controlo sobre o voo. Até ao início do século XX o avanço máximo na tecnologia da

aviação verificou-se apenas com o voo não tripulado de uma máquina equipada com motor por uma distância de 1460 metros, experiência tutelada por Samuel Pierpont Langley.

A grande explosão neste crescimento exponencial dá-se mesmo no início do século XX. No período compreendido entre 1900 e 1914 situa-se aquela que é conhecida como a “Era Pioneira” da aviação, que se inicia precisamente com o sucesso do primeiro voo tripulado numa aeronave mais pesada que o ar. Controvérsia à parte, uma vez que não é unânime a atribuição deste primeiro voo com um ser humano a bordo, este feito foi atingido em momentos bastante próximos quer pelos irmãos Orville e Wilbur Wright, proprietários norte-americanos de uma fábrica de bicicletas, quer por Alberto Santos Dumont, empresário brasileiro (Costa, 2003). Os irmãos Wright efetuaram o seu primeiro voo oficial a 17 de dezembro de 1903, pilotando o *Flyer* numa praia do estado norte-americano da Carolina do Norte, sendo testemunhas quatro nadadores-salvadores e um rapaz da região. O *Flyer* necessitava no entanto de trilhos para manter o avião alinhado, vento favorável e um sistema externo de propulsão, semelhante a uma catapulta. É sobretudo nestes aspetos que os defensores de Santos Dumont se apoiam para atribuir o primeiro voo tripulado a este último, uma vez que a sua aeronave *Bis-14*, que realizou o seu primeiro voo público a 23 de outubro de 1906, era totalmente independente de mecanismos auxiliares.

Foram, no entanto, os irmãos Wright que a 7 de novembro de 1910 efetuaram o primeiro voo comercial da História, percorrendo cerca de 100 km e com a duração de uma hora e dois minutos. Este novo carácter comercial foi dos fatores que certamente mais terá contribuído para a fantástica evolução da aviação. “Maior”, “mais rápido” e “mais confortável” foram conceitos que foram sendo disputados nos anos seguintes pelos fabricantes que entretanto foram surgindo e competindo entre si, estimulando intensamente este novo alvo de investimento.

Existem, contudo, outros catalisadores da evolução da ciência, onde a aviação se encontra obviamente envolvida. Os períodos de guerra sempre se mostraram um solo fértil para os avanços tecnológicos. Ao mesmo tempo que as aeronaves de asa fixa estavam a ser desenvolvidas, o dirigível apresentou também uma séria evolução, sendo nas primeiras décadas do século XX bastante mais viável em termos bélicos e de transporte que os aviões. Exemplo disso mesmo é o famoso dirigível *Zeppelin*, de fabrico alemão.

A ideia do uso de aeronaves de asa fixa em combate foi, durante o período anterior à I Guerra Mundial, amplamente ridicularizada pelas chefias militares. Mesmo com a desconsideração de que foi alvo, o avião viria, contudo, a ser intensamente utilizado neste teatro de guerra para ataque, defesa e espionagem. A sua capacidade de efetuar reconhecimento permitindo localizar bases e forças inimigas sem que daí decorressem perigos de maior relevância acabaria por ser largamente recebida pelas entidades militares.

Uma vez inserida no meio militar, a aeronave passou assim a ser alvo de intensa pesquisa por parte dos diversos laboratórios e centros de investigação financiados e tutelados pelos estados onde se inseriam. Na II Guerra Mundial, as fações contavam já com verdadeiras fortalezas voadoras, máquinas de guerra do ar otimizadas e ferozmente concebidas para fins bélicos.

Fomentada por tantos interesses, sejam eles comerciais, militares ou simplesmente por pura investigação, a linha exponencial que representa a evolução da aviação torna-se quase vertical, só não o sendo por ser matematicamente impossível. Novos materiais são adicionados à equação, as turbo-hélices ultrapassam as tradicionais hélices de madeira e começam a aparecer as primeiras aeronaves equipadas com motor a reação. E no meio desta parafernália de inovação, surge a máquina que tão eficazmente conduz ao sucesso as diversas missões SAR que processamos nos dias de hoje. Falamos claramente do helicóptero.

Por incrível que possa parecer, os primeiros testes efetuados com sucesso numa máquina provida de asa rotativa datam quase da mesma altura em que tiveram lugar os primeiros passos dados com aeronaves de asa fixa tripuladas. Data de 1907 o primeiro registo de um voo bem-sucedido num helicóptero, que teve lugar em França pelas mãos de Paul Cornu. Contudo, só em 1937 foi apresentado ao público, pelo alemão Hanna Reitsch, um helicóptero totalmente manobrável. A especialização e desenvolvimento do helicóptero viriam somente a notar crescimento no final da década de 50 do século XX, começando a registar-se velocidades de 260 Km/h com um limite de 44 passageiros. No início dos anos 70 esta máquina voadora de asa rotativa volta a ser um ponto de interesse para colmatar objetivos militares. Sofreu assim melhorias significativas tendo sido vendida a forças armadas de todo o mundo, que ainda hoje fazem uso desta poderosa ferramenta.

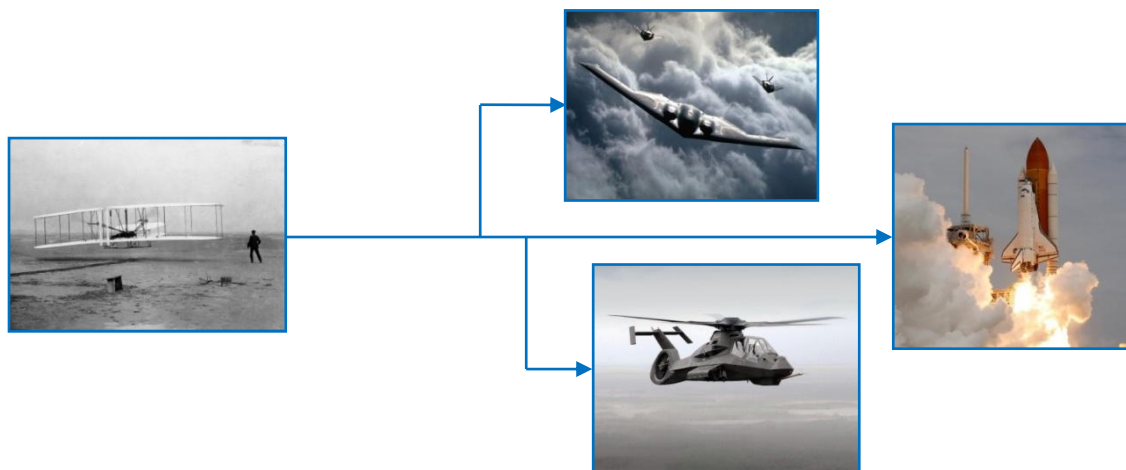


Figura 2.5 - 100 anos de evolução na aviação

Aquilo que hoje conhecemos como helicóptero é, segundo diversos autores, um avanço tecnológico e uma otimização no que a aeronaves diz respeito. Relativamente a aeronaves de asa fixa, os helicópteros possuem a mais-valia de aterrar e descolar na vertical, podendo ser utilizados para fins, e em locais, impossíveis para um avião. Os helicópteros possuem ainda uma manobralidade bastante superior, tornando-se uma ferramenta ideal para diversos tipos de operações, como sejam o transporte de pessoal e carga para locais pontuais, sendo disso exemplo as plataformas petrolíferas, operações entre embarcações, combate a incêndios, evacuações médicas, vigilância e claro está, operações de busca e salvamento. No que ao processo de busca e salvamento diz respeito, este tipo de aeronave permite o resgate em zonas difíceis, de que são exemplo os mares, zonas de elevada densidade de vegetação, penhascos e

falésias. Esta aeronave peca sobretudo pela sua autonomia, raio de ação e capacidade de carga, limitando assim o alcance e o poder de decisão do SMC durante o planeamento de missões SAR.

2.1.5. A Convenção de Chicago e o seu Anexo 12

Após sucessivas conferências e convenções que tiveram lugar a fim de regulamentar devidamente, e de acordo com as necessidades, a atividade aérea, surgiu a necessidade de criar um diploma único que reunisse e revisse toda a informação, regulamentos e legislação aeronáutica criada até então.

No seguimento do final da 2ª Guerra Mundial, sentiu-se a necessidade de organizar o espaço aéreo, fixando para este um novo estatuto. Teve assim lugar a 7 de dezembro de 1944, nos EUA, a Convenção de Chicago. Esta Convenção estabeleceu os princípios da organização que hoje conhecemos como ICAO, o órgão máximo mundial a nível de regulamentação da atividade aérea. Segundo os termos do Artigo 44º da Convenção de Chicago, a ICAO tem por objetivo o desenvolvimento dos princípios e técnicas de navegação aérea bem como estimular o planeamento e o desenvolvimento do transporte aéreo internacional.

As linhas orientadoras da ICAO regem-se sobretudo pela estrutura da Convenção de Chicago. Tal como é hoje conhecida, a Convenção divide-se em quatro partes:

- PARTE I - Navegação Aérea
- PARTE II - Organização da Aviação Civil Internacional
- PARTE III - Transporte Aéreo Internacional
- PARTE IV - Disposições Gerais

Tal como já foi referido, desta Convenção resulta uma organização importante do espaço aéreo mundial. Poderá não ter sido propositado, mas a divisão do espaço aéreo em regiões que hoje conhecemos como FIR, foi um dos passos mais importantes para a organização do sistema SAR global, tal como mais à frente será analisado, nomeadamente no subcapítulo 2.1.6.

Existem ainda dezanove anexos a esta Convenção, também conhecidos como Anexos ICAO que regulamentam diversos tópicos bastante específicos da atividade aérea, sendo um dos quais vital para o desenvolvimento da temática onde se insere este trabalho. Abaixo encontram-se listados todos os Anexos ICAO:

- Anexo 1 - Licenças de Pessoal
- Anexo 2 - Regras do Ar
- Anexo 3 - Meteorologia
- Anexo 4 - Cartas Aeronáuticas
- Anexo 5 - Unidades de Medida
- Anexo 6 - Operação de Aeronaves
- Anexo 7 - Marcas de Nacionalidade e Registo de Aeronaves

- Anexo 8 - Navegabilidade de Aeronaves
- Anexo 9 - Facilitação
- Anexo 10 - Telecomunicações Aeronáuticas
- Anexo 11 - Serviços de Tráfego Aéreo
- **Anexo 12 - Busca e Salvamento**
- Anexo 13 - Investigação de Acidentes
- Anexo 14 - Aeródromos
- Anexo 15 - Serviços de Informação Aeronáutica
- Anexo 16 - Redução do Ruído de Aeronaves
- Anexo 17 - Segurança / Proteção da Aviação Civil contra Atos de Intervenção Ilícita
- Anexo 18 - Segurança no Transporte de Mercadorias Perigosas
- Anexo 19 - Gestão da Segurança

Existe um Anexo ICAO exclusivamente dedicado a operações SAR, o Anexo 12 - Busca e Salvamento.

O Anexo 12 da ICAO é um documento que se encontra orientado para a normalização dos serviços SAR a nível global, sendo a fonte que melhor define os trâmites da cooperação internacional aeronáutica em matéria de busca e salvamento. Encontra-se dividido em cinco capítulos, destinado cada um deles a abordar uma temática geral SAR. Os mesmos contemplam as seguintes matérias:

- Capítulo 1 - Definições
 - Capítulo 2 - Organização
 - Capítulo 3 - Cooperação
 - Capítulo 4 - Medidas preparatórias
 - Capítulo 5 - Procedimentos em operação
- } **ANEXO 12 ICAO**

O Capítulo 1 é dedicado à explicação de uma série de definições tidas como as mais comuns no mundo SAR. A título de exemplo, nele podem ser encontradas definições ICAO para conceitos tais como RCC e SRR.

O Capítulo 2 remete-nos para a organização dos serviços de busca e salvamento. É neste capítulo que encontramos generalidades como a recomendação de existência de pelo menos um centro de busca e salvamento por cada FIR, tendo em conta que estas deverão, sempre que possível, ser a base de estruturação das SRR, devendo esse mesmo Centro estar em atividade 24/7. Encontramos também especificações técnicas como o dever de cooperação entre os serviços de busca e salvamento aéreo e marítimo. É também de referir que esta cooperação se deve estender a entidades internacionais que servem o país no âmbito de sistemas globais de busca e salvamento, de que é exemplo o sistema COSPAS-SARSAT.

O Capítulo 3, inteiramente dedicado à cooperação SAR entre diferentes nações, prevê sobretudo a facilitação de operação aos meios SAR oriundos de países estrangeiros. Todas as necessidades inerentes à operação que sejam sentidas por um meio SAR a operar num país estrangeiro, deverão ser solicitadas ao RCC desse país, devendo este estar devidamente

autorizado pelo Estado que o tutela a proceder de acordo para a supressão dessas mesmas necessidades. No sentido de agilizar esta ação, deverão assim ser estabelecidos protocolos entre as nações, que visem sobretudo providenciar harmonia e fluidez às operações. Neste capítulo são também fomentados os intercâmbios e a realização de exercícios conjuntos entre os vários serviços dos diversos países, de modo a agilizar operações futuras reais.

De modo a prevenir e a mitigar situações que se possam revelar perniciosas sobretudo por falta de informação, a ICAO estabeleceu uma série de procedimentos que vêm descritos no Capítulo 4 do seu Anexo 12. Desta forma, os Estados deverão manter atualizados os seus AIP no que toca à informação respeitante a unidades de busca e salvamento, contatos, serviços de tráfego aéreo e sistemas de comunicações passíveis de serem utilizados. Os RCC devem, no mesmo âmbito, disponibilizar prontamente toda a informação respeitante ao seu serviço e às unidades que gerem, mantendo uma relação de proximidade de informação, sobretudo com os seus congéneres. Os centros de busca e salvamento, sejam eles aeronáuticos ou marítimos, deverão dispor de sistemas que lhes permitam identificar prontamente a localização de aeronaves ou embarcações. Tais sistemas possibilitam localizar situações de emergência bem como identificar quais os meios mais próximos a que será possível solicitar o auxílio. Por outro lado, de modo a facilitar e agilizar todas as situações com que um serviço SAR poderá lidar, devem ser estruturados planos de ação, enumerando todos os procedimentos a ter em conta relativamente a todas as ocorrências que poderão surgir. Todos os intervenientes devem ter conhecimento dos planos de ação estabelecidos possibilitando, deste modo, uma resposta rápida e eficiente por parte de todos os elos da cadeia de execução. O conhecimento destas incumbências deverá ser testado com recurso a exercícios frequentes que envolvam tantas das entidades previstas quanto possível. Este capítulo prevê ainda que o Estado responsável por cada SRR seja responsável pela remoção de destroços provenientes de situações passadas, de modo a prevenir situações futuras.

No.	Message	Code symbol
1	Require assistance	V
2	Require medical assistance	X
3	No or Negative	N
4	Yes or Affirmative	Y
5	Proceeding in this direction	↑

No.	Message	Code symbol
1	Operation completed	LLL
2	We have found all personnel	<u>LL</u>
3	We have found only some personnel	++
4	We are not able to continue. Returning to base	XX
5	Have divided into two groups. Each proceeding in direction indicated	↔
6	Information received that aircraft is in this direction	→ →
7	Nothing found. Will continue to search	NN

Figura 2.6 - Simbologia utilizada por sobreviventes (Esquerda) e por equipas de resgate (Direita)

O quinto e último capítulo é destinado à normalização dos procedimentos em operações de busca e salvamento, sendo este o mais longo dos cinco capítulos do Anexo 12. Apresenta os procedimentos dos RCC durante as três fases da emergência previstas e codificadas como INCERFA, ALERFA e DETRESFA. São também definidos os limites de uma operação SAR e quais as condições necessárias para suspender a mesma, tendo em conta a cadeia de informação que deve ser estabelecida com todos os meios e entidades envolvidas. Pela primeira vez existe uma concetualização do OSC como figura coordenadora de todos os meios envolvidos. Também neste capítulo são estabelecidos os procedimentos que qualquer piloto de aeronave deve ter em consideração caso se aperceba de uma hipotética situação que careça de intervenção de uma entidade SAR, como seja a escuta em frequências de emergência, o avistamento de situações urgentes ou mesmo a deteção de destroços em local onde a presença dos mesmos possa elevar as suspeitas de um acidente. Por último, contudo não menos interessante, é a abordagem que este capítulo faz à sinalética Terra-Ar e Ar-Terra de que um piloto deve ter conhecimento, de modo a entender mensagens apresentadas quer por sobreviventes, quer pelas equipas de resgate.

Todas as recomendações que se encontram previstas no Anexo 12 foram delineadas pela Comissão de Busca e Salvamento da ICAO. Cada Estado deverá, contudo, analisar a sua situação de modo a que estes conceitos sejam implantados de forma adaptada à sua realidade.

2.1.6. A Convenção do Alto Mar e a Convenção Internacional para a Busca e Salvamento Marítimo

Voltando a nossa atenção novamente para os palcos marítimos, resta apontar dois marcos importantes na evolução da regulamentação de segurança e busca e salvamento no mar.

Em 1958 tiveram lugar em Genebra uma série de conferências para estabelecer um fundamento legal sobre procedimentos em alto mar. Como resultado, surgiu a Convenção de Genebra, também conhecida por Convenção do Alto Mar. Sendo o alto mar um espaço aberto a todas as nações, atuar nestas águas deveria gozar de total liberdade. Contudo, e de modo a não permitir excessos de nenhuma parte, estabeleceram-se uma série de medidas que visavam delinear para estas águas a liberdade de navegação, a liberdade de pesca, a liberdade de instalar estruturas submarinas e a liberdade de as sobrevoar. Esta disponibilidade acarretaria, porém algumas obrigações e todo o comandante de embarcação que navegasse sob pavilhão de determinado Estado, veria esse mesmo Estado a responsabilizá-lo pelo cumprimento dessas mesmas obrigações. A informação que aqui mais importa sublinhar é aquela que se encontra presente no Artigo 12º desta Convenção. São essas orientações que responsabilizam uma embarcação, desde que daí não advenha perigo para ela própria, a prestar auxílio a qualquer pessoa encontrada no mar e que dele necessite, a socorrer pessoas no mar com toda a brevidade se dessa necessidade for informada e a prestar o auxílio necessário a outra embarcação, tripulação e passageiros em caso de naufrágio ou outra necessidade crescente. Estas linhas orientadoras foram o primeiro passo para algo maior que se seguiria. Ao atestar que o domínio da busca e salvamento seria demasiado importante para se encontrar imiscuído no seio das

restantes regulamentações da Convenção do Alto Mar, surgiu a necessidade de rever, aumentar e aprofundar os regulamentos e diretivas para a busca e salvamento marítimo.

Assim, a 27 de abril de 1979 teve lugar a Conferência de Hamburgo, proscénio do nascimento da nova Convenção Internacional para a Busca e Salvamento Marítimo de 1979.

Foram bastante diversificados os interesses e objetivos desta conferência. Dela saíram os termos chave que passariam a ser utilizados por todas as organizações SAR bem como os procedimentos que estas deveriam adotar para se correlacionar entre si. Foram também delineados os protocolos que as diversas nações vizinhas deveriam estabelecer entre si de modo a criar sinergias para atingir objetivos SAR comuns. No que toca à componente operacional, foram definidas as linhas orientadoras para lidar com as diversas situações de emergência no mar e foram ainda estabelecidas medidas preparatórias para a criação dos MRCC (de salientar que as bases de criação dos designados RCC, para a parte aeronáutica, estariam já previstas aquando do Anexo 12 da ICAO). Muita informação surgiu desta Convenção e muitas metas foram atingidas com a criação desses mesmos dados. Contudo, falta abordar aquele que para muitos foi o principal resultado da mesma. Um dos principais produtos deste evento, e aquele que talvez seja o mais visível nos dias de hoje foi a criação um plano SAR internacional que definiu, entre outras temáticas relacionadas com a busca e salvamento, que independentemente do local e da posição, qualquer incidente que ocorresse no mar deveria ser devidamente identificado e analisado e, caso necessário, despoletada e acompanhada uma operação SAR por parte de uma entidade responsável pela zona do sinistro, devendo esta ser coadjuvada por entidades SAR adjacentes. Atribuir responsabilidades SAR não seria uma tarefa difícil, mas como determinar as áreas de responsabilidade das diversas nações? De acordo com as zonas marítimas e oceânicas conhecidas, foram criadas treze grandes áreas SAR. Para definir, nestas áreas, qual a região que caberia a cada país gerir, foram tidas em conta as FIR estabelecidas pela Convenção de Chicago durante a nova organização do espaço aéreo. Convencionou-se assim que em toda a parte aquática do globo, as regiões de busca e salvamento deveriam coincidir com as FIR aeronáuticas, abordadas no subcapítulo 2.1.5 deste trabalho, ficando o serviço de busca e salvamento a ser prestado nessas regiões a cargo dos respetivos países. Acabavam assim de surgir as regiões de busca e salvamento que hoje conhecemos como SRR.

Esta Convenção reconheceu o IMOSAR e o MERSAR como os manuais de busca e salvamento oficiais a nível mundial. Foram manuais de grande sucesso até serem substituídos pelo *International Aeronautical and Maritime Search And Rescue Manual* (IAMSAR), aquela que é hoje considerada a publicação de referência, no que à matéria de conhecimento sobre busca e salvamento diz respeito.

2.1.7. IAMSAR, um produto de convergência

Decerto não haverá no mundo ninguém dedicado à causa da busca e salvamento em ambiente marítimo que não conheça o IAMSAR (ICAO, 2013). Tomando palavras que melhor farão compreender a importância deste documento, o mesmo será, sem qualquer dúvida, unanimemente considerado como a “bíblia” do SAR. Trata-se, contudo, de um documento

relativamente recente, e, tal como indica o título deste ponto, um produto resultante da convergência de vários manuais e fruto da combinação de esforços de várias entidades.

O IAMSAR resulta basicamente do conjugar de conhecimentos por parte da ICAO e da IMO, e da fusão de três manuais, o MERSAR, o IMOSAR e o ICAO SAR Manual.

O MERSAR, um manual de busca e salvamento criado pela IMO em 1971, era orientado para as operações SAR que porventura poderiam vir a ser realizadas por navios mercantes, apontando e explicando ações e procedimentos que estes deveriam adotar em caso de solicitação do auxílio. O IMOSAR, manual de busca e salvamento criado pela IMO em 1978, estaria destinado a auxiliar os Estados a implementar as estruturas SAR devidas bem como a estabelecer planos de operação e protocolos com outros Estados. Em 1992 estes dois manuais SAR foram revistos tendo em conta uma aproximação de ideias e conceitos com o ICAO SAR Manual. Este foi o primeiro grande passo para a criação do IAMSAR.

Data de 1998 a primeira edição do documento que viria a ser o manual dos manuais em matéria de busca e salvamento. Resultado dos esforços da IMO e da ICAO, o principal objetivo do IAMSAR foi providenciar aos Estados um documento que pudesse servir de base à implantação dos seus sistemas SAR, tendo em conta as especificações técnicas que até aí tinham surgido, nomeadamente nas convenções abordadas até aqui. O documento em si divide-se em três volumes, dedicando-se cada um deles a um fim bem específico. Esses três volumes designam-se como:

- **IAMSAR Volume 1** - Organização e gestão
- **IAMSAR Volume 2** - Coordenação de missões
- **IAMSAR Volume 3** - Unidades móveis

O Volume 1 aborda o conceito de sistema SAR global, o estabelecimento e o incremento dos sistemas SAR nacionais e regionais, aludindo especialmente aos sistemas de cooperação a ser implementados pelos Estados, de modo a que sejam obtidos métodos de busca e salvamento eficientes e eficazes quer do ponto de vista operacional, quer do ponto de vista económico.

Já o Volume 2 encontra-se inteiramente dedicado à parte operacional das missões de busca e salvamento. O objetivo deste volume é, assim, dotar o SMC do conhecimento necessário a uma coordenação de missão otimizada, adaptando as técnicas adequadas às situações que se lhe deparam. Para quem lida diariamente com a atividade SAR, este será, sem dúvida, o volume mais acedido.

Por último, o Volume 3 pode ser considerado como um resumo do Volume 2. Tendo em conta os aspetos mais importantes, está estruturado para ser transportado nos meios SAR, sejam eles aéreos, marítimos ou terrestres. Este volume possibilita ao OSC ter acesso a informação relevante à condução das missões de busca e salvamento no local.

Estes três volumes providenciam assim as linhas orientadoras para uma prestação de serviços de busca e salvamento comuns quer do ponto de vista marítimo, quero do ponto de vista aeronáutico.

O método de cálculo de derivas utilizado na componente prática deste trabalho pode ser analisado no Volume 2 do IAMSAR. Por ser a base de todo este projeto, o IAMSAR será abordado

diversas vezes ao longo deste trabalho, desde referências às ferramentas que o mesmo oferece, até à análise e explicação detalhada de funcionamento do método de cálculo de deriva marítima por ele estabelecido.

2.1.8. O panorama português em matéria de busca e salvamento

A dada altura da segunda metade do século XX, a ciência da busca e salvamento chegou a um nível tal que grande parte dos procedimentos e orientações relativas a operações SAR se encontrava já descrita de forma devidamente detalhada, quer fosse em manuais, convenções, ou mesmo em protocolos já convenientemente estabelecidos.

2.1.8.1. A evolução da legislação e a criação dos centros de busca e salvamento

Portugal acompanhou desde cedo toda esta evolução, tendo adotado em tempo útil a maior parte das recomendações internacionais, através da transposição dos diversos diplomas para a realidade portuguesa. A 17 de fevereiro de 1947, pelo Decreto-Lei 36158 de 1947, Portugal torna-se signatário da Convenção de Chicago de 1944, sendo-lhe atribuídas, por inerência, as obrigações relativas à prestação do serviço de busca e salvamento a aeronaves que dele necessitassem e à delegação desta responsabilidade a entidades criadas para o efeito.

Por seu lado, no que diz respeito à componente marítima, pelo Decreto-Governamental 32/85, Portugal aprovou a adesão à Convenção Internacional de Busca e Salvamento Marítimo de 1979, vendo-se mais uma vez impelido pelos trâmites legais a proceder à criação de unidades especificamente destinadas à condução e gestão dos seus meios navais em operações SAR. Com a adesão a estas duas convenções de cariz, respetivamente, aeronáutico e marítimo, ficou devidamente estabelecido o vínculo operacional que previa o empenhamento de aeronaves e embarcações militares em missões de busca e salvamento. Contudo, continuava sem estar previsto nenhum serviço dedicado à gestão destas missões nem dos meios que nelas viriam a ser empenhados. Tratava-se de uma lacuna que deveria ser rapidamente colmatada. A 28 de dezembro de 1976, a fim de rever esta questão, é criada pelo CEMGFA (Chefe do Estado-Maior-General das Forças Armadas), MDN (Ministro da Defesa Nacional), e MTC (Ministro dos Transportes e Comunicações) uma Comissão de Estruturação do Serviço de Busca e Salvamento. Foi, assim, dado o primeiro passo para a implantação plena dos serviços SAR em Portugal.

Segundo o parágrafo 4.a. da Diretiva 16/83 da 3ª Divisão do EMFA (Divisão de Operações do Estado-Maior da Força Aérea), diretiva esta constituída no âmbito da prestação do serviço de busca e salvamento, é possível constatar que, em maio de 1978, o então Ministro da Defesa Nacional, COR Mário Firmino Miguel terá dirigido um ofício ao General António dos Santos Ramalho Eanes, na altura ocupando a função de CEMGFA, informando que o Governo teria sido sensibilizado pelo Ministro dos Transportes e Comunicações para que fosse cometida às Forças Armadas a responsabilidade de gerir o serviço de busca e salvamento. Tal deveria ser efetuado

MDN e por uma Comissão Consultiva que vem igualmente descrita nos dois diplomas. Esta Comissão Consultiva viria a sofrer pequenas alterações, estando estas previstas no DL 399/99 de 14 de outubro, criado para o efeito. Nestes diplomas encontra-se também devidamente estabelecida a área geográfica de responsabilidade SAR. As principais diferenças iniciam-se sobretudo ao nível do Artigo 10º, cuja informação já se torna distinta para cada um dos diplomas. Ao nível do sistema marítimo, estão acauteladas as indicações relativas à existência de um subcentro marítimo, um nível de coordenação que não está previsto no sistema aéreo. Os Capítulos III de ambos os diplomas são dedicados a enunciar a Estrutura Auxiliar destes dois Sistemas Nacionais Aéreos e Marítimos. Embora as entidades desta estrutura não sejam designadas de igual modo para ambas as partes, a relação de proximidade que distingue os dois ramos possibilita que se olhe para as estruturas auxiliares descritas como sendo apenas uma só. Fazem parte desta Estrutura Auxiliar entidades como os corpos de bombeiros, a ANPC ou o SRPCBA, entidades policiais, delegações de saúde, ou seja, todos os órgãos que estão legalmente estabelecidos como agentes de proteção civil. No que toca a estes dois DL, resta apenas evidenciar um aspeto de relevante importância para a cooperação entre Marinha e Força Aérea no que a missões SAR diz respeito. Com meios pertencentes a dois ramos diferentes empenhados numa mesma operação, importa definir bem os conceitos de “condução de meios” e “coordenação de meios”. Esta diferença está referida em ambos os diplomas e torna-se simples de compreender se se tiver presente que cada serviço “conduz” os meios que lhes estão afetos em operações SAR que são “coordenadas” pelo centro com que se identificam as plataformas sinistradas. Explicando o anterior conceito de forma mais expedita, se uma embarcação naufragar, será a entidade marítima, o MRCC, a coordenar os meios marítimos e aéreos empenhados, embora o controlo e a condução dos meios aéreos seja da entidade aeronáutica, o RCC, porque só eles têm conhecimento dos limites de atuação dos seus meios. Por outro lado, e da mesma forma, se uma aeronave se despenhar no mar, todos os meios empregues serão coordenados pelo RCC, embora os meios navais sejam conduzidos e controlados pelo MRCC.

À exceção do DL 399/99 referente à comissão consultiva, não houve, até à data, publicação de mais nenhum diploma que alterasse ou definisse algum aspeto do sistema de busca e salvamento português. Surgiram, sim, outros documentos que definiram, à luz da lei, algumas ações decorrentes das operações de busca e salvamento. São exemplo de tal o Decreto-Lei 203/98 de 10 de julho, que se ocupa dos aspetos legais decorrentes da atividade de salvação marítima e o Decreto-Lei 64/2005, de 15 de março, que revê a matéria respeitante à remoção de destroços de embarcações naufragadas ou encalhadas.

2.1.8.2. A evolução da cooperação

Como forma de aperfeiçoar e otimizar os recursos e matérias existentes, Portugal começou também a levar em linha de conta o enunciado em seções chave do Anexo 12 da ICAO. Começaram assim a ser estabelecidos protocolos entre diversas entidades prestadoras de serviços SAR, tanto a nacional como internacional. Dentro do território nacional, e com a vontade de estabelecer um salutar entendimento entre os serviços, foi criada a Diretiva de

Articulação dos Serviços de Busca e Salvamento Marítimo e Aéreo. Este documento visa sobretudo definir os limites de atuação dos RCC e dos MRCC e a maneira como se relacionam entre si, resultando esta estreita cooperação num esforço otimizado e numa utilização eficaz e eficiente de todos os meios envolvidos. Como forma de reforçar e atestar esta coligação, são comuns os exercícios realizados entre estes dois ramos das forças armadas (Figura 10). Em julho de 2007 o MDN e MAI fizeram surgir o documento que é hoje conhecido como o Protocolo-Quadro, um documento que lança as bases gerais de ação entre a Marinha, a Força Aérea e a Autoridade Nacional de Proteção Civil. Em 2013, e de acordo com a situação geral adjacente ao arquipélago dos Açores, surge um documento protocolar mais específico, estabelecendo as medidas de articulação entre a FAP e o SRPCBA na região.



Figura 2.8 - Exercício SAR conjunto entre FAP e Marinha (AÇORDIVEX 2013)

Mesmo no plano internacional foram direcionados esforços para otimizar as forças no sentido da prestação do serviço SAR. Portugal e Espanha detêm, à data deste projeto, uma série de protocolos que agem nesse sentido. De entre eles, salienta-se o Plano Atlântico e o SAREP, que figura o manual de procedimentos de cooperação SAR entre Portugal e Espanha e do qual resulta o exercício periódico com o mesmo nome que envolve os meios portugueses com os meios existentes quer na SRR de Madrid, quer na SRR das Canárias. Portugal possui também protocolos SAR com Cabo Verde, nos quais está prevista a assistência mútua no que respeita a meios aéreos destinados a operações SAR. Embora existam neste momento protocolos com diversas nações a serem concluídos, esta ação pretende passar para o papel tudo aquilo que já funciona na realidade, possibilitando as boas relações mantidas com os Estados vizinhos uma cooperação internacional bastante vantajosa para quem se encontra em situação de emergência no mar. Portugal está referenciado como um dos países que presta os serviços SAR de melhor qualidade.

2.1.8.3. A evolução dos meios aéreos

O serviço SAR aeronáutico prestado por Portugal após a sua adesão à Convenção de Chicago existia, contudo, notaram-se inicialmente algumas limitações, no seguimento da Guerra

do Ultramar. Devido a este período de conflito, o serviço de busca e salvamento ter-se-ia visto bastante limitado por escassez, ou mesmo inexistência, de meios aéreos, principalmente no território de Portugal Continental.

Mesmo com a sombra do conflito em África a fazer escoar os cofres do Estado, verificou-se, ainda assim, por parte de Portugal um investimento progressivo na melhoria da qualidade dos seus serviços SAR, estando isso bem patente na evolução dos meios aéreos disponíveis para o empenhamento em missões de busca e salvamento. Em março de 1952 Portugal recebe dos EUA aquele que seria o seu primeiro helicóptero, o *Sikorsky H-19A CHIKASAW* (Cardoso, 2009), representado na Figura 2.9. Destinado a missões de busca e salvamento, foi colocado na Base das Lajes, na Esquadra de Busca e Salvamento, antecessora das Esquadras 41 e 42, que por sua vez antecederam as Esquadras 503 e 752. Devido a danos decorrentes de negligência operacional, o CHIKASAW teve de ser reparado em Alverca, tendo regressado às Lajes em março de 1955, transportado pelo porta-aviões USS TRIPOLI. Estaria previsto que o CHIKASAW descolaria do porta-aviões quando se encontrasse perto da ilha Terceira, contudo, um dos marinheiros norte-americanos terá adoecido, tornando-se urgente o seu transporte para uma unidade de saúde. O piloto português que acompanhou a missão ofereceu-se para realizar o transporte do doente para o hospital. Decorreu assim a primeira missão de evacuação médica por via aérea efetuada a uma embarcação por um helicóptero da FAP, uma tipologia de missão que hoje faz parte do quotidiano dos centros de busca e salvamento portugueses. Será também importante referir o papel desempenhado pelo Grumman SA-16 ALBATROSS, uma aeronave anfíbia que operou na Esquadra 41 na Base Aérea N°4, nas Lajes. Três unidades desta aeronave foram, também elas, cedidas pelos EUA, tendo sido operadas pela FAP de 1954 até 1962, exclusivamente na Base das Lajes. O ALBATROSS contribuiu meritoriamente para as operações SAR realizadas no Arquipélago dos Açores durante o referido período. Por ser de natureza anfíbia, possibilitou o socorro e o resgate de tripulantes de pequenas embarcações bem como de sinistrados de navios de maiores dimensões.

Findos os conflitos ultramarinos, as esquadras de helicópteros *Alouette III* (Figura 2.9), que serviram em África, principalmente como plataforma de transporte aéreo tático, começaram, em 1975, a deslocar-se de Moçambique para Angola, para aí serem encaixotadas e devidamente transportadas para Portugal, juntamente com as restantes aeronaves que operavam naquele território que já não era nosso.

Com helicópteros e aviões disponíveis, começaram assim a ser criadas as primeiras esquadras de voo com os trâmites da busca e salvamento imiscuídos na sua missão primária. São disto exemplo a Esquadra 551, equipada com os retornados *Alouette III* devidamente reapetrechados com flutuadores e guincho, as Esquadras 751 e 752, a operar os míticos helicópteros SA-330 PUMA (Figura 2.9), também eles utilizados no Ultramar desde 1969, a Esquadra 501 a operar o famoso C-130 HERCULES e as Esquadras 502 e 503 a operar o versátil C-212 AVIOCAR. A título de curiosidade, torna-se interessante referir a evolução da estrutura orgânica dos meios aéreos destinados a missões SAR, sendo prova disso a fusão, *à posteriori*, das Esquadras 752 e 503, resultando na Esquadra 711, responsável por assegurar toda a componente aérea das missões SAR que decorressem, sobretudo, no Arquipélago dos Açores, e também o

reapetrechamento de todos os helicópteros PUMA, que até aí serviam apenas para transporte aéreo tático, tal como refere o testemunho do General Alfredo Cruz na recente publicação “*Para que outros vivam*”, de Cristina Costa e Silva.



Figura 2.9 - Helicópteros que serviram na FAP. Sikorsky H-19A CHIKASAW (canto superior esquerdo), Alouette III versão SAR (canto superior direito), SA-330 PUMA (canto inferior esquerdo) e EH-101 MERLIN (canto inferior direito)

A aquisição de aeronaves modernas veio em muito aumentar a capacidade SAR portuguesa. O C-295 veio render o C-212 AVIOCAR, multiplicando por quase quatro vezes o anterior raio de ação e respetiva capacidade de busca no mar. No que toca a aeronaves de asa rotativa, as 5 milhas náuticas de raio de ação do *Alouette III* deram lugar às 200 milhas do SA-330 PUMA, que se viu rendido e substituído pelo moderno EH-101 MERLIN (Figura 2.9), que estendeu a capacidade de salvamento para as 350 milhas náuticas, tendo efetuado a sua primeira missão SAR em fevereiro de 2006, no dia 10, às 10h10Z, a partir da Base Aérea N°6, no Montijo. No arquipélago dos Açores, viria a efetuar a sua primeira missão operacional a partir das Lajes no dia 2 de dezembro de 2006, para efetuar o transporte de uma grávida de Santa Maria para São Miguel, tendo o parto ocorrido a bordo, durante o voo. Seria o primeiro de muitos...

A SRR de Santa Maria viu toda a sua vasta área coberta aquando da entrada ao serviço do P-3 ORION em 1988, uma aeronave de asa fixa que permite atualmente cobrir todo um raio de ação de 1400 milhas náuticas e ainda permanecer sensivelmente duas horas no local para operações de busca. O P-3 ORION pertence à Esquadra 601, que tem a busca e salvamento como missão secundária.

No que a meios aéreos diz respeito, desde o Sikorsky H-19A CHIKASAW até ao EH-101 MERLIN, outras aeronaves desempenharam o seu papel no prestar dos serviços SAR no nosso país. Contudo, a abordagem às mesmas ficará destinada para um outro projeto, de cariz mais histórico e orientado para o realce de registos bibliográficos relativos à busca e salvamento em Portugal.

2.2. Atlas of Pilot Charts

Em países onde a cultura de segurança se encontra intrínseca ao estilo de vida quer dos habitantes quer das estruturas administrativas e executivas, é comum, para uma eventual ocorrência que se possa manifestar, encontrar vários planos. Serve esta analogia para demonstrar que há operações bastante sensíveis ao erro, em que qualquer descuido poderá, sem dúvida, ter consequências nefastas, logo, no seu seguimento torna-se necessário encontrar medidas de subsidiariedade para lidar com este tipo de situações. Operações de busca e salvamento, em que temos por um lado vidas para socorrer e por outro o empenhamento de mais vidas para a proceder ao socorro, são disso bons exemplos. Até o mais ínfimo dado tem a sua importância.

No planeamento de missões de busca e salvamento é possível recorrer a um documento que é, sem dúvida, o último recurso disponível quando todos os outros falham, a última fonte de informação quando ela não está disponível em nenhuma outra fonte. Falamos do *Atlas of Pilot Charts* (National Imagery and Mapping Agency, 2002). Existem dados essenciais ao planeamento da missão que diferem claramente consoante a posição, dia do ano e até mesmo da hora. Dados como direção e intensidade, quer do vento, quer da corrente marítima, são imprescindíveis para planeamentos desta natureza. Todos esses dados estão reunidos nas *Pilot Charts*, e caso não exista outra fonte mais viável, é neste documento cartográfico que vão ser obtidos. Sendo assim, serve o presente subcapítulo para expor a informação necessária para uma conveniente abordagem a esta importante ferramenta.

As *Pilot Charts* são documentos cartográficos nos quais estão registados, para diferentes alturas do ano, os valores médios de determinados fenómenos naturais, tais como:

- Direção e intensidade do vento;
- Direção e intensidade das correntes marítimas;
- Temperatura do ar e do mar;
- Altura médias das ondas;
- Zonas de gelo;
- Visibilidade;
- Pressão atmosférica;

Este Atlas é constituído por cinco volumes, cada um cobrindo uma região geográfica específica, sendo elas as regiões oceânicas do Atlântico Norte e Sul, do Pacífico Norte e Sul e do Oceano Índico. Cada um dos volumes é constituído por doze cartas, cada uma representando os dados observados para um mês em particular, refletindo os valores médios dos parâmetros acima mencionados. No ANEXO B podemos observar um exemplo de uma *Pilot Chart* do Atlântico Norte, para o mês de janeiro.

A informação utilizada para compilar estes valores médios foi obtida através de observações e registos efetuados desde o século XVIII, apresentando, quer a nível empírico, quer a nível experimental, um certo grau de viabilidade. Este Atlas é, sem dúvida, uma preciosa ajuda para todos aqueles que lidam com o mar. Para o marinheiro, providencia uma ferramenta adicional ao planeamento da sua viagem. Já para o SMC, estes dados podem, em última instância, fornecer toda a informação que ele necessita para planear uma missão. Cada carta contém ainda uma legenda bastante completa, bem como uma explicação de como abordar o conteúdo presente.

Inicialmente, as *Pilot Charts* serviam sobretudo para auxiliar os navegadores náuticos a calcular as suas rotas de modo rápido e seguro, tendo em conta as condições de tempo e de mar que seriam expectáveis. Contudo, cedo se percebeu a mais-valia que esta ferramenta representa para as operações SAR, permitindo conhecer e prever principalmente o comportamento do mar. Para o SMC esta informação é imprescindível particularmente para determinar o valor de parâmetros cuja obtenção se pode tornar complexa. O parâmetro que melhor exemplifica esta ação é a corrente marítima que atua sobre o objeto causando a sua deriva. Esta chamada corrente marítima é uma das mais importantes forças vetoriais a ter em conta e pode ser determinada com recurso a boias sinalizadoras ou reportes de navios. Infelizmente, na maior parte das ocorrências são mesmo as *Pilot Charts* a única fonte disponível destes dados.

Uma *Pilot Chart* pode, devido à sua escala e nível de informação, tornar-se algo complexa no que à sua leitura diz respeito. Paralelamente ao presente projeto, e visando as necessidades específicas do RCC Lajes, foi desenvolvido um outro trabalho em ambiente SIG, cujo objetivo foi colmatar esta complexidade. Baseado sobretudo em processos sistemáticos de vetorização, foram criadas as *Sea Current Charts*, (Ferreira, 2013) cartografia focada na SRR de Santa Maria e que visa única e exclusivamente traduzir os vetores de corrente marítima para a região. As *Sea Current Charts* obtidas são uma ferramenta auxiliar otimizada para incluir no processo de cálculo de derivas marítimas (ANEXO C).

Com o desenrolar da operação SAR, o RCC vai obtendo dados mais fidedignos oriundos de entidades como o Instituto Hidrográfico (IH) ou entidades dedicadas a investigação. No entanto, o fator tempo é, como já foi referido, um bem precioso, e muitas vezes não é possível esperar pela chegada destes dados para o planeamento inicial e urgente da operação.

2.3. Métodos de cálculo de derivas

Tal como foi anteriormente referido, a ICAO e a IMO uniram esforços no que toca à obtenção de um documento único, aeronáutico e marítimo, que regulasse os procedimentos em operações de busca e salvamento, tendo daí resultado o já falado IAMSAR, abordado inicialmente no ponto 2.1.7.

O IAMSAR prevê a aplicação de um método próprio de cálculo de derivas (Figura 2.10) orientado para uma resolução manual, sem necessidade de recurso a máquinas de cálculo

automático. O método de cálculo de deriva marítima do IAMSAR contempla basicamente três forças vetoriais a que qualquer objeto que caia no mar ficará exposto:

- **Water Current** - Corrente gerada pelo movimento das massas de água oceânicas;
- **Wind Current** - Corrente gerada pela ação do vento na superfície da água;
- **Leeway** - Movimento do objeto gerado pela ação do vento no próprio.

O conjunto da *Water Current* com a *Wind Current* é normalmente designado como *Sea Current*. Este método, que levará então em conta estas três forças, está descrito no *Appendix K - Determining Datum* do IAMSAR. Aqui estão disponíveis processos de cálculos de deriva em diversos ambientes, sendo um deles o *Datum Worksheet for Computing Drift in the Marine Environment*, adequado ao ambiente marítimo. É com base neste processo de cálculo de derivas marítimas que foi desenvolvida a ferramenta SAR-PT. As fichas necessárias para a determinação destas derivas estão disponíveis no ANEXO D. Este é o método eleito para alicerçar a componente de cálculo do SAR-PT.

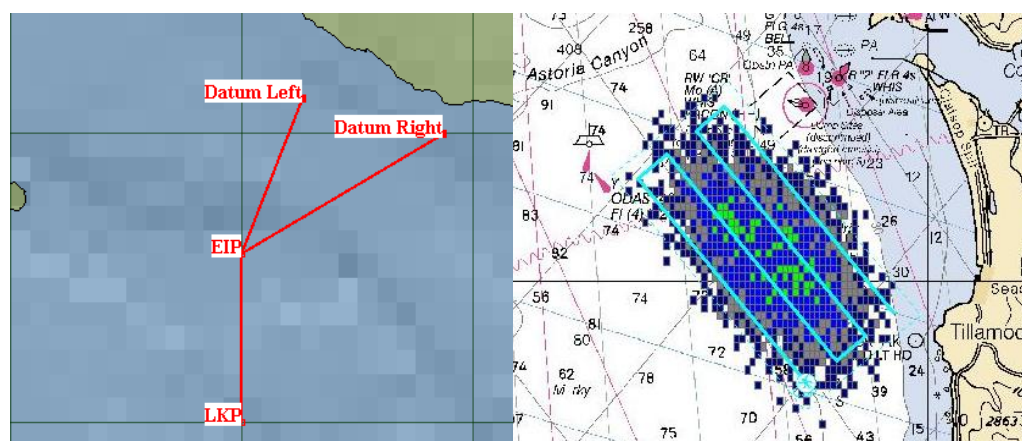


Figura 2.10 - Método IAMSAR (esquerda); Método de Monte Carlo (direita)

O método IAMSAR não é a única forma de calcular uma deriva marítima fidedigna. Existe um outro processo bastante conhecido no meio SAR, designado por Método de Monte Carlo (PALISIDE, 2014). Não sendo originalmente orientado para a busca e salvamento, o Método de Monte Carlo é designação dada às operações estatísticas, normalmente efetuadas de modo computadorizado, que se baseiam em amostragens massivas de modo a obter resultados numéricos. O princípio básico deste método fundamenta-se em repetir durante um elevado número de vezes determinadas simulações de modo a calcular heurísticamente os resultados, ou seja, apurar, de entre todas as soluções, aquelas que são as mais prováveis, sem no entanto deixar de ser considerado um apuramento aleatório. É a partir deste mecanismo que são produzidas as distribuições das variáveis de interesse tendo como base as premissas e distribuições associadas às variáveis de entrada e a relação entre as mesmas. Este método estatístico é aplicado a

diversas áreas da ciência, desde a física à biologia passando pela matemática, tendo-se tornado num forte meio de apoio à decisão. Tornou-se muito utilizado também para calcular os resultados mais prováveis dos jogos de casino, advindo daí a sua designação.

Embora de natureza complexa, a aplicação deste método à busca e salvamento pode ser facilmente entendida. Como foi referido no início deste subcapítulo, a deriva marítima é afetada por diversos parâmetros. Tome-se como exemplo, de entre esses parâmetros, o fator vento. À hora de um hipotético naufrágio, o vento indicava para aquela posição variações entre os 18 e os 20 Kts. Na hora anterior registaram-se médias de 15 Kts e para a hora seguinte prevêem-se ventos com intensidades de média de 25 Kts. Com base nesta informação, é possível atribuir um valor de probabilidade para os acontecimentos “vento com 18 Kts”, “vento com 19 Kts” e “vento com 20 Kts”. Multiplicando estes valores por um número elevado como, por exemplo 10000, ficaremos com um panorama da intensidade mais provável do vento, naquela hora e naquela posição. A grande questão para este método é que, além da simples intensidade do vento, ir-se-á também ter em conta a variação da direção, como esta irá afetar a intensidade de outras direções, direções e intensidades registadas quer em momentos anteriores quer para previsões futuras e mais toda uma série de informações que se considerem pertinentes, atribuído assim valores de probabilidade para os diferentes acontecimentos que os façam chegar cada vez mais próximo da realidade. E tudo isto apenas para o parâmetro do vento. O mesmo processo será, assim, tido em conta para todos os restantes parâmetros necessários ao cálculo da deriva. Como é possível discernir, este método não é de viável aplicação caso não se tenha recurso a auxílio computadorizado.

Softwares mais avançados utilizam já os dois métodos, IAMSAR e Monte Carlo, em simultâneo, facultando cartas de probabilidades SAR de elevada qualidade no ponto de vista do conteúdo de informação.

Outras entidades orientadas para a busca e salvamento terão outros métodos disponíveis em uso recorrente, mas perante o seu carácter empírico, os mesmos não serão abordados neste trabalho.

2.4. *Softwares* de cálculo e gestão SAR

Nos últimos anos verificou-se um investimento significativo por parte dos Estados e de entidades privadas no sector da busca e salvamento. Quer seja para fins comerciais, com objetivo de criar expressão a nível global ou mesmo por iniciativa do sector da investigação, o certo é que têm sido trazidas a público soluções cujo objetivo primordial será facilitar todo o processo relacionado com as operações de busca e salvamento.

No quotidiano de trabalho de um RCC, no seguimento das pesquisas efetuadas ao estado atual dos serviços SAR, são encontradas diversas ferramentas e programas que auxiliam na prestação desses serviços. Alguns mais completos que outros, grande parte com restrições de utilização, outros ainda bastante complexos e, por conseguinte, com uma licença para pagar.

Para conhecer o estado atual destes *softwares*, no âmbito deste trabalho foram analisadas algumas ferramentas. Foi possível analisar algumas *in loco*, outras apenas informação sobre as suas capacidades. De entre os *softwares* de apoio às operações SAR analisados destacam-se os seguintes:

- **USCG SAROPS**, da *United States Coast Guard*, EUA;
- **SARMaster**, da Força Aérea Brasileira, Brasil;
- **SARMAP 6.7**, da *ASA, Inc*, empresa privada de *software* e tecnologia;
- **ICAR SAR System**, do *Corpo delle Capitanerie di Porto Guardia Costiera*, Itália.

O **USCG SAROPS** (Figura 2.11) é a ferramenta atualmente utilizada pela *USCG (United States Coast Guard)* para processar a maioria das operações SAR nas suas águas territoriais. Com base no *software* da *ESRI, ArcGIS*, o **SAROPS** apresenta-se como a evolução conjunta dos seus antecessores, o *CASP (Computed Assisted Search Planning)* e o *JAWS (Joint Automated Work Sheets)*. O **SAROPS** é composto principalmente por três componentes, o *GUI (Graphical User Interface)*, o *EDS (Environmental Data Server)* e o *SIM (Simulator)*. Utiliza a ferramenta *SIG* do governo norte-americano, o *C/JMTK (Commercial Joint Mapping Tool Kit's)* e torna-se uma ferramenta capaz de efetuar os cálculos necessários para prestar auxílio às operações em ambiente costeiro e oceânico.

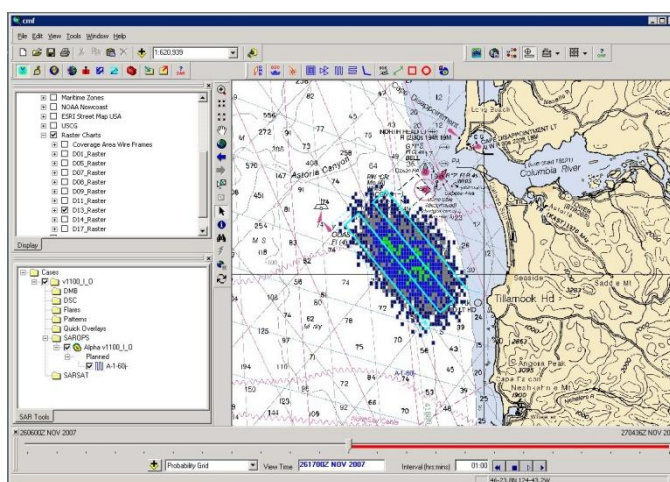


Figura 2.11 - Interface do SAROPS

O **SARMaster**, que nos chega do Brasil, trata-se de um *software* que não será aprofundado, uma vez que é idêntico aos demais. Apenas foi aqui mencionado porque detém uma característica interessante, que é o fato de produzir e ter associada uma base de dados de missões que poderá ser consultada e gerida a partir do mesmo.

Chegamos assim àquele que é considerado por muitos como a ferramenta mais poderosa para processar operações SAR, o **SARMAP** (Figura 2.12), que atualmente se encontra na versão 6.7. Desenvolvido pela *ASA, Inc*, é um *software* proprietário (*Applied Science Associates, Inc*, 2012). Este foi o único *software* avaliado através de uma versão *demo* que a empresa

disponibilizou. Orientado quer para centros marítimos, quer para centros aeronáuticos, detém diversas ferramentas para uma análise primária de situações, auxiliando o RCC que a possuir a determinar de que forma irá defrontar e encarar a missão que se lhe é proposta.

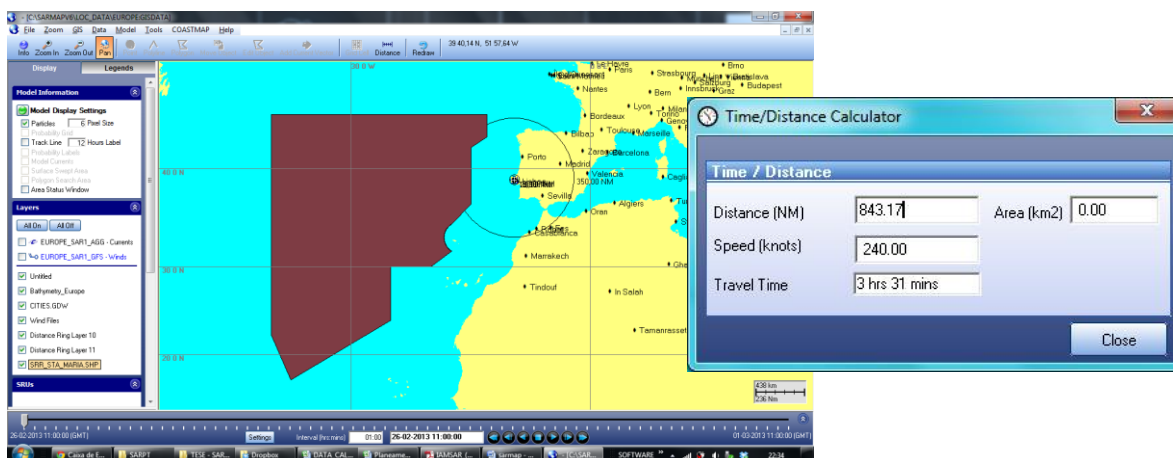


Figura 2.12 - Interface e ferramenta Time/Distance Calculator do SARMAP 6.7

Integralmente compatível com outras ferramentas SIG, tal como mostra a Figura 2.13, permite a exportação e importação de todos os dados para *softwares* como o ArcGIS, da ESRI. Com acesso a vários servidores de dados meteorológicos e hidrográficos permite obter em tempo quase real a informação necessária ao cálculo das derivas, que são determinadas quer com recurso ao método IAMSAR quer ao método de Monte Carlo. Para passar a informação às SRU, o SARMAP permite também a compilação de relatórios cuja informação, apresentada na Figura 2.14, pode ser alterada de acordo com os objetivos específicos.

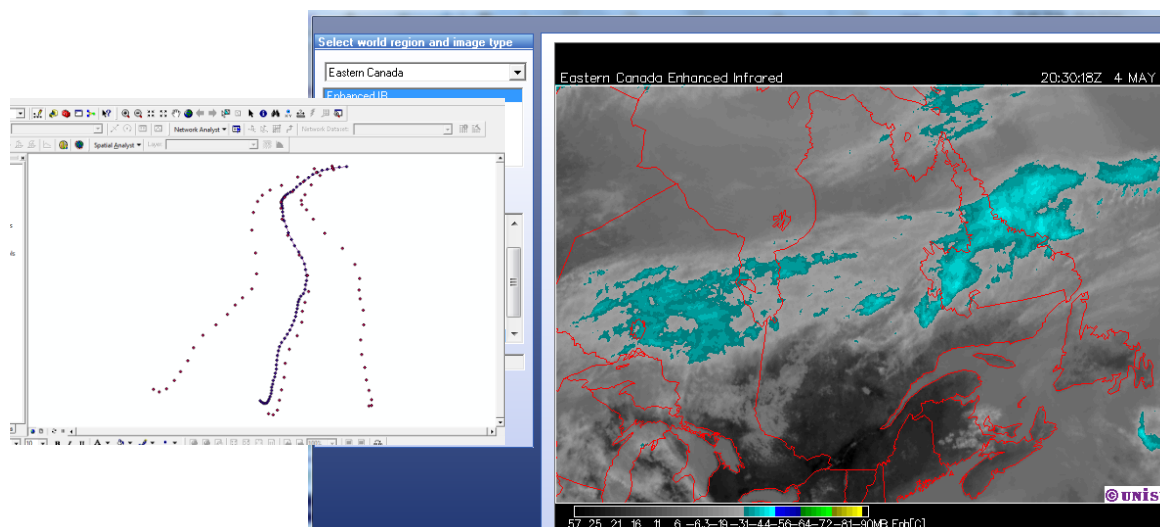


Figura 2.13 - Interoperabilidade do SARMAP com servidores meteorológicos e com o ArcGIS, da ESRI

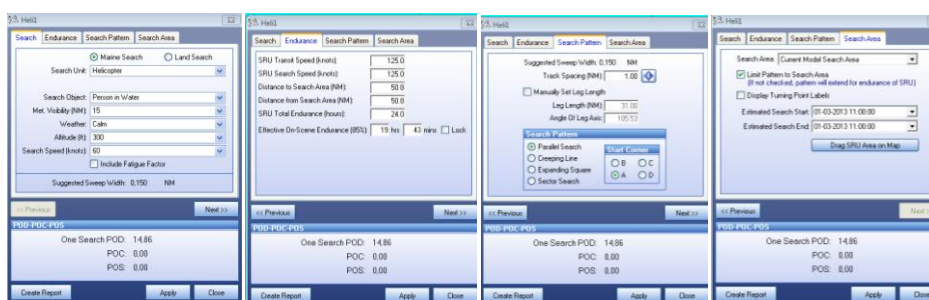


Figura 2.14 - Definição de parâmetros para compilação de relatórios no SARMAP

O SARMAP, de acordo com a situação, acompanha a evolução da deriva e informa o utilizador das áreas de busca a serem batidas. Esta ferramenta, após determinar a área de busca, identifica e define o padrão que as SRU, previamente introduzidas e identificadas, deverão efetuar.

Por último, abordamos o ICAR SAR System, um software desenvolvido e utilizado pela Guarda Costeira italiana. Esta ferramenta apresenta capacidades extremamente poderosas e eficientes. Primando pela simplicidade, através de inserção dos dados necessários são calculados todos os parâmetros necessários ao planeamento da operação SAR, resultando deste processo o cálculo de derivas pelo Método IAMSAR e pelo método de Monte Carlo (Figura 2.15).

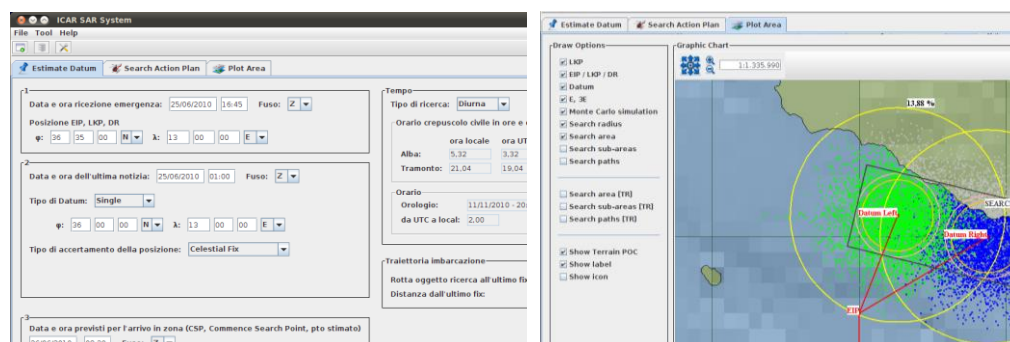


Figura 2.15 - Interface do ICAR SAR System

O ICAR SAR System apresenta uma particularidade interessante, sendo este o principal motivo da sua abordagem neste projeto. A forma simples e eficiente como o ICAR SAR System está estruturado relaciona-se com o interface profetizado para uma eventual ferramenta a ser criada de acordo com as nossas necessidades. Este software será, assim, um exemplo a ter em conta em versões futuras deste projeto.

2.5. Trigonometria e Geometria Analítica

O SAR-PT, tal como vai ser possível entender no final deste documento, é uma ferramenta cuja estrutura necessita de diversos elos-chave bastantes específicos, de que são exemplo os diversos conceitos e aplicações relacionados com as matemáticas cartográficas. Oriundos dos

domínios da Trigonometria, quer plana, quer esférica, e da Geometria Analítica, surgem conceitos que, além de essenciais, são possivelmente a base teórica que permitiu, neste projeto, progredir do papel para as folhas de cálculo automáticas. Mais uma vez, não é um objetivo deste trabalho aprofundar determinada matéria, como sejam estas ciências matemáticas, mas sim mostrar exatamente como as mesmas foram utilizadas para atingir os objetivos definidos.

No que respeita à trigonometria, o principal usufruto e proveito que este projeto pretende receber desta ciência será mesmo a possibilidade de, através de fórmulas conhecidas, conceber automaticamente o cálculo de distâncias e rumos e, através dessas mesmas distâncias e rumos, determinar longitudes e latitudes, partindo de outras posições conhecidas.

Começando por um conceito simples, torna-se relativamente fácil efetuar o cálculo de uma distância no plano recorrendo ao intemporal Teorema de Pitágoras, representado na equação 1 e às fórmulas básicas de trigonometria, que figuram nas Equações 2 e 3.

$$\text{Equação 1: } d^2 = x^2 + y^2$$

$$\text{Equação 2: } \sin \alpha = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{hipotenusa}}$$

$$\text{Equação 3: } \cos \alpha = \frac{\text{cateto adjacente}}{\text{hipotenusa}}$$

Estas fórmulas trigonométricas simples, aplicadas a um sistema de coordenadas ortonormado, possibilitam a obtenção direta, quer de uma distância, quer de um rumo, aplicando suas variantes especialmente alteradas, que em baixo se apresentam:

$$\text{Equação 4: } \text{distância} = \sqrt{(\lambda_A - \lambda_B)^2 + (\varphi_B - \varphi_A)^2}$$

$$\text{Equação 5: } \text{rumo} = \arcsen\left(\frac{\lambda_B - \lambda_A}{\text{distância}}\right)$$

em que λ , φ e α representam longitude, latitude e rumo, respetivamente.

Equacionar o cálculo de distâncias e rumos a partir dos conceitos de trigonometria esférica, torna o resultado mais preciso, contudo, o processo é também mais complexo. A trigonometria esférica resulta da adaptação à esfera dos conceitos de trigonometria plana. Das fórmulas básicas da trigonometria, e considerando os três ângulos e os três lados que caracterizam um triângulo, conseguimos, por exemplo, chegar à formulação que define a Lei dos Cossenos e que se revela na seguinte expressão:

$$\text{Equação 6: } \cos a = \cos b * \cos c + \sin b * \sin c * \cos A$$

Ora, ao contrário da Trigonometria Plana, não é suficiente conhecer dois ângulos para resolver um triângulo esférico. É sempre necessário conhecer, no mínimo, três elementos, sejam eles três ângulos, três lados, dois lados e um ângulo ou um lado e dois ângulos. Por dedução semelhante à Lei dos Cossenos, chegamos às Fórmulas Fundamentais da Trigonometria Esférica:

$$\text{Equação 7: } \cos a = \cos b * \cos c + \text{sen } b * \text{sen } c * \cos A$$

$$\text{Equação 8: } \cos b = \cos a * \cos c + \text{sen } a * \text{sen } c * \cos B$$

$$\text{Equação 9: } \cos c = \cos a * \cos b + \text{sen } a * \text{sen } b * \cos C$$

Derivando as Fórmulas Fundamentais obtidas e alterando-as de acordo com as nossas necessidades, conseguimos chegar ao resultado que nos permite calcular diretamente de forma esférica, através da Equação 10, a distância entre dois pontos de coordenadas conhecidas, bem como o rumo que levará do ponto inicial ao final, conseguido através da equação 11.

$$\text{Equação 10: } \text{distância} = R * \arccos[(\sin \varphi A * \sin \varphi B)] + (\cos \varphi A * \cos \varphi B) * \cos (\lambda B - \lambda A)$$

$$\text{Equação 11: } \text{rumo} = \arccos \frac{[(\sin \varphi A - \sin \varphi B) * \cos \frac{\text{distância}}{60}]}{(\sin \frac{\text{distância}}{60}) * \cos \varphi A}$$

em que λ , φ e R representam respetivamente longitude, latitude e Raio da Terra, medido nas unidades em que se pretende obter a distância.

É importante referir aqui a diferença entre as componentes esférica e plana da trigonometria. Se por um lado a trigonometria esférica confere ao valor resultante uma aproximação mais realista por considerar a superfície curva da Terra, por outro, a trigonometria simples ou plana torna o cálculo mais simples e menos propenso a erros. E o certo é que a diferença entre os resultados obtidos através dos dois métodos apenas difere significativamente quando se lida com grandes distâncias. Em operações SAR espera-se obviamente que o erro de cálculo seja igual a zero. Tal conceito é claramente uma utopia pois dificilmente se controlarão com precisão todas as variáveis que afetam a deriva dos objetos no mar. Contudo, visando a experiência quotidiana, as capacidades de instrumentação e deteção dos meios aéreos e para efeitos académicos, vamos considerar que um erro de três milhas náuticas seria aceitável no resultado final. Analisando a Tabela 2.1, e considerando a distância esférica como a correta, observa-se que para o cálculo de uma determinada distância apenas se atinge uma diferença entre o plano e a esfera superior a três milhas náuticas a partir das sessenta e sete milhas náuticas de separação correta efetiva entre coordenadas.

φA	λA	φB	λB	Distância Plana	Distância Esférica	Δ
25	25	25	25	0	0	0
25,01	25,01	24,99	24,99	1,620569764	1,697056275	0,07648651
25,02	25,02	24,98	24,98	3,241139485	3,39411255	0,15297306
25,03	25,03	24,97	24,97	4,861709127	5,091168825	0,2294597
25,04	25,04	24,96	24,96	6,482278645	6,788225099	0,30594645
25,05	25,05	24,95	24,95	8,102848001	8,485281374	0,38243337
25,07	25,07	24,93	24,93	11,34398606	11,87939392	0,53540786
25,09	25,09	24,91	24,91	14,58512298	15,27350647	0,6883835
25,11	25,11	24,89	24,89	17,82625843	18,66761902	0,84136059
25,13	25,13	24,87	24,87	21,06739209	22,06173157	0,99433949
25,15	25,15	24,85	24,85	24,30852362	25,45584412	1,1473205
25,17	25,17	24,83	24,83	27,54965271	28,84995667	1,30030396
25,19	25,19	24,81	24,81	30,79077903	32,24406922	1,45329019
25,22	25,22	24,78	24,78	35,6524626	37,33523805	1,68277544
25,25	25,25	24,75	24,75	40,5141381	42,42640687	1,91226877
25,28	25,28	24,72	24,72	45,37580443	47,5175757	2,14177127
25,31	25,31	24,69	24,69	50,23746049	52,60874452	2,37128404
25,34	25,34	24,66	24,66	55,09910517	57,69991334	2,60080818
25,35	25,35	24,65	24,65	56,71965068	59,39696962	2,67731894
25,36	25,36	24,64	24,64	58,34019476	61,09402589	2,75383113
25,37	25,37	24,63	24,63	59,96073738	62,79108217	2,83034479
25,38	25,38	24,62	24,62	61,58127849	64,48813844	2,90685996
25,39	25,39	24,61	24,61	63,20181804	66,18519472	2,98337668
25,4	25,4	24,6	24,6	64,82235601	67,88225099	3,05989498
25,41	25,41	24,59	24,59	66,44289235	69,57930727	3,13641492

Tabela 2.1 - Comparação dos resultados obtidos através da trigonometria plana e esférica

Em termos de distância percorrida, uma diferença de 3 NM por cada 67 NM percorridas certamente não seria aceitável, tendo em conta os 350 NM do raio de ação do EH-101 MERLIN. Felizmente, utilizaram-se sempre fórmulas esféricas no cálculo de distâncias percorridas. Aliás, na quase totalidade da ferramenta SAR-PT é utilizada Trigonometria Esférica. Existe apenas uma operação que, devido à complexidade da aplicação da esfericidade, foram aplicados os conceitos trigonométricos planos. E é essa mesma operação que nos leva ao outro conceito matemático aplicado neste trabalho, a Geometria Analítica. A Geometria Analítica detém uma área da matemática crucial para o SAR-PT, sendo ela a área das operações com vetores. A essência do método IAMSAR baseia-se sobretudo na soma de vetores que vão sendo determinados ao longo de todo o processo. Tendo em conta a forma manual que o método IAMSAR pressupõe, somas de vetores podem ser realizadas com recurso ao calculador de voo ou a papel milimétrico, mais uma vez, processos morosos tendo em conta o caráter urgente das missões de busca e salvamento. É desta forma que, recorrendo à Geometria Analítica conseguimos um método, também ele analítico, de processar estas operações. A base deste processo pressupõem também a utilização

de conceitos de trigonometria, como mais à frente será analisado. Mais uma vez, a experiência revela-nos que raramente se trabalha com vetores de deriva superiores a dez milhas náuticas, sendo já incluído neste valor uma elevada margem de segurança, portanto, voltando a analisar a Tabela 2.1, facilmente constatamos que pelo erro diferencial associado a uma distância correta de 10 NM, podemos seguramente utilizar trigonometria plana para proceder às referidas somas de vetores.

A Geometria Analítica revela-nos que a soma de todas as componentes x e de todas as componentes y de uma série de vetores, resultam num valor de x_{total} e de y_{total} que por sua vez são as componentes x e y do vetor resultante. A abordagem levada a cabo na Figura 2.16 demonstra muito bem este conceito.

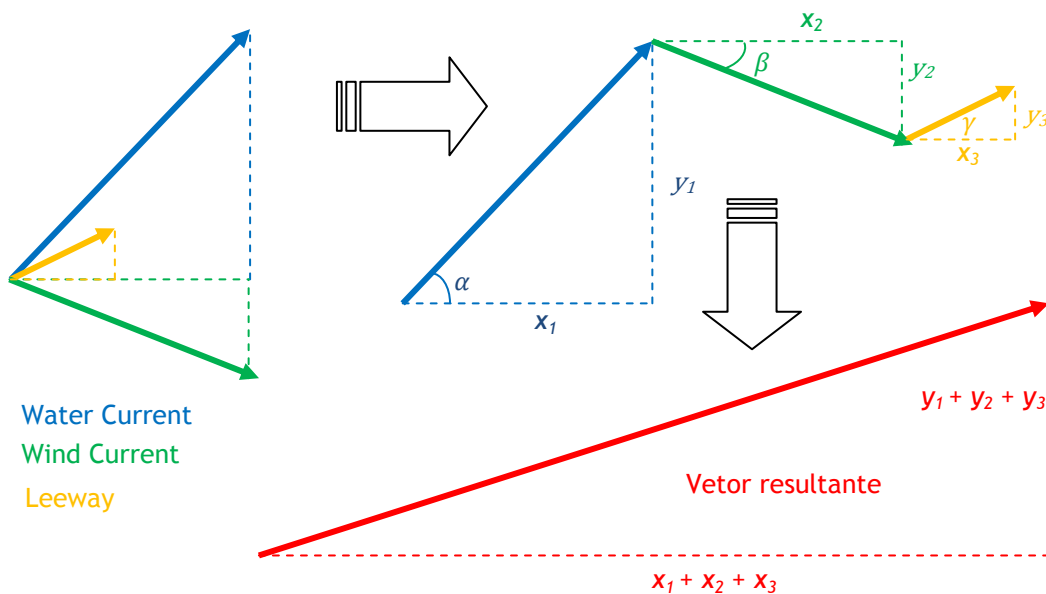


Figura 2.16 - Operação de soma de vetores

Como se observa na Figura 18, torna-se relativamente simples decompor graficamente um vetor nas suas componentes x e y . O objetivo desta parte do trabalho, porém, é obter automaticamente esses mesmos valores de x e y , referentes a todos os vetores que afetam a deriva, proporcionando assim a soma dos mesmos num único vetor final. Sabendo que um vetor é sempre caracterizado por uma intensidade e uma direção, é facilmente perceptível que se pode recorrer às fórmulas básicas da trigonometria para obter os valores destas componentes. Não sendo, de todo e mais uma vez, necessário demonstrar aqui a origem de expressões matemáticas, podemos apresentar diretamente com recurso às equações 12 e 13 as expressões que permitem obter os valores das componentes x e y de um vetor:

Equação 12: componente $x = \text{intensidade} * \cos \alpha$

Equação 13: componente $y = \text{intensidade} * \sin \alpha$

Uma vez decompostos todos os vetores e visando a obtenção do vetor resultante, basta somar todas as componentes x e todas as componentes y de modo a obter x_{total} e de y_{total} . Levando então a cabo o processo inverso, recorre-se ao Teorema de Pitágoras, representado pela equação 1, para que se consiga voltar a constituir um vetor único e final, obtendo-se como resultado a intensidade do vetor resultante. De modo a obter a sua direção, basta relacionar a intensidade resultante com uma das suas componentes x ou y , valores que neste momento já são conhecidos, colocando o ângulo requerido em evidência, tal como é demonstrado pelas equações 14 e 15.

$$\text{Equação 14: } \alpha = \arccos \frac{\text{componente } x}{\text{intensidade}}$$

$$\text{Equação 15: } \alpha = \arcsen \frac{\text{componente } y}{\text{intensidade}}$$

Como é de fácil percepção, todas estas operações matemáticas utilizadas neste projeto podem ser bastante sensíveis a nível de estrutura, especialmente as que comportam conceitos de trigonometria esférica. Para que os resultados fossem devidamente certificados e considerados seguramente corretos, estes foram ao longo de todo o processo comparados com os resultados de outras fontes, nomeadamente com outros *softwares* que permitem calcular distâncias no globo e realizar operações com vetores. Conseguindo resultados idênticos, consegue-se assumir que todos os cálculos que são efetuados no DATA CALCULATOR estão corretos.

3. Aplicação manual do método IAMSAR

O método IAMSAR é uma das formas mais utilizadas para o cálculo de derivas, quer marítimas, quer aeronáuticas, não fosse este método o resultado dos esforços conjuntos entre a IMO e a ICAO.

Embora muitos dos serviços SAR que atualmente operam em todo o mundo recorram a ferramentas de cálculo de deriva computadorizadas, muitas delas têm como base o método IAMSAR, ou utilizam esta técnica como complemento ao método de Monte Carlo.

Neste subcapítulo é abordado o método IAMSAR de modo a demonstrar o funcionamento do mesmo, passo por passo, explicando a obtenção dos seus resultados e servindo já como base teórica da técnica aplicada à componente de cálculo do SAR-PT, o DATA CALCULATOR.

O método IAMSAR contempla a resolução de oito etapas e respetivas folhas de cálculo (*worksheets*), nas quais se torna necessário inserir informação visando a obtenção dos dados requeridos. O objetivo final será obter os dois conjuntos de coordenadas que traduzem as posições (*Datum 1 e Datum 2*) mais prováveis do objeto que sofreu deriva e o erro associado, que permite estabelecer a área de busca.

Será resolvida a situação prevista no ANEXO D com recurso ao método manual IAMSAR. Desta forma será também possível demonstrar o raciocínio associado a este processo.

3.1. Etapa A - Starting Position for this Drift Interval

A Etapa A, representada na Figura 3.1, é o passo onde a informação inicial é introduzida. No que à navegação aérea e marítima diz respeito, a uma posição estará sempre associada uma hora (GDH), e como tal será essa a informação que deverá ser registada nesta etapa (A-2). Esta posição é a última associada ao objeto, seja ela conhecida ou estimada, e deverá se possível ser indicada a sua natureza (A-1).

A	Starting Position for this Drift Interval		
1	Type of Position (Circle one)	Last Known Position Estimated Incident Position Previous Datum	<input checked="" type="radio"/> LKP <input type="radio"/> EIP <input type="radio"/> PD
2	Position Date/Time	<u>30 2325</u>	Z <u>JAN 2014</u>
3	Latitude, Longitude of Position	<u>39° 45,838'</u> <input checked="" type="radio"/> N <input type="radio"/> S	<u>026° 04,992'</u> <input checked="" type="radio"/> W <input type="radio"/> E

Figura 3.1 - Etapa A - Starting Position for this Drift Interval

Neste ponto, após análise da situação e das coordenadas inseridas em A-3, já a equipa do RCC delineou a componente aérea desta operação SAR e determinou qual, ou quais, as aeronaves a serem empenhadas. Num caso de elevada probabilidade de situação de *distress*, uma aeronave

de asa fixa para busca e localização mais rápida e outra de asa rotativa para proceder ao resgate seria o modelo SAR aeronáutico a ser empregue. Neste caso, para fins de exercício, apenas vamos considerar o empenhamento de uma aeronave, capaz de efetuar busca e resgate, como seja o EH-101 MERLIN.

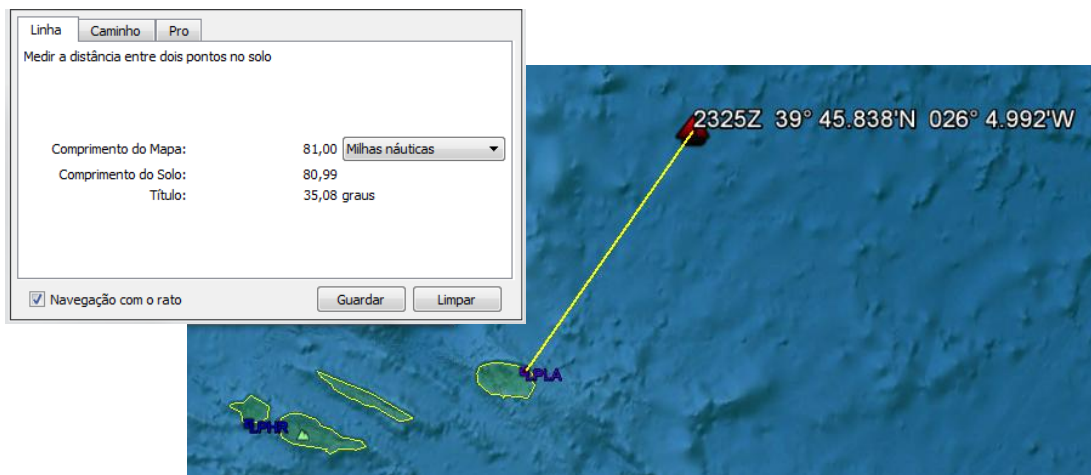


Figura 3.2 - Determinação de distâncias com recurso a *software*

3.2. Etapa B - Datum Time

Tendo em conta a última posição (A-3), e a respetiva hora transmitidas pela embarcação, é necessário determinar a hora em que o meio aéreo iniciará as buscas, traduzindo-se este período de tempo no tempo total que teoricamente o objeto “andou à deriva”, sendo este o objetivo da Etapa B (Figura 3.3). Desde a última informação da embarcação (23:25 de dia 30) até o RCC ser ativado (dia 31, às 03:15) passaram três horas e cinquenta minutos (03:50). Desde a ativação do RCC até que a aeronave descole, será adicionado um período de tempo tabelado de quarenta e cinco minutos (00:45). Através da posição fornecida, e com recurso a uma qualquer ferramenta que permita calcular distâncias, seja através de cartas ou de *softwares* (Figura 3.2), sabemos que a embarcação dista 81 NM das Lajes, no seu azimute 035°T. Sabendo que a TAS do EH-101 é de 120 Kts e que temos ventos contrários de 20 Kts, conseguimos determinar que a GS desta aeronave será de 100 Kts. Sabendo, por fim, que um nó é igual a uma milha náutica por hora, determinamos que o EH-101 demorará cinquenta minutos (00:50) a chegar à ZOPS. De acordo com todos estes dados conseguimos determinar que desde a hora da última posição conhecida até ao momento em que o MERLIN está pronto para iniciar busca decorreram um total de cinco horas e vinte e cinco minutos (05:25). Todos estes cálculos relativos a períodos de tempo podem ser efetuados de diversas maneiras, desde o simples cálculo ordinário até ao uso de *software*, passando pela complexa ferramenta bastante utilizada no mundo aeronáutico, o calculador de voo, apresentado na Figura 3.7. Sabendo que o MERLIN descolará quarenta e cinco minutos após a ativação do RCC e que demorará cinquenta minutos em rota deduzimos que o helicóptero iniciará buscas às 04:50Z desse mesmo dia. Neste momento detemos todos os dados necessários para concluir a Etapa B (Figura 3.3). É importante referir que durante o processo de

utilização do método IAMSAR convém ao SMC, pelo menos, anotar o tempo em horas decimais, após a sua conversão a partir do sistema sexagesimal, de modo a facilitar os cálculos que são maioritariamente efetuados no sistema decimal.

B		Datum Time	
1	Commence Search Date/Time	<u>31 0450</u>	Z <u>JAN 2014</u>
2	Drift Interval		<u>0525 (5,416)</u> hours

Figura 3.3 - Etapa B - Datum Time

3.3. Etapa C - Average Surface Wind (ASW)

As Etapas A e B foram relativamente fáceis de concluir, a partir da Etapa C o método torna-se bastante mais complexo, sendo necessário aumentar a atenção e a minúcia, pois são fases onde, devido ao *stress* e cansaço que possivelmente poderão ser já acumulados, o SMC poderá ser mais inculcado pelo erro.

A Etapa C (Figura 3.4) prevê a determinação do vento médio à superfície e a forma vetorial como este influencia as forças de deriva do objeto, nomeadamente a *Wind Current* e o *Leeway*. A Etapa C apenas pode ser alcançada mediante o preenchimento da folha de cálculo *ASW Worksheet (C-A)*, apresentada na Figura 3.5. Nesta folha de cálculo deverão ser preenchidos os valores referentes ao vento, desde a hora de cada observação, o período de tempo afeto a cada observação, direção e velocidade. A própria ficha explica o procedimento pelo que o processo é facilmente conduzido pela leitura da mesma. No entanto, é necessário referir que tempo gasto a ler explicações é tempo perdido num processo que urge em ficar concluído. Em relação às observações do vento, o Centro de Meteorologia das Lajes disponibiliza observações diárias às 00:00, às 06:00, às 12:00 e às 18:00. No caso do RCC Lajes, estas são as observações a ter em conta. Como as previsões de vento são disponibilizadas a horas específicas, convém adequar estas previsões a todo o ciclo diário. Podendo esse processo de adequação ser difícil de explicar, torna-se simples a sua compreensão analisando a Figura 3.6.

C		Average Surface Wind (ASW)	
		(Attach Average Surface Wind (ASW) Worksheet)	
1	Average Surface Wind (ASW)	<u>215</u>	°T <u>20</u> kts
2	Probable Error of Drift Velocity due to Probable Error of Average Surface Wind (ASWDV _e)		<u>0,5</u> kts

Figura 3.4 - Etapa C - Average Surface Wind (ASW)

A Average Surface Wind						
1 Surface Wind Data						
Time of Observation	Time Interval	Number of Hours (A)	Wind Direction (B)	Wind Speed (C)	Wind Contribution (A × C)	
0000	2325-0300	0335 (3,583)	215 °T	20 kts	71,66 NM	
0600	0300-0450	0150 (1,833)	215 °T	20 kts	36,66 NM	
_____	____-____	_____	_____ °T	_____ kts	_____ NM	
_____	____-____	_____	_____ °T	_____ kts	_____ NM	
_____	____-____	_____	_____ °T	_____ kts	_____ NM	
_____	____-____	_____	_____ °T	_____ kts	_____ NM	
_____	____-____	_____	_____ °T	_____ kts	_____ NM	
_____	____-____	_____	_____ °T	_____ kts	_____ NM	
Total Hours		0525 (5,416) (D)	Vector Sum of Contributions	215 °T (E)	108,32 (F) NM	
2 Average Surface Wind (ASW) [(E)°T (F/D) kts]				215 °T	20 kts	
B Probable Error						
1 Probable Error of the Average Surface Wind (ASW _e)					8 kts	
2 Probable Error of Drift Velocity due to Probable Error of the Average Surface Wind (ASWDV _e)					0,5 kts	

Go to Part C on the Datum Worksheet.

Figura 3.5 - Folha de cálculo Average Surface Wind (ASW) Worksheet

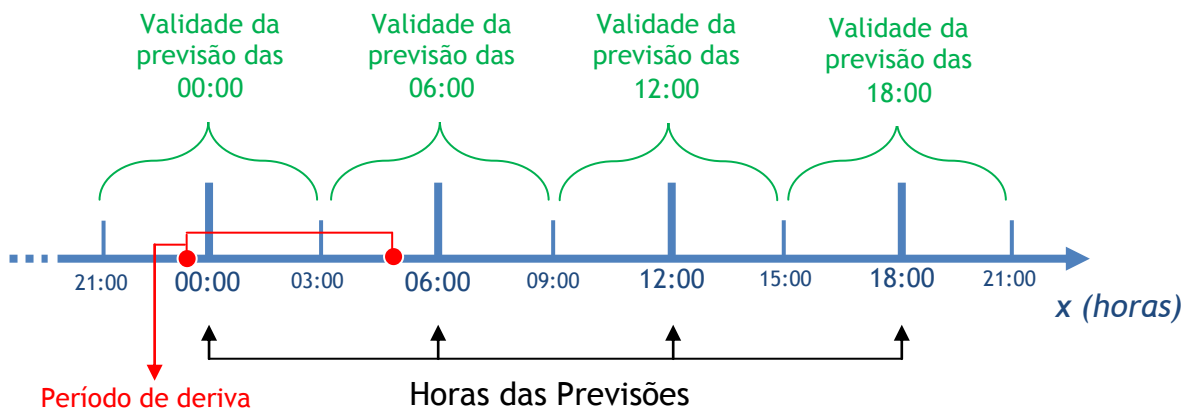


Figura 3.6 - Adequação das previsões de vento ao período diário

Quando uma informação do vento é obtida por escrito, nos chamados METAR, esta é apresentada no formato “XXXYYKT”, em que XXX será o azimute verdadeiro de onde sopra o vento e o YY a intensidade deste. É necessário ter muita atenção ao valor de X, já que este indica “de onde” sopra o vento. Além de se estar a trabalhar com processos vetoriais, ou seja, com valores de direção e intensidade, o método IAMSAR prevê já esta situação e assume, no

próprio cálculo, a inserção do vento neste formato, o chamado formato METAR. Este cálculo de vento serve fundamentalmente para determinar a *Wind Current* e o *Leeway*. Como tal, durante esses dois processos, existe um passo que adiciona (ou subtrai) 180 à direção do vento.

A parte do preenchimento do *Surface Wind Data* (C-A-1) passa ainda pelo cálculo da *Wind Contribution*, que se obtém através da multiplicação da *Wind Speed* com o número de horas adjacente a essa observação de vento e que mais não é que formulação dos vetores vento em função do tempo, calculando a intensidade resultante. Para calcular o tempo de influência de cada observação de vento estipulado pelo valor A, tem que se considerar a adequação das previsões (Figura 3.6) bem como a hora da LKP e do início das buscas (Figura 3.6, a vermelho). Após este preenchimento, são calculados os totais relativos, a iniciar pelo tempo total de horas, em D, que deverá ser igual ao ponto B-2 da Etapa B. Segue-se o cálculo da direção resultante do vento. Uma vez que este método IAMSAR está concebido para um cálculo manual, está previsto que as contas da direção resultante do vento sejam efetuadas com recurso a ferramentas também elas manuais, como uma folha milimétrica ou a segunda face do designado calculador de voo, uma ferramenta que possibilita efetuar operações com vetores entre outras aplicações aeronáuticas. O total determinado representado pelo valor F é um cálculo intermédio que possibilita em C-A-2 estimar a intensidade final do vetor vento resultante, através do rácio do valor estimado no mesmo valor de F pelo tempo total, representado por D.



Figura 3.7 - Calculador de voo

O cálculo do erro associado a esta etapa, representado pelas siglas ASW_e (C-B-1) e $ASWDV_e$ (C-B-2), é o objetivo deste ponto C-B da desta folha de cálculo. Sendo impossível dispor de observações em tempo real a cada dez milhas náuticas, as observações de vento disponibilizadas são consideradas previsões, e, como tal, de acordo com o método IAMSAR que o valor de ASW_e seja de 8 nós e que o valor de $ASWDV_e$ seja de 0,5 nós. Após os cálculos e determinações anteriormente apresentados, temos neste momento estimada toda a informação referente à folha de cálculo *ASW Worksheet*. Podemos assim efetuar o preenchimento da Etapa C, de acordo com a Figura 3.4.

3.4. Etapa D - Total Water Current (TWC)

A Etapa D (Figura 3.8) pretende determinar a corrente marítima total. É utilizado o termo “total” pois existem diversos fatores que afetam a corrente marítima, desde a maré até ao movimento da massa oceânica, passando pela ação do vento na superfície da água. À semelhança da etapa anterior também a Etapa D pressupõe o preenchimento de fichas anexas. Neste caso a situação torna-se mais complexa uma vez que é necessário proceder ao preenchimento da folha de cálculo referente à folha de cálculo *Total Water Current (TWC) Worksheet*. Esta ficha requer ainda o preenchimento de uma terceira folha de cálculo designada *Wind Current (WC) Worksheet*. A Etapa D apenas fica completa após o preenchimento das duas folhas de cálculo referidas.

D	Total Water Current (TWC) (Attach Total Water Current (TWC) Worksheet)			
1	Total Water Current (TWC)	<u>083</u>	°T	<u>1,2</u> kts
2	Probable Total Water Current Error (TWC _e)			<u>0,42</u> kts

Figura 3.8 - Etapa D - Total Water Current (TWC)

Iniciando esta etapa com o preenchimento da *TWC Worksheet*, deparamo-nos com uma série de componentes de corrente marítima que é possível introduzir. A quantidade de componentes de corrente apontada pelo método IAMSAR serve para ajustar o cálculo do vetor de corrente marítima resultante. Quantos mais forem possíveis de definir, mais próximo o vetor final ficará da realidade. No entanto, é perfeitamente possível dar continuidade ao método utilizando apenas uma componente de corrente marítima. É preferível utilizar valores fundamentados nas ferramentas disponíveis do que utilizar valores hipotéticos que apenas aumentam o erro e a incerteza do resultado final. Devido à inexistência de ferramentas e dados apropriados, é comum não serem preenchidos todas as componentes de corrente indicadas e uma vez que o exercício prático sobre o qual assenta este capítulo solicita uma intervenção característica do estado inicial de uma operação, muitas vão ser as componentes que não serão preenchidas devido à carência de dados. Com o decorrer da missão e com meios disponíveis na ZOPS, torna-se possível apurar os dados em falta com um elevado nível de certeza. Para evitar confusões, dever-se-ão riscar todas as fontes de corrente marítima que não se encontram disponíveis. Como se pode observar na Figura 3.9, no início do planeamento referente à situação em causa, apenas dispomos de dados que permitem preencher os campos D-B-2 e D-B-3, nomeadamente a informação presente nas *Pilot Chart* (ou tendo em conta as ferramentas recentemente criadas, nas *Sea Current Charts*) e também a informação de ventos previamente determinada e que irá permitir calcular a corrente marítima gerada pelo vento, mediante o preenchimento de uma ficha de terceiro nível, a *Wind Current Worksheet* (Figura 3.10). Desta forma, e dispondo somente desta informação, apenas esses campos são preenchidos.

A Observed Total Water Current (TWC)			
1	Source (datum marker buoy (DMB), debris, oil)	_____	
2	Observed Set/Drift	_____ °T _____	kts
3	Probable Error of Observation (TWC_e)	_____	kts
4	Go to Part D on the Datum Worksheet .		
B Computed Total Water Current			
1	Tidal Current (TC)		
a	Source (tidal current tables, local knowledge)	_____	
b	Tidal Current (TC) Set/Drift (Attach any tidal current computations)	_____ °T _____	kts
c	Probable Error of Tidal Current (TC_e)	_____	kts
2	Sea Current (SC)		
a	Source (Atlas, Pilot Chart, etc.)	<u>Atlas of Pilot Charts</u>	
b	Sea Current (SC) Set/Drift	<u>110</u> °T <u>0,5</u>	kts
c	Probable Error of Sea Current (SC_e)	<u>0,3</u>	kts
3	Wind Current (WC) (Attach Wind Current Worksheet)		
a	Wind Current (WC) Set/Drift	<u>065</u> °T <u>0,73</u>	kts
c	Probable Error of Wind Current (WC_e)	<u>0,3</u>	kts
4	Other Water Current (OWC)		
a	Source (local knowledge, previous incidents, etc.)	_____	
b	Other Water Current (OWC) Set/Drift	_____ °T _____	kts
c	Probable Error of Other Water Current (OWC_e)	_____	kts
5	Computed Total Water Current (TWC) Set/Drift	<u>083</u> °T <u>1,2</u>	kts
6	Computed Probable Total Water Current Error (TWC_e) ($TWC_e = \sqrt{TC_e^2 + SC_e^2 + WC_e^2 + OWC_e^2}$)	<u>0,42</u>	kts
7	Go to Part D on the Datum Worksheet .		

Figura 3.9 - Folha de cálculo Total Water Current (TWC) Worksheet

Wind Current (WC)			
1	Average Surface Wind (ASW) (From Datum Worksheet, line C.1)	<u>215</u>	°T <u>20</u> kts
2	Downwind Direction (ASW direction $\pm 180^\circ$)		<u>035</u> °T
3	Wind Current Drift (from Figure N-1)		<u>0,73</u> kts
4	Divergence of Wind Current (from Figure N-1)	\pm	<u>+30</u> °
5	Wind Current Set (Downwind Direction \pm Divergence of Wind Current) (Add Divergence in northern hemisphere, subtract in southern hemisphere)		<u>065</u> °T
6	Wind Current (WC) Set/Drift	<u>065</u>	°T <u>0,73</u> kts
7	Probable Error of Wind Current (WC_e)	<u>0,3</u>	kts
8	Go to line B.3 on the Total Water Current (TWC) Worksheet .		

Figura 3.10 - Folha de cálculo Wind Current (WC) Worksheet

O preenchimento da *Wind Current Worksheet* necessita de dados de vento que foram previamente determinados e devem ser inseridos no ponto 1. De seguida, no ponto 2, dever-se-á inserir o valor de *downwind*, que se obtém adicionando ou subtraindo 180 ao valor da direção do vento, para que o resultado se situe entre 0 e 360. Esta operação vai permitir alterar a direção de onde sopra o vento (formato METAR) para onde sopra o vento (formato vetorial). Iniciam-se também nesta folha de cálculo as análises a uma série de gráficos e tabelas, como se comprova pela necessidade de consulta da *Figure N-1* no ponto 3 e 4 desta folha de cálculo. Estes gráficos e tabelas constituem o *Appendix N* do IAMSAR e podem ser consultados neste trabalho no ANEXO I. No ponto 4 obtém-se, mediante a análise do mesmo gráfico, a divergência de corrente marítima, ângulo esse que deve, uma vez situando-se a LKP no hemisfério Norte, ser adicionada ao valor de *downwind* anteriormente definido. Temos neste momento a informação necessária para preencher o ponto B-3 da ficha de segundo nível *Total Water Current Worksheet*, onde nos encontrávamos anteriormente. Perante a diversa informação de corrente marítima de que dispomos no final desta folha de cálculo, segue-se a ação de determinar um vetor único para este movimento, sendo essa a informação a apurar e a preencher no ponto 5. Mais uma vez, tendo em vista uma operação manual, esta soma de vetores pode ser realizada com recurso a papel milimétrico ou recorrendo ao computador de voo, tal como se verifica na Figura 3.11.

No ponto 7 desta folha de cálculo é calculado o erro relativo à determinação da corrente marítima total.

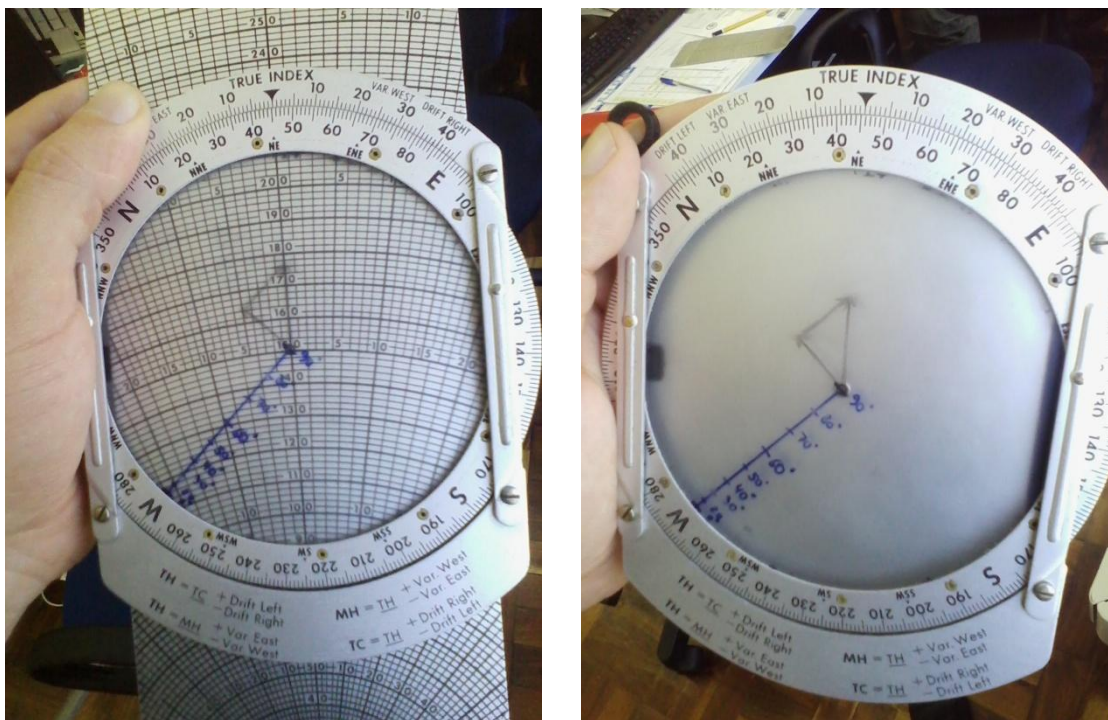


Figura 3.11 - Soma de vetores com recurso ao computador de voo

3.5. Etapa E - Leeway (LW)

Inicia-se, então, a Etapa E (Figura 3.12), que pretende determinar o *Leeway*, ou seja, a deriva resultante da ação do vento na superfície de contato com este do objeto em questão. Mais uma vez, esta etapa requer o preenchimento de mais uma folha de cálculo, desta vez a *Leeway Worksheet*, representada na Figura 3.13.

E	Leeway (LW) (Attach <i>Leeway (LW) Worksheet</i>)			
1	Left of downwind	<u>345</u>	°T	<u>0,8</u> kts
2	Right of downwind	<u>085</u>	°T	<u>0,8</u> kts
3	Probable Leeway Error (LW_e)			<u>0,35</u> kts

Figura 3.12 - Etapa E - *Leeway (LW)*

1	Average Surface Wind (ASW) (from Datum Worksheet, line C.1)	<u>215</u>	°T	<u>20</u> kts
2	Downwind Direction (ASW direction $\pm 180^\circ$)			<u>035</u> °T
3	Leeway Speed (from Figure N-2 or N-3)			<u>0,8</u> kts
4	Leeway Divergence Angle (from Figure N-2 or N-3)		\pm	<u>50</u> °
5	Leeway Directions			
a	Left of downwind (line 2 - line 4)			<u>345</u> °T
b	Right of downwind (line 2 + line 4)			<u>085</u> °T
6	Leeway (LW)			
a	Left of downwind	<u>345</u>	°T	<u>0,8</u> kts
b	Right of downwind	<u>085</u>	°T	<u>0,8</u> kts
7	Probable Leeway Error (LW_e) (from Figure N-2 or N-3)			<u>0,35</u> kts
8	Go to Part E on the Datum Worksheet .			

Figura 3.13 - Folha de cálculo *Leeway (LW) Worksheet*

Nesta parte do processo já dispomos de uma quantidade significativa de dados determinados. Estes dados serão utilizados nas últimas etapas do processo de determinação de derivas marítimas do IAMSAR. No caso dos dados sobre o vento, já previamente calculados, estes serão inicialmente inseridos no ponto 1 desta folha de cálculo, após o qual será novamente, e pelas mesmas razões, calculada no ponto 2 a *downwind direction* por adição ou subtração de 180° , de modo a obter um valor situado no intervalo entre 0 e 360. No ponto 3, é considerado o objeto que se encontra à deriva. Nesta fase inicial, vamos considerar que tratar-se do próprio

pesqueiro, de características ainda não muito detalhadas, que se encontra à deriva. Mediante esta situação teremos de consultar a *Figure N-3* do *Appendix N* do IAMSAR (ANEXO I). Extraímos a informação do *Leeway* referente a um *Commercial Fishing Vessel*, de tamanho compreendido entre os 14 e os 30 metros e tipo desconhecido, informação essa a preencher na folha de cálculo. Assim que definimos o tipo de objeto a ter em conta, será anotado também o *divergence angle* e o erro associado ao objeto, dados inseridos no ponto 4 e 7 respetivamente. Os pontos 4, 5 e 6 deverão ser calculados tal como indicado na própria ficha, subtraindo e somando os ângulos de divergência ao valor de *downwind*.

3.6. Etapa F - Total Surface Drift

A Etapa F (Figura 3.14) do método IAMSAR para cálculo de derivas marítimas visa obter a informação final no que à deriva marítima diz respeito. Com recurso a papel milimétrico ou a um calculador de voo, ir-se-ão então somar os vetores da *Total Water Current* e *Leeway*. O resultado serão os dois vetores de deriva mais provável do objeto em questão, neste caso, do pesqueiro.

F		Total Surface Drift			
		Use a Manoeuvring Board or Calculator to add Total Water Current and Leeway vectors. (See Figure K-			
		(left of downwind)		(right of downwind)	
1	Drift Directions	<u>045</u>	°T	<u>084</u>	°T
2	Drift Speeds	<u>1,28</u>	kts	<u>1,92</u>	kts
3	Drift Distances (line F.2 × line B.2)	<u>6,95</u>	NM	<u>10,43</u>	NM
4	Total Probable Drift Velocity Error (DV_e) ($DV_e = \sqrt{ASWDV_e^2 + TWC_e^2 + LW_e^2}$)			<u>0,74</u>	kts

Figura 3.14 - Etapa F - Total Surface Drift

3.7. Etapa G - Datum Positions and Divergence Distances

A Etapa G (Figura 3.15), por sua vez, vai exprimir em coordenadas as duas posições mais prováveis onde o objeto se poderá encontrar, coordenadas essas determinadas com base na direção e distância dos dois vetores a partir da LKP.

G		Datum Positions and Divergence Distance			
		Using a Chart, Universal Plotting Sheet or Calculator, determine the datum positions and divergence distance (DD) (See Figure K-1b)			
1	Latitude, Longitude (left of downwind)	<u>39° 50,732'</u>	(N)S	<u>025° 58,578'</u>	(W)E
2	Latitude, Longitude (right of downwind)	<u>39° 46,924'</u>	(N)S	<u>025° 51,504'</u>	(W)E
3	Divergence Distance (DD)			<u>6,64</u>	NM

Figura 3.15 - Etapa G - Datum Positions and Divergence Angles

3.8. Etapa H - Total Probable Error of Position (E) and Separation Ration (SR)

A Etapa H (Figura 3.16), a última etapa que iremos considerar, uma vez que este projeto apenas prevê a determinação de derivas marítimas e respetiva área de busca associada, pretende calcular o erro associado às posições estimadas durante o processo levado a cabo até ao momento. Para completar esta última etapa será necessário, mais uma vez, preencher uma folha de cálculo, a *Total Probable Error of Position (E) Worksheet* (Figura 3.17).

H	Total Probable Error of Position (E) and Separation Ratio (SR) (Attach Total Probable Error of Position (E) Worksheet)		
1	Total Probable Error of Position Squared (E^2)	<hr/> <hr/>	NM ²
2	Total Probable Error of Position (E)	<hr/> 17,41 <hr/>	NM
3	Separation Ratio ($SR = DD/E$)	<hr/> <hr/>	
4	Go to the Total Available Search Effort Worksheet.		

Figura 3.16 - Etapa H - Total Probable Error of Position (E) and Separation Ratio

Segundo esta folha de cálculo, a *Total Probable Error of Position* mais não é do que uma medida de incerteza em volta das posições determinadas, ou seja, o raio total das circunferências centradas nas posições estimadas e que são, com base na área de incerteza que representam, consideradas áreas de busca.

Uma vez que este trabalho, sendo idealizado para fins de tese de mestrado em sistemas de informação geográfica, não compreende como objetivo a alocação de meios para a área de busca que irá ser determinada, não serão resolvidas as folhas de cálculo que pretendem otimizar os meios de busca à área apurada. Como tal, nesta Etapa H, apenas será necessário calcular o valor de E , valor esse que apenas poderá ser estimado com recurso à já referida *Total Probable Error of Position (E) Worksheet*. Para compreender e preencher devidamente esta folha de cálculo é necessário ter noção antecipada que todo grupo A se refere ao objeto que está a sofrer deriva, neste caso um pesqueiro de acordo com o ANEXO D, o grupo B é referente à deriva calculada anteriormente e o grupo C é todo ele relativo às plataformas que irão ser empenhadas nas operações de busca. O grupo D será onde se obtém definitivamente o valor de erro associado às posições estimadas.

No grupo A desta folha de cálculo terão de ser consultadas diversas tabelas no *Appendix N* do IAMSAR (ANEXO I). Na consulta da informação disponível nas diversas tabelas, vamos sempre considerar este pesqueiro como um *boat*. Como tal, o ponto A-1 deve ser igual a 15 NM e o ponto A-2 apresentar o valor 15%. O ponto A-3 é calculado de acordo com o DR estimado. Muito basicamente, o DR, acrónimo de *Death Reckoning*, é a ação de estimar a posição de um objeto dinâmico conhecendo o seu rumo e velocidade, a partir da sua última posição conhecida e considerando um intervalo de tempo também conhecido. Neste caso, se o último reporte da

embarcação foi às 23:25Z e como esta não procedeu ao reporte obrigatório das 02:00Z, podemos assumir que passaram 02:35 horas desde o seu último reporte até ao momento em que se têm relativa certeza numa situação de urgência. Sabendo que a embarcação estaria a praticar cinco nós, podemos estimar um valor de DR que deverá ser inserido então no ponto A-3. O ponto A-4 é preenchido de acordo com a instrução e o ponto A-5 é igual a zero, uma vez que estamos a lidar com uma embarcação e não com uma aeronave, daí não existir razão de planeio.

A Probable Distress Incident/Initial Position Error (X) (Go to line 1 to compute probable error of the distress incident position. Go to line 6 if the starting position for this drift interval is a previous datum.)			
1	Navigational Fix Error (from Table N-1 or N-2)	<u>15</u>	NM
2	Dead Reckoning (DR) Error Rate (from Table N-3)	<u>15</u>	%
3	DR Distance Since Last Fix	<u>12,92</u>	NM
4	DR Navigational Error (line A.2 × line A.3)	<u>1,938</u>	NM
5	Glide Distance (if aircraft/parachute descent heading is unknown)	<u>0</u>	NM
6	Probable Initial Position Error (X) (X = line A.1 + line A.4 + line A.5) or (X = Total Probable Error of Position from line H.2 of previous Datum Worksheet)	<u>16,938</u>	NM
B Total Probable Drift Error (D_e)			
1	Drift Interval (from line B.2 of the Datum Worksheet)	<u>5,416</u>	hours
2	Probable Drift Velocity Error (DV _e) (from line F.4 of the Datum Worksheet)	<u>0,74</u>	kts
3	Total Probable Drift Error (D _e) (D _e = line B.1 × line B.2)	<u>4,026</u>	NM
C Probable Search Facility Position Error (Y)			
1	Navigational Fix Error (from Table N-1 or N-2)	<u>0,1</u>	NM
2	Dead Reckoning (DR) Error Rate (from Table N-3)	<u>5</u>	%
3	DR Distance Since Last Fix	<u>0</u>	NM
4	DR Navigational Error (line C.2 × line C.3)	<u>0</u>	NM
5	Probable Search Facility Position Error (Y) (Y = line C.1 + line C.4)	<u>0,1</u>	NM
D Total Probable Error of Position (E)			
1	Sum of Squared Errors (E ² = X ² + D _e ² + Y ²)	<u> </u>	NM ²
2	Total Probable Error of Position (E = √X ² + D _e ² + Y ²)	<u>17,41</u>	NM

Figura 3.17 - Folha de cálculo Total Probable Error of Position (E) Worksheet

O grupo B é todo ele calculado com base em informação determinada em pontos anteriores. Basicamente este grupo determina o erro da deriva calculada em função do tempo total decorrido até ao início das buscas.

Quanto ao grupo C, toda a informação será relativa à plataforma de busca, que neste caso será o helicóptero EH-101, uma aeronave com três motores e sistema GPS disponível, informação esta necessária para ir buscar informação às mesmas tabelas do grupo A, contudo agora com referência à aeronave SAR.

Com toda a informação determinada até este ponto, temos tudo para determinar o *Total Probable Error of Position*, sendo este o objetivo do grupo D. Como resultado, obtemos a última informação a calcular neste método IAMSAR, ou seja, o erro associado às posições de deriva estimadas.

Terminada esta fase do processo, temos agora toda a informação necessária para passar os dados calculados para uma carta, devidamente escolhida de acordo com a escala e o propósito. A passagem de dados para a carta vai permitir visualizar os dados de forma gráfica permitindo uma noção espacial da situação que se encontra a decorrer. Deverá, assim, ser referenciada a informação relativa à LKP, ao *Datum 1* e ao *Datum 2*. Em torno destes três pontos deverá ser inscrita uma circunferência cujo raio é igual ao valor do *Total Probable Error of Position*. Embora o método IAMSAR apenas preveja a expressão de tal circunferência em torno do *Datum 1* e ao *Datum 2*, dita a experiência que existe uma determinada probabilidade do objeto em questão derivar em desacordo com os cálculos efetuados. Como tal, é fundamentada a ação de delinear também a circunferência de erro em torno da LKP, permitindo assim alargar a área de busca de forma adequada e com fundamento empírico. O resultado final será o da Figura 3.18.

Uma vez cartografadas as posições, bem como esta área circular de elevado POC, o SMC poderá agora delimitar o plano de ação de acordo com a situação, podendo desde já associar à área um padrão de busca apropriado, tendo em conta uma disposição que contemple a direção do vento, a exposição solar, entre uma série de outros fatores que deverão ser tidos em conta.

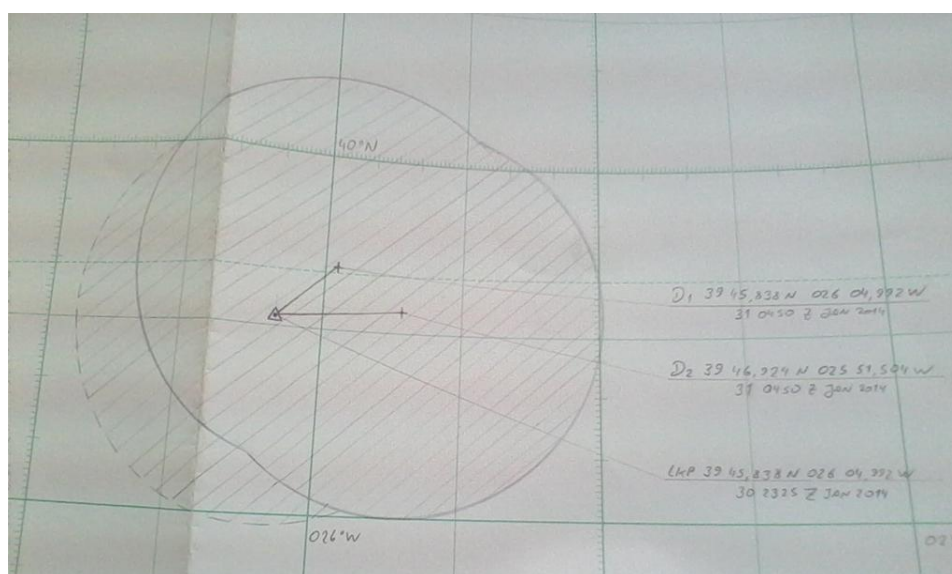


Figura 3.18 - Representação gráfica da informação calculada

4. CARATERIZAÇÃO DA ÁREA DE APLICAÇÃO

4.1. A SRR de Santa Maria

A SRR de Santa Maria é o local onde será aplicado o SAR-PT e a região onde foram centralizados todos os dados geográficos de base reunidos. Neste capítulo são fornecidos dados sobre a região e, sobretudo, acerca da sua caracterização tendo em conta os fatores gerais conhecidos, sendo apresentada uma breve análise espacial resultante da relação estabelecida entre a sua dimensão e as características das aeronaves de que a FAP dispõe para nela garantir a efetividade das operações SAR.

A partir do momento em que foram adotados os limites das FIR, para cumprimento das obrigações dos Estados enquanto prestadores de serviços SAR, Portugal passou a tutelar duas SRR, Lisboa e Santa Maria (Figura 4.1), que juntas ocupam o segundo lugar do *ranking* das maiores regiões de busca e salvamento do mundo.

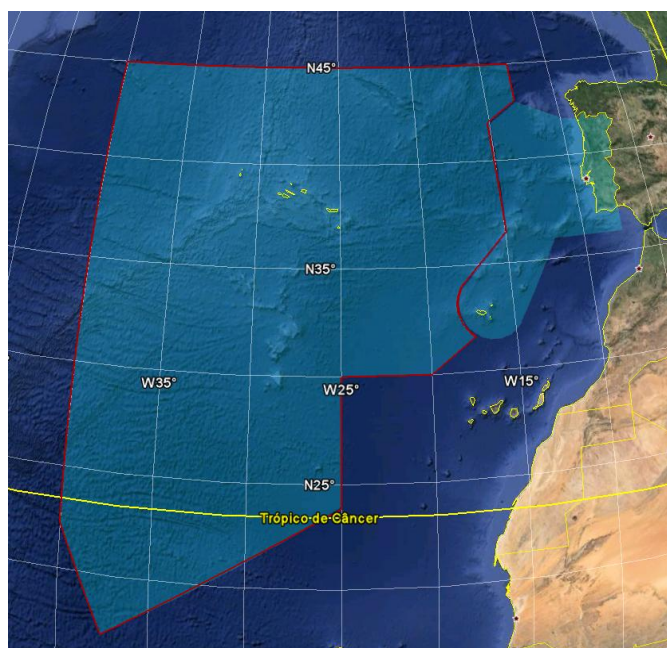


Figura 4.1 - A SRR de Santa Maria (delimitada a vermelho)

Uma vez que este projeto é concebido com base na realidade do serviço do RCC Lajes, a SRR de Santa Maria torna-se o palco onde o SAR-PT irá ser aplicado nesta fase inicial da sua prestação. Observando-se poucas alterações desde o seu estabelecimento, esta SRR é constituída por uma área de cerca de 4.926.350 km², dispostos maioritariamente sobre as águas do Atlântico Norte. O arquipélago dos Açores é, aliás, a única porção de terra presente em toda a SRR de Santa Maria, e como tal, é possível definir que cerca de 99.5% desta região de busca e salvamento está estabelecida sobre ambiente marítimo. Não obstante ser esta a área de aplicação da ferramenta que se pretende criar, uma vez que foram utilizados métodos definidos por organizações internacionais e aplicáveis em todas as regiões do globo, está previsto que o

SAR-PT, nomeadamente na sua vertente de cálculo DATA CALCULATOR, possa ser aplicado em qualquer região do mundo.

Segundo o DL 253/95, de 30 de setembro, a SRR de Santa Maria define-se pela sucessão das seguintes posições geográficas:

- 45° 00' N e 040° 00' W
- 45° 00' N e 013° 00' W
- 43° 00' N e 013° 00' W
- 42° 00' N e 015° 00' W
- 36° 30' N e 015° 00' W
- 34° 10' N e 017° 48' W
- Desde a última, através de um arco de circunferência com 100 NM de raio, centrado na posição 33° 04' N 16° 21'W, para a seguinte,
- 31° 39' N e 017° 25' W
- 30° 00' N e 020° 00' W
- 30° 00' N e 025° 00' W
- 24° 00' N e 025° 00' W
- 17° 00' N e 037° 30' W
- 22° 18' N e 040° 00' W
- 45° 00' N e 040° 00' W

Os limites da SRR de Santa Maria são também representados cartograficamente nos ANEXOS E, F e G, em conjunto com outros dados espaciais. A informação presente nestes anexos foi compilada através do ArcGIS.

4.2. A capacidade de operação das SRU aeronáuticas

A capacidade de busca e salvamento da FAP é constituída por diferentes aeronaves que permitem alcançar diferentes objetivos. Já anteriormente foram abordadas neste trabalho as principais aeronaves de que a FAP dispõe no momento para operações SAR. De entre elas, destacam-se o EH-101 MERLIN, o C-295 e o P-3 ORION por serem, atualmente, as mais utilizadas em ações SAR.

O próprio conceito de SAR define dois termos bem distintos, “busca” e “salvamento”. O termo “busca” pode ser associado a qualquer aeronave, já que todas elas possibilitam a análise em voo de uma determinada área com o objetivo de localizar o seu alvo. Já o termo

“salvamento”, entenda-se resgate, apenas está associado a aeronaves que possibilitem a extração imediata do alvo da zona de operações. Das três aeronaves enunciadas apenas ao EH-101 é possível esta operação. Contudo, para clarificar, a ação SAR das aeronaves de asa fixa não se restringe à localização do alvo. Tanto o C-295 como o P-3 (ou o C-130, em substituição deste) possibilitam a largada de um *kit* de sobrevivência que permitirá ao náufrago estender a sua capacidade de resistência no meio marítimo em que se encontra. Estas aeronaves são ainda responsáveis por encaminhar outras SRU, sejam elas aeronáuticas ou marítimas.

Os Destacamentos Aéreos dos Açores (DAA) são o grupo de aeronaves que primariamente são empenhadas em missões SAR na SRR de Santa Maria. Contudo, com o intuito de otimizar a missão é possível ativar também meios aéreos que se encontrem em unidades militares do continente ou do Destacamento Aéreo da Madeira (DAM). Aliás, devido às dimensões da área em questão, como é possível analisar pelo ANEXO E, operações de resgate em determinadas zonas da SRR de Santa Maria apenas são possíveis com recurso aos helicópteros que operam a partir do continente. A análise espacial efetuada utilizando as ferramentas do ArcGIS, permite-nos também discernir que, com recurso aos helicópteros da FAP atualmente disponíveis na SRR de Santa Maria (destacados na Base das Lajes), é possível prestar um serviço de resgate em 43,13% da SRR de Santa Maria, elevando-se essa percentagem para 49,88%, caso se recorra também às aeronaves de asa rotativa sediadas no continente e em Porto Santo.

Já para o processo de busca o raio de ação é bastante mais alargado. Mais uma vez, visando fundamentar este estudo, foi efetuada uma análise espacial à SRR de Santa Maria, tendo em consideração que o parâmetro a estudar seria o raio de ação em operação de busca. Os resultados estão disponíveis e podem ser analisados no ANEXO F. É possível verificar que existem áreas onde apenas é possível chegar se se empenharem meios que se encontram fora da SRR de Santa Maria. Apercebemo-nos assim que, com os meios disponíveis nos DAA, é possível efetuar buscas em cerca de 82,38% da referida SRR, utilizando o C-295.

Por último, como também é possível observar no ANEXO F, conseguimos ter a área da SRR de Santa Maria totalmente coberta se se recorrer à aeronave P-3 ORION, que à data deste trabalho, opera a partir de LPBJ (Beja), sendo os 100% de cobertura atingidos se esta efetuar uma escala para reabastecimento em qualquer aeródromo do arquipélago dos Açores.

Convém referir que todo este processo de empenhamento de aeronaves, destacadas ou não, é bastante mais complexo do que aqui foi descrito. É necessário ter em conta que diferentes tipos de aeronaves têm diferentes tempos de prontidão, alterados de acordo com uma série de fatores.

Embora não seja objetivo deste trabalho, os ANEXOS E e F anteriormente referidos são um bom exemplo de como os SIG podem ser utilizados para apoio aos serviços de busca e salvamento, neste caso para ações de planeamento.

Convém também referir que todos os produtos cartográficos resultantes das análises espaciais efetuadas, bem como dos trabalhos de vetorização que serão apresentados no ponto seguinte, estão já a ser utilizados nos *softwares* em uso no RCC Lajes, os quais comportam a leitura do formato *shapefile*.

4.3. O ambiente de trabalho equacionado para o SAR-PT

Determinar as derivas efetuadas por determinado objeto no mar é o principal objetivo deste projeto, contudo torna-se também necessário enquadrar as posições resultantes, de modo a proceder à sua relação com outras posições de interesse, nomeadamente distâncias a aeródromos, posições relativas aos limites da SRR, a outras ilhas e também as distâncias relativas a outras SRU, sejam elas dedicadas ou casuais. Este ambiente de trabalho não será mais que um conjunto de *níveis de informação geográfica*, estabelecidas com o objetivo de enquadramento e facilitação da análise visual inicial, podendo o produto final ser consultado no ANEXO G.

Em primeira instância, é necessário referenciar as posições obtidas no panorama global, tendo sido utilizada uma fonte de informação geográfica representativa do planisfério.

De forma lógica, o segundo nível de informação onde é necessário referenciar as posições determinadas será, efetivamente, a SRR de Santa Maria. Este *layout* da SRR foi construído com recurso às posições geográficas devidamente estabelecidas em legislação nacional, mencionadas também na secção 4.1.1 deste trabalho.

A cooperação internacional, entenda-se “inter-SRR” é, felizmente, uma realidade bem presente. Por outro lado, devido a toda a dinâmica associada ao ambiente marítimo, é perfeitamente possível que um acidente verificado nos limites da SRR de Santa Maria transponha esses mesmos limites para outra SRR, ou vice-versa (Figura 4.2). Tendo estes fatores em consideração, a terceira grande camada de informação a incluir no ambiente de trabalho do SAR-PT foram as SRR adjacentes à de Santa Maria.

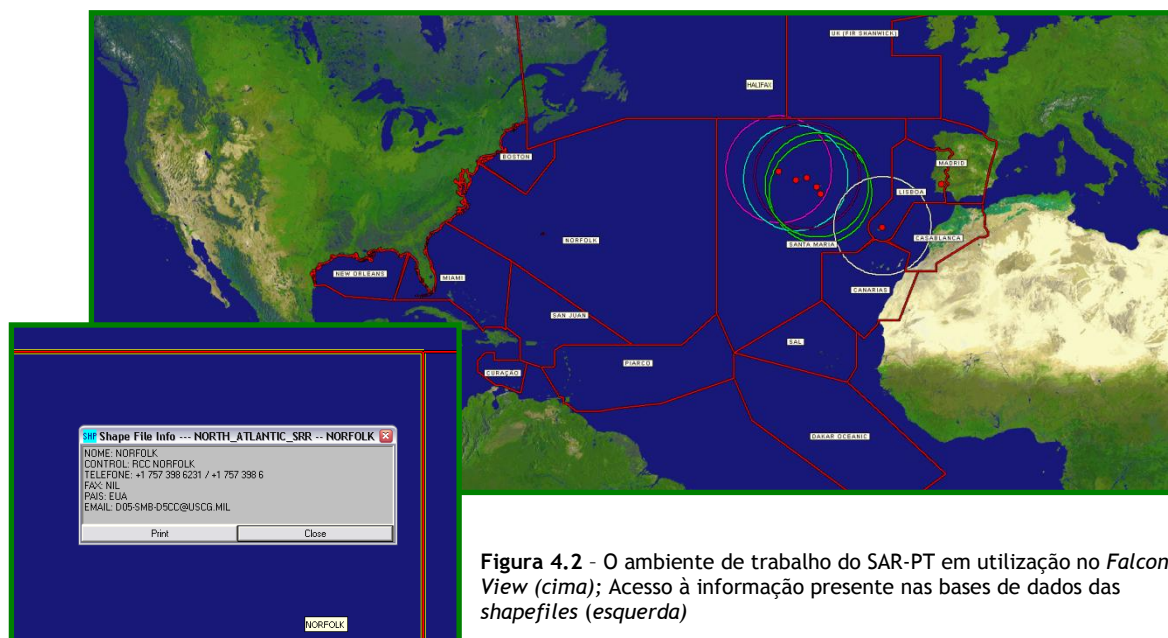


Figura 4.2 - O ambiente de trabalho do SAR-PT em utilização no *Falcon View* (cima); Acesso à informação presente nas bases de dados das *shapefiles* (esquerda)

A partilha de informação foi obtida através dos serviços de busca e salvamento responsáveis pela gestão dos serviços SAR nas regiões adjacentes, nomeadamente o RCC Norfolk dos Estados Unidos, o JRCC Halifax do Canadá, o ARCC Kinloss responsável pela SRR inglesa de

Shanwick, o RCC Canárias que disponibilizou toda a informação referente a Espanha (SRR das Canárias e SRR de Madrid), o MRCC Cabo Verde da SRR do Sal e por último, o MRCC Fort-de-France, de Trinidad e Tobago, responsável pela SRR de Piarco. Toda a informação recebida foi devidamente processada com recurso às ferramentas de vetorização do ArcGIS. Uma vez que a esta informação vetorial do tipo polígono foi associada uma tabela de base de dados, por forma a aumentar ainda mais o benefício da utilização dos SIG para este fim, incrementou-se a informação nela presente com dados relativos à SRR em questão, sobretudo ao nível de contactos (Figura 4.2, à esquerda).

A última informação que se considerou essencial para figurar no ambiente de trabalho do SAR-PT foram os aeródromos ou heliportos onde se prevê que em algum momento os meios aéreos da FAP venham a aterrar. Esta informação vetorial de natureza pontual teve em conta as ilhas que possuem capacidade de reabastecimento e unidades de saúde com capacidade de receber vítimas das ocorrências mais comuns.

Como já foi referido, é possível analisar todo o ambiente de trabalho criado para o SAR-PT no APÊNDICE D. Estes dados espaciais encontram-se já integrados no RCC Lajes, servindo como fundo de trabalho ao *software* de planeamento aeronáutico *Falcon View* (Figura 4.2).

5. METODOLOGIA

5.1. Ferramentas utilizadas

O recurso ao MS Excel 2007 foi considerado particularmente pela sua afinidade com algumas ferramentas disponibilizadas pela ESRI, nomeadamente o ArcGIS. Sendo necessário recorrer a um processador de cálculo que permita a utilização de funções que simplifiquem a componente de cálculo, foram tidos em conta na escolha desta ferramenta, nomeadamente os seguintes fatores:

- Grande parte dos envolvidos e possíveis futuros operadores estão familiarizados com este *software*;
- É um *software* bastante intuitivo tendo em conta a parte laboral;
- As entidades estatais detêm na sua maioria licenças para produtos Microsoft;

Em relação às restantes ferramentas utilizadas neste projeto, nomeadamente o ArcGIS 9.3, é de salientar a estreita ligação que é possível estabelecer entre o mesmo e o MS Excel 2007, sendo possível ao *software* da ESRI ir buscar dados diretamente processados à folha de cálculo, sendo esta uma função de elevada importância para este projeto, senão mesmo a função chave, aquela que torna tudo possível.

O MS Excel permitiu também dotar a folha de cálculo de uma proteção específica não permitindo a alteração accidental ou propositada de células no que ao seu conteúdo diz respeito. Tal característica permite que, de momento, a folha de cálculo seja devidamente utilizada em ambiente profissional real sem receio de alteração accidental ou propositada sem conhecimento do autor. Ao deixar disponíveis apenas as células destinadas a alteração por parte do operador, torna-se também mais fácil a navegação pela ferramenta, já que a tabulação permite passar imediatamente à próxima célula disponível.

No que ao projeto SAR-PT diz respeito, toda a componente de cálculo que se encontra embutida nas células das folhas de cálculo, bem como todo o interface criado para inserção de dados, dão origem a uma das duas partes que compõem este projeto, sendo esta designada como DATA CALCULATOR.

Se por um lado conseguimos colmatar a componente de cálculo, resta-nos por outro agilizar a componente gráfica relativa aos dados espaciais numericamente obtidos, de modo a que se consiga automatizar todo o processo desde a inserção dos dados essenciais até à obtenção de uma carta com a área de busca.

Para este processo foram então utilizados o ArcGIS 9.3 e as suas ferramentas ArcToolBox e Model Builder. Para automatizar o geoprocessamento de dados espaciais, utilizou-se o Model Builder, de modo a proceder a uma configuração das componentes do ArcToolBox de acordo com as nossas necessidades. O ArcGIS vai automatizar o processo que permite obter um *layout* com a

representação quer da área de busca que deve ser batida pelas aeronaves, quer de todos os restantes elementos principais de um documento cartográfico.

5.2. Introdução ao SAR-PT

Tal como já por inúmeras vezes foi referido ao longo deste trabalho, o SAR-PT é a designação atribuída ao conjunto das duas ferramentas designadas por DATA CALCULATOR e por AREA CALCULATOR, destinadas, respetivamente, a efetuar o cálculo da deriva de um objeto no mar e respetiva área de maior POC (*Probability of Containment*) associada e a expressar graficamente toda essa informação calculada.

No início de 2012, no desenvolvimento de atividade relacionada com a Coordenação de Missões de Busca e Salvamento (SMC), que surgiu a ideia de criar uma ferramenta que permitisse a automatização de um processo tão moroso como o de cálculo de derivas marítimas. Após cada utilização manual do método IAMSAR, foram surgindo ideias de como as várias etapas do processo deviam ser automatizados. A fase final do método IAMSAR prevê que, quer as derivas, quer as áreas de busca, sejam devidamente registadas numa carta para auxílio ao planeamento. Este foi o passo que despoletou a ideia que resultaria neste projeto. Com a ajuda dos elementos que à data compunham a equipa do RCC Lajes, uma primeira folha de cálculo começou a ser compilada em Microsoft Excel, tendo já sido visualizada a interação futura que esta teria com o ArcGIS 9.3 na vetorização da informação espacial. O presente trabalho apenas pretende analisar e disponibilizar uma ferramenta que crie e expresse graficamente as derivas de objetos no mar e a área de busca associada. Embora o método IAMSAR prossiga com a definição e adaptação das áreas de busca às SRU, esta parte do método não foi, para já, abordada.

5.2.1. DATA CALCULATOR

O conceito de *Sistema de Informação Geográfica* equaciona normalmente a existência de uma tecnologia de informação que associa o armazenamento, a análise e a visualização de dados espaciais e não espaciais (Parker, 1988). A capacidade de armazenamento de dados não será um aspeto importante neste trabalho, sendo de salientar, sim, a capacidade de análise espacial.

Tendo assim em conta que o valor potencial dos sistemas de informação geográfica está na sua capacidade de análise espacial, o DATA CALCULATOR (Figura 5.1) é, por si só, um exemplo de SIG na sua forma mais analógica, uma vez que se obtém, a partir de determinados dados, toda uma série de informação geográfica mediante um processo de análise e tratamento prévio.

O DATA CALCULATOR é a componente do SAR-PT responsável pelo processo de cálculo do *Datum 1* e do *Datum 2*, resultado final do método IAMSAR, bem como de todos os restantes cálculos que a este método são inerentes. O DATA CALCULATOR é, basicamente, o processo manual do método IAMSAR transposto para uma folha de cálculo Excel onde os cálculos são efetuados automaticamente.

Figura 5.1 - Interface do DATA CALCULATOR

O DATA CALCULATOR foi integralmente construído com base numa folha de cálculo do Microsoft Excel, usufruindo assim das capacidades deste *software*. No que ao cálculo de derivas marítimas diz respeito, este ficheiro Excel apresenta quatro folhas de cálculo distintas:

- **Marine Environment** - Interface gráfica para inserção e recolha de dados;
- **Auxiliar** - Onde são efetuados todos cálculos do processo;
- **Report** - Pré formatado para imprimir os resultados no formato dado pelo IAMSAR;
- **AREA_CALCULATOR** - Estabelece a ligação com a componente do SAR-PT responsável pela expressão cartográfica dos dados resultantes.

Por questões de segurança, os separadores *Auxiliar* e *AREA_CALCULATOR* encontram-se ocultos. Foram também protegidas todas as células do ficheiro cuja alteração de valor não é suposto ser efetuada pelo utilizador. É fácil compreender este critério, pois uma alteração ou eliminação do valor de uma simples célula poderá comprometer todo o encadeamento lógico das células subjacentes induzindo erros potencialmente graves ao resultado final.

O separador *AREA_CALCULATOR* é a “ponte” para o ArcGIS 9.3. Nele está disposta a informação necessária de forma a que o *software* da ESRI consiga integrar todos os dados de que necessita para a criação de uma tabela de bases de dados, a partir da qual será criada a informação vetorial pretendida, que para o utilizador representará uma carta onde estão registados geograficamente os *data* resultantes, bem como a área de busca associada, que será obtida utilizando o erro calculado como raio de uma circunferência. Todo este processo de expressão gráfica de dados espaciais será realizada através da segunda componente do SAR-PT, o *AREA CALCULATOR*.

5.2.2. AREA CALCULATOR

O *AREA CALCULATOR* é a componente que traduz a inovação e o avanço tecnológico do SAR-PT, já que a componente de cálculo existia já sob forma de ferramentas simples, embora de forma não otimizada, melhoria introduzida pelo *DATA CALCULATOR*.

Esta componente foi delineada em ambiente ESRI, nomeadamente com recurso ao ArcGIS 9.3. O *AREA CALCULATOR* é a componente que permite representar espacialmente a informação estimada através do *DATA CALCULATOR*. Na Figura 5.2 podemos observar o ambiente ArcGIS devidamente carregado com a informação base construída especialmente para este projeto (ANEXO G).

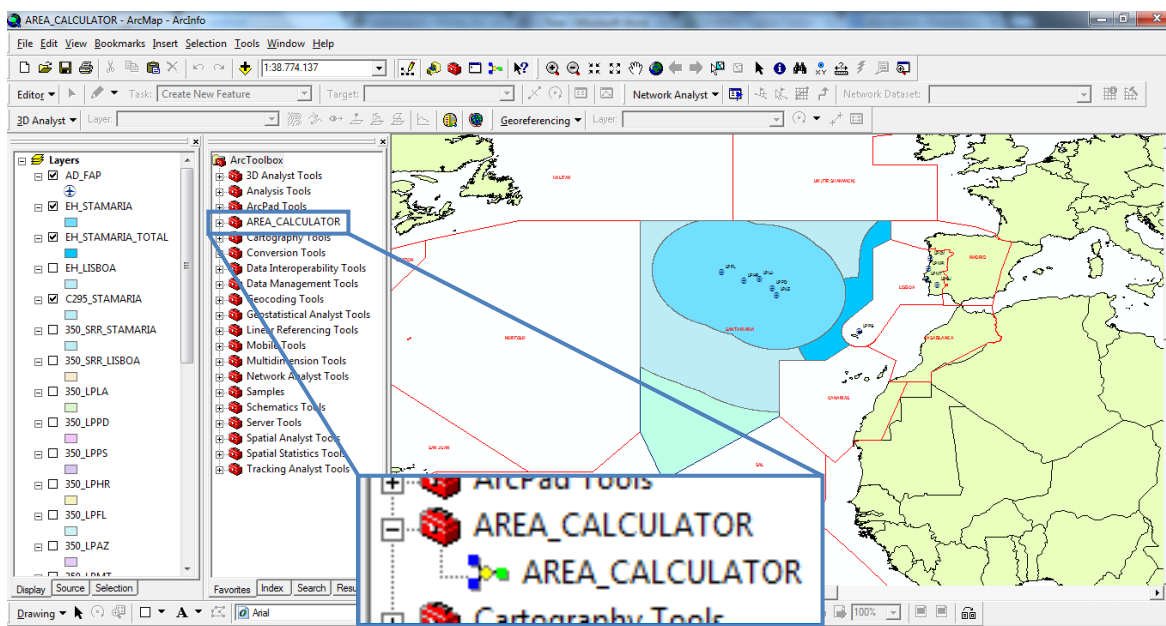


Figura 5.2 - Interface do AREA CALCULATOR

A componente *AREA CALCULATOR* é um modelo de análise espacial construído para realizar de forma automática uma série de operações adstritas a ferramentas comuns do ArcGIS. O modelo de análise desenvolvido é apresentado na Figura 5.3. O *AREA CALCULATOR* vai analisar o ficheiro Excel do *DATA CALCULATOR*, mais especificamente a folha de cálculo com o mesmo

nome. Dela vai extrair as coordenadas finais que foram calculadas como *Datum 1* e *Datum 2*, as posições mais prováveis de deriva.

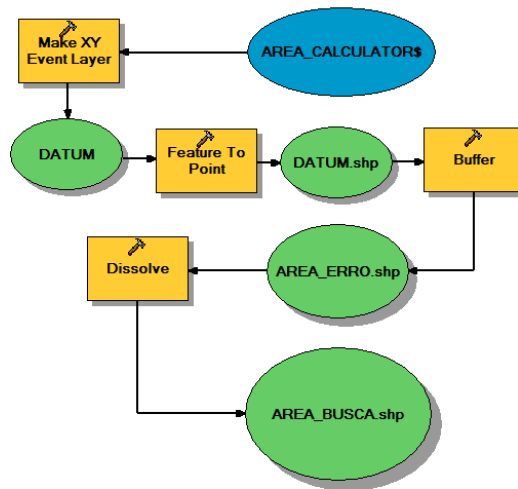


Figura 5.3 - Modelo de análise espacial considerado pelo AREA CALCULATOR

Uma vez recolhidas as posições, o modelo vai criar automaticamente informação vetorial do tipo ponto que, uma vez georreferenciada com base no elipsoide WGS84, representará graficamente as três posições que traduzem a LKP, o *Datum 1* e o *Datum 2*.

O AREA CALCULATOR recolhe também o valor de erro associado a cada uma destas posições. Esse erro traduz-se simplesmente num diferencial de posição cuja amplitude suporta qualquer discrepância induzida durante o processo. Como tal, esse valor de erro pode ser usado como raio de uma circunferência centrada em cada uma das três posições estipuladas. A área desses círculos representa uma superfície de POC elevado. O que o modelo de análise faz nesta etapa é realizar uma operação de *buffer* às três posições com base nos valores de erro. Uma vez que se trata de uma área de busca para uma situação concreta, estas áreas são dissociadas de identidade e fundidas numa única zona. O SMC poderá com base neste resultado empenhar sobre a área de busca obtida o padrão de busca mais indicado para a situação que se encontra a decorrer, muito em função do tempo decorrido e do tipo de objeto que sofreu deriva.

5.3. Avaliação dos resultados

Com a criação do SAR-PT pretende-se conseguir uma forma de obter automaticamente os mesmos resultados que se obteriam ao processar o método IAMSAR de modo manual. Como tal, a validação base desta ferramenta centra-se na obtenção dos mesmos resultados seja com recurso ao SAR-PT, seja por via manual. Entenda-se, contudo, que essa viabilização está subentendida no projeto, sendo esse critério decisivo para o avançar do mesmo. Após vários testes, conclui-se que os resultados são iguais, possibilitando, desta forma, passar à viabilização do próprio método IAMSAR enquanto aplicado via SAR-PT. Para interpretar os resultados obtidos, especialmente sobre os casos estudo aplicados e identificados mais à frente neste trabalho, irão ser utilizadas

ferramentas estatísticas que permitirão analisar os resultados. Irá ser sobretudo utilizada a Média e a Raiz Quadrada do Desvio Quadrado Médio.

A Média, representada por \bar{x} , é um valor que permite conhecer onde existe a maior concentração de valores. Trata-se de um valor que representa um determinado grupo de valores. Neste processo irá ser sobretudo aplicada a valores de tempo. A expressão de cálculo da média está representada na equação 16.

$$\text{Equação 16: } \bar{x} = \frac{x_1+x_2+x_3+\dots+x_n}{n}$$

Por seu lado, a Raiz Quadrada do Desvio Quadrado Médio, também designada de *Root Mean Square Error* (RMSE), define-se como a diferença entre a posição calculada e a posição real e é utilizada para avaliar a exatidão de modelos. O RMSE fornece um valor de medida que é facilmente analisado tendo em conta que um modelo é tão mais exacto quanto menor for esse valor. A expressão de cálculo do RMSE é apresentada na equação 17.

$$\text{Equação 17: } \text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_r - x_i)^2 + (y_r - y_i)^2}{n}}$$

x_r = Longitude da posição real, em metros

x_i = Longitude da posição calculada, em metros

y_r = Latitude da posição real, em metros

y_i = Latitude da posição calculada, em metros

n = número de casos

6. Aplicação prática do SAR-PT

6.1. DATA CALCULATOR

Tal como já foi referido, o DATA CALCULATOR pretende substituir todas as operações de cálculo manuais do método IAMSAR por operações efetuadas automaticamente numa folha de cálculo de Excel. Nas seguintes secções são apresentados as demonstrações de como funcionam tais mecanismos e que operações foram tidas em conta de modo a automatizar o processo. Será também aplicada a situação prevista no ANEXO D.

6.1.1. Etapa A - Starting Position for this Drift Interval

Na Etapa A (Figura 6.1), à semelhança do método manual, deverão ser inseridas a posição e o GDH da LKP. Nesta fase o DATA CALCULATOR apenas vai preparar os dados inseridos de modo a facilitar a sua utilização posterior na interação com outros dados. De modo mais específico, as coordenadas inseridas, que o deverão ser feitas no formato de graus e minutos decimais por ser o mais comum às plataformas SAR, serão convertidas para graus decimais através da expressão representada pela equação 18. Também o GDH será convertido em dias decimais (com recurso à equação 19), visando facilitar os cálculos horários que terão de ser efetuados posteriormente.

$$\text{Equação 18: } \text{Grau decimal} = \text{Grau} + \frac{\text{minuto de grau}}{60}$$

$$\text{Equação 19: } \text{Dia decimal} = \text{dia} + \frac{\text{hora}}{24} + \frac{\text{minuto}}{1440}$$

De resto, todos os processos de cálculo que ocorreram ao longo de toda a folha de cálculo seguirão esta regra de redução a unidades de medição de larga escala. São exemplo disso as coordenadas de posições, os períodos temporais e as unidades de distâncias. Este processo de redução não traz vantagens para o SMC, mas facilitou bastante o processo de compilação da folha de cálculo, uma vez que permitiu orientar todas as operações à mesma unidade. Como será de fácil compreensão, estas reduções fazem sentido se se quiser compreender o mecanismo de cálculo em *background*, uma vez que todos os valores voltam ao seu formato inicial quando retornam ao *interface*, agora sim, tornando simples a interpretação do SMC.

The screenshot shows a software interface titled "A. STARTING POSITION". It is divided into two main sections: "Starting Position" and "Position Date / Time".

Starting Position: This section contains four input fields for coordinates. The first two fields are for latitude: "39" and "45,838", followed by "'N". The next two fields are for longitude: "26" and "4,992", followed by "'W".

Position Date / Time: This section contains three input fields for time: "30", "23", and "25". Below these fields are labels: "Day" under "30", "Hour" under "23", and "Minutes" under "25".

Figura 6.1 - A. Starting Position

6.1.2. Etapa B - Datum Time

Na Etapa B (Figura 6.2), após ser determinado de forma independente quanto tempo demorará o meio aéreo a chegar à ZOPS, deverá ser então inserido o CST. Esta informação temporal será também convertida para dias decimais e será então efetuado o primeiro e o mais simples cálculo automático do DATA CALCULATOR, que será a diferença horária entre a LKP e a CSP, que se traduzirá no tempo total em que o objeto em causa sofreu deriva.

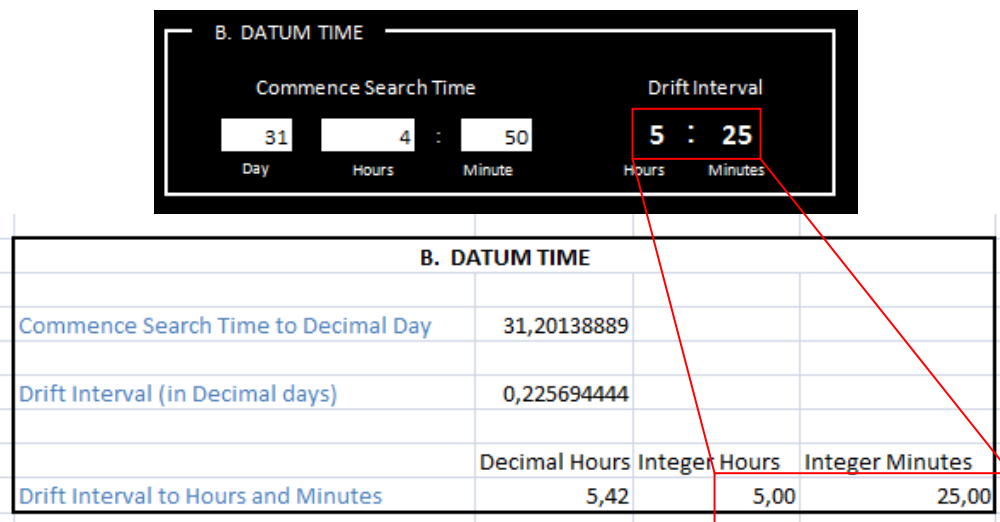


Figura 6.2 - B. Datum Time

6.1.3. Etapa C - Average Surface Wind (ASW)

Na Etapa C (Figura 6.3) o processo complexifica-se bastante, tornando todo o processo de otimização do cálculo bastante mais complexo também. Após serem inseridos os dados sobre os ventos, desde o seu período de afetação até à sua direção e intensidade, serão consideradas diversas fases até chegar ao ASW, o objetivo desta etapa. Numa primeira instância, as horas de afetação dos ventos das diversas observações consideradas serão também elas convertidas automaticamente em dias decimais. É de extrema importância que a ferramenta consiga distinguir a “meia noite” como a passagem para o dia seguinte. É devido a este fator que os dados de tempo são convertidos para dias decimais. O DATA CALCULATOR irá então determinar a diferença horária verificada, resultando este passo nos valores de tempo em que cada observação será considerada. Estes valores de tempo mais não são que o multiplicador da intensidade de cada vetor vento que representa cada observação, intensidade essa também inserido pelo operador, juntamente com a direção, em conformidade com o formato METAR. Após este passo estão determinados todos os vetores de vento a considerar, sendo agora necessário efetuar uma operação de soma de vetores, de acordo com os conhecimentos transcritos no subcapítulo 2.5.

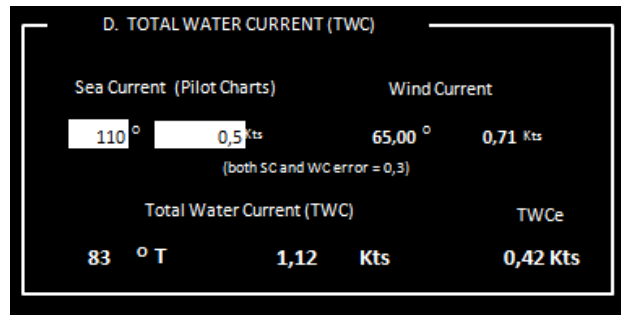


Figura 6.4 - D. Total Water Current (TWC)

É importante referir e aprofundar este processo de cálculo da corrente gerada pelo vento e a maneira como a mesma é calculada automaticamente pelo DATA CALCULATOR. Este processo é, sem dúvida, um sério exemplo daquilo que deverá ser considerado em futuras versões do SAR-PT. Para calcular esta corrente gerada pelo vento, ou *Wind Current*, é necessário analisar um gráfico (Figura 6.5) que traduz a velocidade da corrente marítima em função da velocidade do vento.

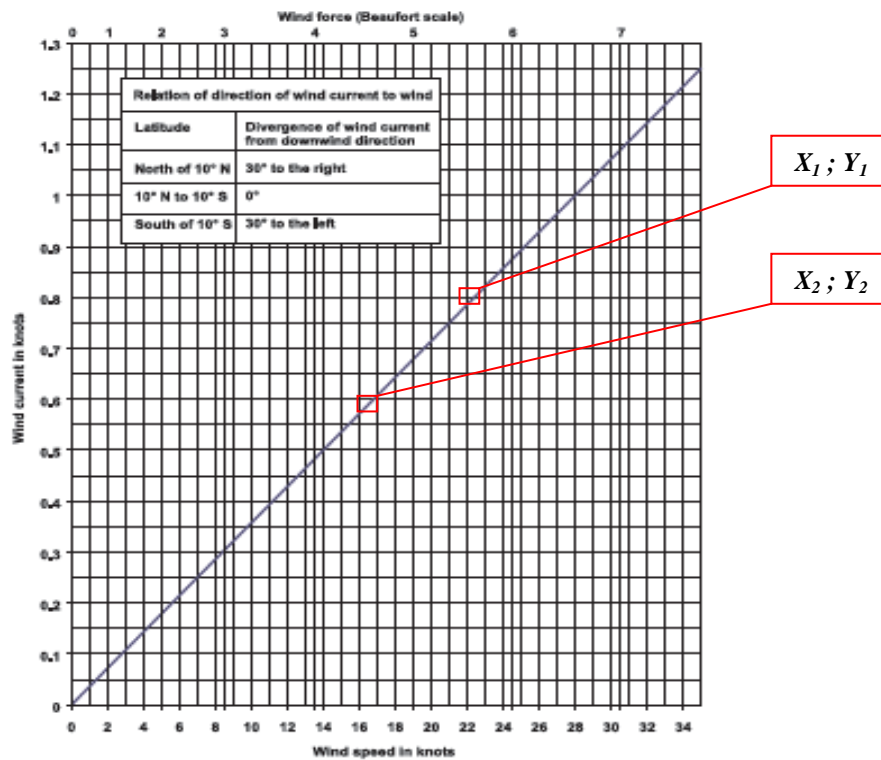


Figure N-1

Figura 6.5 - Expressão analítica da função *Local Wind Current*

Sendo a função *Local Wind Current* uma reta simples, torna-se também simples reduzir este gráfico a uma expressão analítica através da equação reduzida da reta, representada pela equação 20. Tomando dois pontos diferentes da reta, sabemos que o valor de m pode ser determinado pelo quociente da diferença dos valores de y sobre a diferença dos valores de x e que b assume o valor em que a reta interseca o eixo das ordenadas. Em acordo com esta

informação facilmente se determina a equação desta reta, que se encontra representada pela equação 21.

Equação 20: $y = mx + b$

Equação 21: $\text{wind current} = 0,035714x$

A grande vantagem desta redução analítica reside na possibilidade de introduzir esta expressão na folha de cálculo, permitindo assim que esta calcule automaticamente o valor requerido, suprimindo a necessidade de consulta de gráficos por parte do SMC. Ao longo de todo o método IAMSAR vai sendo necessária a consulta de vários gráficos, sendo todos eles oriundos de funções bastante mais complexas. Uma vez que não foi possível em tempo útil conseguir as equações para todos eles, este foi o único gráfico reduzido a equação e inserido no DATA CALCULATOR.

Uma vez que todos os valores necessários foram inseridos na folha de cálculo, a *Total Water Current*, bem como o erro associado, são calculados sem necessidade de mais nenhuma intervenção por parte do SMC, ficando assim mais uma etapa rapidamente concluída.

6.1.5. Etapa E - Leeway (LW)

O modo como o *Leeway* (Figura 6.6) é calculado pelo DATA CALCULATOR é, sem dúvida, um exemplo daquilo que no futuro pode ser melhorado. Embora os cálculos sejam efetuados pela folha de cálculo, os valores que deverão ser inseridos são oriundos de uma série de gráficos que deverão ser consultados no *Appendix N* do IAMSAR (ANEXO I). De resto, a maior agilidade conseguida com a automatização desta etapa é mesmo por se conseguir que os cálculos necessários, em tudo iguais ao método manual, sejam processados sem intervenção ativa do SMC. A nível prático, e para a versão que aqui se apresenta, terão de ser analisados os gráficos que estão devidamente assinalados junto aos campos que têm de ser preenchidos.

E. LEEWAY (LW)		
Leeway Speed (Figure N2 / N3)	Leeway Divergence Angle (Figure N2 / N3)	
<input type="text" value="0,80"/>	<input type="text" value="50"/>	
Probable Leeway Error (LWe) (Figure N2/N3)		
<input type="text" value="0,35"/>		
Leeway (LW)		
Left of downwind	345 ° T	0,80Kts
Right of downwind	85 ° T	0,80 Kts

Figura 6.6 - E. Leeway (LW)

6.1.6. Etapa F - Total Surface Drift

A Etapa F já não requer qualquer ação do SMC, pois toda a informação pertencente a esta fase já é calculada automaticamente com recurso às operações que foram sendo efetuadas anteriormente. Com a informação que aqui fica disponibilizada é já possível conhecer as derivas mais prováveis do objeto, uma vez que ficam já expressas a direção e distância a partir da LKP.

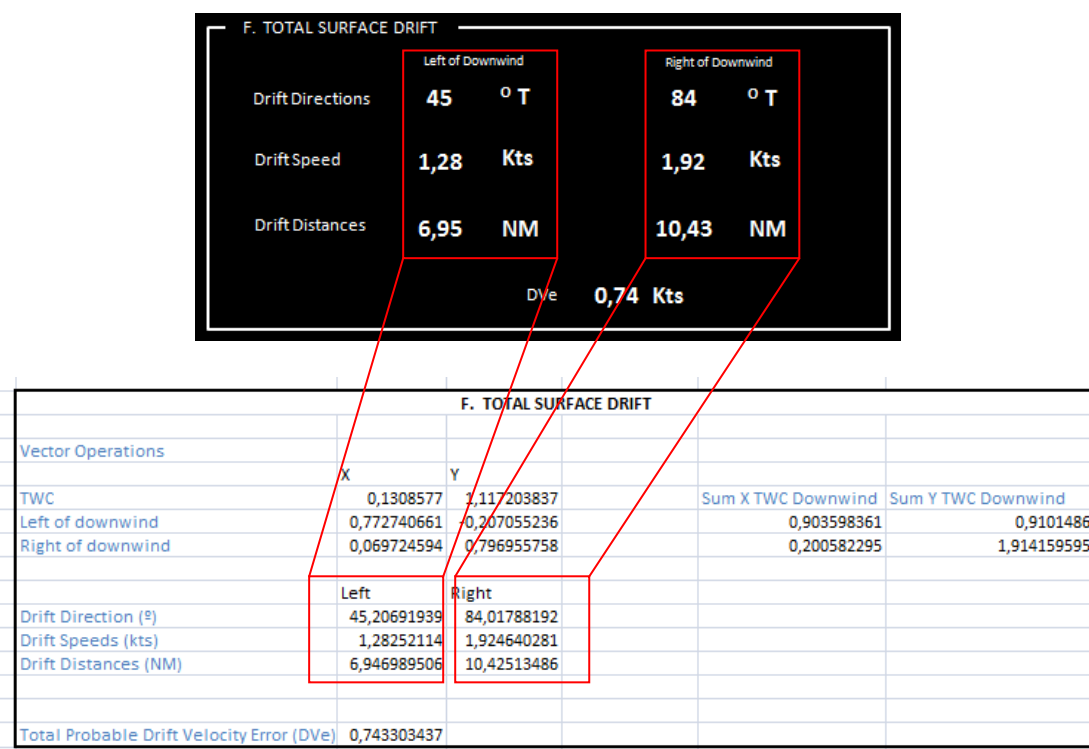


Figura 6.7 - F. Total Surface Drift

De acordo com a Tabela 2.1, para distâncias tão pequenas como as derivas que comumente são obtidas, é perfeitamente aceitável utilizar Trigonometria Plana para determinação destes valores de direção e distância. Esta ação vai sobretudo tornar mais simples a próxima etapa, que prevê a tradução destas derivas em novas coordenadas.

6.1.7. Etapa G - Datum Positions and Divergence Distances

Nesta Etapa G (Figura 6.8) foram mais uma vez utilizados os conceitos de Trigonometria Plana para possibilitar a determinação das coordenadas finais correspondentes ao movimento de deriva previsto na etapa anterior.

Sem ter de recorrer a cartas, compassos e *plotters*, o SMC fica assim, de forma bastante rápida e expedita, na posse das posições das posições que segundo o método IAMSAR são as mais prováveis de se encontrar o objeto. A informação aqui determinada será a ponte para a componente gráfica do AREA CALCULATOR.

G. DATUM POSITIONS AND DIVERGENCE DISTANCE			
Datum 1 - Left of downwind			
39 °	50,732 'N	25 °	58,578 'W
Datum 2 - Right of downwind			
39 °	46,924 'N	25 °	51,504 'W
Divergence Distance		6,64 NM	

Figura 6.8 - G. Datum positions and divergence angle

6.1.8. Etapa H - Total Probable Error of Position (E) and Separation Ratio (SR)

A Etapa H (Figura 6.9) é aquela que vai permitir, numa primeira instância, determinar uma também área de busca em estado bruto, ainda sem estar adaptada a qualquer meio de busca.

H. TOTAL PROBABLE ERROR OF POSITION (...)			
Considering the Probable Distress Incident / Initial Position:			
Navigational Fix Error (Table N1 / N2)	15 NM	DR Error Rate (Table N3)	15 %
		Estimated Distance Since Last Fix	12,92 NM
		Glide Distance (If applicable)	0
Total Probable Error of Position (E)		17,41 NM	

Figura 6.9 - H. Total probable error of position

Salienta-se que toda a informação a introduzir nesta Etapa do DATA CALCULATOR é referente ao objeto que está a sofrer deriva, neste caso, o pescador F/V TESE de acordo com o ANEXO D, uma vez que, em relação aos meios de busca, todos os parâmetros de navegação e erro são conhecidos, tendo sido imiscuídos no processo de cálculo prévio desta folha de cálculo. A informação que deverá ser introduzida nesta fase deverá ser obtida através da análise das tabelas do *Appendix N* do IAMSAR (ANEXO I). Mais uma vez não foi possível em tempo útil converter estas tabelas em informação analítica de modo a que a mesma fosse incluída no processo de cálculo automático do DATA CALCULATOR.

O resultado final desta etapa é uma distância que deverá ser entendida como um raio da circunferência a ser delineada centrada na LKP e em cada *datum*. A sobreposição destas circunferências representará a área de busca bruta. Esta informação será, em conjunto com as coordenadas de cada *datum*, enviada para o AREA CALCULATOR, sendo processada em ArcGIS.

O ANEXO J, o Guia de Utilização do SAR-PT, foi criado com o intuito de orientar de forma rápida e expedita o SMC na utilização desta ferramenta. O preenchimento do DATA CALCULATOR está detalhadamente explicado neste anexo, sendo indicado que informação deverá ser introduzida em cada campo, colmatando possíveis dúvidas que possam surgir no preenchimento da componente do DATA CALCULATOR.

6.2. AREA CALCULATOR

Após o cálculo das posições de deriva, torna-se agora possível proceder à ativação da componente AREA CALCULATOR do SAR-PT. O modelo de análise espacial (Figura 5.3), o AREA CALCULATOR, pode ser carregado como uma *ToolBox* em ambiente ArcGIS.

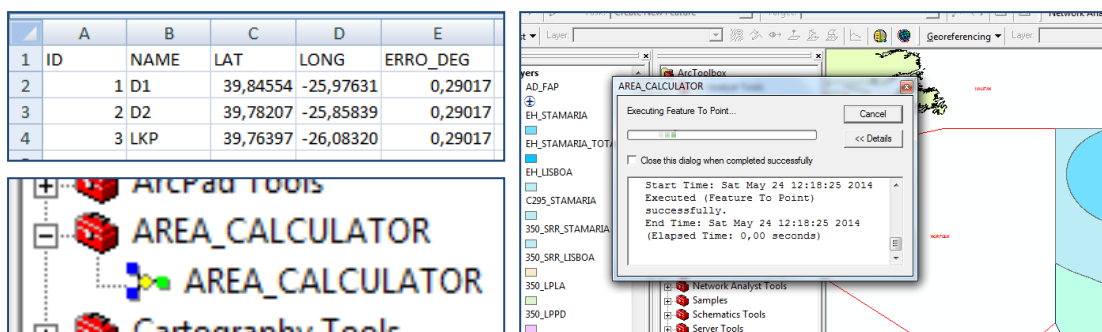


Figura 6.10 - Ativação do AREA CALCULATOR

Após ativação da mesma (Figura 6.10), o modelo irá ser processado, sendo o primeiro passo extrair a informação necessária da folha de cálculo DATA CALCULATOR. A informação a extrair será cada uma das posições de deriva calculadas, a posição da LKP, as designações de cada uma destas posições e o erro associado a cada uma delas. O modelo cria uma área na envolvente de cada uma das posições que será considerada a área de busca, área esta que será apresentada pelo ArcGIS como um polígono. Esta área de busca traduz-se em três circunferências, cada uma delas centrada em cada uma das três posições adquiridas, circunferências essas que têm como raio o valor do erro total determinado (Figura 6.11).

É possível, a seguir à delimitação da área, manipular o *layout* a ser impresso (ANEXO K) bem como proceder a uma análise inicial com recurso à ferramentas do ArcGIS, como seja o medidor de distância, a criação de grelhas de coordenadas, entre outras.

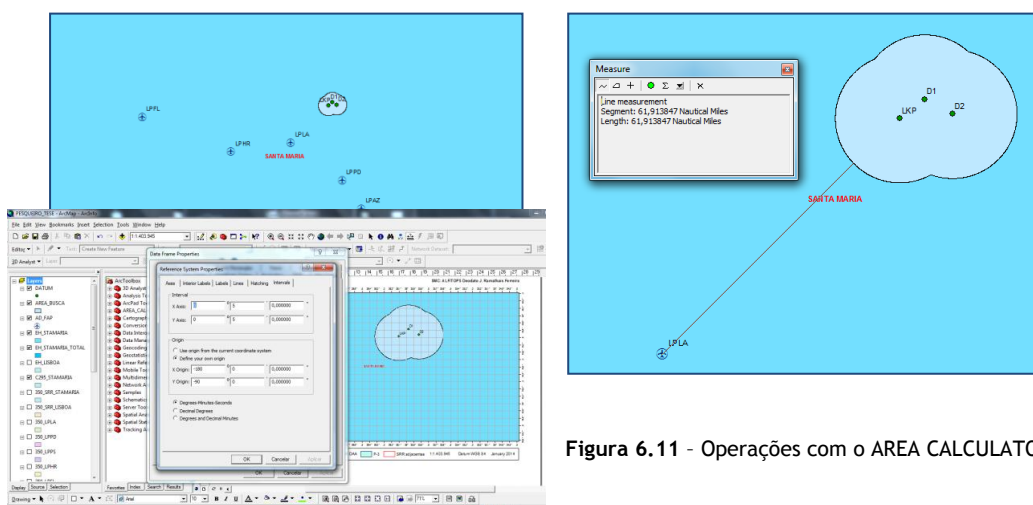


Figura 6.11 - Operações com o AREA CALCULATOR

6.3. Casos de Estudo

Após a conclusão do desenvolvimento da ferramenta de trabalho, torna-se necessário efetuar uma série de testes para avaliar o seu desempenho. Para o processo de validação do SAR-PT foram escolhidas sete missões reais de busca e salvamento, que serviram como casos de estudo para termos de comparação dos resultados com situações em contexto real. Cada caso de estudo está identificado de modo a que sejam conhecidas as principais características, informações essas que permitirão voltar a montar o cenário da missão em si, possibilitando comparar os resultados que efetivamente foram verificados com aqueles que serão dados pelo SAR-PT.

Nº	Nome	Data	POB	LKP/GDH	Deriva/GDH (posições reais)	Vento
1	S/V BUCANEER	14JAN14	8	21° 38.1' N 033° 20.0' W 0642Z	21° 38.08' N 033° 54.12' W 1900Z	02230KT
	<i>Pilot Chart: 250° 0.5 KT; LW=0,9 (±50°) [0,25];</i>					
2	F/V FRANCES	31OUT13	7	38° 58.48' N 015° 06.58' W 0840Z	38° 58.4' N 015° 06.58' W 1140Z	13508KT
	<i>Pilot Chart: 180° 0.5 KT; LW=0,34 (±50°) [0,35];</i>					
3	S/V SIMO	09JUL13	1	43° 21.1' N 022° 12.9' W 1325Z	43° 24.0' N 022° 16.0' W 1625Z	36010KT
	<i>Pilot Chart: 140° 0.5 KT; LW=0,33 (±50°) [0,25];</i>					
4	S/V MAUSI ACCIONA 100%	03FEV13	1	31° 59.3' N 027° 26.5' W 1130Z	31° 56.35' N 027° 31.94' W 2240Z	08020KT
	<i>Pilot Chart: 235° 0.5 KT; LW=0,6 (±50°) [0,25];</i>					
5	S/V ALEXANDRA	11MAI12	3	38° 47.0' N 029° 44.0' W 1900Z	38° 45.6' N 029° 48.2' W 2050Z	04537KT
	<i>Pilot Chart: 110° 0.4 KT; LW=1,1 (±50°) [0,25];</i>					
6	F/V SAMEIRO	31JAN12	8	37° 41.0' N 026° 16.4' W 1530Z	37° 41.26' N 026° 14.93' W 1715Z	20025KT
	<i>Pilot Chart: 110° 0.55 KT; LW=1,4 (±50°) [0,35];</i>					
7	S/V CHEMINEES POUJOLAT	07NOV11	2	40° 49.65' N 028° 09.42' W 0830Z	40° 47.39' N 028° 06.52' W 1100Z	29525KT
	<i>Pilot Chart: 090° 0.4 KT; LW=0,75 (±50°) [0,25];</i>					

Tabela 6.1 - Características dos casos de estudo

Para iniciar este processo de validação foi criada uma *shapefile* de pontos (Figura 6.12) cujo objetivo foi representar as derivas reais das embarcações e/ou a posição onde as mesmas foram encontradas e onde foi prestado o auxílio.

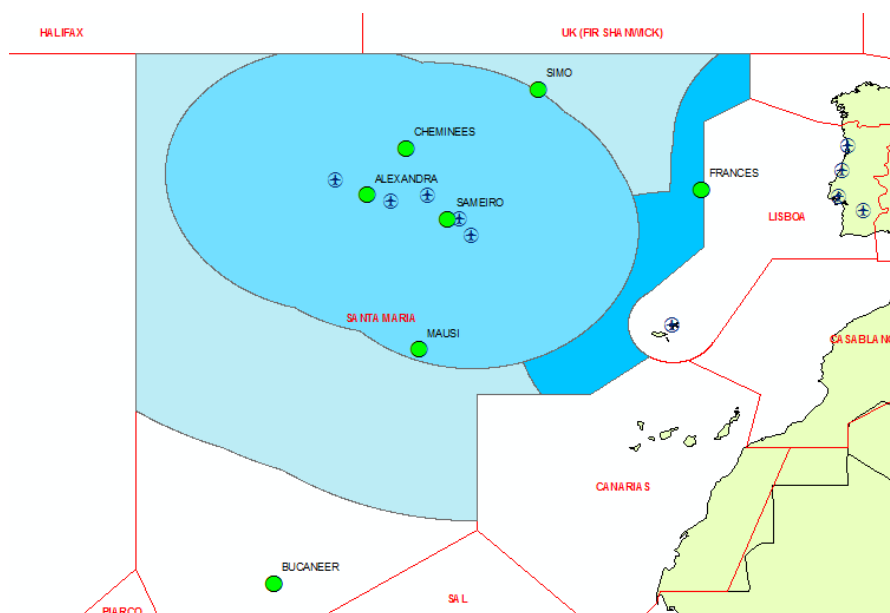


Figura 6.12 - *Shapefile* DERIVA_REAL a representar (a verde) a posição de assistência

Esta nova camada de informação serve neste processo para controlo e ponto de referência para os dados que vão ser determinados pelo SAR-PT.

Numa primeira fase dos testes, irá ser analisado se estas posições reais estão incluídas dentro da área de busca calculada pelo SAR-PT, o que, a verificar-se, será compreendido como um resultado extremamente positivo, como mais à frente na análise dos resultados será explicado.

Na segunda fase de testes será analisada a distância entre as posições reais fornecidas por esta nova *layer* e o *Datum* mais próximo calculado. Desta forma conseguir-se-á determinar a exatidão desta ferramenta.

7. Apresentação e discussão dos resultados

7.1. Abordagem e resolução dos casos de estudo

Utilizando a informação disponível na Tabela 6.1 foram reconstruídos, com recurso ao SAR-PT, os cenários relativos a cada uma das missões SAR representadas. Tendo em conta a posição real onde foi prestado o socorro, que corresponderá à deriva real, é possível efetuar uma comparação com os resultados obtidos com o SAR-PT, sendo possível assim obter uma medida de comparação que possibilitará validar os resultados obtidos.

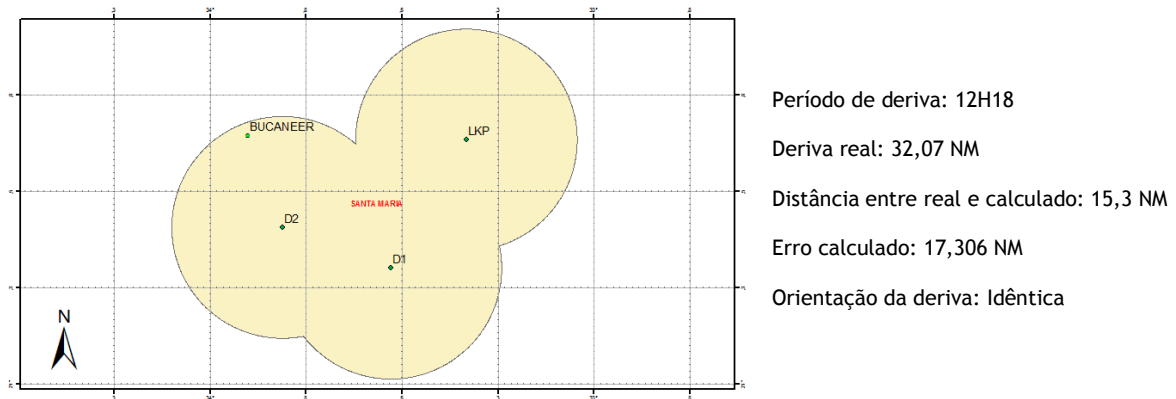


Figura 7.1 - S/V BUCANEER

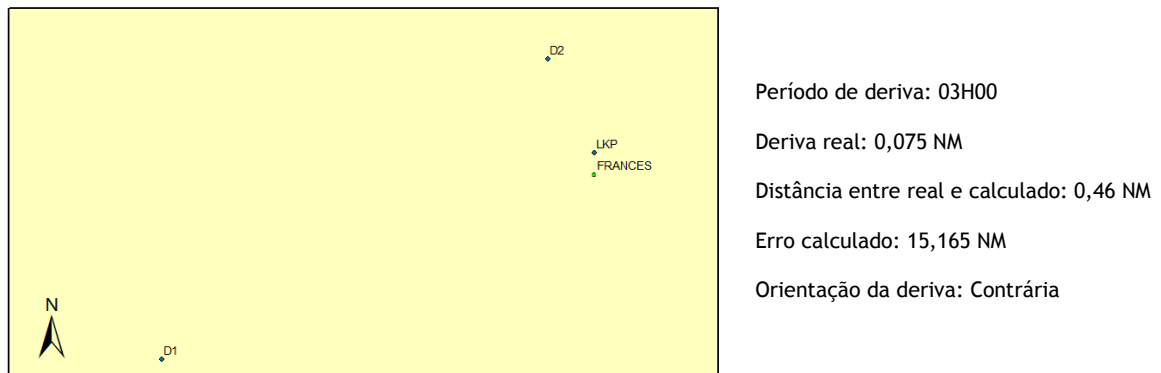


Figura 7.2 - F/V FRANCES

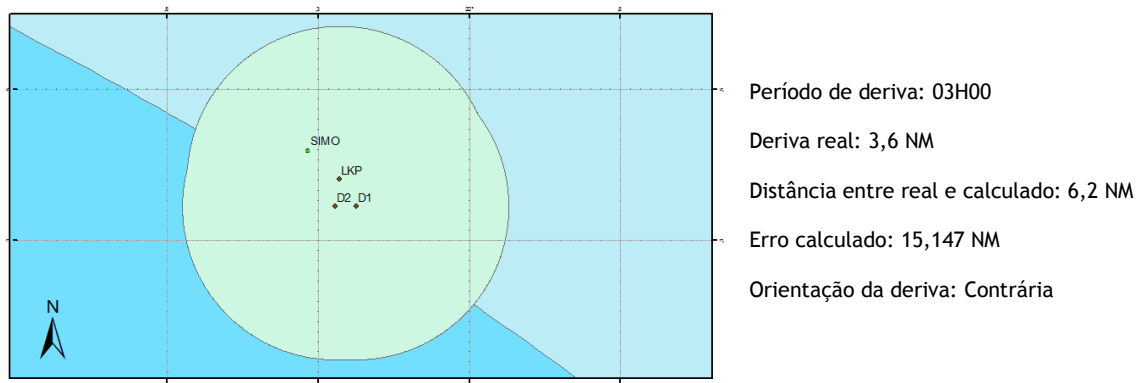


Figura 7.3 - S/V SIMO

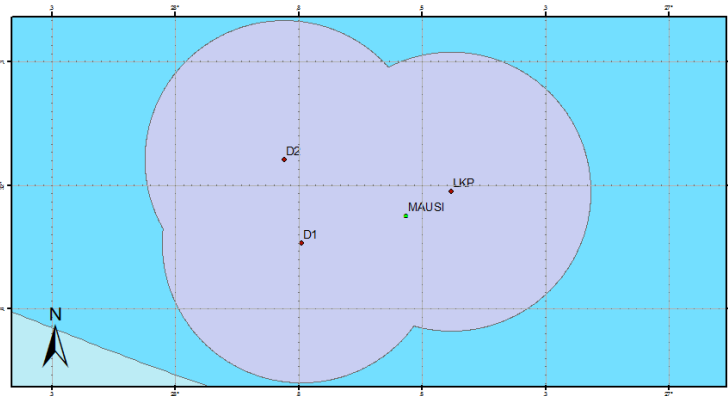


Figura 7.4 - S/V MAUSI

Período de deriva: 11H10
Deriva real: 5,8 NM
Distância entre real e calculado: 13,16 NM
Erro calculado: 16,924 NM
Orientação da deriva: Idêntica

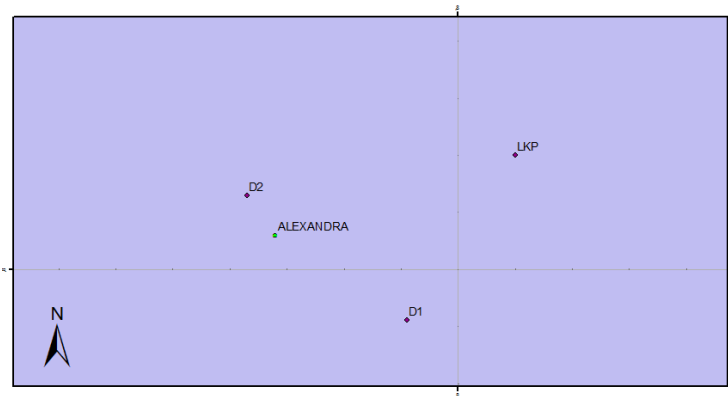


Figura 7.5 - S/V ALEXANDRA

Período de deriva: 01H50
Deriva real: 3,57 NM
Distância entre real e calculado: 0,85 NM
Erro calculado: 15,055 NM
Orientação da deriva: Idêntica

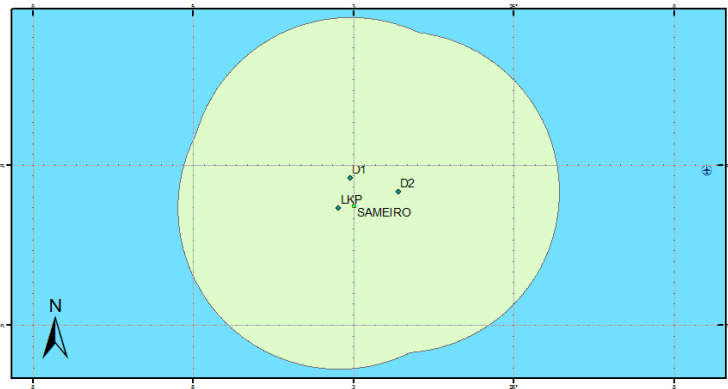


Figura 7.6 - F/V SAMEIRO

Período de deriva: 01H45
Deriva real: 1,22 NM
Distância entre real e calculado: 2,56 NM
Erro calculado: 15,056 NM
Orientação da deriva: Idêntica

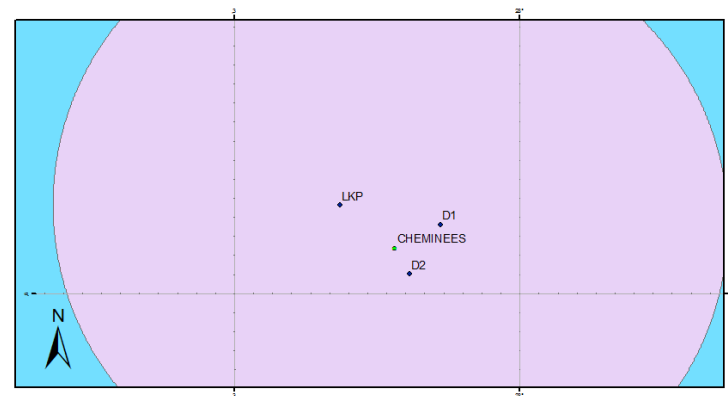


Figura 7.7 - F/V CHEMINEES POUJOLAT

Período de deriva: 02H30
Deriva real: 3,15 NM
Distância entre real e calculado: 1,57 NM
Erro calculado: 15,102 NM
Orientação da deriva: Idêntica

7.2. Análise de contenção de posições

Avaliar se a posição real de resgate se encontra dentro da área de busca calculada é de extrema importância para a viabilização desta ferramenta.

Como é possível analisar pelo processamento dos casos de estudo, todas as posições reais se encontram dentro das respetivas áreas de busca. Este aspeto permite-nos conceber que, independentemente da precisão da deriva, o objeto seria, em condições normais, sempre encontrado, uma vez que se encontra dentro da área que irá ser “batida” pelos meios. Mediante esta informação, retirada desta pequena amostra, podemos afirmar com relativa confiança que o SAR-PT pode, numa primeira instância, ser aplicado expectando-se resultados positivos.

Pela análise das missões assinaladas é também possível discernir que o tempo é um fator decisivo. Para maiores períodos de deriva, embora o erro, e conseqüentemente a área de busca, sejam maiores, mais dispersas estarão as posições de deriva calculadas, o que exponenciará também o afastamento da deriva real para a deriva calculada.

7.3. Validação dos resultados

Com os resultados obtidos é possível estabelecer uma comparação com os dados reais de modo a que se consiga conceber uma medida de acreditação nesta ferramenta. Será possível aplicar o SAR-PT num ambiente real de trabalho? Será sensato confiar nos seus resultados e empenhar meios aéreos em função da informação resultante? Estas são as questões que se esperam ver respondidas neste projeto.

O modo mais direto de validar o SAR-PT é analisar a distância entre a posição real e a posição calculada. O resultado perfeito seria obter distâncias iguais a zero. Como tal, os testes vão incidir na distância existente entre a posição real e o *Datum* calculado mais próximo.

O campo LENGTH_NM da tabela representada da Figura 7.8 mostra a distância entre a posição real e a posição do *Datum* calculado mais próximo. Em relação a esse campo, existe logo abaixo uma análise estatística fornecida de modo imediato e direto pelo ArcGIS, onde o único valor interessante será a média. A média das distâncias resultantes é de cerca de 5,7 NM. É um resultado aceitável porque é uma distância que o EH-101 percorreria em cerca de cinco minutos (uma vez que a sua velocidade desce para cerca de 75 kts quando se encontra em busca). Contudo, análises mais acutilantes poderiam apontar a diferença de tempo em que as distâncias estão baseadas, já que temos uma amplitude temporal na ordem das 11 horas. A redução das distâncias à unidade horária, apresenta uma média de distâncias de cerca de 1 NM. No entanto, este processo de redução da distância em função da unidade horária não deve ser levado em conta, porque as derivas reais em ambiente real de trabalho têm um determinado espaço de tempo decorrido e é esse tempo que vai entrar em linha de cálculo. É esse tempo que deve ser considerado pois trata-se do período real que o objeto demora a derivar e é a partir deste período decorrido que os cálculos começam a ser efetuados, seja ele de longa ou curta duração.

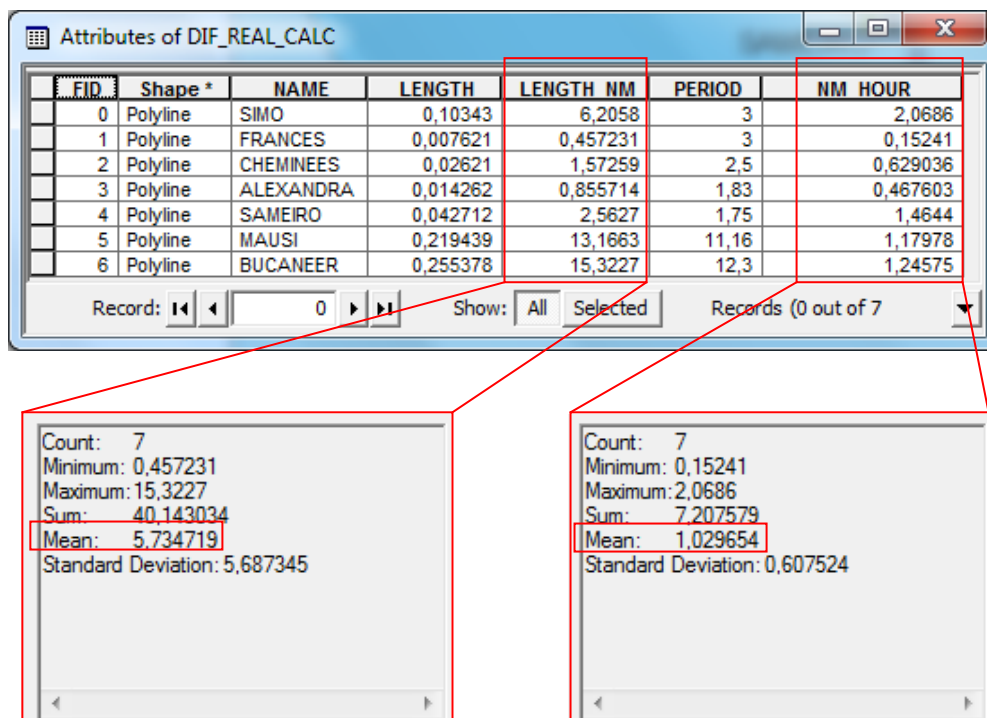


Figura 7.8 - Distâncias calculadas e análise estatística básica fornecida pelo ArcGIS

No entanto, e tal como especificado na secção 5.3, existe um método estatístico mais apropriado para definir a exatidão dos resultados obtidos. Na Tabela 7.1 são apresentados os valores de RMSE para cada um dos casos abordados.

Nº	NOME	Y Real (m)	X Real (m)	Y Calculado (m)	X Calculado (m)	Erro em Y (m)	Erro em X (m)
1	S/V BUCANEER	-1459916,56	-2534911,15	-1490189,21	-2529902,99	30272,65	-5008,16
2	F/V FRANCES	246081,67	-404900,31	246886,61	-405087,25	-804,94	186,94
3	S/V SIMO	812588,39	-945532,53	801562,33	-943748,54	11026,06	-1783,99
4	S/V MAUSI ACCIONA 100%	-387918,38	-1649662,67	-390364,66	-1671430,47	2446,28	21767,8
5	S/V ALEXANDRA	429393,65	-1692585,65	430883,33	-1692986,74	-1489,68	401,09
6	F/V SAMEIRO	238207,41	-1404384,73	243063,55	-1403973,39	-4856,14	-411,34
7	S/V CHEMINEES POUJOLAT	621387,76	-1490502,05	618561,71	-1490042,68	2826,05	-459,37

RMSE: 15029,042

Tabela 7.1 - Valor de erro e de RMSE para os casos de estudo

Pela análise da Tabela 7.1 é possível verificar que existe um erro de 15029,042 metros, ou seja, cerca de 8 milhas náuticas de erro entre a posição real e a posição calculada. É um erro que já ultrapassa o admissível, contudo, pelo tamanho da amostra, é também possível perceber que este valor de RMSE poderá não traduzir com fidelidade a realidade. Futuramente, ao introduzir mais casos no estudo, o valor de RMSE tenderá a diminuir.

7.4. Aplicação do método manual VS SAR-PT

O principal benefício retirado da utilização do SAR-PT é, sem dúvida, o tempo ganho com a utilização do mesmo. Como já foi anteriormente referido, o processo moroso que caracteriza a operação manual de cálculo das derivas de um objeto acarreta um grave dispêndio de tempo, induzindo *stress* no operador, o que será, de todo, negativo para a missão. Assim, quanto menos tempo for despendido nesta fase do planeamento da missão, mais eficientes e ponderadas serão as decisões seguintes do SMC.

A fim de “medir” o tempo ganho com a utilização desta ferramenta, foram novamente levados a cabo os processos de cálculo de deriva dos sete casos de estudo bem como da situação hipotética descrita no ANEXO D, sendo agora o tempo de cálculo o fator em estudo.

Nº	Nome	Processo manual (minutos)	SAR-PT (minutos)	Redução de tempo (minutos)
0	F/V TESE	52	2,63	49,37
1	S/V BUCANEER	47	1,91	45,09
2	F/V FRANCES	48	2,09	45,91
3	S/V SIMO	58	2,45	55,55
4	S/V MAUSI ACCIONA 100%	48	1,91	46,09
5	S/V ALEXANDRA	51	2,51	48,49
6	F/V SAMEIRO	47	2,31	44,69
7	S/V CHEMINEES POUJOLAT	47	2,28	44,72
MÉDIA		49,75	2,26	47,48
		Redução do tempo necessário:		95,4%

Tabela 7.2 - Análise de tempo despendido no cálculo.

É importante referir que estes tempos foram cronometrados e todo o processo foi levado a cabo com todo o material e informação necessários disponíveis e rapidamente acessíveis durante os testes efetuados. Em situações reais existe informação, como meteorologia e características de embarcações, que pode demorar a estar disponível, fazendo com que o processo de cálculo manual ultrapasse facilmente a hora e meia a nível de tempo. Tendo em conta o tempo que pode demorar a estar concluído todo o processo, podemos, de modo sensato, elevar esta percentagem de redução do tempo necessário para cálculo das derivas para os 97,5%.

O tempo é um fator decisivo para a precisão desta ferramenta. Assim sendo, considera-se uma clara mais-valia que o principal benefício extraído da utilização desta ferramenta seja a redução do tempo para calcular a deriva e determinar uma área de busca.

7.5. Limitações

Uma vez funcional, o SAR-PT foi imediatamente posto à prova mediante o processamento de diversas situações que permitiram melhorar a ferramenta. Além de podermos afirmar que o SAR-PT se encontra a funcionar com total fidelidade ao método IAMSAR, existem contudo algumas limitações, que têm sido alvo de atenção, sobretudo no que toca à otimização do processo.

Como é possível observar, existe a necessidade de consultar alguns gráficos e tabelas cujos valores são essenciais ao funcionamento desta ferramenta. Este processo de consulta interrompe a cadeia automatizada do SAR-PT conferindo-lhe ainda algum carácter manual. Existe assim a perfeita noção que nestes pequenos hiatos para consulta de informação, há tempo que está a ser desperdiçado. À semelhança do que foi efetuado com alguns gráficos mais simples, é possível que toda esta fonte de informação seja reduzida a funções e as tabelas a matrizes. Deste modo, seria eliminada esta necessidade, situação a ter em conta na próxima versão do SAR-PT.

Alguma da informação que é necessária consultar está associada a vários tipos de plataformas ou objetos, em função dos quais alguns parâmetros estão associados, nomeadamente o *Leeway*. Se existir uma forma de pré-seleção destes itens no SAR-PT, sendo a partir daí obtidos automaticamente os valores padrão do mesmo, obtém-se um ganho importante de tempo. Esta funcionalidade não existe na versão atual, pelo que será mais uma opção a desenvolver em versões futuras.

Outra limitação resulta da evolução da área de busca, limitação essa que, embora adjacente ao método IAMSAR, é, no entanto, possível colmatar. Repare-se que o cálculo da evolução se inicia na hora da LKP e termina assim que o meio aéreo inicia buscas. Na realidade isto não se verifica, uma vez que o objeto continua a derivar mesmo depois dos meios iniciarem as operações. Caso o processo de busca seja moroso, quer seja pelo padrão de busca aplicado, quer seja pelo tamanho inicial da área, essa diferença poderá ser significativa. A possível solução para este problema será calcular quanto tempo demorará o meio a efetuar a busca à área determinada e acrescentar esse tempo ao processo de cálculo da deriva.

O método IAMSAR, e consequentemente o SAR-PT, são ferramentas estáticas, ou sejam não acompanham o evoluir da situação ao longo do tempo. Embora esta seja uma operação bastante complexa que exigiria uma dedicação e emprego de recursos muito superior ao que está atualmente disponível, existem pequenas operações que poderão ser levadas a cabo para imprimir autenticação ao cálculo efetuado. Tomando como exemplo a corrente marítima, é perfeitamente possível solicitar a embarcações que se encontrem nas proximidades que transmitam os valores reais de direção e velocidade da corrente. O mesmo poderá ser feito pelas aeronaves de busca assim que chegarem ao local. Com a largada de marcas de fumo ou boias sinalizadoras, poderá, da mesma forma ser estimada a direção e velocidade da corrente. O SAR-PT ainda não está recetivo a essa informação pontual e atualizada, contudo todo o processo poderá ser novamente iniciado entrando com esta informação em detrimento dos dados fornecidos pelas *Sea Current Charts*.

Quanto ao processo de validação do SAR-PT, salienta-se o facto de a amostra ser muito pequena. Embora os resultados tenham sido bastante satisfatórios, as sete situações são ainda insuficientes para avaliar a verdadeira prestação desta ferramenta.

7.6. O futuro do SAR-PT

Como foi possível verificar ao longo de todo este projeto, o SAR-PT é uma ferramenta pensada com o intuito de otimizar o planeamento de uma missão SAR, retirando ao SMC o máximo de ações possível e libertando-o para o raciocínio e o discernimento tão necessários nestas operações. Consegue-se, desta forma, o mesmo resultado com bastante menos esforço e em muito menos tempo. Contudo, foi também possível observar ao longo deste trabalho que além do que foi feito, existem muito mais operações que podem ser automatizadas, operações essas que, neste momento, ainda estão presas à necessidade de serem processadas manualmente. A consulta de tabelas e gráficos é uma dessas operações. Embora alguns gráficos tenham sido reduzidos a funções e, desse modo, possíveis de incluir no processo de cálculo, existem ainda muitos outros, bem como tabelas, todos eles presentes no *Appendix N* do IAMSAR que se espera que venham a sofrer o mesmo processo. E, tal como foi apontado nas limitações deste projeto, muitos destes gráficos e valores estão associados a objetos *standard*, como tipologia de embarcações, posições de corpos, presença ou não de material de flutuação, entre outros. Espera-se assim que, a curto prazo, tudo dependa apenas da simples seleção do objeto que se encontra a sofrer deriva.

Os Centros Coordenadores de Busca e Salvamento têm nas missões SAR o âmago das suas funções. Contudo, a missão SAR não se restringe apenas ao salvamento de embarcações que naufraguem. Tendo somente em conta os serviços SAR aeronáuticos, existe toda uma série de tipologias de missão que se encontram sob tutela do RCC, como sejam as missões de evacuações aeromédicas a navios, o acompanhamento de aeronaves em emergência até que estas aterrem em segurança, a investigação de mensagens COSPAS-SARSAT e de emissões em frequências de emergência, a análise e encaminhamento dos reportes de poluição marítima, bem como toda

uma série de ações necessárias e urgentes levadas a cabo pelas Forças Armadas enquanto agente primário de Proteção Civil. Todas estas missões detêm um carácter geográfico ou uma componente espacial. Como tal, pretende-se que essa componente espacial seja futuramente incluída no SAR-PT, auxiliando e alargando a capacidade de ação desta ferramenta a todas as tipologias de missão em que seja possível proceder a uma otimização. Pretende-se sobretudo dotar o SAR-PT de valências que permitam ser uma mais-valia como ferramenta de apoio à decisão.

A médio prazo existe ainda o projeto SAR-PT “*stand alone tool*”. Atualmente o SAR-PT é perfeitamente funcional. Pretende-se aprofundar os conhecimentos a nível de linguagens de programação prosseguindo desta maneira para um SAR-PT perfeitamente independente de outros sistemas de base. Possivelmente, numa primeira fase, serão produzidos *plugins* para *softwares SIG open source*, como o *Quantum GIS*.

A amostra tida em conta no processo de validação do SAR-PT é pequena. Aproveitando as alterações e a evolução esperadas para esta ferramenta nos próximos tempos, será criado um histórico de missões SAR devidamente detalhado. A criação desta base de dados de missões, possibilitará o desenvolvimento de projetos que visem aproveitar os benefícios da análise geoestatística para fins operacionais.

Na vertente meteorológica espera-se munir o SAR-PT de informação de ventos obtida a partir de *websites* e de servidores *online*. A automatização da obtenção de dados meteorológicos vai permitir melhorar o cálculo de derivas marítimas e otimizar ainda mais todo o processo.

É interessante observar as semelhanças do SAR-PT com os *softwares* abordados. Se hoje o SAR-PT se assemelha a um *JAWS*, num futuro próximo será bastante parecido com o *ICAR SAR System*. É de todo desafiante pensar que, um dia, o SAR-PT possa equivaler a um *SARMAP* atendendo de forma personalizada às necessidades da FAP.

8. CONCLUSÕES

Uma vez concluído o processo relativo à elaboração do SAR-PT e dos testes que se seguiram, são evidentes determinadas conclusões que tomaram realce pela sua importância.

Não foi preciso muito tempo para constatar uma das maiores certezas relativas a este projeto, que é o fato de ele estar longe de estar concluído. O crescente interesse que o SAR-PT tomou daqueles que recorrem a esta ferramenta, bem como a participação de mais elementos neste projeto fazem com que as ideias associadas ao crescimento e complexificação do SAR-PT não parem de surgir. Estas ideias serão sem dúvida processadas, sendo incorporadas em novas versões dos SAR-PT aquelas que contribuam para a otimização do trabalho do SMC.

Este projeto, inicialmente previsto para responder à questão da automatização do IAMSAR, foi visto desde cedo como uma oportunidade de reunir uma série de informação que se encontrava dispersa e de acesso moroso. Sobretudo a nível de dados históricos, este trabalho possibilitou a criação de uma fonte que permite, desde já, seguir o fio condutor de todo um encadeamento de acontecimentos que nos levou onde nos encontramos hoje no que à atividade SAR diz respeito.

Este projeto serviu para o despoletar de toda uma série de outros projetos. Alguns deles não passam ainda de ideias, outros porém, como a criação das *Sea Current Charts*, dão já o seu contributo em contexto real de serviço. Com o conhecimento adquirido ao longo da realização deste trabalho, tornar-se-á sem dúvida mais simples e expedito iniciar e concluir novos projetos, bem como materializar as ideias que entretanto foram surgindo. De salientar também a criação da informação geográfica de base, que desde o início da sua produção tomaram imediatamente parte do quotidiano do RCC Lajes, sendo um bom exemplo disso as *shapefiles* das SRR adjacentes à de Santa Maria e a delimitação dos raios de ação e das áreas de atividade.

No que toca ao SAR-PT propriamente dito, os objetivos previstos para esta ferramenta foram atingidos. A redução do tempo necessário para o cálculo de derivas torna evidente a utilidade desta ferramenta. Os testes efetuados aos resultados comprovam que o tempo decorrido é um fator crucial. Esse mesmo tempo decorrido vai fazer aumentar o erro associado ao processo e como tal deve ser reduzido ao mínimo. Os testes de validação aos resultados obtidos demonstram ainda que o tempo afeta também a precisão do modelo utilizado, tanto que, quanto maior for o espaço temporal, menos preciso será todo o processo de cálculo de derivas. O cálculo de derivas de objetos no mar é um processo bastante complexo e de difícil controlo. Tendo em conta que o resultado seria o mesmo, quer se recorra ao método manual, quer se recorra ao SAR-PT, a utilização deste último é visivelmente mais vantajosa, sobretudo pelo tempo que permite poupar. O tempo é um fator importante, mas não podemos deixar de referir os malefícios do *stress* adjacente a este tipo de atividade e dos quais o SMC é poupado, só pelo simples facto de lhe ser retirada a responsabilidade de não lhe ser permitido errar em qualquer cálculo, já que estão vidas humanas em jogo.

Os testes realizados permitem concluir que o SAR-PT é uma ferramenta funcional e serve os seus objetivos.

BIBLIOGRAFIA

Applied Science Associates, INC, 2012. *SARmap Version 6.7 User's Manual*. Wakefield: ASA, INC.

BAIO, M., CASACA, J., MATOS, J., 2005. *Topografia Geral*. 6ªEdição. Lisboa: LIDEL.

BOISSON, P., 1999. *Safety At Sea. Policies, Regulations and International Law*. Paris: Edition Bureau Veritas.

CARDOSO, A., 2009. *Aeronaves Portuguesas Militares. Cem anos de Aviação em Portugal*. Lisboa: Fábrica das Letras, Lda.

Consiglio Nazionale delle Ricerche. ICAR SAR System. Disponível em <http://www.pa.icar.cnr.it/icar2/content/view/58/75/lang,en/> [acedido em 9 de setembro de 2013].

COSME, A., 2012. *Projeto em Sistemas de Informação Geográfica*. Lisboa: LIDEL.

COSTA, F., 2003. *Síntese Cronológica da Aeronáutica Brasileira (1685-1941)*. Rio de Janeiro: INCAER.

Decreto do Governo nº 32/85 de 16 de Agosto. *Diário da República nº 187/85 - 1ª Série*. Ministério dos Negócios Estrangeiros. Lisboa. (Adesão à Convenção Internacional sobre Busca e Salvamento Marítimo de 1979).

Decreto-Lei nº 15/94 de 22 de Janeiro. *Diário da República nº 18/94 - 1ª Série-A*. Ministério da Defesa Nacional. Lisboa. (Sistema Nacional para a Busca e Salvamento Marítimo).

Decreto-Lei nº 253/95 de 30 de Setembro. *Diário da República nº 227/95 - 1ª Série-A*. Ministério da Defesa Nacional. Lisboa. (Sistema Nacional para a Busca e Salvamento Aéreo).

Decreto-Lei nº 203/98 de 10 de Junho. *Diário da República nº 157/98 - 1ª Série-A*. Ministério da Justiça. Lisboa. (Salvação Marítima).

Decreto-Lei nº 399/99 de 14 de Outubro. *Diário da República nº 240/99 - 1ª Série-A*. Ministério da Defesa Nacional. Lisboa. (Comissão Consultiva do Sistema Nacional de Busca e Salvamento Marítimo e Aéreo).

Department of the Air Force, 2001. *Air Navigation*. Washington: Secretary of the Air Force, AFPAM 11-216.

DILLY, C., MARIE, J., 1931. *La sécurité maritime*. Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales de Paris.

Encyclopedia Britannica. *Titanic: The unsinkable ship*. Disponível em <https://www.britannica.com/titanic> [acedido em 2 de fevereiro de 2014].

FERNANDEZ, P., 2009. *Sistemas de Informação Geográfica - Vetorial*. Unidade curricular do Curso de Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica. Castelo Branco: Escola Superior Agrária de Castelo Branco.

FERREIRA, D., 2013. *Development of sea current cartography based on Atlas of Pilot Charts for search and rescue services*. Lajes: Força Aérea Portuguesa, Centro Coordenador de Busca e Salvamento das Lajes.

FURUSETH, A., 1914. *Safety of life at sea: analysis and explanatory notes of the London Convention on Safety of Life at Sea in relation to the American Merchant Marine*. Washington: GPO.

GASPAR, J., 2005. *Cartas e Projecções Cartográficas*. 3ªEdição. Lisboa: LIDEL.

GASPAR, J., 2008. Navegação Marítima e Aérea. Em: *Dicionário de Ciências Cartográficas*. 2ªEdição. Lisboa: LIDEL.

ICAO, 2013. *International Aeronautical and Maritime Search And Rescue Manual (IAMSAR)*. Volume 2. Montréal: ICAO.

Instituto Hidrográfico. *Previsão Operacional para o Arquipélago dos Açores*. Disponível em <http://www.hidrografico.pt/acoresh.php> [acedido em 26 de janeiro de 2014].

MATOS, J., 2008. *Fundamentos de Informação Geográfica*. 5ªEdição. Lisboa: LIDEL.

METCALF, J., 2002. *Flight: 100 Years of Aviation*. Nova Iorque: DK Publications.

MILLBROOKE, A. M., 1999. *Aviation History*. Colorado: Jeppesen.

MORATO, V., 1985. *Comando e Controlo das Operações de Busca e Salvamento*. Sintra: Instituto de Altos Estudos das Forças Aéreas.

National Imagery and Mapping Agency, 2002. *Atlas of Pilot Charts - North Atlantic Ocean*. Secretary of Defense. USA.

North Atlantic Treaty Organization, 1995. *Search And Rescue*. NATO Allied Tactical Publication. ATP-10 (D).

Oceano. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Oceano> [acedido em 25 de janeiro de 2014].

PALISADE, software for risk and decision analysis. *Monte Carlo Simulation*. Disponível em http://www.palisade.com/risk/monte_carlo_simulation.asp [Acedido em 10 de junho de 2014].

PARDESSUS, J., 1845. Collection des lois maritimes antérieures au XVIIIème siècle. Volume 1. Paris.

Portaria nº 198/13 de 29 de maio. *Diário da República nº 103/13 - 1ª Série*. Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território. Lisboa. (Isenção de obrigatoriedade de utilização de sistemas de localização por satélite).

SILVA, C.C., 2013. *Para que outros vivam*. Funchal: Nova Delphi.

The Titanic Inquiry Project. Disponível em: <http://www.titanicinquiry.org/> [acedido em 2 de fevereiro de 2014].

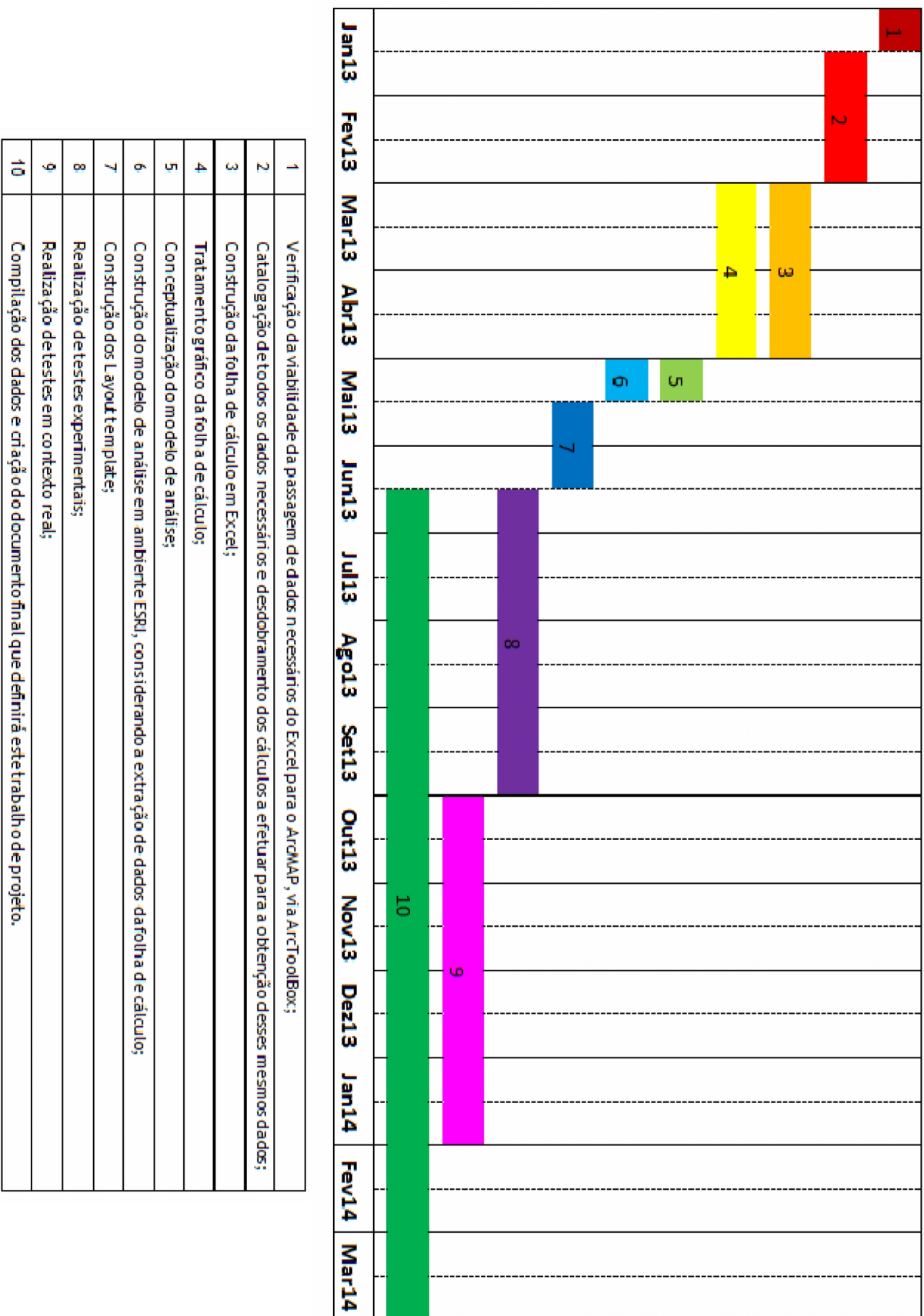
U.S. Army Combined Arms Center. *International Aeronautical and Maritime Search And Rescue*. Disponível em <http://usacac.army.mil/cac2/call/thesaurus/toc.asp?id=34218> [Acedido em 11 de dezembro de 2013].

U.S. Coast Guard, Soza & Company Lda, 1996. *The Theory of Search*. USCG Search And Rescue Office.

ANEXO A

Cronograma de desenvolvimento do projeto

Cronograma de desenvolvimento do projeto - ANEXO A



ANEXO B

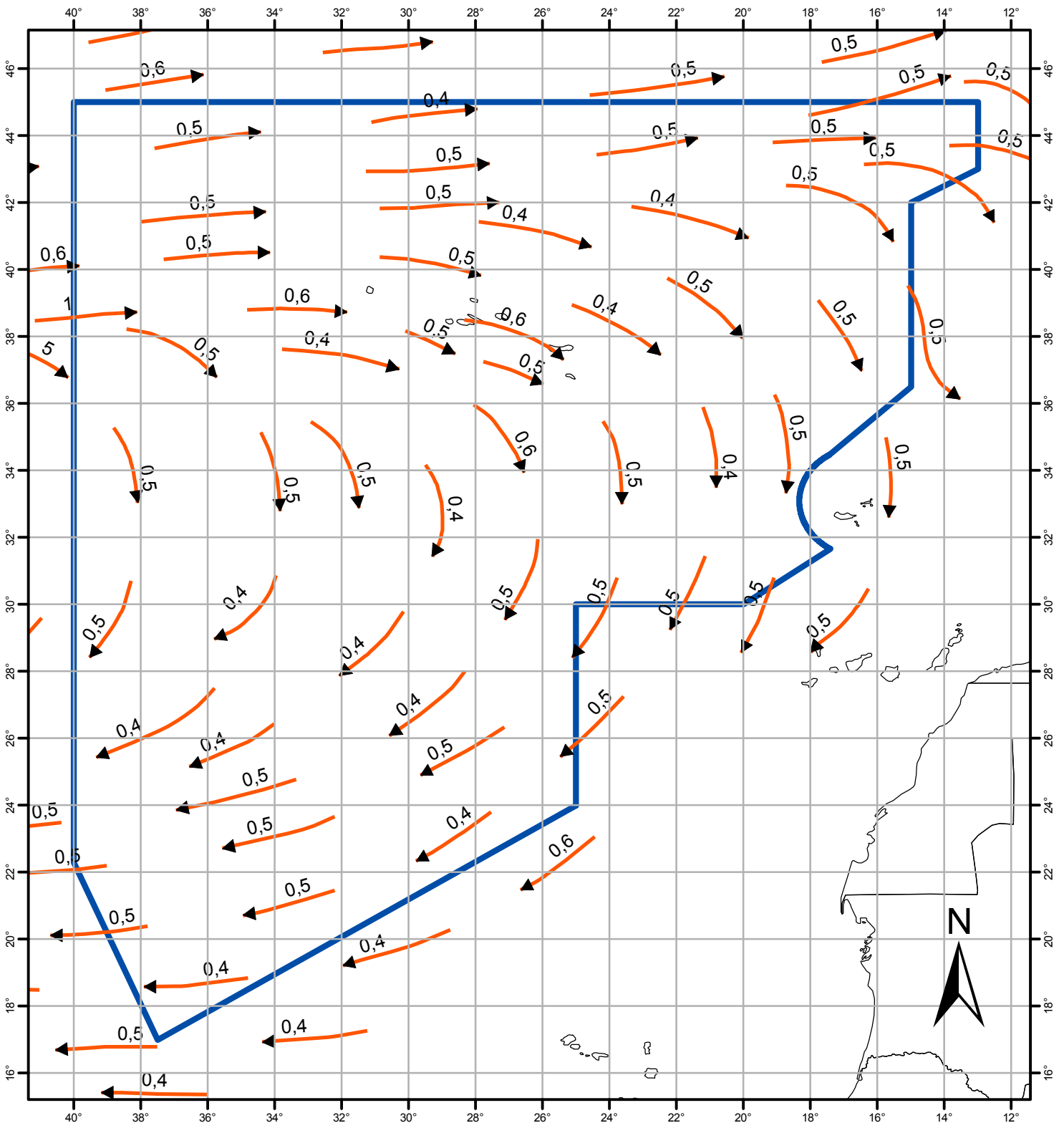
Pilot Chart de Janeiro

ANEXO C

Sea Current Charts

SANTA MARIA SRR SEA CURRENT CHARTS

JANUARY



Grid Interval: 2 Degrees

ANNEX 1

to

FERREIRA, Deodato (2013).

Development of sea current cartography based on Atlas of Pilot Charts for search and rescue services. Força Aérea Portuguesa, RCC Lajes. Terceira

— Sea Current (Kts)

▭ SRR Santa Maria

Datum WGS 84

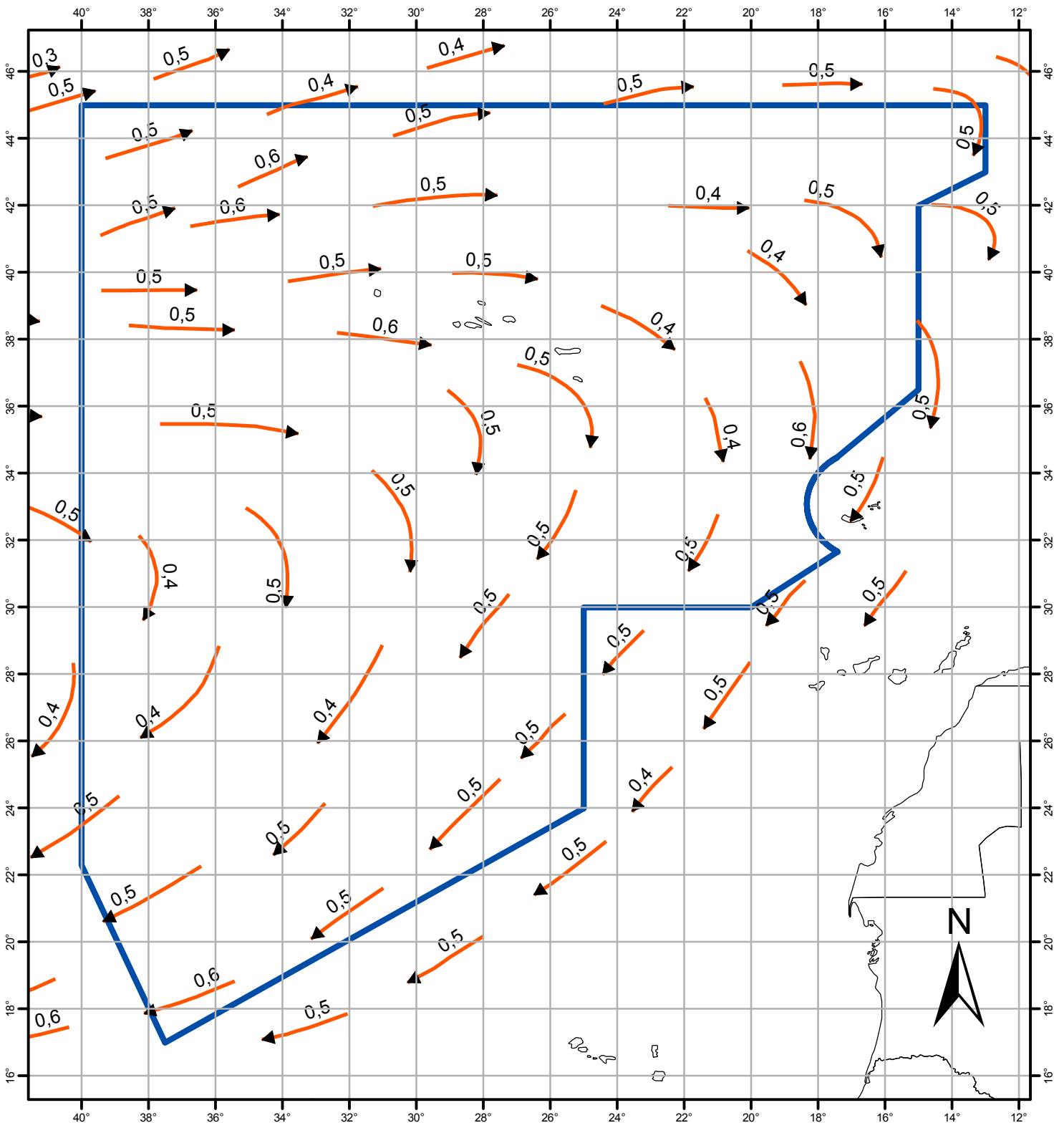
1:18.000.000

Updated

October 2013

SANTA MARIA SRR SEA CURRENT CHARTS

FEBRUARY



Grid Interval: 2 Degrees

ANNEX 2
to

FERREIRA, Deodato (2013).

Development of sea current cartography based on Atlas of Pilot Charts for search and rescue services. Força Aérea Portuguesa, RCC Lajes. Terceira

— Sea Current (Kts)
□ SRR Santa Maria

Datum WGS 84

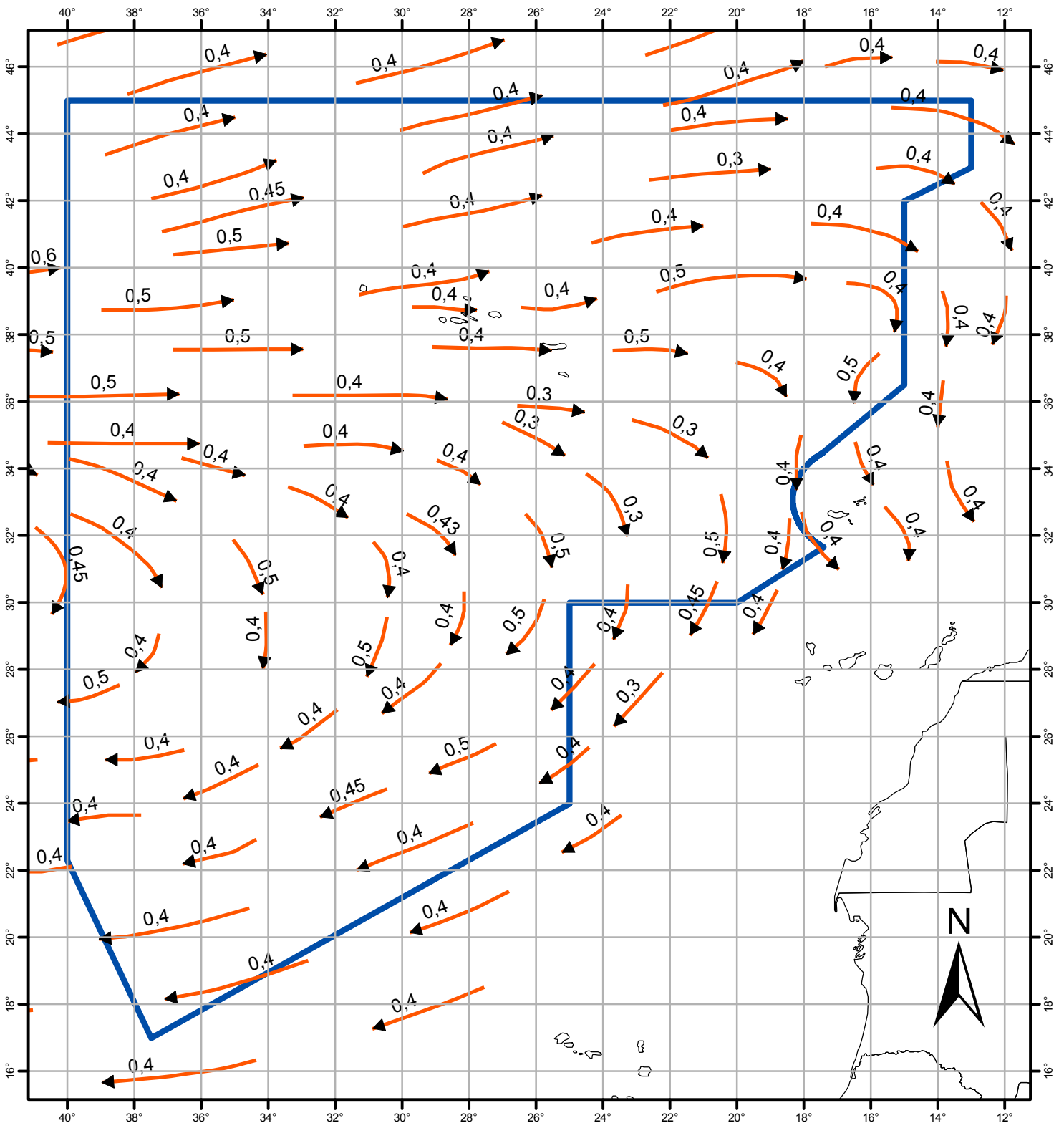
1:18.000.000

Updated

October 2013

SANTA MARIA SRR SEA CURRENT CHARTS

MARCH



Grid Interval: 2 Degrees

ANNEX 3
to

FERREIRA, Deodato (2013).

Development of sea current cartography based on Atlas of Pilot Charts for search and rescue services. Força Aérea Portuguesa, RCC Lajes. Terceira

— Sea Current (Kts)
▭ SRR Santa Maria

Datum WGS 84

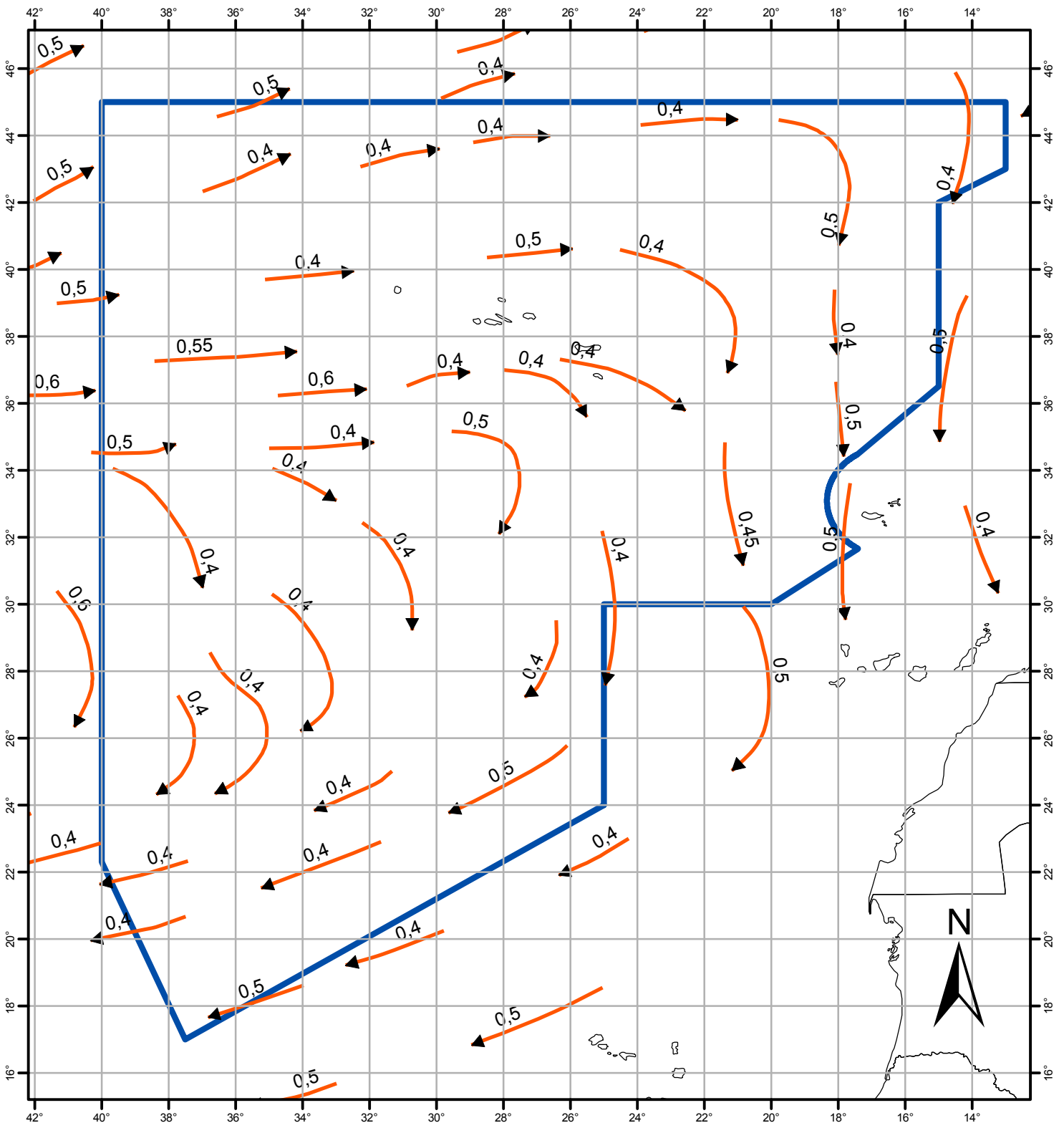
1:18.000.000

Updated

October 2013

SANTA MARIA SRR SEA CURRENT CHARTS

APRIL



Grid Interval: 2 Degrees

ANNEX 4
to

FERREIRA, Deodato (2013).

Development of sea current cartography based on Atlas of Pilot Charts for search and rescue services. Força Aérea Portuguesa, RCC Lajes. Terceira

— Sea Current (Kts)
▭ SRR Santa Maria

Datum WGS 84

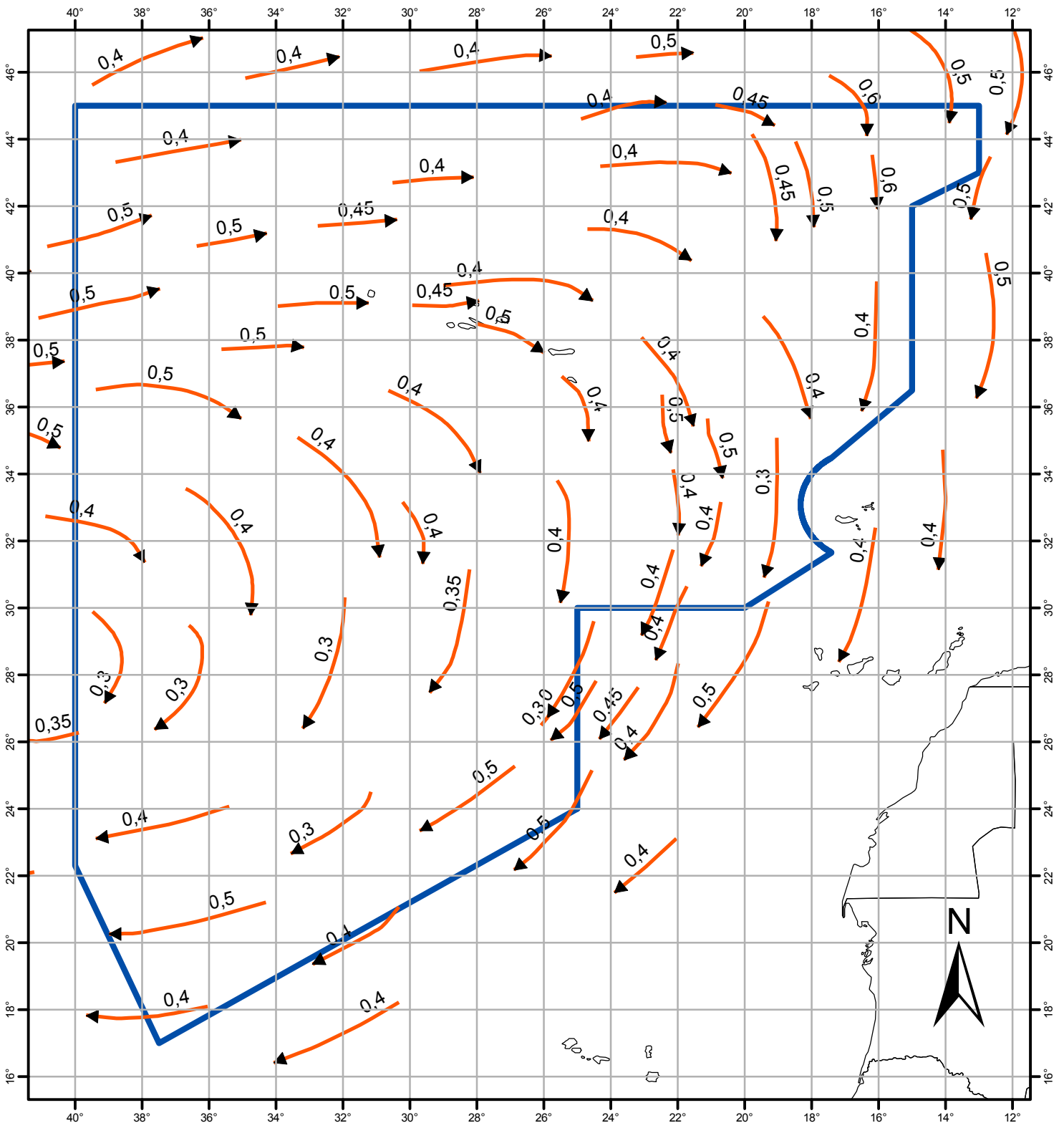
1:18.000.000

Updated

October 2013

SANTA MARIA SRR SEA CURRENT CHARTS

MAY




Grid Interval: 2 Degrees

ANNEX 5
to

FERREIRA, Deodato (2013).

Development of sea current cartography based on Atlas of Pilot Charts for search and rescue services. Força Aérea Portuguesa, RCC Lajes. Terceira

— Sea Current (Kts)
 SRR Santa Maria

Datum WGS 84

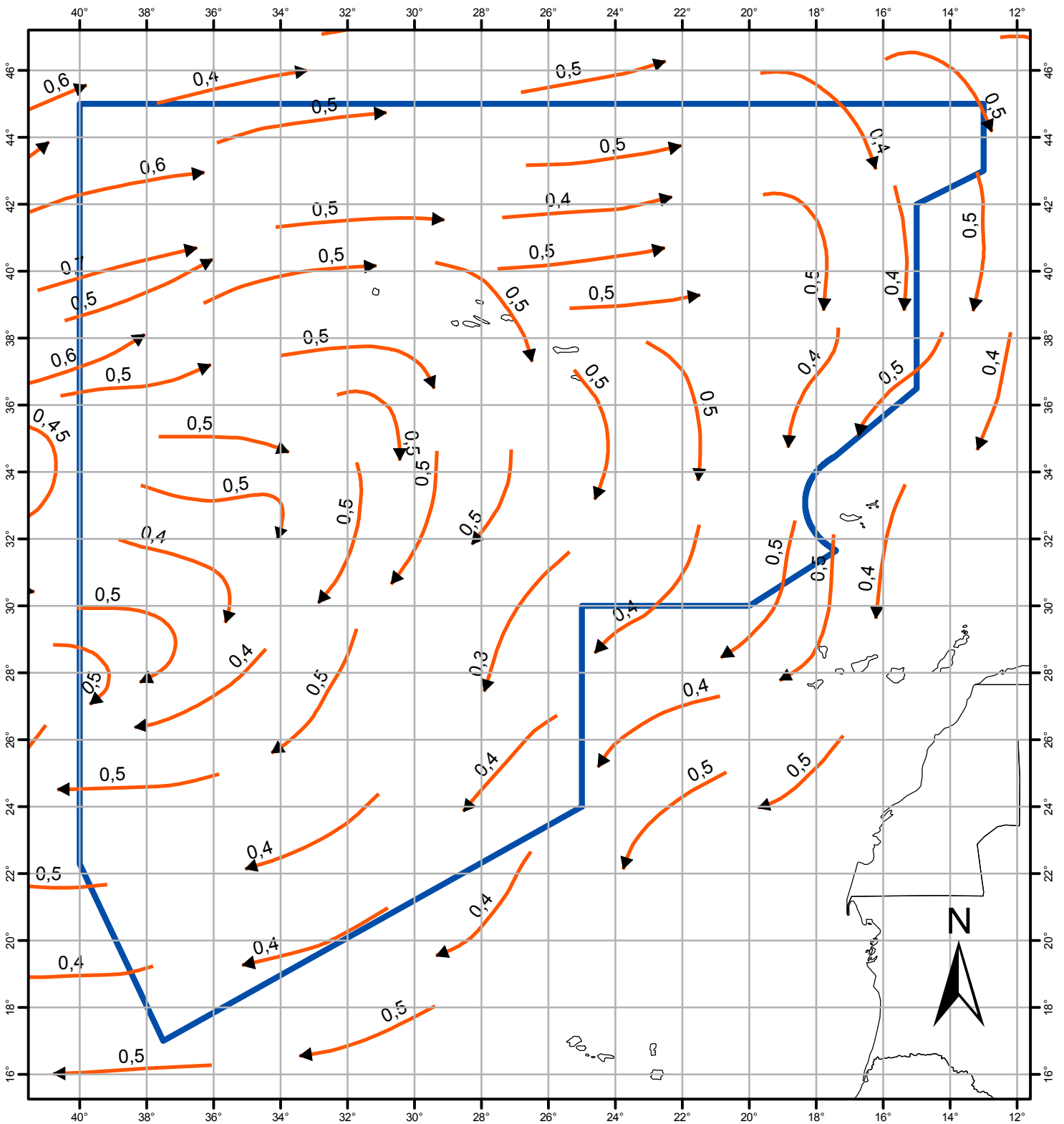
1:18.000.000

Updated

October 2013

SANTA MARIA SRR SEA CURRENT CHARTS

JUNE



Grid Interval: 2 Degrees

ANNEX 6
to

FERREIRA, Deodato (2013).

Development of sea current cartography based on Atlas of Pilot Charts for search and rescue services. Força Aérea Portuguesa, RCC Lajes. Terceira

— Sea Current (Kts)
▭ SRR Santa Maria

Datum WGS 84

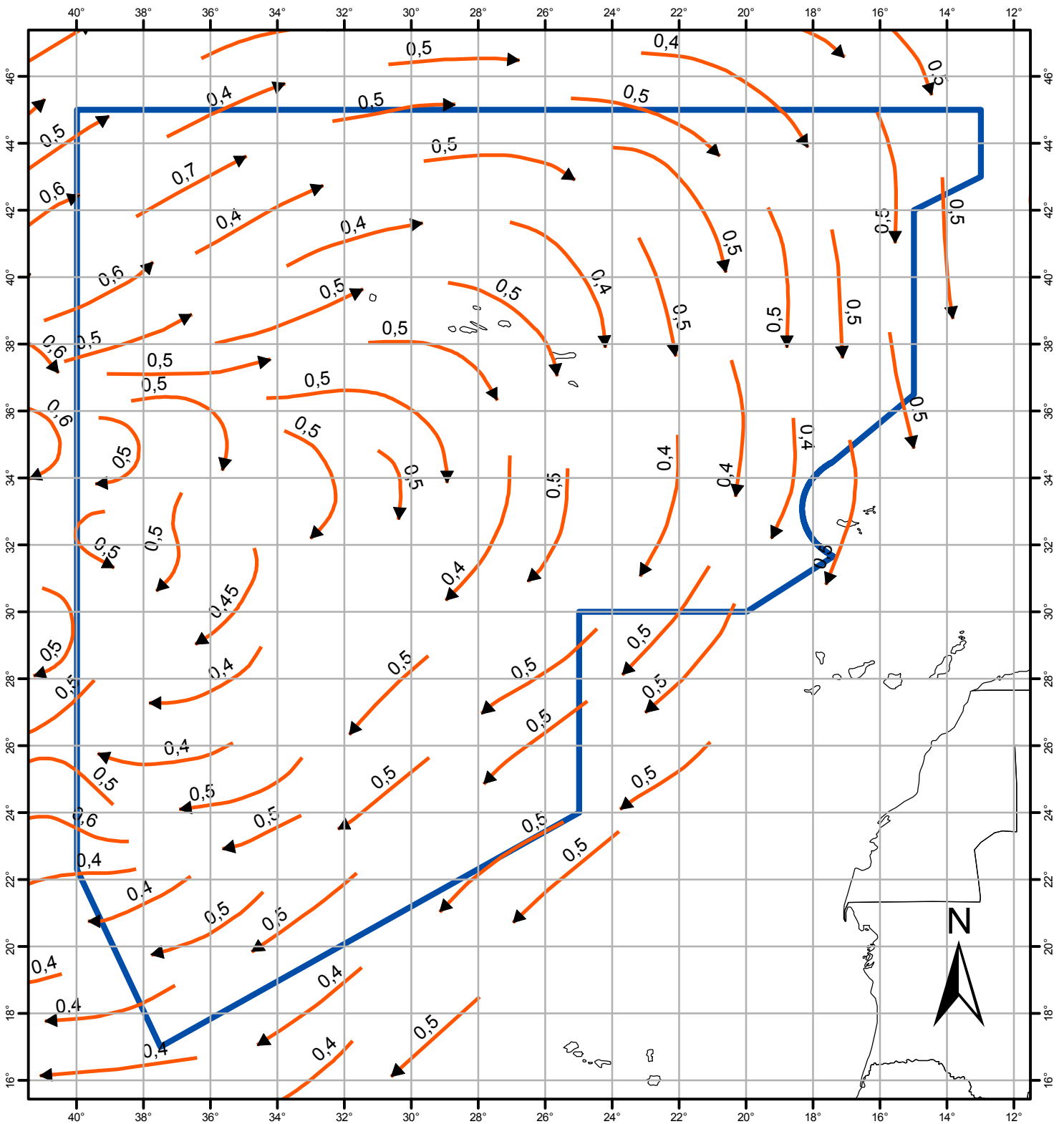
1:18.000.000

Updated

October 2013

SANTA MARIA SRR SEA CURRENT CHARTS

JULY



Grid Interval: 2 Degrees

ANNEX 7

to

FERREIRA, Deodato (2013).

Development of sea current cartography based on Atlas of Pilot Charts for search and rescue services. Força Aérea Portuguesa, RCC Lajes. Terceira

— Sea Current (Kts)

▭ SRR Santa Maria

Datum WGS 84

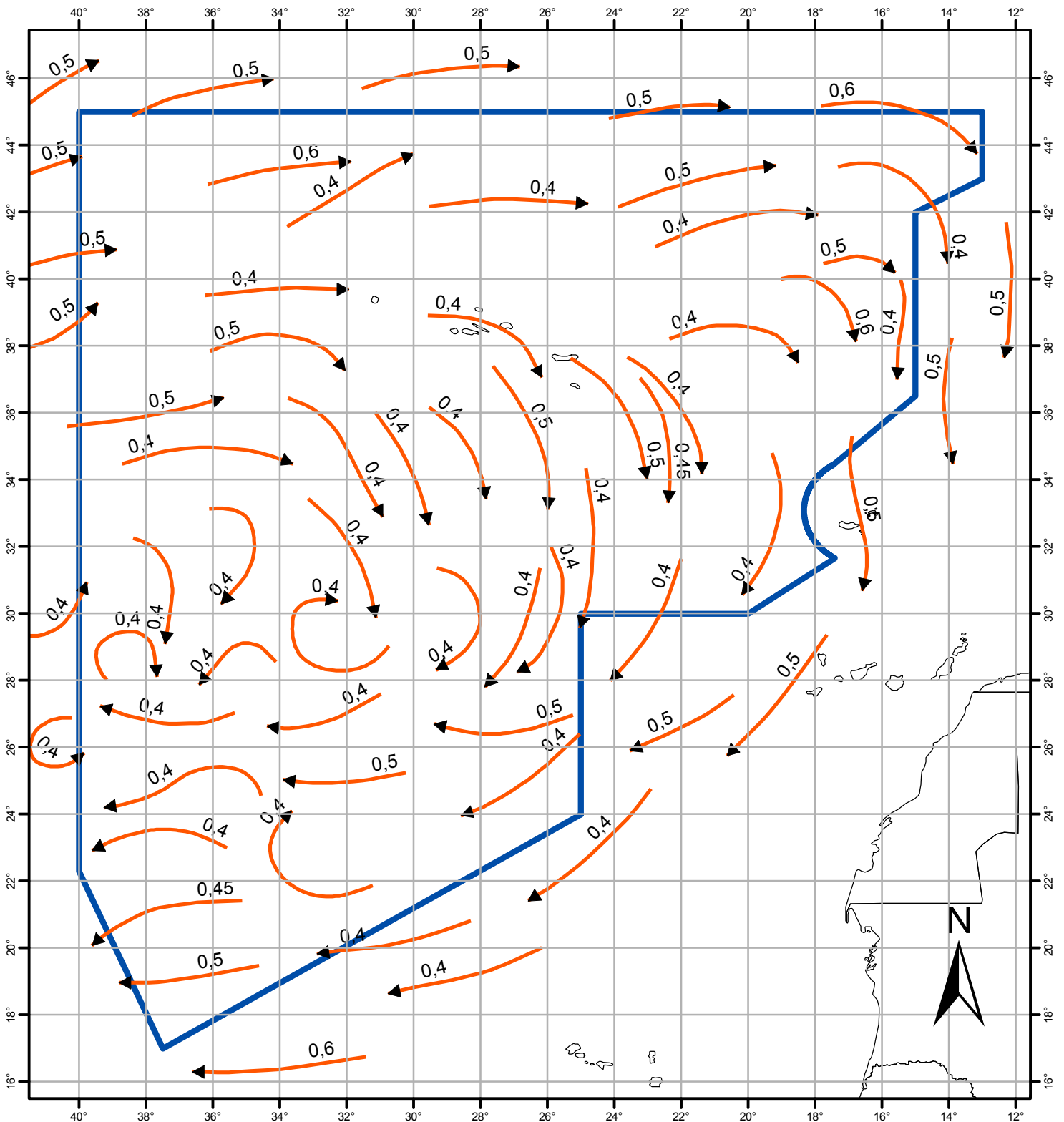
1:18.000.000

Updated

October 2013

SANTA MARIA SRR SEA CURRENT CHARTS

AUGUST



Grid Interval: 2 Degrees

ANNEX 8
to

FERREIRA, Deodato (2013).

Development of sea current cartography based on Atlas of Pilot Charts for search and rescue services. Força Aérea Portuguesa, RCC Lajes. Terceira

— Sea Current (Kts)
□ SRR Santa Maria

Datum WGS 84

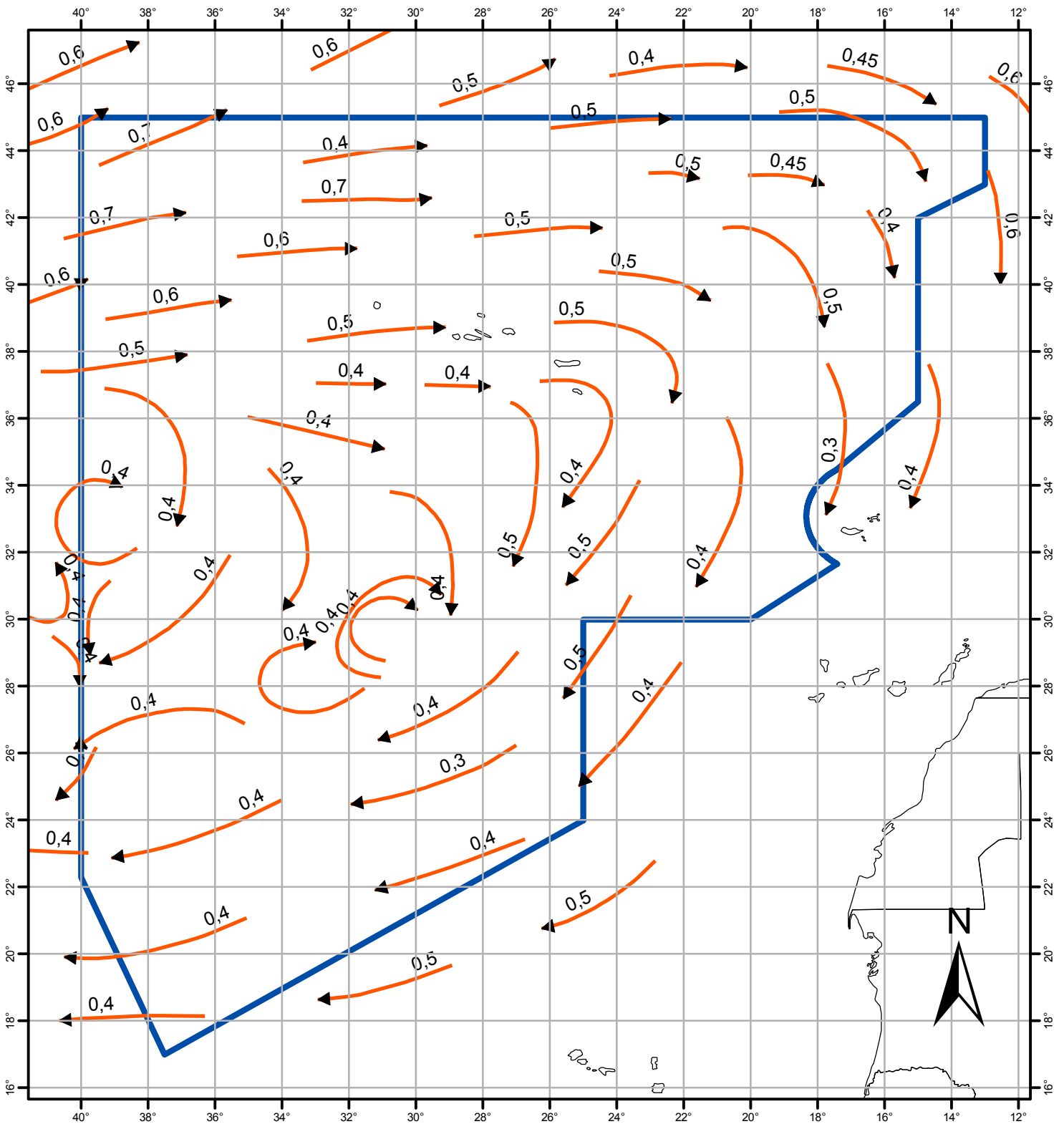
1:18.000.000

Updated

October 2013

SANTA MARIA SRR SEA CURRENT CHARTS

SEPTEMBER



Grid Interval: 2 Degrees

ANNEX 9
to

FERREIRA, Deodato (2013).

Development of sea current cartography based on Atlas of Pilot Charts for search and rescue services. Força Aérea Portuguesa, RCC Lajes. Terceira

— Sea Current (Kts)
□ SRR Santa Maria

Datum WGS 84

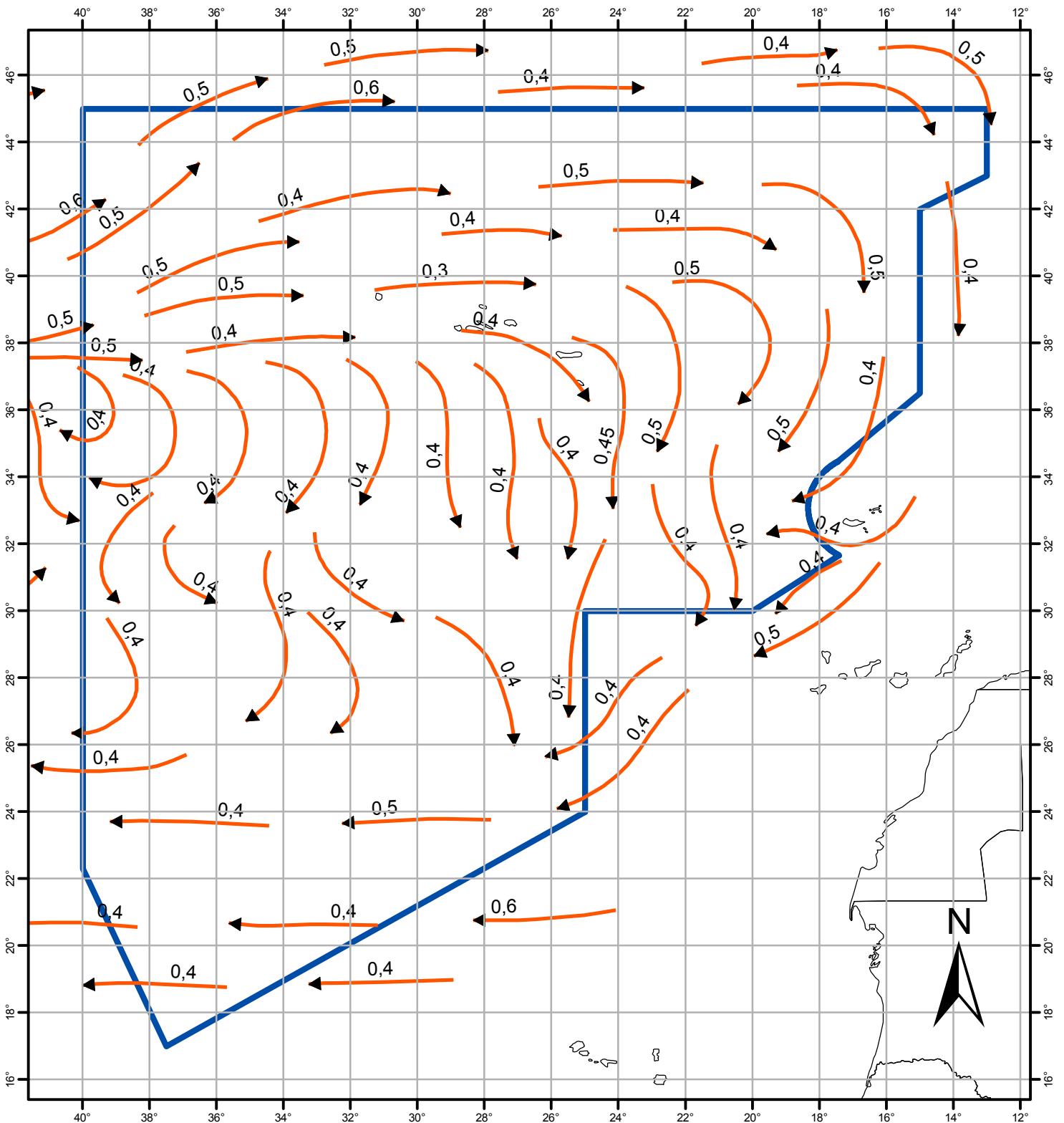
1:18.000.000

Updated

October 2013

SANTA MARIA SRR SEA CURRENT CHARTS

OCTOBER



Grid Interval: 2 Degrees

ANNEX 10
to

FERREIRA, Deodato (2013).

Development of sea current cartography based on Atlas of Pilot Charts for search and rescue services. Força Aérea Portuguesa, RCC Lajes. Terceira

— Sea Current (Kts)
□ SRR Santa Maria

Datum WGS 84

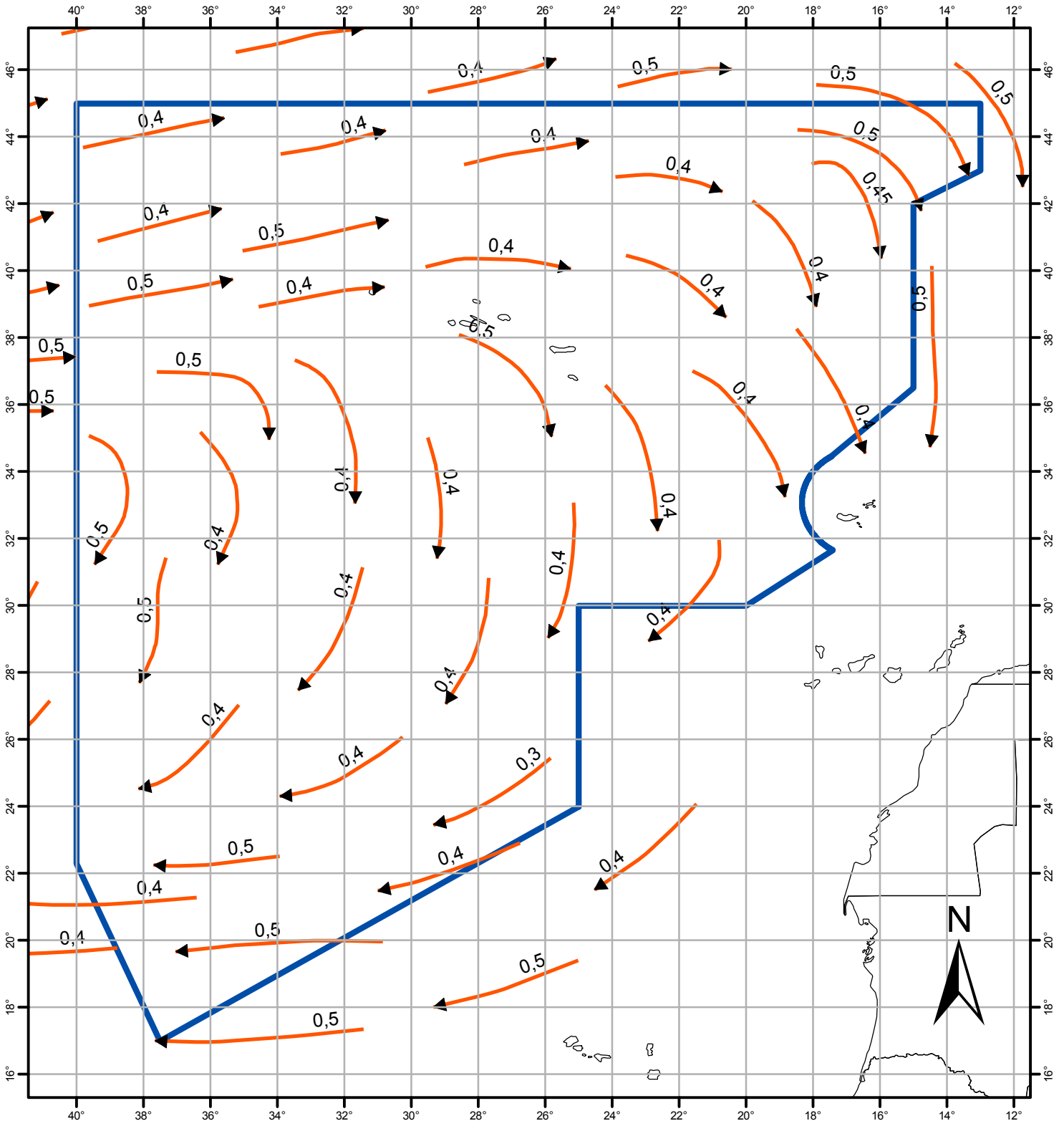
1:18.000.000

Updated

October 2013

SANTA MARIA SRR SEA CURRENT CHARTS

NOVEMBER



Grid Interval: 2 Degrees

ANNEX 11
to

FERREIRA, Deodato (2013).

Development of sea current cartography based on Atlas of Pilot Charts for search and rescue services. Força Aérea Portuguesa, RCC Lajes. Terceira

— Sea Current (Kts)
▭ SRR Santa Maria

Datum WGS 84

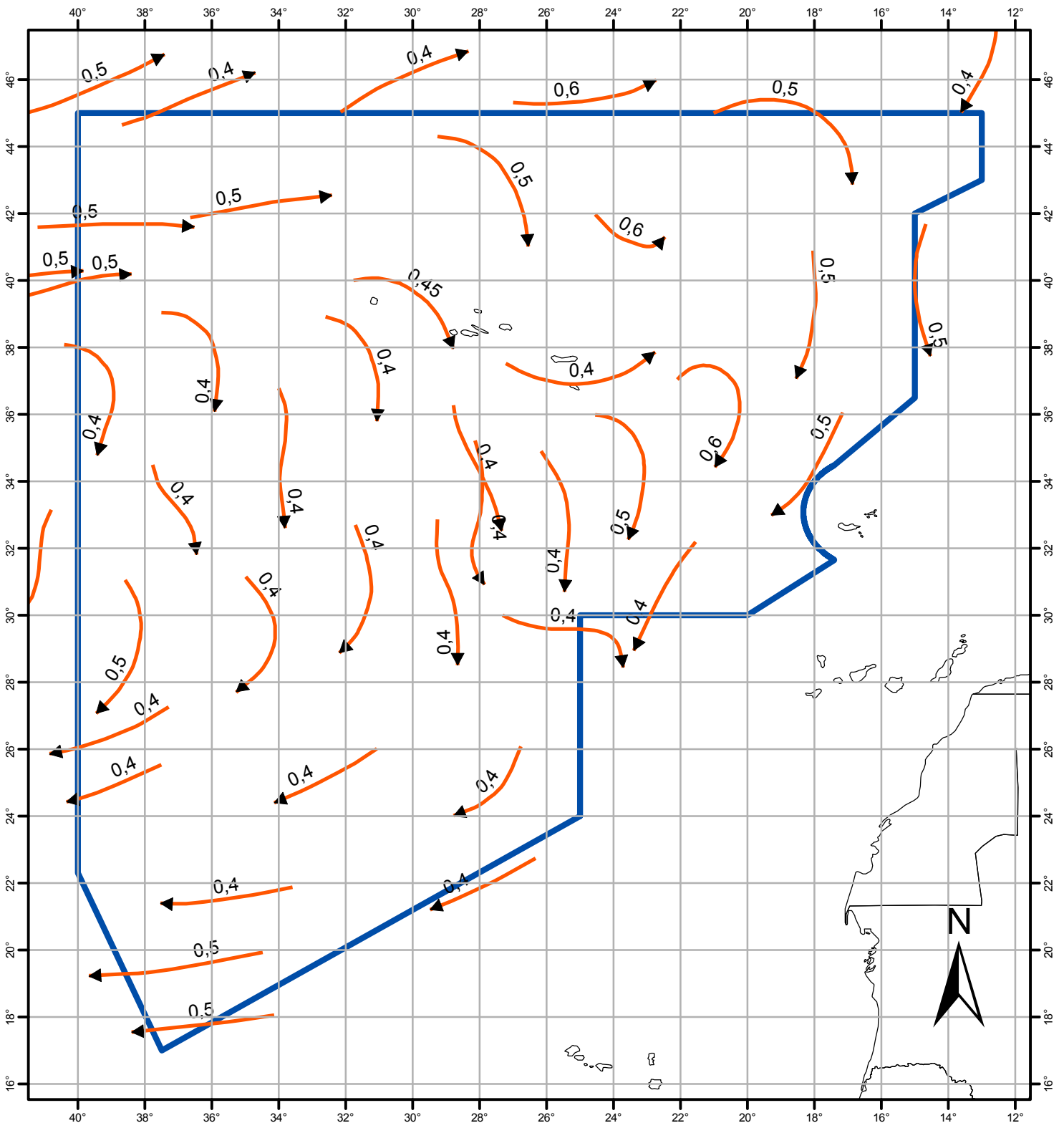
1:18.000.000

Updated

October 2013

SANTA MARIA SRR SEA CURRENT CHARTS

DECEMBER



Grid Interval: 2 Degrees

ANNEX 12
to

FERREIRA, Deodato (2013).

Development of sea current cartography based on Atlas of Pilot Charts for search and rescue services. Força Aérea Portuguesa, RCC Lajes. Terceira

— Sea Current (Kts)
□ SRR Santa Maria

Datum WGS 84

1:18.000.000

Updated

October 2013

ANEXO D

Exercício prático SAR

Exercício prático SAR - ANEXO D

“São neste momento 31 0315 Z JAN 14 (três horas e quinze minutos, hora zulu, do dia trinta e um de janeiro de dois mil e catorze). O RCC Lajes é contactado pelo MRCC Delgada a informar da necessidade de empenhamento de um meio aéreo para proceder a uma operação SAR. A embarcação F/V TESE, um pesqueiro de 22 metros de casco vermelho e branco que deveria ter reportado a sua situação às 31 0200 Z JAN 14, não só não o fez como deixou de emitir sinal no sistema GMDSS por volta das 30 2325 Z JAN 14. Após ter sido perdido o sinal e como o F/V TESE não responde às tentativas de comunicação via rádio nem estabeleceu comunicações à hora de reporte, suspeita-se de situação de *distress* devendo ser de imediato ativado o dispositivo SAR. A última posição reportada pela embarcação foi às 30 2325 Z JAN 14 quando esta se encontrava nos $39^{\circ} 45.838' N$ $026^{\circ} 04.992' W$, a praticar 5 nós com rumo $180^{\circ}T$. Por ter GMDSS, assume-se que as posições reportadas têm origem em sistema GPS. A bordo encontram-se 11 tripulantes e sabe-se que possuem equipamento de segurança, nomeadamente balsa salva vidas, coletes flutuadores e pistolas de sinais.

O vento, quer em rota, quer no local, desde a SFC (superfície) até aos FT050 (cinco mil pés), encontra-se constante a 21520KT (a soprar de 215° com uma velocidade constante de 20 nós). Será de considerar sempre o mesmo vento nos cálculos de deriva a efetuar.

Considera-se que a ativação do meio aéreo seja feita à mesma hora que a hora de ativação do RCC Lajes, devendo ser usados os tempos de prontidão devidamente tabelados.”

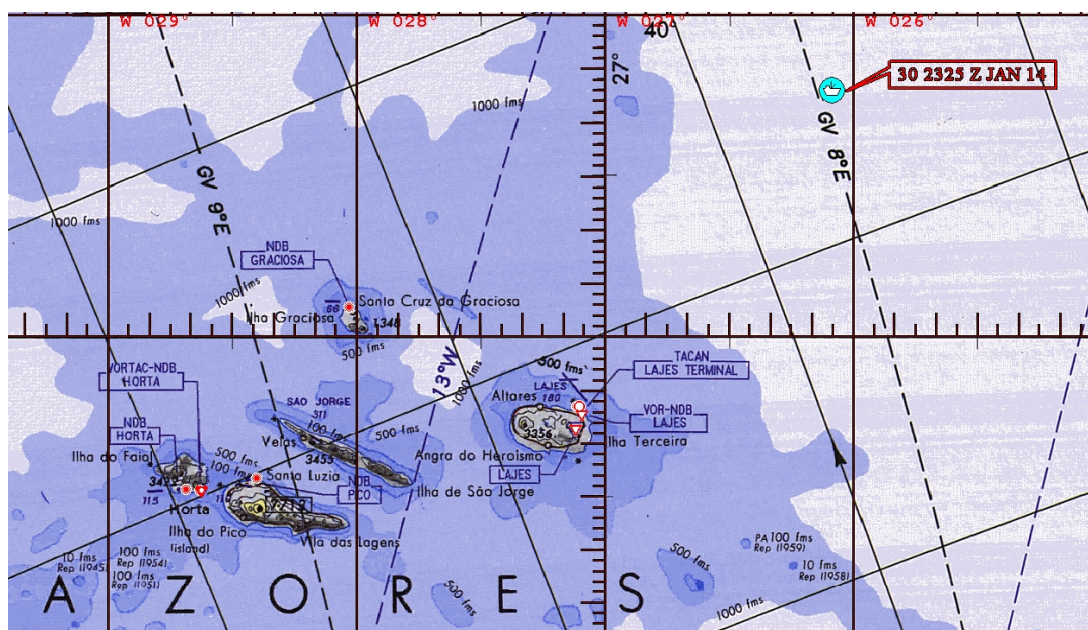
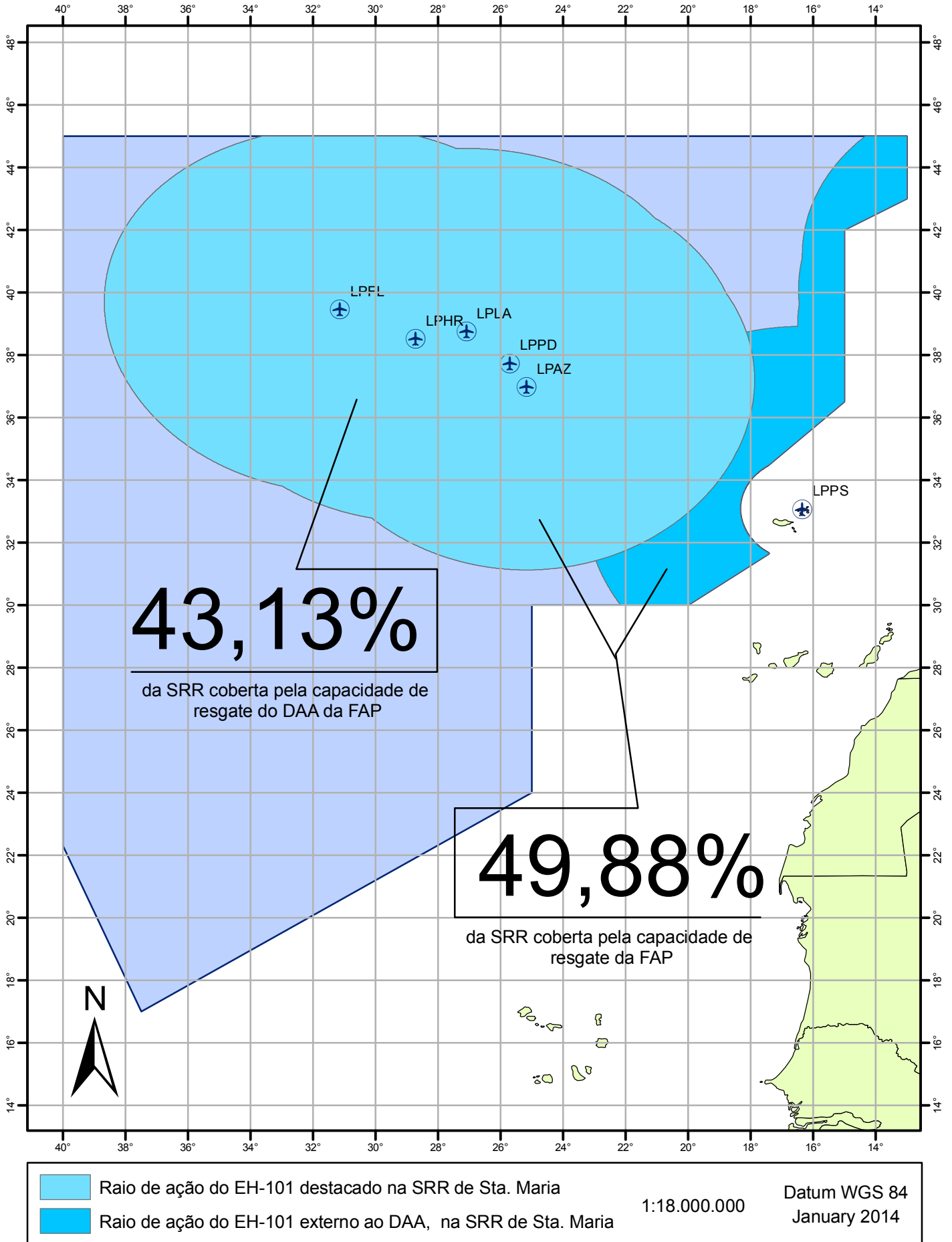


Figura D-1 - Carta de situação

ANEXO E

Área de resgate via aérea

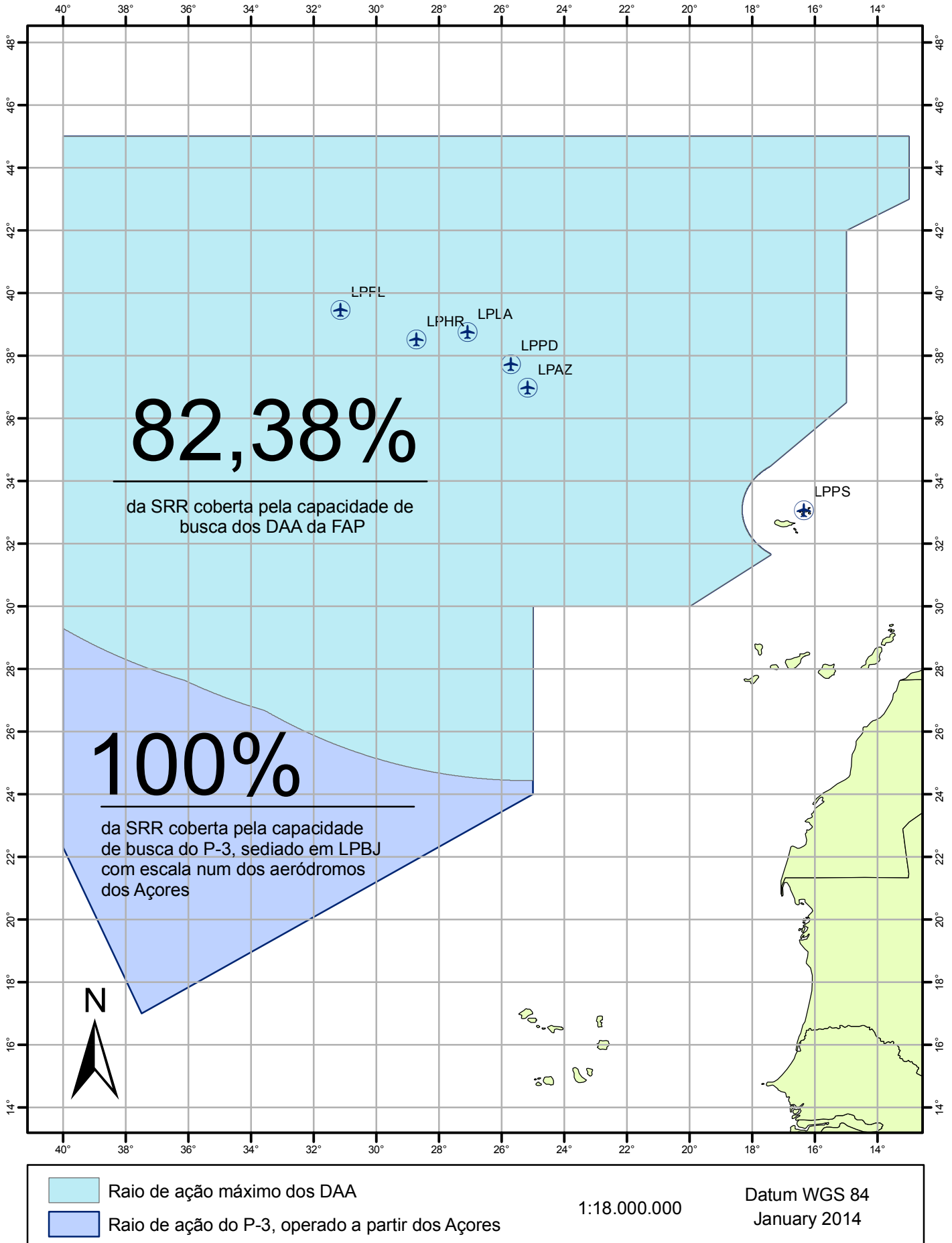
Área de resgate via aérea - ANEXO E



ANEXO F

Área de busca via aérea

Área de busca via aérea - ANEXO F

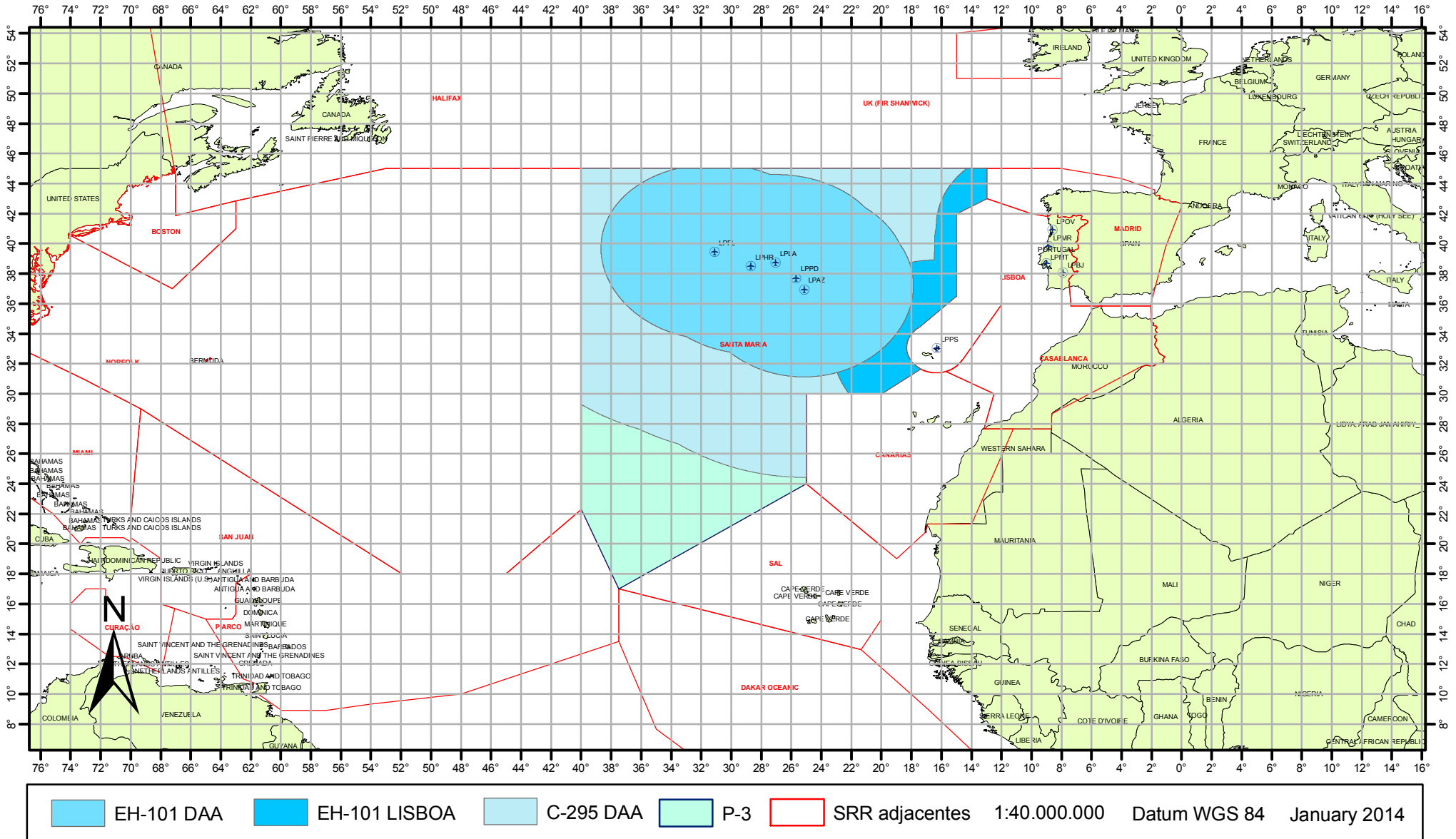


ANEXO G

Ambiente de trabalho do SAR-PT

ANEXO G - Ambiente de trabalho do SAR-PT

Autor: Deodato J. Ramalhas Ferreira



ANEXO H

Fichas para cálculo de deriva marítima
(*IAMSAR Appendix K - Determining Datum*)

Datum Worksheet For Computing Drift in the Marine Environment

Case Title: _____ Case Number: _____ Date: _____
 Planner's Name: _____ Datum Number: _____ Search Plan: A B C _____
 Search Object _____

A Starting Position for this Drift Interval

- | | | | | |
|---|----------------------------------|--|------------------|-----------|
| 1 | Type of Position
(Circle one) | Last Known Position
Estimated Incident Position
Previous Datum | LKP
EIP
PD | |
| 2 | Position Date/Time | _____ | Z | _____ |
| 3 | Latitude, Longitude of Position | _____ | N/S | _____ W/E |

B Datum Time

- | | | | | |
|---|---------------------------|-------|---|-------------|
| 1 | Commence Search Date/Time | _____ | Z | _____ |
| 2 | Drift Interval | _____ | | _____ hours |

C Average Surface Wind (ASW)
(Attach **Average Surface Wind (ASW) Worksheet**)

- | | | | | |
|---|---|-------|----|-----------|
| 1 | Average Surface Wind (ASW) | _____ | °T | _____ kts |
| 2 | Probable Error of Drift Velocity due to
Probable Error of Average Surface Wind (ASWDV _e) | _____ | | _____ kts |

D Total Water Current (TWC)
(Attach **Total Water Current (TWC) Worksheet**)

- | | | | | |
|---|--|-------|----|-----------|
| 1 | Total Water Current (TWC) | _____ | °T | _____ kts |
| 2 | Probable Total Water Current Error (TWC _e) | _____ | | _____ kts |

E Leeway (LW)
(Attach **Leeway (LW) Worksheet**)

- | | | | | |
|---|--|-------|----|-----------|
| 1 | Left of downwind | _____ | °T | _____ kts |
| 2 | Right of downwind | _____ | °T | _____ kts |
| 3 | Probable Leeway Error (LW _e) | _____ | | _____ kts |

F Total Surface Drift

Use a Manoeuvring Board or Calculator to add Total Water Current and Leeway vectors. (See **Figure K-1a**)

- | | | | | |
|---|--|--------------------|-----|---------------------|
| | | (left of downwind) | | (right of downwind) |
| 1 | Drift Directions | _____ | °T | _____ °T |
| 2 | Drift Speeds | _____ | kts | _____ kts |
| 3 | Drift Distances (line F.2 × line B.2) | _____ | NM | _____ NM |
| 4 | Total Probable Drift Velocity Error (DV _e)
($DV_e = \sqrt{ASWDV_e^2 + TWC_e^2 + LW_e^2}$) | _____ | | _____ kts |

G Datum Positions and Divergence Distance

Using a Chart, Universal Plotting Sheet or Calculator, determine the datum positions and divergence distance (*DD*) (See **Figure K-1b**)

- | | | | | | |
|---|---|-------|-----|-------|-----|
| 1 | Latitude, Longitude (left of downwind) | _____ | N/S | _____ | W/E |
| 2 | Latitude, Longitude (right of downwind) | _____ | N/S | _____ | W/E |
| 3 | Divergence Distance (<i>DD</i>) | | | _____ | NM |

H Total Probable Error of Position (*E*) and Separation Ratio (*SR*)
(Attach **Total Probable Error of Position (*E*) Worksheet**)

- | | | | | | |
|---|--|--|-------|-----------------|--|
| 1 | Total Probable Error of Position Squared (E^2) | | _____ | NM ² | |
| 2 | Total Probable Error of Position (<i>E</i>) | | _____ | NM | |
| 3 | Separation Ratio ($SR = DD/E$) | | _____ | | |
| 4 | Go to the Total Available Search Effort Worksheet . | | | | |

Average Surface Wind (ASW) Worksheet

Case Title: _____ Case Number: _____ Date: _____

Planner's Name: _____ Datum Number: _____ Search Plan: A B C ____

A Average Surface Wind

1 Surface Wind Data

Time of Observation	Time Interval	Number of Hours (A)	Wind Direction (B)	Wind Speed (C)	Wind Contribution (A × C)
_____	____-____	_____	_____°T	_____kts	_____NM
_____	____-____	_____	_____°T	_____kts	_____NM
_____	____-____	_____	_____°T	_____kts	_____NM
_____	____-____	_____	_____°T	_____kts	_____NM
_____	____-____	_____	_____°T	_____kts	_____NM
_____	____-____	_____	_____°T	_____kts	_____NM
_____	____-____	_____	_____°T	_____kts	_____NM
_____	____-____	_____	_____°T	_____kts	_____NM
Total Hours		_____ (D)	Vector Sum of Contributions	_____°T (E)	_____NM (F)

2 Average Surface Wind (ASW) [(E)°T (F/D) kts] _____°T _____kts

B Probable Error

1 Probable Error of the Average Surface Wind (ASW_e) _____kts

2 Probable Error of Drift Velocity due to Probable Error of the Average Surface Wind (ASWDV_e) _____kts

Go to **Part C** on the **Datum Worksheet**.

Total Water Current (TWC) Worksheet

Case Title: _____ Case Number: _____ Date: _____
 Planner's Name: _____ Datum Number: _____ Search Plan: A B C _____

A Observed Total Water Current (TWC)

- 1 Source (datum marker buoy (DMB), debris, oil) _____
- 2 Observed Set/Drift _____ °T _____ kts
- 3 Probable Error of Observation (TWC_e) _____ kts
- 4 Go to **Part D** on the **Datum Worksheet**.

B Computed Total Water Current

- 1 Tidal Current (TC)
 - a Source (tidal current tables, local knowledge) _____
 - b Tidal Current (TC) Set/Drift _____ °T _____ kts
(Attach any tidal current computations)
 - c Probable Error of Tidal Current (TC_e) _____ kts
- 2 Sea Current (SC)
 - a Source (Atlas, Pilot Chart, etc.) _____
 - b Sea Current (SC) Set/Drift _____ °T _____ kts
 - c Probable Error of Sea Current (SC_e) _____ kts
- 3 Wind Current (WC)
(Attach **Wind Current Worksheet**)
 - a Wind Current (WC) Set/Drift _____ °T _____ kts
 - c Probable Error of Wind Current (WC_e) _____ kts
- 4 Other Water Current (OWC)
 - a Source (local knowledge, previous incidents, etc.) _____
 - b Other Water Current (OWC) Set/Drift _____ °T _____ kts
 - c Probable Error of Other Water Current (OWC_e) _____ kts
- 5 Computed Total Water Current (TWC) Set/Drift _____ °T _____ kts
- 6 Computed Probable Total Water Current Error (TWC_e) _____ kts
($TWC_e = \sqrt{TC_e^2 + SC_e^2 + WC_e^2 + OWC_e^2}$)
- 7 Go to **Part D** on the **Datum Worksheet**.

Wind Current (WC) Worksheet

Case Title: _____ Case Number: _____ Date: _____
 Planner's Name: _____ Datum Number: _____ Search Plan: A B C _____

Wind Current (WC)

- 1 Average Surface Wind (ASW) _____ °T _____ kts
 (From **Datum Worksheet, line C.1**)
- 2 Downwind Direction (ASW direction $\pm 180^\circ$) _____ °T
- 3 Wind Current Drift _____ kts
 (from **Figure N-1**)
- 4 Divergence of Wind Current \pm _____ °
 (from **Figure N-1**)
- 5 Wind Current Set _____ °T
 (Downwind Direction \pm Divergence of Wind Current)
 (Add Divergence in northern hemisphere, subtract in southern hemisphere)
- 6 Wind Current (WC) Set/Drift _____ °T _____ kts
- 7 Probable Error of Wind Current (WC_e) _____ kts
- 8 Go to **line B.3** on the **Total Water Current (TWC) Worksheet**.

Leeway (LW) Worksheet

Case Title: _____ Case Number: _____ Date: _____

Planner's Name: _____ Datum Number: _____ Search Plan: A B C ____

Search Object: _____

- | | | | |
|---|---|---------------|-----------|
| 1 | Average Surface Wind (ASW)
(from Datum Worksheet, line C.1) | _____ °T | _____ kts |
| 2 | Downwind Direction (ASW direction \pm 180°) | _____ °T | |
| 3 | Leeway Speed
(from Figure N-2 or N-3) | _____ kts | |
| 4 | Leeway Divergence Angle
(from Figure N-2 or N-3) | \pm _____ ° | |
| 5 | Leeway Directions | | |
| a | Left of downwind (line 2 - line 4) | _____ °T | |
| b | Right of downwind (line 2 + line 4) | _____ °T | |
| 6 | Leeway (LW) | | |
| a | Left of downwind | _____ °T | _____ kts |
| b | Right of downwind | _____ °T | _____ kts |
| 7 | Probable Leeway Error (LW _e)
(from Figure N-2 or N-3) | _____ kts | |
| 8 | Go to Part E on the Datum Worksheet . | | |

Total Probable Error of Position (E) Worksheet For Land and Marine Environments

Case Title: _____ Case Number: _____ Date: _____

Planner's Name: _____ Datum Number: _____ Search Plan: A B C ____

A Probable Distress Incident/Initial Position Error (X)(Go to **line 1** to compute probable error of the distress incident position. Go to **line 6** if the starting position for this drift interval is a previous datum.)

- | | | | |
|---|---|-------|----|
| 1 | Navigational Fix Error
(from Table N-1 or N-2) | _____ | NM |
| 2 | Dead Reckoning (DR) Error Rate
(from Table N-3) | _____ | % |
| 3 | DR Distance Since Last Fix | _____ | NM |
| 4 | DR Navigational Error
(line A.2 × line A.3) | _____ | NM |
| 5 | Glide Distance (if aircraft/parachute descent heading is unknown) | _____ | NM |
| 6 | Probable Initial Position Error (X)
(X = line A.1 + line A.4 + line A.5) or
(X = Total Probable Error of Position from line H.2 of previous Datum Worksheet) | _____ | NM |

B Total Probable Drift Error (D_e)

- | | | | |
|---|---|-------|-------|
| 1 | Drift Interval
(from line B.2 of the Datum Worksheet) | _____ | hours |
| 2 | Probable Drift Velocity Error (DV_e)
(from line F.4 of the Datum Worksheet) | _____ | kts |
| 3 | Total Probable Drift Error (D_e)
(D_e = line B.1 × line B.2) | _____ | NM |

C Probable Search Facility Position Error (Y)

- | | | | |
|---|---|-------|----|
| 1 | Navigational Fix Error
(from Table N-1 or N-2) | _____ | NM |
| 2 | Dead Reckoning (DR) Error Rate
(from Table N-3) | _____ | % |
| 3 | DR Distance Since Last Fix | _____ | NM |
| 4 | DR Navigational Error
(line C.2 × line C.3) | _____ | NM |
| 5 | Probable Search Facility Position Error (Y)
(Y = line C.1 + line C.4) | _____ | NM |

D	Total Probable Error of Position (E)		
1	Sum of Squared Errors ($E^2 = X^2 + D_e^2 + Y^2$)	_____	NM ²
2	Total Probable Error of Position ($E = \sqrt{X^2 + D_e^2 + Y^2}$)	_____	NM

ANEXO I

Tabelas e gráficos de apoio ao planeamento
(IAMSAR Appendix N - Tables and graphs)

Local Wind Current Graph and Table

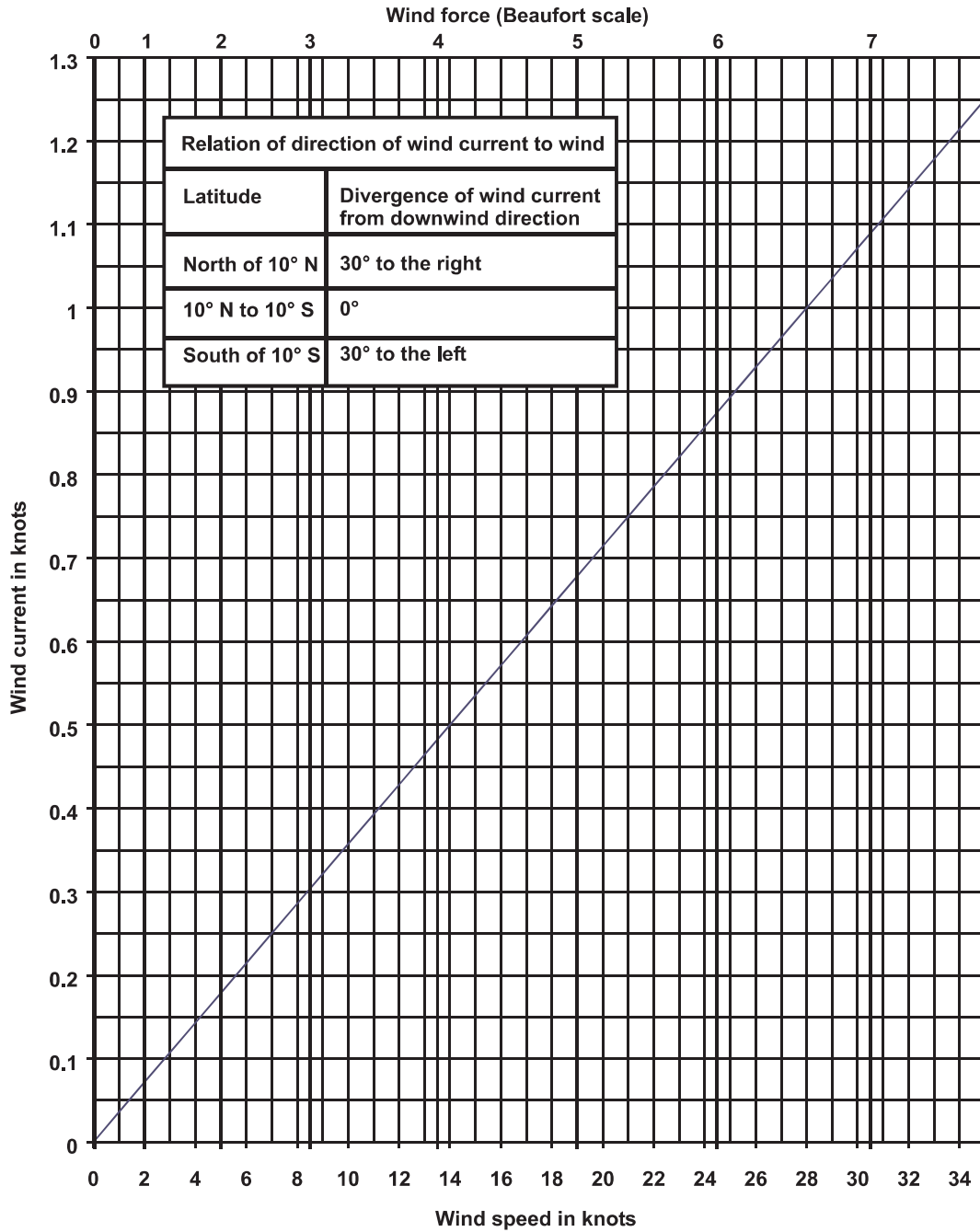
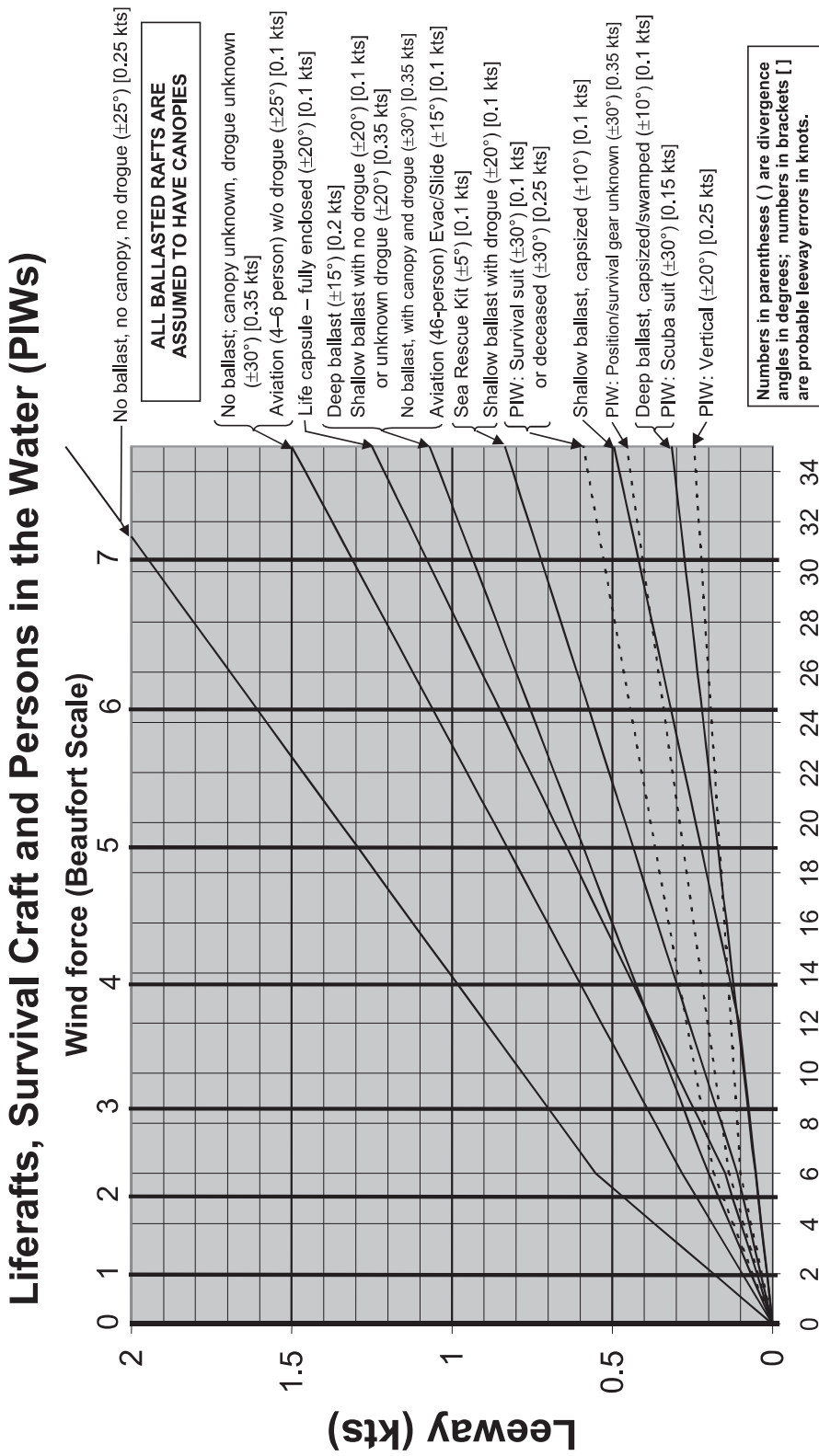


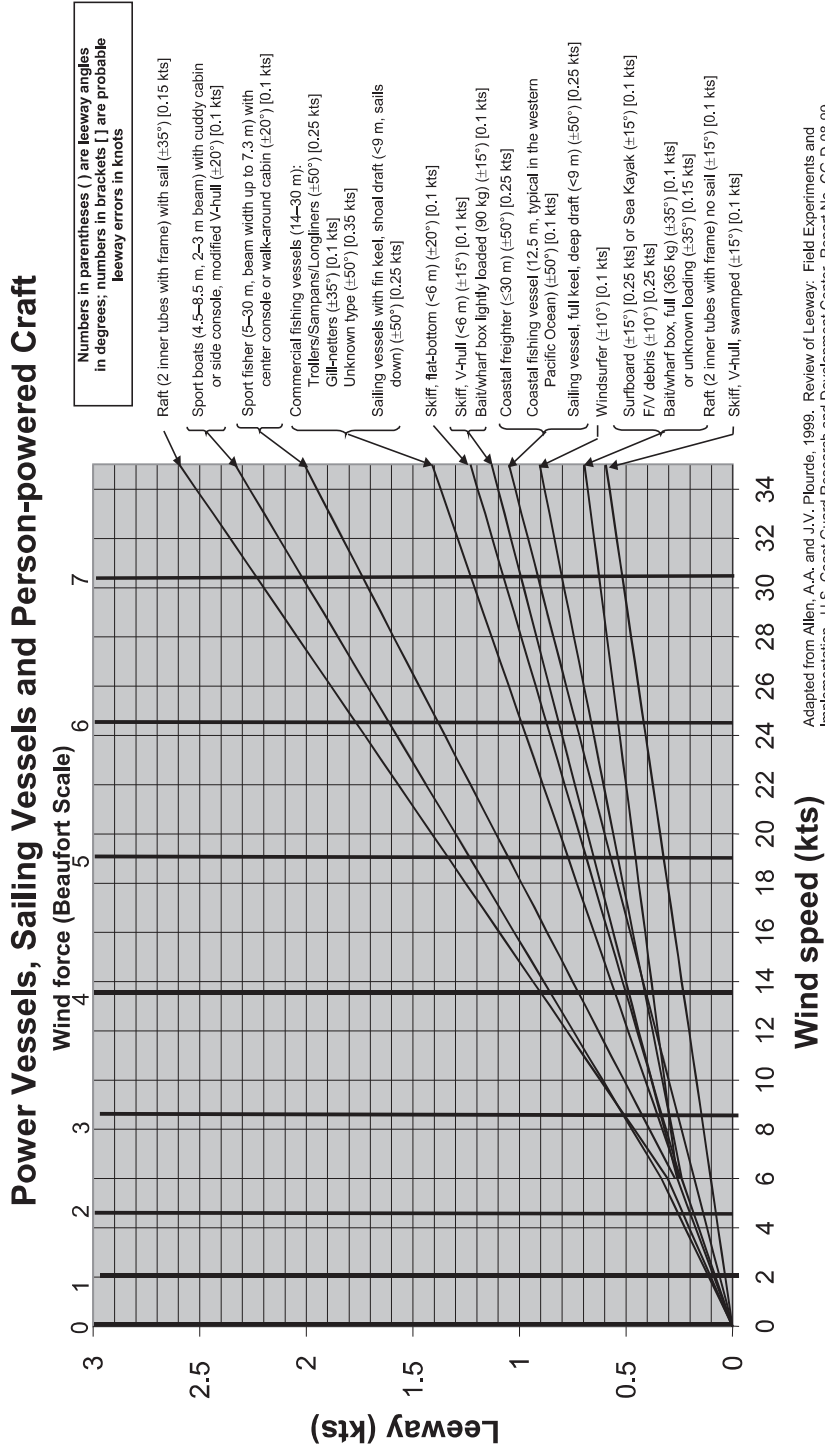
Figure N-1



Adapted from Allen, A.A. and J.V. Plourde, 1999. Review of Leeway: Field Experiments and Implementation. U.S. Coast Guard Research and Development Center. Report No. CG-D-08-99. Available from NTIS, Springfield, VA 22161. Consult reference for original equations.

Wind speed (kts)

Figure N-2 – Leeway of liferafts, survival craft and persons in the water (PIWs)



Adapted from Allen, A.A. and J.V. Plourde, 1999, Review of Leeway: Field Experiments and Implementation, U.S. Coast Guard Research and Development Center, Report No. CG-D-08-99. Available from NTIS, Springfield, VA, 22161. Consult reference for original equations.

Figure N-3 – Leeway rates for various craft

Probable Errors of Position

Initial Position Error (X) and Search Craft Position Error (Y) are the estimated errors of position based on navigational accuracy of the distressed craft and of the search facilities.

If information on the means of navigation used by the distressed craft or by a search facility is available, the navigational fix errors (Fix_e) listed in Table N-1 may be used for positions reported as navigation fixes (X=Fix_e or Y=Fix_e).

Means of navigation	Fix errors (NM)
GPS	0.1 NM
Radar	1 NM
Visual fix (3 lines)*	1 NM
Celestial fix (3 lines)*	2 NM
Marine radio beacon	4 NM (3-beacon fix)
LORAN C	1 NM
INS	0.5 NM per flight hour without position update
VOR	± 3° arc <u>and</u> 3% of distance or 0.5 NM radius, whichever is greater
TACAN	± 3° arc <u>and</u> 3% of distance or 0.5 NM radius, whichever is greater

* Should be evaluated upward according to circumstances.

Table N-1 – Navigational fix errors

If the means of navigation used by the distressed craft or by a search facility is unknown, then Fix_e is equal to:

Type of craft	Fix _e
Ships, military submarines, and aircraft with more than two engines	5 NM
Twin-engine aircraft	10 NM
Boats, submersibles, and single-engine aircraft	15 NM

Table N-2 – Fix errors by craft type

When the initially reported position of the distressed craft is based on dead reckoning (DR) or the search facility must use DR navigation, an additional error is assumed for the distance travelled since the last fix. The position error is the sum of the fix error (Fix_e) plus the DR error (DR_e). Table N-3 gives DR_e for various craft.

Type of craft	DR _e
Ship	5% of the DR distance
Submarine (military)	5% of the DR distance
Aircraft (more than two engines)	5% of the DR distance
Aircraft (twin-engine)	10% of the DR distance
Aircraft (single-engine)	15% of the DR distance
Submersible	15% of the DR distance
Boat	15% of the DR distance

Table N-3 – Dead reckoning errors

Sweep Width Tables

Search object	Meteorological visibility (km (NM))				
	6 (3)	9 (5)	19 (10)	28 (15)	37 (20)
Person in water	0.7 (0.4)	0.9 (0.5)	1.1 (0.6)	1.3 (0.7)	1.3 (0.7)
4-person liferaft	4.2 (2.3)	5.9 (3.2)	7.8 (4.2)	9.1 (4.9)	10.2 (5.5)
6-person liferaft	4.6 (2.5)	6.7 (3.6)	9.3 (5.0)	11.5 (6.2)	12.8 (6.9)
15-person liferaft	4.8 (2.6)	7.4 (4.0)	9.4 (5.1)	11.9 (6.4)	13.5 (7.3)
25-person liferaft	5.0 (2.7)	7.8 (4.2)	9.6 (5.2)	12.0 (6.5)	13.9 (7.5)
Boat <5 m (17 ft)	2.0 (1.1)	2.6 (1.4)	3.5 (1.9)	3.9 (2.1)	4.3 (2.3)
Boat 7 m (23 ft)	3.7 (2.0)	5.4 (2.9)	8.0 (4.3)	9.6 (5.2)	10.7 (5.8)
Boat 12 m (40 ft)	5.2 (2.8)	8.3 (4.5)	14.1 (7.6)	17.4 (9.4)	21.5 (11.6)
Boat 24 m (79 ft)	5.9 (3.2)	10.4 (5.6)	19.8 (10.7)	27.2 (14.7)	33.5 (18.1)

Table N-4 – Sweep widths for merchant vessels (km (NM))

Search object (metres (feet))	Altitude 150 metres (500 feet)					Altitude 300 metres (1000 feet)					Altitude 600 metres (2000 feet)							
	Visibility (km (NM))					Visibility (km (NM))					Visibility (km (NM))							
	1.9 (1)	5.6 (3)	9.3 (5)	18.5 (10)	27.8 (15)	> 37.0 (> 20)	1.9 (1)	5.6 (3)	9.3 (5)	18.5 (10)	27.8 (15)	> 37.0 (> 20)	1.9 (1)	5.6 (3)	9.3 (5)	18.5 (10)	27.8 (15)	> 37.0 (> 20)
Person in Water*	0.0 (0.0)	0.2 (0.1)	0.2 (0.1)	0.2 (0.1)	0.2 (0.1)	0.2 (0.1)	0.0 (0.0)	0.2 (0.1)	0.2 (0.1)	0.2 (0.1)	0.2 (0.1)	0.2 (0.1)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.2 (0.1)
Raft 1-person	0.7 (0.4)	1.7 (0.9)	2.2 (1.2)	3.0 (1.6)	3.3 (1.8)	3.3 (1.8)	0.7 (0.4)	1.7 (0.9)	2.2 (1.2)	3.0 (1.6)	3.3 (1.8)	3.3 (1.8)	0.4 (0.2)	1.5 (0.8)	2.2 (1.2)	3.0 (1.6)	3.3 (1.8)	3.3 (1.8)
Raft 4-person	0.9 (0.5)	2.2 (1.2)	3.0 (1.6)	4.1 (2.2)	4.8 (2.6)	5.2 (2.8)	0.9 (0.5)	2.2 (1.2)	3.1 (1.7)	4.3 (2.3)	4.8 (2.6)	5.4 (2.9)	0.6 (0.3)	2.2 (1.2)	3.1 (1.7)	4.3 (2.3)	5.0 (2.7)	5.6 (3.0)
Raft 6-person	0.9 (0.5)	2.6 (1.4)	3.5 (1.9)	5.0 (2.7)	5.9 (3.2)	6.5 (3.5)	0.9 (0.5)	2.6 (1.4)	3.7 (2.0)	5.2 (2.8)	5.9 (3.2)	6.5 (3.5)	0.6 (0.3)	2.6 (1.4)	3.7 (2.0)	5.2 (2.8)	6.1 (3.3)	6.7 (3.6)
Raft 8-person	1.1 (0.6)	2.8 (1.5)	3.7 (2.0)	5.2 (2.8)	6.1 (3.3)	6.9 (3.7)	0.9 (0.5)	2.8 (1.5)	3.9 (2.1)	5.4 (2.9)	6.3 (3.4)	7.0 (3.8)	0.6 (0.3)	2.8 (1.5)	3.9 (2.1)	5.6 (3.0)	6.7 (3.6)	7.2 (3.9)
Raft 10-person	1.1 (0.6)	3.0 (1.6)	4.1 (2.2)	5.7 (3.1)	6.7 (3.6)	7.4 (4.0)	0.9 (0.5)	3.0 (1.6)	4.1 (2.2)	5.9 (3.2)	6.9 (3.7)	7.6 (4.1)	0.6 (0.3)	3.0 (1.6)	4.3 (2.3)	6.1 (3.3)	7.2 (3.9)	7.8 (4.2)
Raft 15-person	1.1 (0.6)	3.1 (1.7)	4.3 (2.3)	6.1 (3.3)	7.4 (4.0)	8.1 (4.4)	1.1 (0.6)	3.1 (1.7)	4.4 (2.4)	6.5 (3.5)	7.6 (4.1)	8.3 (4.5)	0.6 (0.3)	3.1 (1.7)	4.6 (2.5)	6.7 (3.6)	8.0 (4.3)	8.7 (4.7)
Raft 20-person	1.1 (0.6)	3.3 (1.8)	4.8 (2.6)	7.0 (3.8)	8.5 (4.6)	9.4 (5.1)	1.1 (0.6)	3.3 (1.8)	5.0 (2.7)	7.2 (3.9)	8.7 (4.7)	9.6 (5.2)	0.7 (0.4)	3.3 (1.8)	5.0 (2.7)	7.4 (4.0)	9.1 (4.9)	10.0 (5.4)
Raft 25-person	1.1 (0.6)	3.5 (1.9)	5.0 (2.7)	7.6 (4.1)	9.3 (5.0)	10.4 (5.6)	1.1 (0.6)	3.5 (1.9)	5.2 (2.8)	7.8 (4.2)	9.4 (5.1)	10.6 (5.7)	0.7 (0.4)	3.5 (1.9)	5.4 (2.9)	8.0 (4.3)	9.8 (5.3)	10.9 (5.9)
Power boat < 5 (15)	0.9 (0.5)	2.2 (1.2)	2.8 (1.5)	3.5 (1.9)	4.1 (2.2)	4.3 (2.3)	0.9 (0.5)	2.2 (1.2)	3.0 (1.6)	3.9 (2.1)	4.3 (2.3)	4.6 (2.5)	0.6 (0.3)	2.4 (1.3)	3.1 (1.7)	4.3 (2.3)	4.8 (2.6)	5.0 (2.7)
Power boat 6 (20)	1.3 (0.7)	3.7 (2.0)	5.4 (2.9)	8.0 (4.3)	9.6 (5.2)	10.7 (5.8)	1.3 (0.7)	3.7 (2.1)	5.6 (3.0)	8.1 (4.4)	9.8 (5.3)	10.9 (5.9)	0.7 (0.4)	3.9 (2.1)	5.6 (3.0)	8.3 (4.5)	10.2 (5.5)	11.3 (6.1)
Power boat 10 (33)	1.5 (0.8)	4.6 (2.5)	7.2 (3.9)	11.5 (6.2)	14.4 (7.8)	16.7 (9.0)	1.3 (0.7)	4.8 (2.6)	7.2 (3.9)	11.7 (6.3)	14.6 (7.9)	16.9 (9.1)	0.9 (0.5)	4.8 (2.6)	7.4 (4.0)	11.9 (6.4)	14.8 (8.0)	17.2 (9.3)
Power boat 16 (53)	1.5 (0.8)	5.7 (3.1)	9.4 (5.1)	17.0 (9.2)	22.8 (12.3)	27.2 (14.7)	1.3 (0.7)	5.7 (3.1)	9.6 (5.2)	17.0 (9.2)	22.8 (12.3)	27.4 (14.8)	0.9 (0.5)	5.6 (3.0)	9.6 (5.2)	17.2 (9.3)	23.0 (12.4)	27.6 (14.9)
Power boat 24 (78)	1.5 (0.8)	6.1 (3.3)	10.6 (5.7)	20.0 (10.8)	27.8 (15.0)	34.1 (18.4)	1.5 (0.8)	6.1 (3.3)	10.6 (5.7)	20.2 (10.9)	27.8 (15.0)	34.3 (18.5)	0.9 (0.5)	5.9 (3.2)	10.6 (5.7)	20.2 (10.9)	28.0 (15.1)	34.3 (18.5)
Sail boat 5 (15)	1.3 (0.7)	3.5 (1.9)	5.0 (2.7)	7.2 (3.9)	8.7 (4.7)	9.6 (5.2)	1.1 (0.6)	3.5 (1.9)	5.2 (2.8)	7.4 (4.0)	8.9 (4.8)	10.0 (5.4)	0.7 (0.4)	3.5 (1.9)	5.2 (2.8)	7.8 (4.2)	9.3 (5.0)	10.4 (5.6)
Sail boat 8 (26)	1.5 (0.8)	4.4 (2.4)	6.9 (3.7)	10.6 (5.7)	13.1 (7.1)	15.2 (8.2)	1.3 (0.7)	4.6 (2.5)	6.9 (3.7)	10.7 (5.8)	13.5 (7.3)	15.4 (8.3)	0.9 (0.5)	4.6 (2.5)	7.0 (3.8)	11.1 (6.0)	13.9 (7.5)	15.9 (8.6)
Sail boat 12 (39)	1.5 (0.8)	5.6 (3.0)	9.1 (4.9)	15.4 (8.3)	20.9 (11.3)	25.0 (13.5)	1.3 (0.7)	5.6 (3.0)	9.1 (4.9)	15.9 (8.6)	21.1 (11.4)	25.0 (13.5)	0.9 (0.5)	5.6 (3.0)	9.1 (4.9)	16.1 (8.7)	21.1 (11.4)	25.2 (13.6)
Sail boat 15 (49)	1.5 (0.8)	5.7 (3.1)	9.6 (5.2)	17.6 (9.5)	23.5 (12.7)	28.3 (15.3)	1.3 (0.7)	5.7 (3.1)	9.8 (5.3)	17.6 (9.5)	23.7 (12.8)	28.5 (15.4)	0.9 (0.5)	5.7 (3.1)	9.8 (5.3)	17.8 (9.6)	23.9 (12.9)	28.7 (15.5)
Sail boat 21 (69)	1.5 (0.8)	5.9 (3.2)	10.2 (5.5)	19.3 (10.4)	26.1 (14.1)	32.0 (17.3)	1.5 (0.8)	5.9 (3.2)	10.4 (5.6)	19.3 (10.4)	26.3 (14.2)	32.0 (17.3)	0.9 (0.5)	5.9 (3.2)	10.4 (5.6)	19.4 (10.5)	26.5 (14.3)	32.2 (17.4)
Sail boat 25 (83)	1.5 (0.8)	6.1 (3.3)	10.6 (5.7)	20.4 (11.0)	28.2 (15.2)	34.6 (18.7)	1.5 (0.8)	6.1 (3.3)	10.6 (5.7)	20.4 (11.0)	28.3 (15.3)	34.8 (18.8)	0.9 (0.5)	5.9 (3.2)	10.6 (5.7)	20.6 (11.1)	28.5 (15.4)	35.0 (18.9)
Ship 27-46 (90-150)	1.5 (0.8)	6.3 (3.4)	11.1 (6.0)	22.6 (12.2)	32.2 (17.4)	40.6 (21.9)	1.5 (0.8)	6.3 (3.4)	11.1 (6.0)	22.6 (12.2)	32.2 (17.4)	40.6 (21.9)	0.9 (0.5)	6.1 (3.3)	11.1 (6.0)	22.6 (12.2)	32.4 (17.5)	40.7 (22.0)
Ship 46-91 (150-300)	1.5 (0.8)	6.3 (3.4)	11.7 (6.3)	25.2 (13.6)	37.8 (20.4)	49.3 (26.6)	1.5 (0.8)	6.3 (3.4)	11.7 (6.3)	25.2 (13.6)	37.8 (20.4)	49.3 (26.6)	0.9 (0.5)	6.3 (3.4)	11.7 (6.3)	25.2 (13.6)	37.8 (20.4)	49.3 (26.6)
Ship > 91 (300)	1.5 (0.8)	6.5 (3.5)	11.9 (6.4)	26.5 (14.3)	40.9 (22.1)	55.2 (29.8)	1.5 (0.8)	6.5 (3.5)	11.9 (6.4)	26.5 (14.3)	41.1 (22.2)	55.2 (29.8)	1.1 (0.6)	6.3 (3.4)	11.9 (6.4)	26.5 (14.3)	41.1 (22.2)	55.2 (29.8)

* For search altitudes of 150 metres (500 feet) only, the sweep width values for a person in water may be multiplied by 4, if it is known that the person is wearing a personal flotation device.

Table N-5 – Sweep widths for helicopters (km (NM))

Search object (metres (feet))	Altitude 150 metres (500 feet)					Altitude 300 metres (1000 feet)					Altitude 600 metres (2000 feet)							
	1.9 (1)	5.6 (3)	9.3 (5)	18.5 (10)	27.8 (15)	> 37.0 (> 20)	1.9 (1)	5.6 (3)	9.3 (5)	18.5 (10)	27.8 (15)	> 37.0 (> 20)	1.9 (1)	5.6 (3)	9.3 (5)	18.5 (10)	27.8 (15)	> 37.0 (> 20)
Person in Water*	0.0 (0.0)	0.2 (0.1)	0.2 (0.1)	0.2 (0.1)	0.2 (0.1)	0.2 (0.1)	0.0 (0.0)	0.2 (0.1)	0.2 (0.1)	0.2 (0.1)	0.2 (0.1)	0.2 (0.1)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
Raft 1-person	0.6 (0.3)	1.3 (0.7)	1.7 (0.9)	2.2 (1.2)	2.6 (1.4)	2.6 (1.4)	0.6 (0.3)	1.3 (0.7)	1.7 (0.9)	2.2 (1.2)	2.6 (1.4)	2.6 (1.4)	0.2 (0.1)	1.1 (0.6)	1.7 (0.9)	2.2 (1.2)	2.6 (1.4)	2.6 (1.4)
Raft 4-person	0.7 (0.4)	1.9 (1.0)	2.4 (1.3)	3.3 (1.8)	3.7 (2.0)	4.1 (2.2)	0.6 (0.3)	1.9 (1.0)	2.4 (1.3)	3.3 (1.8)	3.9 (2.1)	4.3 (2.3)	0.4 (0.2)	1.7 (0.9)	2.4 (1.3)	3.5 (1.9)	4.1 (2.2)	4.3 (2.3)
Raft 6-person	0.7 (0.4)	2.0 (1.1)	2.8 (1.5)	4.1 (2.2)	4.6 (2.5)	5.2 (2.8)	0.7 (0.4)	2.0 (1.1)	3.0 (1.6)	4.1 (2.2)	4.8 (2.6)	5.2 (2.8)	0.4 (0.2)	2.0 (1.1)	3.0 (1.6)	4.3 (2.3)	5.0 (2.7)	5.4 (2.9)
Raft 8-person	0.7 (0.4)	2.2 (1.2)	3.0 (1.6)	4.3 (2.3)	5.0 (2.7)	5.4 (2.9)	0.7 (0.4)	2.2 (1.2)	3.1 (1.7)	4.4 (2.4)	5.2 (2.8)	5.6 (3.0)	0.4 (0.2)	2.2 (1.2)	3.1 (1.7)	4.6 (2.5)	5.4 (2.9)	5.9 (3.2)
Raft 10-person	0.7 (0.4)	2.2 (1.2)	3.1 (1.7)	4.6 (2.5)	5.4 (2.9)	5.9 (3.2)	0.7 (0.4)	2.4 (1.3)	3.3 (1.8)	4.8 (2.6)	5.6 (3.0)	6.1 (3.3)	0.4 (0.2)	2.2 (1.2)	3.3 (1.8)	5.0 (2.7)	5.7 (3.1)	6.5 (3.5)
Raft 15-person	0.9 (0.5)	2.4 (1.3)	3.5 (1.9)	5.0 (2.7)	6.1 (3.3)	6.7 (3.6)	0.7 (0.4)	2.6 (1.4)	3.7 (2.0)	5.2 (2.8)	6.3 (3.4)	6.9 (3.7)	0.4 (0.2)	2.6 (1.4)	3.7 (2.0)	5.6 (3.0)	6.5 (3.5)	7.2 (3.9)
Raft 20-person	0.9 (0.5)	2.8 (1.5)	3.9 (2.1)	5.9 (3.2)	7.0 (3.8)	7.8 (4.2)	0.7 (0.4)	2.8 (1.5)	4.1 (2.2)	5.9 (3.2)	7.2 (3.9)	8.0 (4.3)	0.7 (0.4)	2.8 (1.5)	4.1 (2.2)	6.3 (3.4)	7.4 (4.0)	8.3 (4.5)
Raft 25-person	0.9 (0.5)	3.0 (1.6)	4.3 (2.3)	6.3 (3.4)	7.6 (4.1)	8.5 (4.6)	0.7 (0.4)	3.0 (1.6)	4.3 (2.3)	6.5 (3.5)	7.8 (4.2)	8.7 (4.7)	0.6 (0.3)	3.0 (1.6)	4.4 (2.4)	6.7 (3.6)	8.1 (4.4)	9.1 (4.9)
Power boat < 5 (15)	0.7 (0.4)	1.7 (0.9)	2.2 (1.2)	2.8 (1.5)	3.1 (1.7)	3.3 (1.8)	0.7 (0.4)	1.9 (1.0)	2.4 (1.3)	3.1 (1.7)	3.3 (1.8)	3.7 (2.0)	0.4 (0.2)	1.9 (1.0)	2.4 (1.3)	3.3 (1.8)	3.7 (2.0)	4.1 (2.2)
Power boat 6 (20)	0.9 (0.5)	3.1 (1.7)	4.4 (2.4)	6.7 (3.6)	8.0 (4.3)	8.9 (4.8)	0.9 (0.5)	3.1 (1.7)	4.6 (2.5)	6.9 (3.7)	8.1 (4.4)	9.3 (5.0)	0.6 (0.3)	3.1 (1.7)	4.6 (2.5)	7.0 (3.8)	8.5 (4.6)	9.4 (5.1)
Power boat 10 (33)	1.1 (0.6)	3.9 (2.1)	6.1 (3.3)	9.8 (5.3)	12.4 (6.7)	14.3 (7.7)	0.9 (0.5)	4.1 (2.2)	6.3 (3.4)	10.0 (5.4)	12.6 (6.8)	14.4 (7.8)	0.6 (0.3)	4.1 (2.2)	6.3 (3.4)	10.2 (5.5)	12.8 (6.9)	14.8 (8.0)
Power boat 16 (53)	1.1 (0.6)	5.0 (2.7)	8.3 (4.5)	15.0 (10.9)	20.2 (13.1)	24.3 (13.1)	1.1 (0.6)	5.0 (2.7)	8.3 (4.5)	15.2 (10.9)	20.2 (13.1)	24.3 (13.1)	0.7 (0.4)	4.8 (2.6)	8.3 (4.5)	15.4 (11.0)	20.4 (13.3)	24.6 (13.3)
Power boat 24 (78)	1.1 (0.6)	5.2 (2.8)	9.3 (5.0)	18.1 (13.5)	25.0 (16.7)	30.9 (16.7)	1.1 (0.6)	5.2 (2.8)	9.4 (5.1)	18.1 (13.6)	25.2 (16.7)	30.9 (16.7)	0.7 (0.4)	5.2 (2.8)	9.3 (5.0)	18.1 (13.6)	25.2 (16.8)	31.1 (16.8)
Sail boat 5 (15)	0.9 (0.5)	3.0 (1.6)	4.1 (2.2)	5.9 (3.2)	7.2 (3.9)	8.0 (4.3)	0.9 (0.5)	3.0 (1.6)	4.3 (2.3)	6.1 (3.3)	7.4 (4.0)	8.1 (4.4)	0.6 (0.3)	3.0 (1.6)	4.3 (2.3)	6.5 (3.5)	7.6 (4.1)	8.3 (4.5)
Sail boat 8 (26)	1.1 (0.6)	3.7 (2.0)	5.7 (3.1)	9.1 (4.9)	11.3 (6.1)	13.0 (7.0)	0.9 (0.5)	3.9 (2.1)	5.9 (3.2)	9.3 (5.0)	11.5 (6.2)	13.1 (7.1)	0.6 (0.3)	3.9 (2.1)	6.1 (3.3)	9.6 (5.2)	11.9 (6.4)	13.5 (7.3)
Sail boat 12 (39)	1.1 (0.6)	4.8 (2.6)	8.0 (4.3)	14.1 (10.0)	18.5 (11.9)	22.0 (11.9)	1.1 (0.6)	4.8 (2.6)	8.0 (4.3)	14.1 (10.9)	20.2 (12.0)	22.2 (12.0)	0.7 (0.4)	4.6 (2.5)	8.0 (4.3)	14.3 (10.1)	18.7 (12.1)	22.4 (12.1)
Sail boat 15 (49)	1.1 (0.6)	5.0 (2.7)	8.5 (4.6)	15.6 (11.3)	20.9 (13.7)	25.4 (13.7)	1.1 (0.6)	5.0 (2.7)	8.5 (4.6)	15.7 (11.4)	21.1 (13.7)	25.4 (13.7)	0.7 (0.4)	5.0 (2.7)	8.5 (4.6)	15.9 (11.5)	21.3 (13.9)	25.7 (13.9)
Sail boat 21 (69)	1.1 (0.6)	5.2 (2.8)	9.1 (4.9)	17.2 (12.7)	23.5 (15.5)	28.7 (15.5)	1.1 (0.6)	5.2 (2.8)	9.1 (4.9)	17.2 (12.8)	23.7 (15.6)	28.9 (15.6)	0.7 (0.4)	5.0 (2.7)	9.1 (4.9)	17.4 (12.9)	23.9 (15.7)	29.1 (15.7)
Sail boat 25 (83)	1.1 (0.6)	5.2 (2.8)	9.4 (5.1)	18.3 (13.7)	25.4 (17.0)	31.5 (17.0)	1.1 (0.6)	5.2 (2.8)	9.4 (5.1)	18.3 (13.8)	25.6 (17.0)	31.5 (17.0)	0.7 (0.4)	5.2 (2.8)	9.4 (5.1)	18.5 (13.9)	25.7 (17.1)	31.7 (17.1)
Ship 27-46 (90-150)	1.1 (0.6)	5.4 (2.9)	10.0 (5.4)	20.6 (11.1)	29.4 (15.9)	37.2 (20.1)	1.1 (0.6)	5.4 (2.9)	10.0 (5.4)	20.6 (11.1)	29.4 (15.9)	37.2 (20.1)	0.7 (0.4)	5.4 (2.9)	10.0 (5.4)	20.6 (11.1)	29.6 (16.0)	37.2 (20.1)
Ship 46-91 (150-300)	1.1 (0.6)	5.6 (3.0)	10.6 (5.7)	23.2 (12.5)	35.0 (18.9)	45.7 (24.7)	1.1 (0.6)	5.6 (3.0)	10.6 (5.7)	23.2 (12.5)	35.0 (18.9)	45.7 (24.7)	0.7 (0.4)	5.6 (3.0)	10.6 (5.7)	23.2 (12.5)	35.0 (18.9)	45.7 (24.7)
Ship > 91 (300)	1.3 (0.7)	5.6 (3.0)	10.7 (5.8)	24.4 (13.2)	38.2 (20.6)	51.7 (27.9)	1.1 (0.6)	5.6 (3.0)	10.7 (5.8)	24.4 (13.2)	38.2 (20.6)	51.7 (27.9)	0.9 (0.5)	5.6 (3.0)	10.7 (5.8)	24.4 (13.2)	38.3 (20.7)	51.7 (27.9)

* For search altitudes of 150 metres (500 feet) only, the sweep width values for a person in water may be multiplied by 4, if it is known that the person is wearing a personal flotation device.

Table N-6 – Sweep widths for fixed-wing aircraft (km (NM))

Weather: Winds km/h (kt) or seas m (ft)	Search object	
	Person in water, raft or boat <10 m (33 ft)	Other search objects
Winds 0–28 km/h (0–15 kts) or seas 0–1 m (0–3 ft)	1.0	1.0
Winds 28–46 km/h (15–25 kts) or seas 1–1.5 m (3–5 ft)	0.5	0.9
Winds > 46 km/h (>25 kts) or seas >1.5 m (>5 ft)	0.25	0.9

Table N-7 – Weather correction factors for all types of search facilities

Search object	Fixed-wing speed km/h (kts)			Helicopter speed km/h (kts)			
	≤ 275 (≤ 150)	330 (180)	385 (210)	≤ 110 (≤ 60)	165 (90)	220 (120)	255 (140)
Person in Water	1.2	1.0	0.9	1.5	1.0	0.8	0.7
Raft 1–4 person	1.1	1.0	0.9	1.3	1.0	0.9	0.8
Raft 6–25 person	1.1	1.0	0.9	1.2	1.0	0.9	0.8
Power boat < 8 m (< 25 ft)	1.1	1.0	0.9	1.2	1.0	0.9	0.8
Power boat 10 m (33 ft)	1.1	1.0	0.9	1.1	1.0	0.9	0.9
Power boat 16 m (53 ft)	1.1	1.0	1.0	1.1	1.0	0.9	0.9
Power boat 24 m (78 ft)	1.1	1.0	1.0	1.1	1.0	1.0	0.9
Sail boat < 8 m (< 25 ft)	1.1	1.0	0.9	1.2	1.0	0.9	0.9
Sail boat 12 m (39 ft)	1.1	1.0	1.0	1.1	1.0	0.9	0.9
Sail boat 25 m (83 ft)	1.1	1.0	1.0	1.1	1.0	1.0	0.9
Ship > 27 m (> 90 ft)	1.0	1.0	1.0	1.1	1.0	1.0	0.9

Table N-8 – Speed (velocity) correction factors for helicopter and fixed-wing aircraft search facilities

Search object	Height (m (ft))	Visibility (km (NM))				
		6 (3)	9 (5)	19 (10)	28 (15)	37 (20)
Person	150 (500)	0.7 (0.4)	0.7 (0.4)	0.9 (0.5)	0.9 (0.5)	0.9 (0.5)
	300 (1000)	0.7 (0.4)	0.7 (0.4)	0.9 (0.5)	0.9 (0.5)	0.9 (0.5)
	450 (1500)	–	–	–	–	–
	600 (2000)	–	–	–	–	–
Vehicle	150 (500)	1.7 (0.9)	2.4 (1.3)	2.4 (1.3)	2.4 (1.3)	2.4 (1.3)
	300 (1000)	1.9 (1.0)	2.6 (1.4)	2.6 (1.4)	2.8 (1.5)	2.8 (1.5)
	450 (1500)	1.9 (1.0)	2.6 (1.4)	3.1 (1.7)	3.1 (1.7)	3.1 (1.7)
	600 (2000)	1.9 (1.0)	2.8 (1.5)	3.7 (2.0)	3.7 (2.0)	3.7 (2.0)
Aircraft less than 5700 kg	150 (500)	1.9 (1.0)	2.6 (1.4)	2.6 (1.4)	2.6 (1.4)	2.6 (1.4)
	300 (1000)	1.9 (1.0)	2.8 (1.5)	2.8 (1.5)	3.0 (1.6)	3.0 (1.6)
	450 (1500)	1.9 (1.0)	2.8 (1.5)	3.3 (1.8)	3.3 (1.8)	3.3 (1.8)
	600 (2000)	1.9 (1.0)	3.0 (1.6)	3.7 (2.0)	3.7 (2.0)	3.7 (2.0)
Aircraft over 5700 kg	150 (500)	2.2 (1.2)	3.7 (2.0)	4.1 (2.2)	4.1 (2.2)	4.1 (2.2)
	300 (1000)	3.3 (1.8)	5.0 (2.7)	5.6 (3.0)	5.6 (3.0)	5.6 (3.0)
	450 (1500)	3.7 (2.0)	5.2 (2.8)	5.9 (3.2)	5.9 (3.2)	5.9 (3.2)
	600 (2000)	4.1 (2.2)	5.2 (2.9)	6.5 (3.5)	6.5 (3.5)	6.5 (3.5)

Table N-9 – Sweep widths for visual land search (km (NM))

Search object	15–60% vegetation or hilly	60–85% vegetation or mountainous	Over 85% vegetation
Person	0.5	0.3	0.1
Vehicle	0.7	0.4	0.1
Aircraft less than 5700 kg	0.7	0.4	0.1
Aircraft over 5700 kg	0.8	0.4	0.1

Table N-10 – Correction factors – vegetation and high terrain

Search object	Terrain	Recommended altitudes
Person, light aircraft	Moderate terrain	60–150 m (200–500 ft)
Large aircraft	Moderate terrain	120–300 m (400–1000 ft)
Person, one-person raft, light aircraft	Water or flat terrain	60–150 m (200–500 ft)
Medium-sized liferaft and aircraft	Water or flat terrain	300–900 m (1000–3000 ft)
Pyrotechnical signal at night	Night	450–900 m (1500–3000 ft)
Medium-sized aircraft	Mountainous terrain	150–300 m (500–1000 ft)

Table N-11 – Recommended altitudes according to nature of search object and terrain

Distance to Horizon

The distance to the horizon is equal to a constant multiplied by the square root of the altitude, as shown in these two formulas:

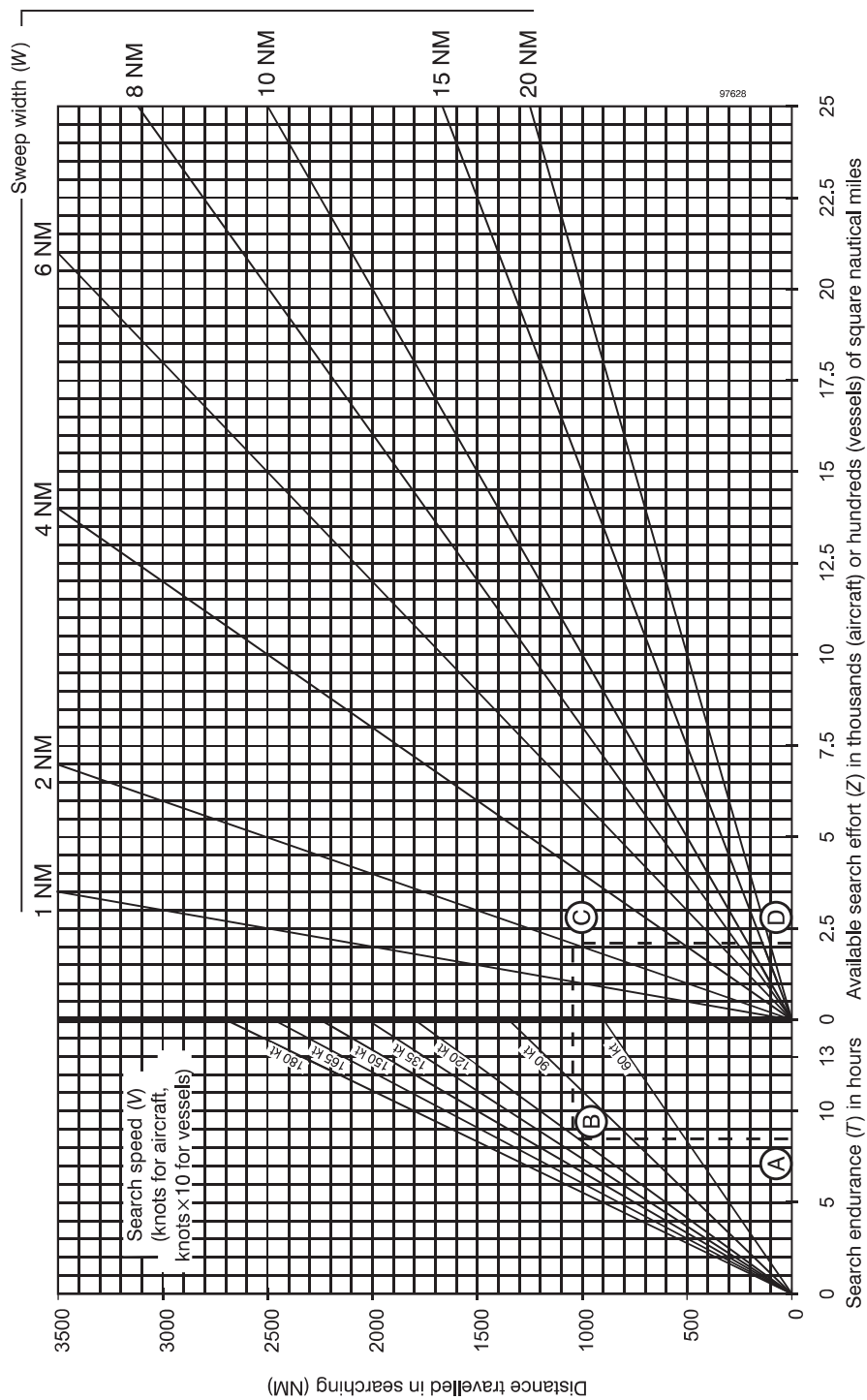
$$H_{NM} = 1.17 \times \sqrt{\text{Altitude}_{\text{feet}}}$$

$$H_{km} = 3.83 \times \sqrt{\text{Altitude}_{\text{metres}}}$$

Altitude in feet	Distance in nautical miles	Altitude in metres	Distance in kilometres
500	26	150	47
1000	37	300	66
2000	52	600	94
3000	64	900	115
4000	74	1200	133
5000	83	1500	148
10 000	117	3000	210
15 000	143	4550	257
20 000	165	6100	297
25 000	185	7600	332
30 000	203	9150	363
35 000	219	10 650	392
40 000	234	12 200	420

Table N-12 – Horizon range table

Available Search Effort Graph



To determine the available search effort, enter graph at A, search endurance; proceed vertically to search speed at B; horizontally to C, the sweep width; then downwards to find area, D, (8.5 Hours x 120 kts x 2 NM = 2040 NM² or 8.5 hours x 12 kts x 2 NM = 204 NMF²). Reverse the procedure to determine the search endurance required to provide a given amount of search effort.

Figure N-4

Optimal Search Factor Graphs for Point Datums

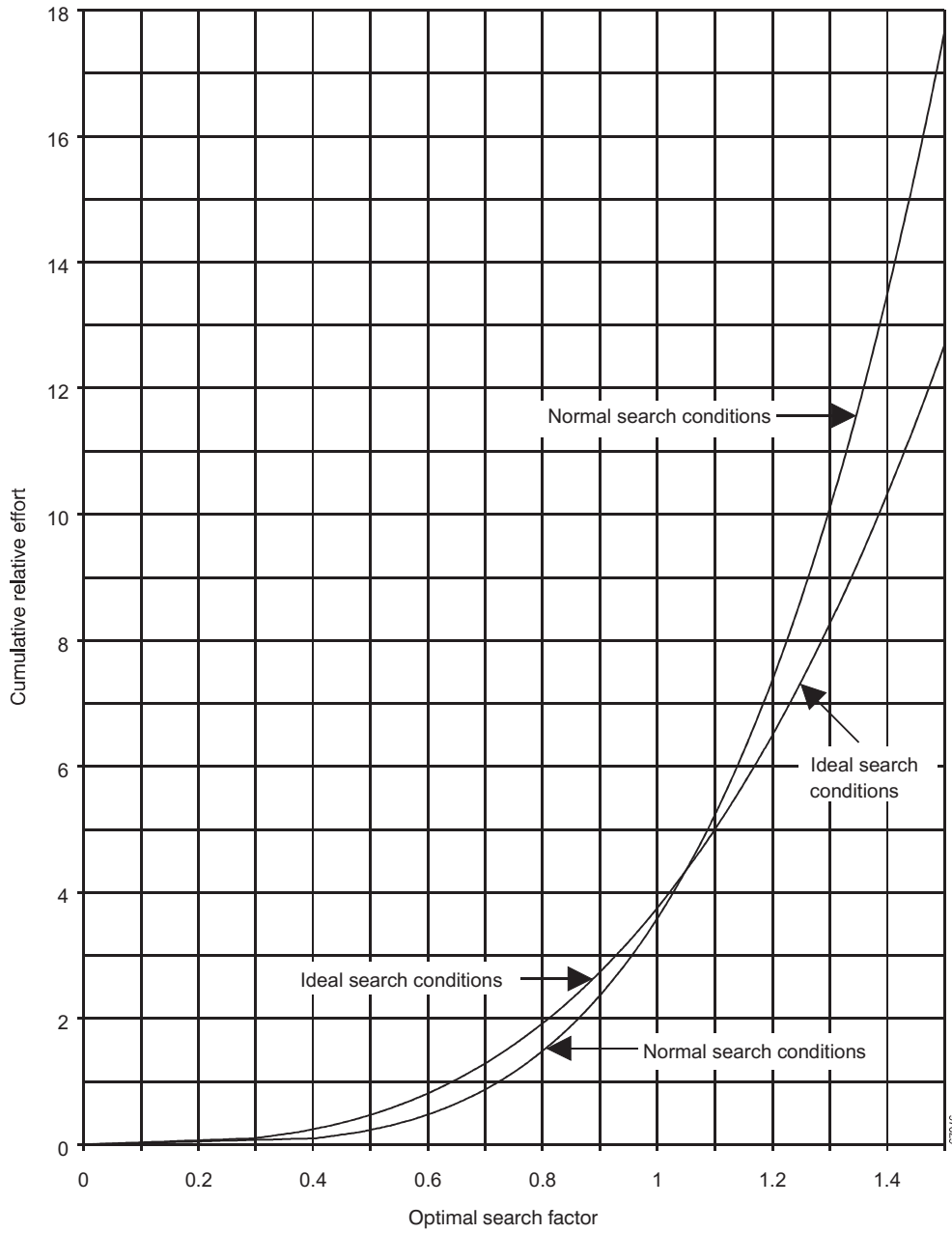


Figure N-5

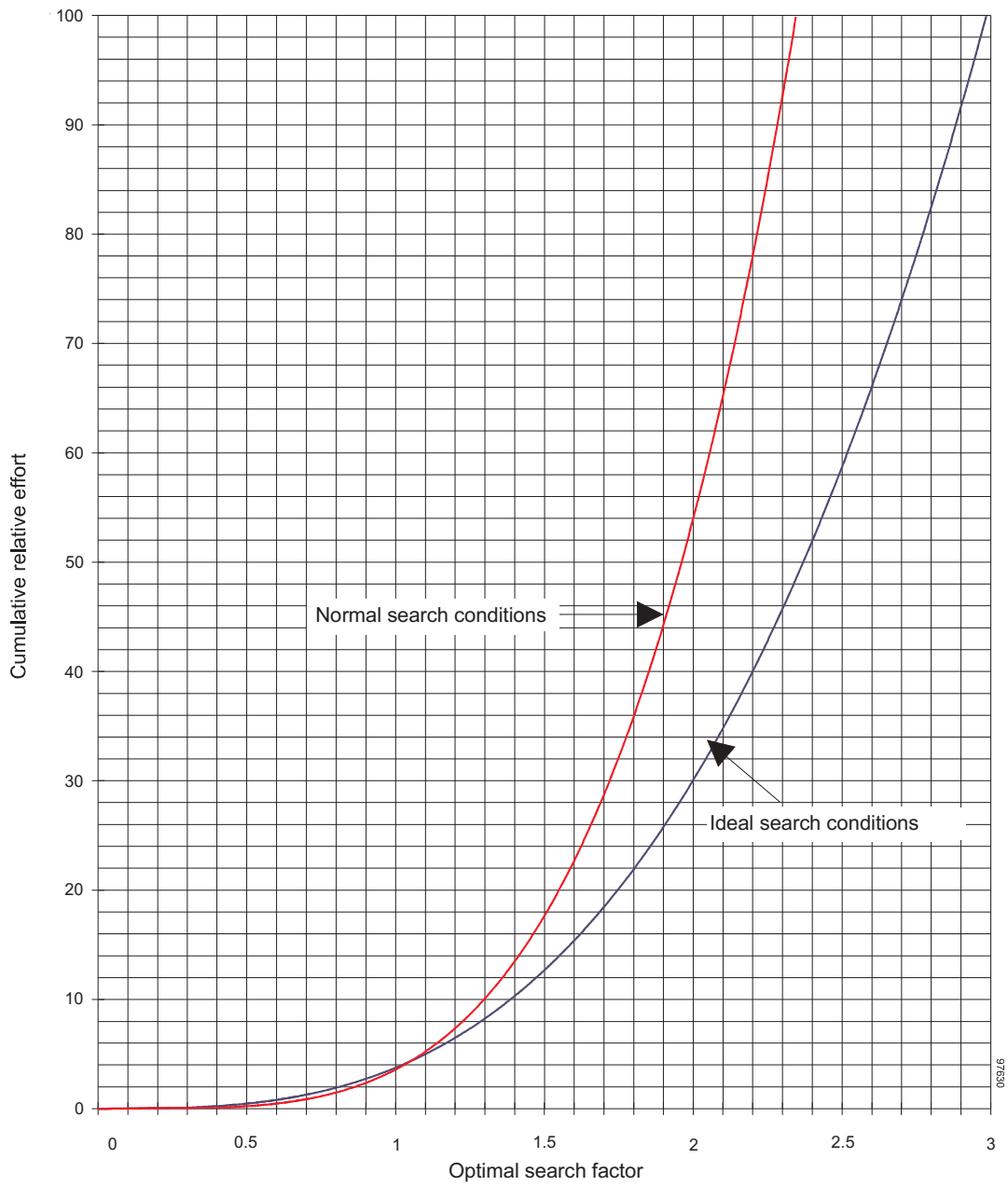


Figure N-6

Optimal Search Factor Graphs for Line Datums

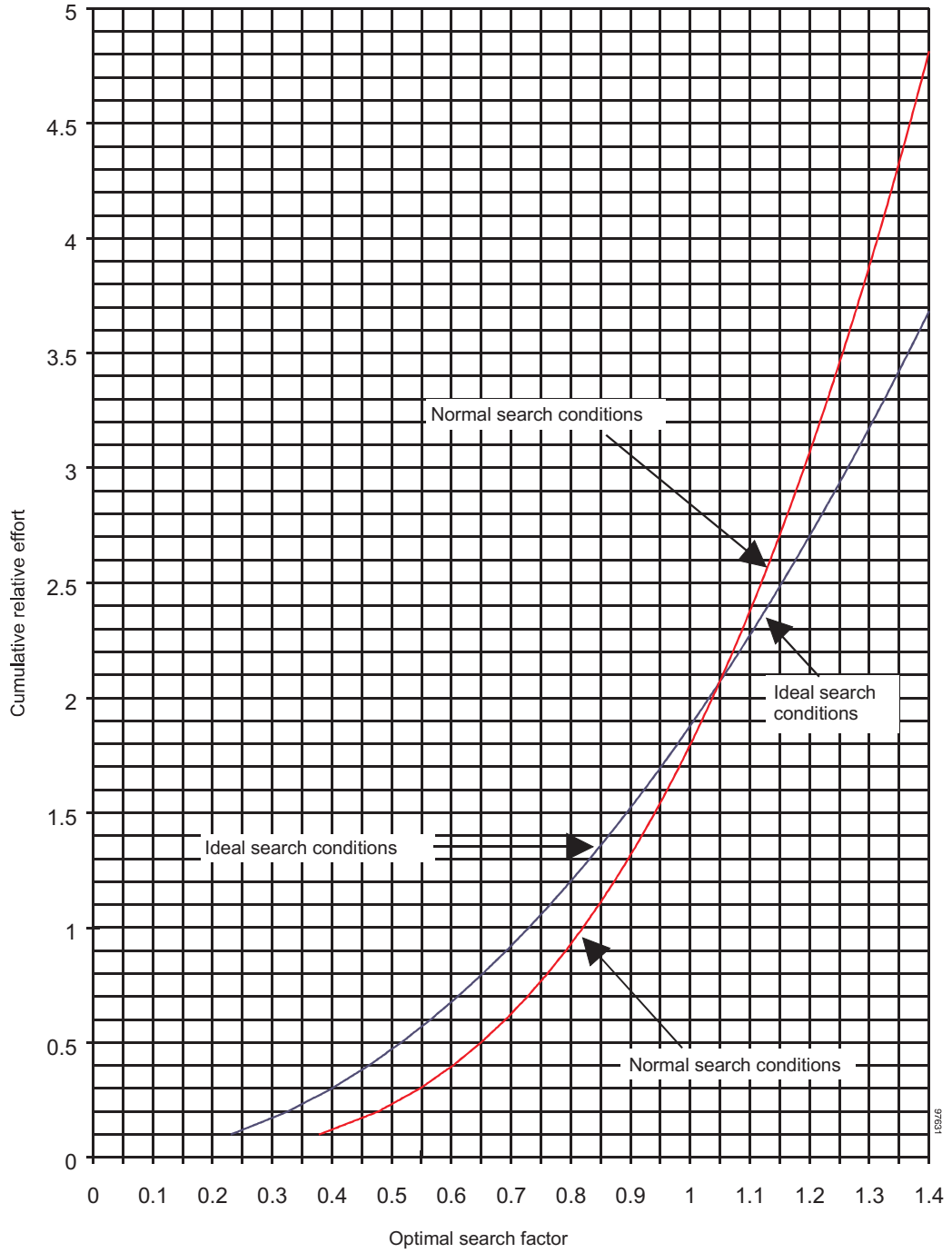


Figure N-7

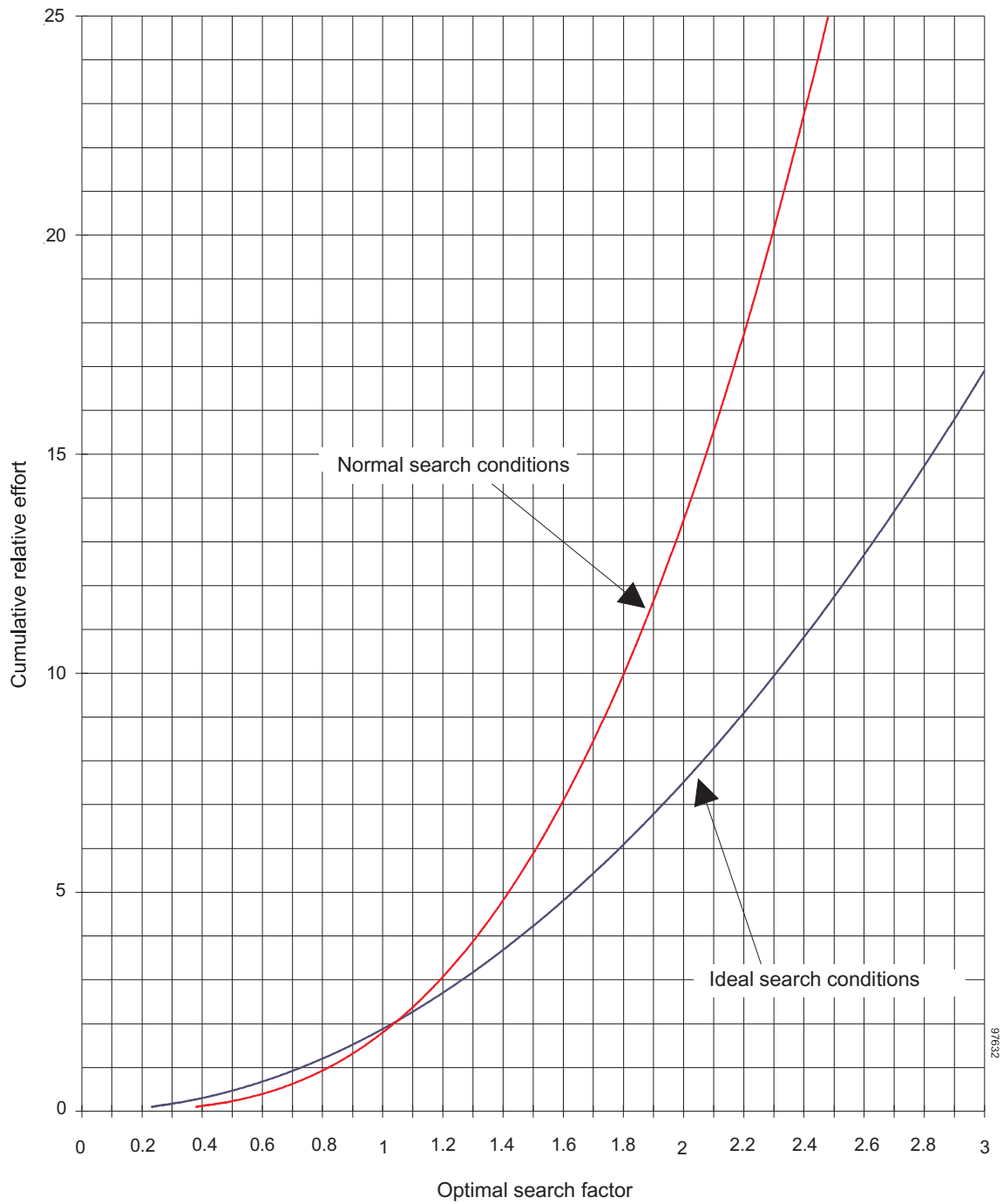
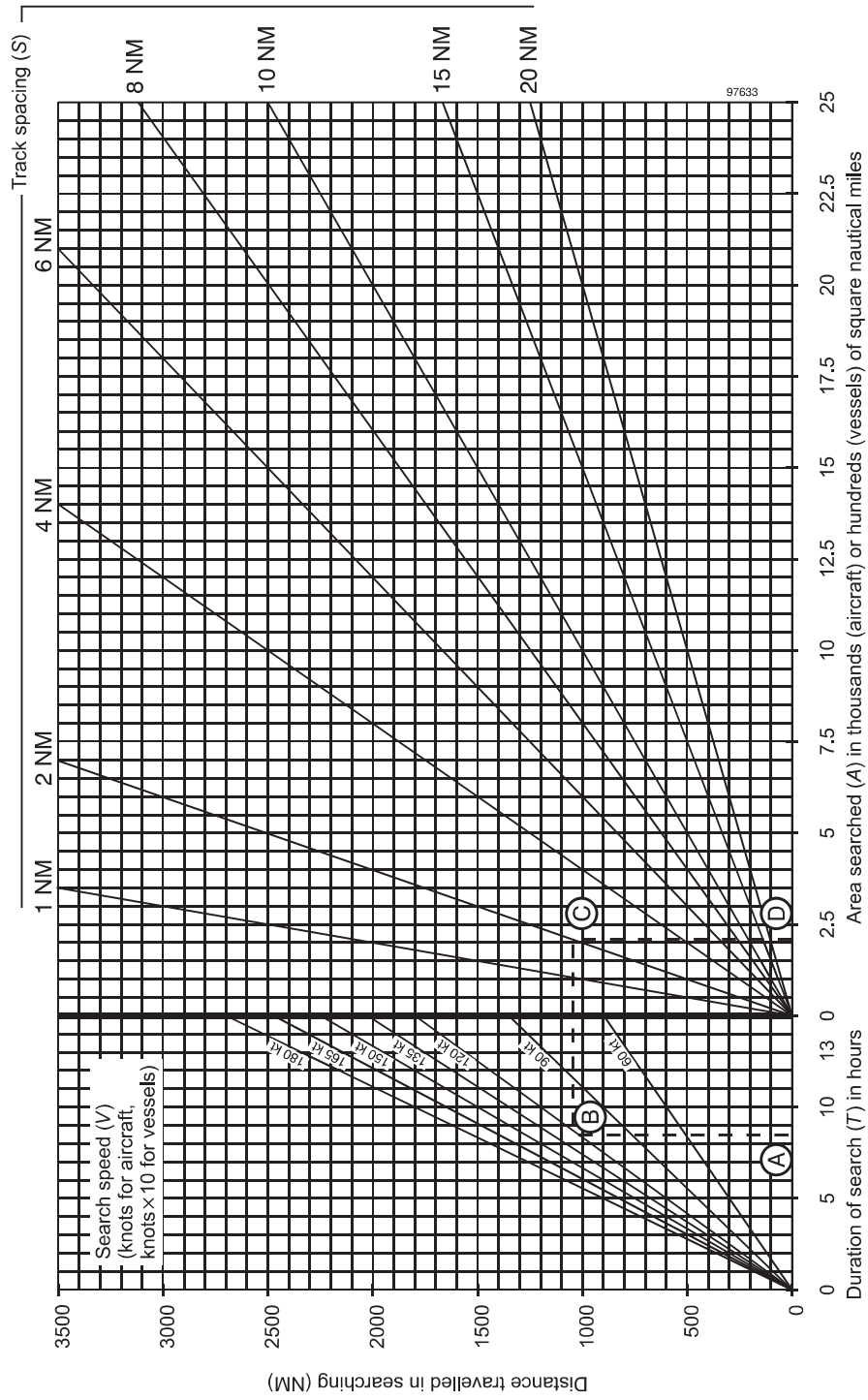


Figure N-8

Search Area Planning Graph



To determine the area that can be searched in a given time, enter graph at A, duration of search; proceed vertically to search speed at B; horizontally to C, the track spacing; then downwards to find area. D, (8.5 hours x 120 kts x 2 NM = 2040 NM² or 8.5 hours x 12 kts x 2 NM = 204 NM²) Reverse the procedure to determine the time required to search a given area. Reverse the procedure to determine the time required to search a given area.

Figure N-9

POD Graph

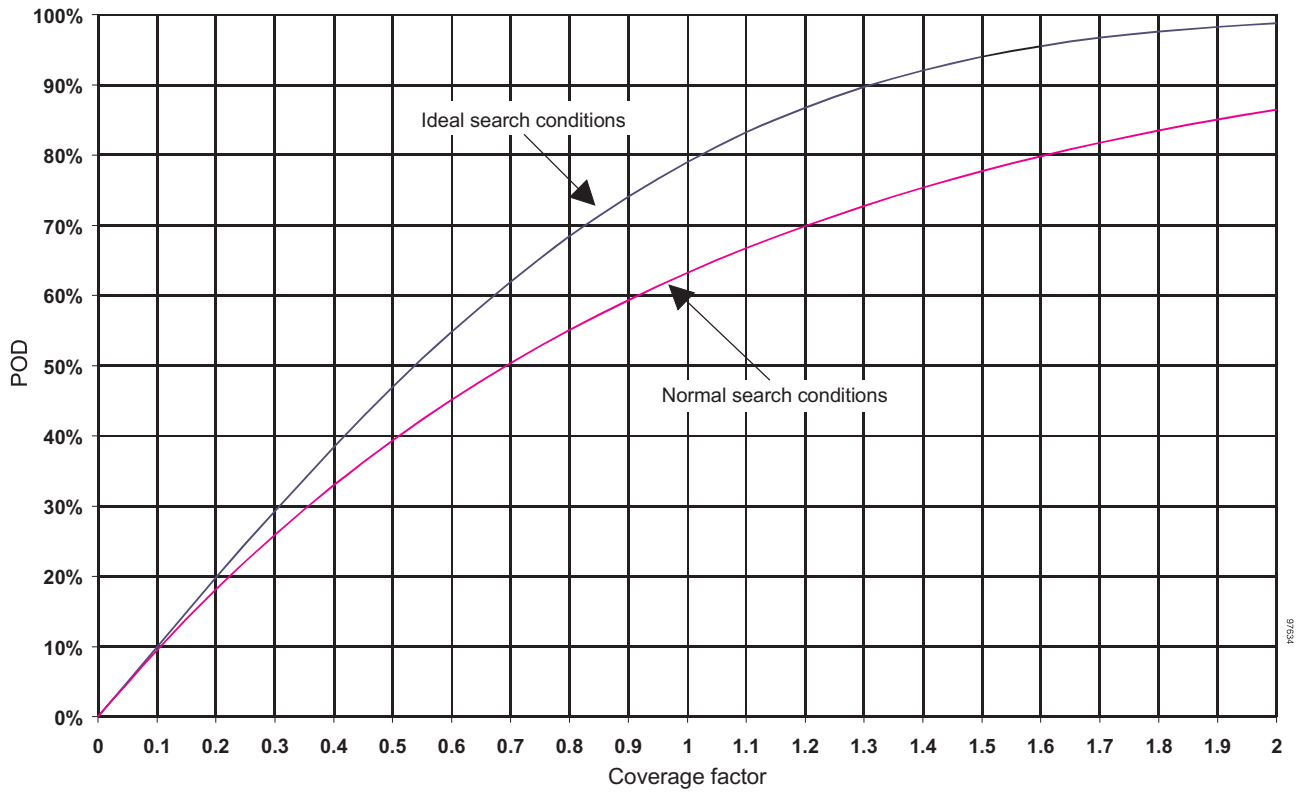


Figure N-10 - Average probabilities of detection (POD) over an area for visual searches using parallel sweeps

Cumulative POS Graphs

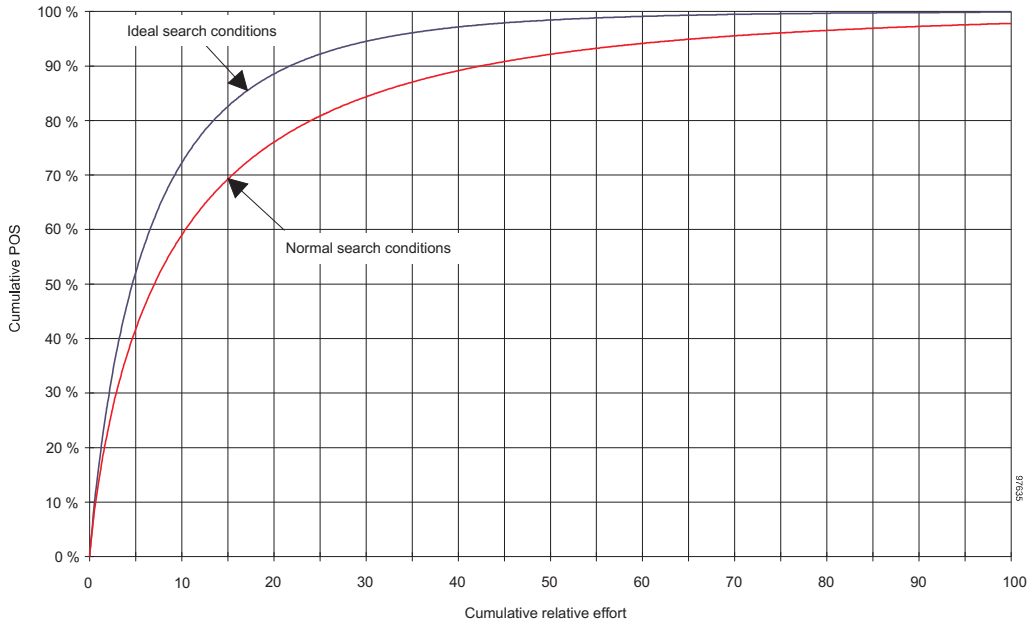


Figure N-11 - Cumulative probability of success for optimal searches of point datums

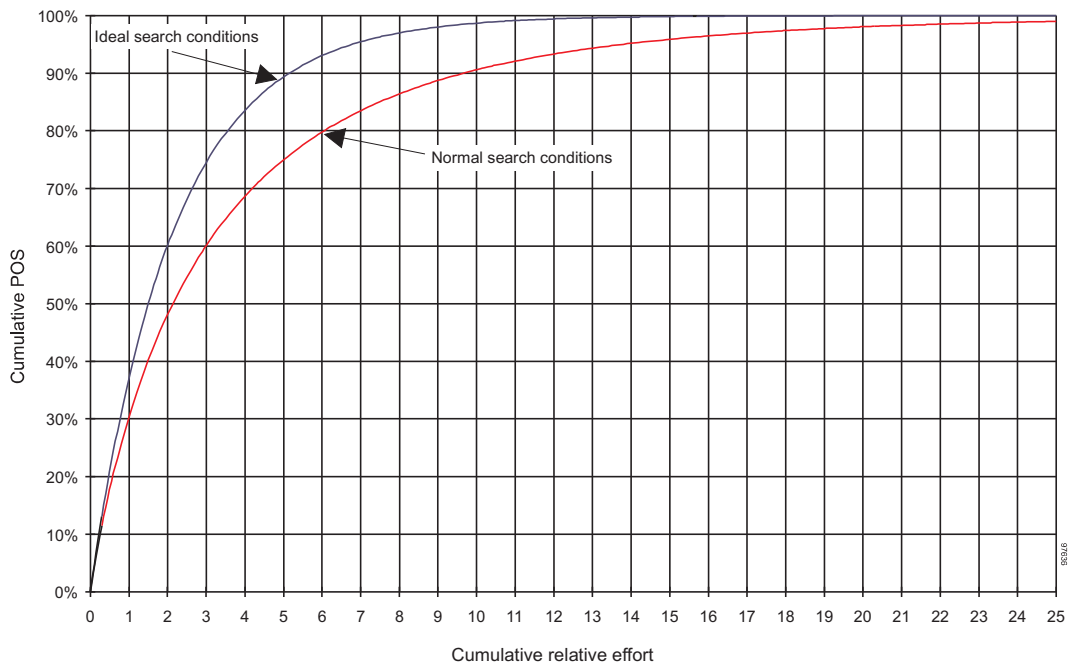


Figure N-12 - Cumulative probability of success for optimal searches along line datums

Chill and Hypothermia Curves

Estimated wind speed (knots)	Actual air temperature (°C/°F)					
	10/50	0/32	-12/10	-23/-9	-35/-31	-45/-49
0	Little danger for properly dressed persons			Increased danger of freezing of exposed flesh		
10						
20	Little danger for properly dressed persons			Increased danger of freezing of exposed flesh		
30						
40 or more	Little danger for properly dressed persons			Increased danger of freezing of exposed flesh		Great danger of freezing of exposed flesh

Figure N-13 - Wind chill and hypothermia

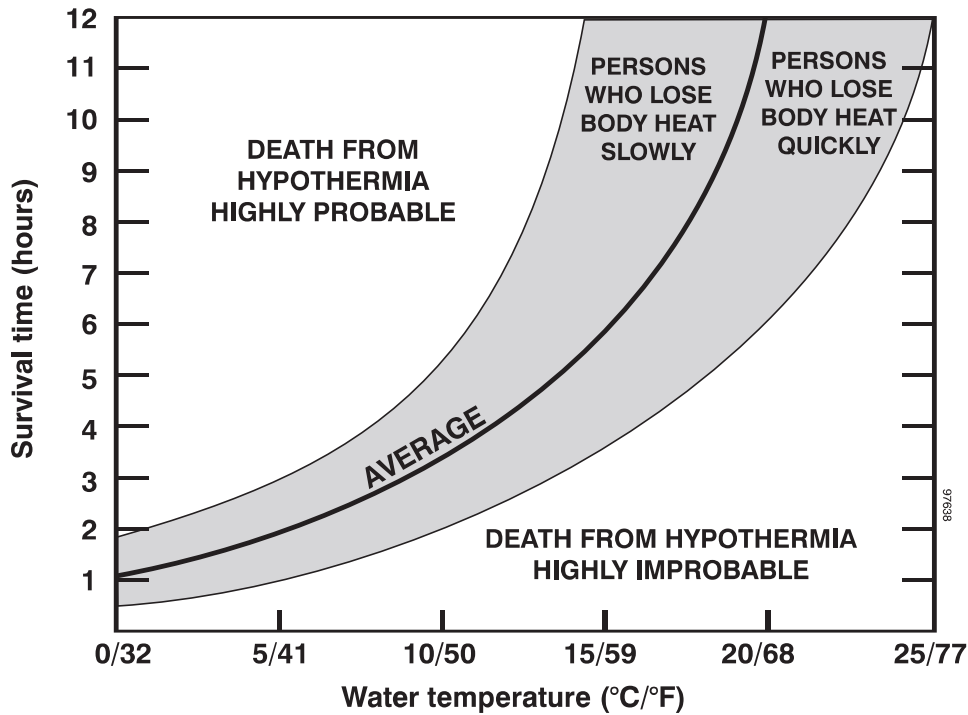


Figure N-14 - Water chill and hypothermia

Parachute Tables

Parachute type	Rate of descent at sea level (feet per minute)	Rate of descent at 7000 feet (feet per minute)	Glide ratio (horizontal/vertical)
28 feet (C-9), escape	1176	1284	0
28 feet (C-9), with 4 suspension line release, escape	1146	1260	0.40
24 feet, paratroop reserve	1362	1494	0
24 feet, Martin-Baker system	1440		0
35 feet (T-10), Army paratroop	918	1008	0
35 feet (HALO), AF and Army special paratroop	960	1038	0.35
Skysail (Navy), escape	1212	1320	0
Paracommander, AF special paratroop	1080	482	1.16
Parawing (experimental)	600-900		3.0
Parafoil (experimental)	600-900		3.0
Parasail (experimental)	600-900		2.7
Apollo, 2 each (83 feet diameter)	2100	2232	0
Apollo, 3 each (83 feet diameter; deployed at 24,000 feet)	1800	1950	0

Table N-13 – Parachute descent data (300 lb person, except Apollo)

Parachute opening height	Wind in knots						
	10	20	30	40	50	60	70
30000 ft (9000 m)	3.7	7.4	11.1	14.7	18.4	22.1	25.8
20000 ft (6000 m)	2.7	5.3	8.0	10.7	13.3	16.0	18.7
14000 ft (4300 m)	1.9	3.8	5.7	7.7	9.5	11.4	13.3
10000 ft (3050 m)	1.4	2.8	4.2	5.7	7.0	8.3	9.7
8000 ft (2400 m)	1.2	2.3	3.5	4.6	5.8	6.9	8.1
6000 ft (1800 m)	0.9	1.7	2.6	3.5	4.4	5.2	6.1
4000 ft (1200 m)	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.5	4.1
2000 ft (600 m)	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1

Table N-14 – Parachute drift distance (zero glide ratio)
(Distance in miles of landing position downwind from position of parachute opening)

Descent Data

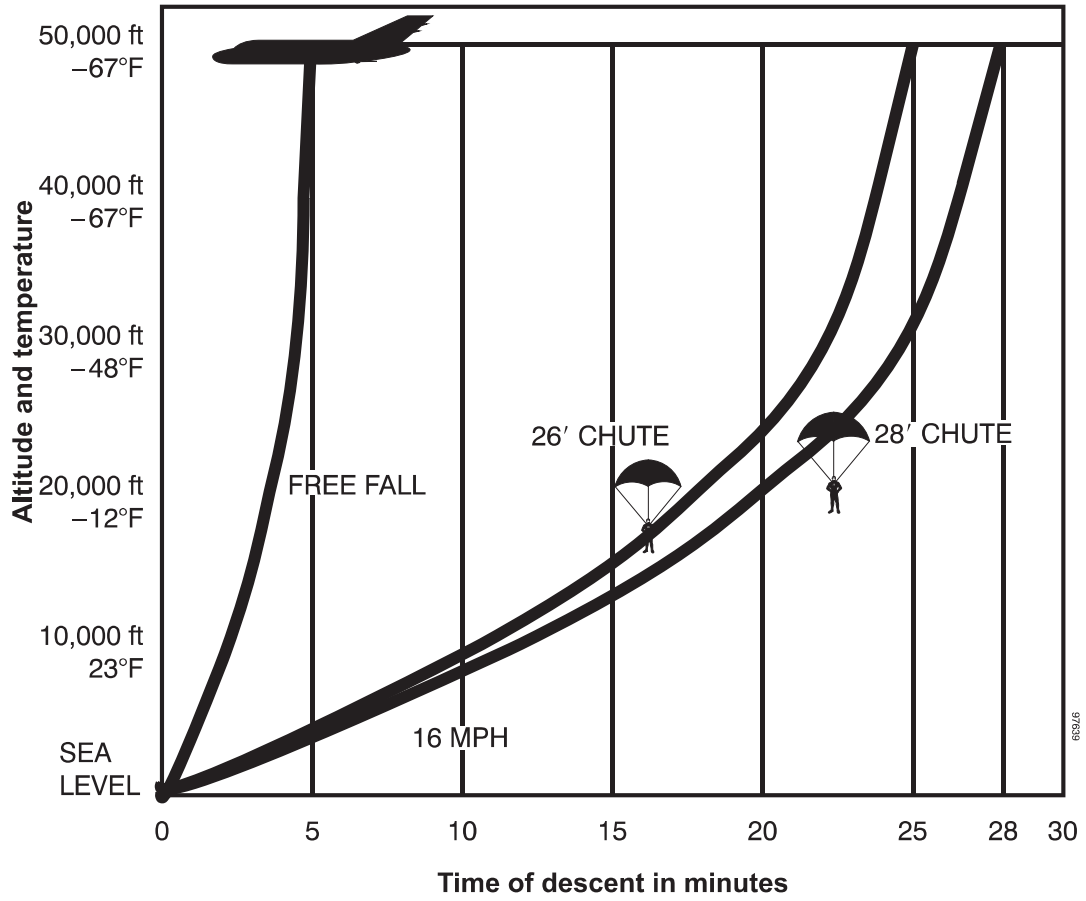


Figure N-15 - Descent data

ANEXO J

Guia de utilização do SAR-PT

Guia de utilização do SAR-PT - ANEXO J

A. Starting Position

1. Inserir a posição (Graus e Minutos Decimais);

A. STARTING POSITION

Starting Position: 39° 45,838' N 26° 4,992' W

Position Date / Time: 30/23/25

2. Inserir o dia, a hora e o minuto relativo à posição referida;

B. Datum Time

B. DATUM TIME

Commence Search Time: 31/4/50

Drift Interval: 5/25

3. Inserir o dia, a hora e o minuto relativos ao início estimado das buscas;

C. Average Surface Wind (ASW)

C. AVERAGE SURFACE WIND (ASW)

Observation Time	Time Interval of Observation		Wind	
	Hour	Minute	Direction	Speed
00	23	25	215	20 Kts
06	3	0	215	20 Kts

4. Inserir a hora da observação;
5. Inserir hora de início e hora de fim do período afeto à observação;
6. Inserir direção e velocidade do vento dessa observação (de acordo com METAR);

D. Total Water Current (TWC)

D. TOTAL WATER CURRENT (TWC)

Sea Current (Pilot Charts): 110

Wind: 65,00

(both SC and WC error = 0,3)

7. Inserir a direção e velocidade da corrente marítima (Podem ser inseridos valores das *Pilot Charts* ou valores fornecidos por plataformas na zona)

E. Leeway (LW)

E. LEEWAY (LW)

Leeway Speed (Figure N2 / N3)

Leeway Divergence Angle (Figure N2 / N3)

Probable Leeway Error (LWe) (Figure N2/N3)

Leeway (LW)

8. Consultar a *Figure N2/N3 do Appendix N*;
9. Após consulta, inserir os valores da **Leeway Speed**, **Leeway Divergence Angle** e **Probable Leeway Error**, relativos ao objeto em questão;

F. / G. Drift and Data Position

F. TOTAL SURFACE DRIFT

	Left of Downwind	Right of Downwind
Drift Directions	45 ° T	84 ° T
Drift Speed	1,28 Kts	1,92 Kts
Drift Distances	6,95 NM	10,43 NM
DVe	0,74 Kts	

G. DATUM POSITIONS AND DIVERGENCE DISTANCE

Datum 1 - Left of downwind
39 ° 50,732 ' N 25 ° 58,578 ' W

Datum 2 - Right of downwind
39 ° 46,924 ' N 25 ° 51,504 ' W

Divergence Distance 6,64 NM

10. A deriva já se encontra calculada e pode ser expressada quer pela direção e distância a partir da LKP (F.), quer pelas coordenadas das posições (G.).

H. Total Probable Error of Position

11. A informação aqui inserida é toda ela relativa ao objeto que está a sofrer deriva;

H. TOTAL PROBABLE ERROR OF POSITION (...)

Considering the Probable Distress Incident / Initial Position:

Navigational Fix Error (Table N1 / N2) NM

DR Error Rate (Table N3) %

Estimated Distance Since Last Fix NM

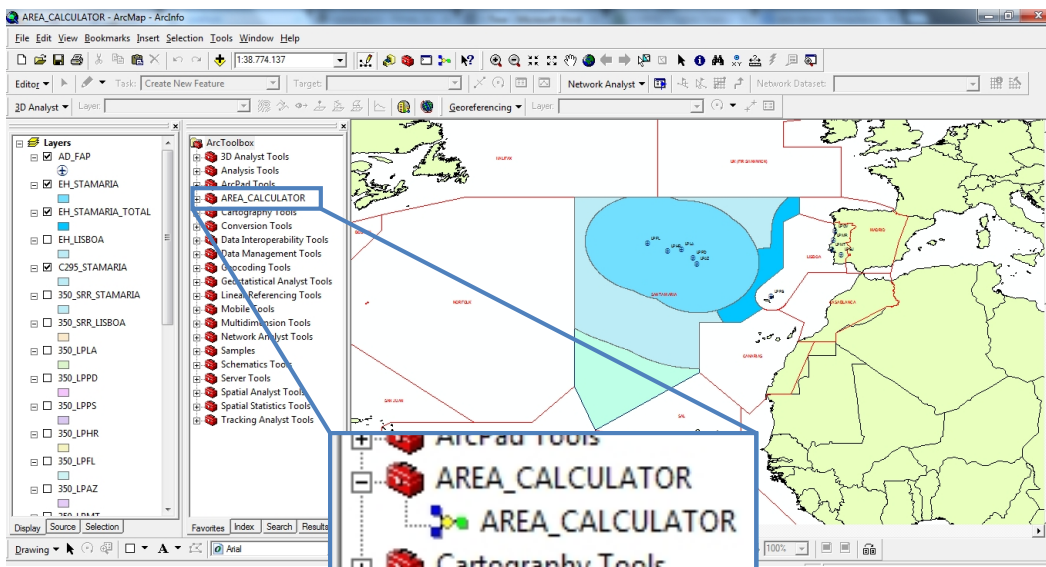
Glide Distance (If applicable)

Total Probable Error of Position (E) 17,41 NM

12. Consultar as *Table N1/N2 do Appendix N*;
13. Inserir o **Navigational Fix Error** de acordo com as capacidades de navegação do objeto, o **DR Error Rate**, de acordo com o tipo de objeto e a **estima de distância** percorrida após a última posição, caso se justifique. Inserir **distância de planeio**, caso de trate de uma aeronave;
14. O valor de E deve ser assumido como raio da área de busca.

AREA CALCULATOR

15. Ativar o modelo de análise espacial AREA CALCULATOR;



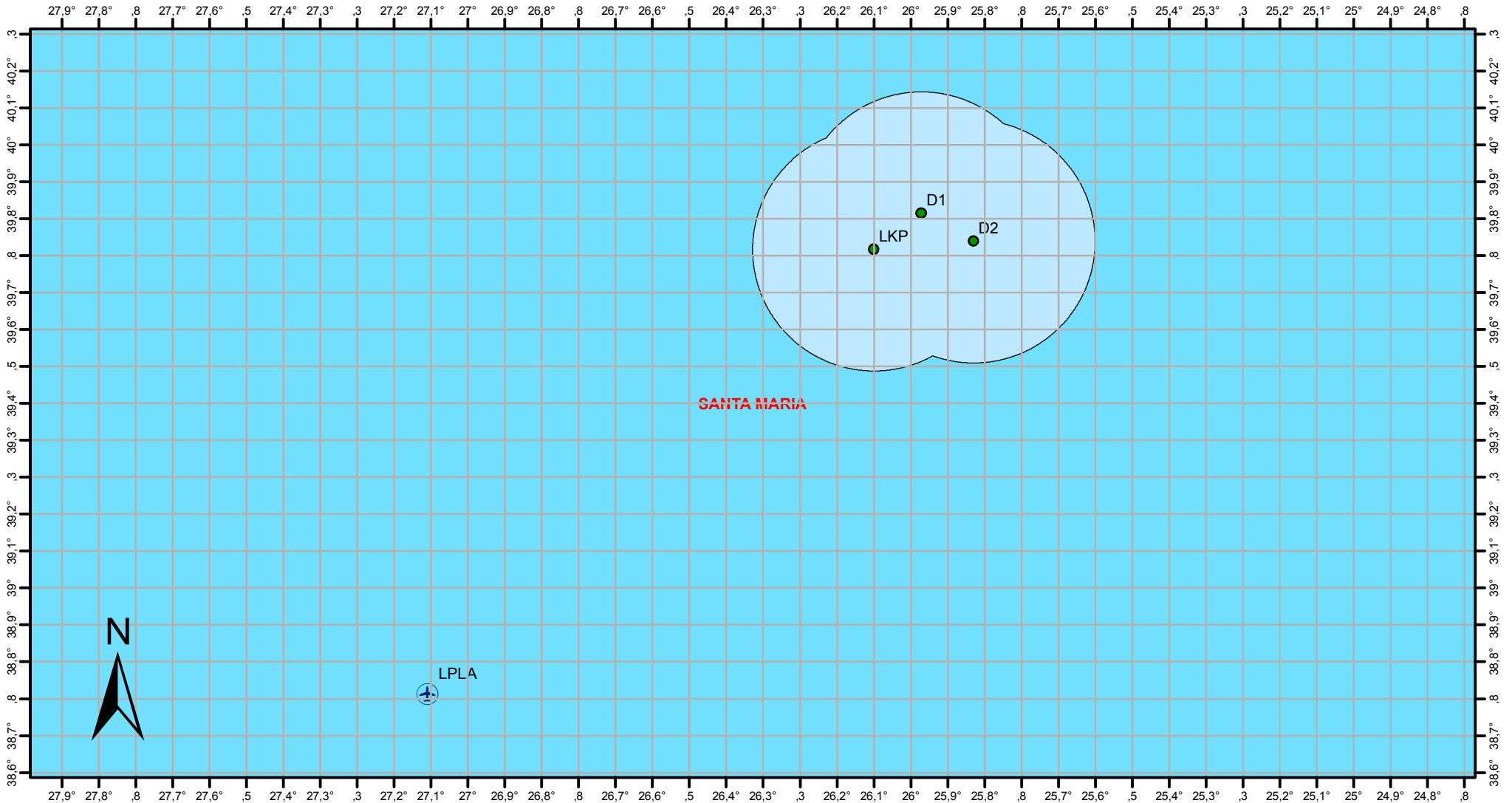
16. Se necessário, ativar a *layers* produzidas ou carrega-las a partir do ambiente de trabalho, que, por defeito, é onde se encontram guardadas.






ANEXO K

Exemplo de *layout*

F/V TESE - 31JAN2014

SMC: ALF/TOPS Deodato J. Ramalhais Ferreira



 EH-101 DAA	 EH-101 LISBOA	 C-295 DAA	 P-3	 SRR adjacentes	1:1.402.747	Datum WGS 84	January 2014
--	---	---	---	--	-------------	--------------	--------------