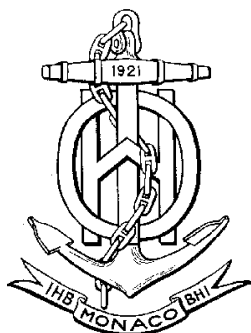


**ORGANIZAÇÃO HIDROGRÁFICA INTERNACIONAL**



# **MANUAL DE HIDROGRAFIA**

**Publicação C-13**

**1ª Edição**

**Maior de 2005**

**(correções até Abril de 2010)**

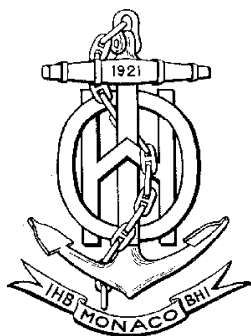
**VERSÃO ORIGINAL EM INGLÊS PUBLICADA PELO  
BUREAU HIDROGRÁFICO INTERNACIONAL – MÓNACO**

**VERSÃO TRADUZIDA PARA PORTUGUÊS PUBLICADA PELO  
INSTITUTO HIDROGRÁFICO – PORTUGAL**





# ORGANIZAÇÃO HIDROGRÁFICA INTERNACIONAL



# MANUAL DE HIDROGRAFIA

**Publicação C-13**

**1ª Edição**

**Mai de 2005**

(correções até Abril de 2010)

Versão original em Inglês publicada pelo  
Bureau Hydrográfico Internacional  
4, Quai Antoine 1er  
B.P. 445 - MC 98011 MONACO Cedex  
Principauté de Monaco  
Fax: (377) 93 10 81 40  
E-mail: [info@ihb.mc](mailto:info@ihb.mc)  
Website: [www.iho.int](http://www.iho.int)

Versão traduzida para Português  
publicada pelo  
Instituto Hidrográfico  
Rua das Trinas 49  
1249-093 Lisboa  
Portugal  
Fax: (+351) 210 943 299  
E-mail: [hidrografico@hidrografico.pt](mailto:hidrografico@hidrografico.pt)  
Website: [www.hidrografico.pt](http://www.hidrografico.pt)



Este documento é uma tradução da publicação C-13 - *IHO Manual on Hydrography*. A Organização Hidrográfica Internacional não verificou esta tradução, pelo que não aceita qualquer responsabilidade sobre o seu rigor. Em caso de dúvida deve ser consultada a versão original em inglês deste Manual.

*This document is a translation of publication C-13 - IHO Manual on Hydrography. The IHO has not checked this translation and therefore takes no responsibility for its accuracy. In case of doubt the source version of IHO Manual on Hydrography in English should be consulted.*

## PREFÁCIO

O Manual de Hidrografia da Organização Hidrográfica Internacional (OHI) tem como objetivo geral providenciar conhecimento nos conceitos relacionados com a hidrografia e também orientação para o planeamento e execução de levantamentos hidrográficos. O Manual é considerado um guia profissional para os hidrógrafos e uma ferramenta para professores e estudantes dos cursos ou programas de hidrografia.

A preparação deste Manual iniciou-se depois da maioria dos Estados Membros (EM) terem respondido favoravelmente à prossecução de um projeto que poderia resultar num Manual de Hidrografia (1999). O Comité Diretivo da Organização Hidrográfica Internacional (IHB) propôs Junho de 2001, onde a tabela de conteúdos foi acordada. Foram também identificados os Líderes das Equipas que iriam lidar com os assuntos específicos, tendo ficado responsáveis pela compilação das contribuições dos peritos, e foi ainda definido o programa de trabalhos. Em 2004 foi realizada uma segunda reunião para rever os resultados obtidos e aprovar a versão prévia do Manual.

Depois de recolher comentários dos EM, a versão final foi preparada e publicado o Manual de Hidrografia da OHI.

O Manual de Hidrografia é considerado um produto meritório que contribui para a missão da OHI, cujos objetivos são:

- A coordenação das atividades dos serviços hidrográficos nacionais;
- A maior uniformidade possível nas cartas e documentos náuticos;
- A adoção de métodos fiáveis e eficientes para levar a cabo e tirar partido dos levantamentos hidrográficos;
- O desenvolvimento das ciências no campo da hidrografia e as técnicas utilizadas em oceanografia descritiva.

Deve ser reconhecido que vários Serviços Hidrográficos (SH) têm feito um grande esforço na preparação e manutenção da atualização de um Manual de Hidrografia próprio praticamente desde a sua criação. Mas, os recursos humanos e o tempo requerido para esta atividade impediram vários SH de manter essa prática, levando-os a concordar com a necessidade de cooperar e coordenar os esforços para a preparação de um Manual de Hidrografia da OHI. Um Manual que poderia ser útil para todos contendo aspectos específicos em hidrografia e aspectos gerais de outras matérias, uma vez que estas são mais cuidadosamente cobertas em bibliografia existente que as abordam com um detalhe consideravelmente mais elevado.

O conteúdo deste manual está dividido em sete capítulos:

- O Capítulo 1 refere-se aos princípios dos levantamentos hidrográficos, incluindo as suas especificações;
- O Capítulo 2 refere-se ao posicionamento;
- O Capítulo 3 refere-se à determinação da profundidade, incluindo tanto os princípios como as técnicas utilizadas;
- O Capítulo 4 fornece informações sobre a classificação do fundo marinho e a detecção de objetos;

- O Capítulo 5 refere-se, em particular, aos níveis de água e escoamentos;
- O Capítulo 6 é dedicado aos levantamentos topográficos aplicados à hidrografia;
- O Capítulo 7 providencia, de forma estruturada, detalhes completos sobre a prática hidrográfica;
- Anexos com Acrónimos, Bibliografia e outra informação relevante.

É da responsabilidade do IHB manter este Manual atualizado, de acordo com as contribuições dos EM e outras organizações que são incentivadas a fornecer ao IHB informação relevante neste âmbito. Se necessário, o IHB solicitará conselho ao Conselho Consultivo Internacional sobre Normas de Competência para Hidrógrafos e Cartógrafos Náuticos de FIG/OHI/ICA, sobre a melhor forma de incluir material novo e/ou organizar o(s) capítulo(s) relevante(s).

O IHB irá manter a versão digital do presente Manual na página Web da OHI e irá imprimir cópias em papel a pedido. Com a ajuda dos leitores e dos Estados Membros, o IHB ambiciona manter esta publicação numa base regular.

O IHB está particularmente grato ao Almirante Ritchie do Reino Unido pelo seu encorajamento e apoio ao redigir a Introdução a este Manual.

O IHB gostaria de agradecer aos seguintes autores principais pelo seu esforço na elaboração do texto final, com a certeza de que eles foram habilidosamente assistidos por muitos outros que permanecem incógnitos:

Capitão-de-mar-e-guerra Muhammad ZAFARYAB (Paquistão), Capitão-de-fragata Lamberto LAMBERTI (Itália), Tenente Antonio DI LIETO (Itália), Capitão-tenente Paul LAWRENCE (Reino Unido), Capitão-tenente Fernando ARTILHEIRO (Portugal), Capitão-tenente Peter JOHNSON (Austrália), Capitão-de-fragata Jerry MILLS (E.U.A.), Senhor Stephen GILL (E.U.A.), Senhor Federico MAYER (Argentina), Senhor Hector SALGADO (Argentina), Capitão-tenente Bob WILSON (Reino Unido) e Capitão-tenente David WYATT (Reino Unido).

## TABELA DE CONTEÚDOS

PREFÁCIO.....	ii
INTRODUÇÃO.....	1
BREVE HISTÓRIA DA HIDROGRAFIA .....	1
A IMPORTÂNCIA DA HIDROGRAFIA .....	3
ÁREAS DE COMPETÊNCIA ASSOCIADAS COM A HIDROGRAFIA.....	3
CAPÍTULO 1 – PRINCÍPIOS DE LEVANTAMENTOS HIDROGRÁFICOS.....	7
1. INTRODUÇÃO.....	7
2. LEVANTAMENTOS HIDROGRÁFICOS .....	8
2.1. Especificações dos Levantamentos .....	8
2.1.1. Ordem Especial.....	9
2.1.2. Ordem 1a .....	9
2.1.3. Ordem 1b .....	9
2.1.4. Ordem 2 .....	9
2.2. Planeamento do levantamento .....	9
2.3. Aquisição de dados .....	14
2.4. Processamento de dados.....	15
2.5. Análise de dados .....	16
2.6. Qualidade dos dados .....	17
2.7. Qualidade de dados – Apresentação .....	18
2.7.1. Diagramas de fiabilidade da carta.....	18
2.7.2. Zonas de Confiança (ZOC).....	19
2.8. Produção de dados .....	23
2.9. Sistema de Informação Náutico (SIN) .....	24
2.9.1. Processo de compilação.....	26
2.9.2. Apresentação .....	28
ACRÓNIMOS .....	32
REFERÊNCIAS .....	34



ENDEREÇOS DE URL .....	35
BIBLIOGRAFIA.....	36
CAPÍTULO 2 – POSICIONAMENTO.....	37
1. INTRODUÇÃO.....	37
2. PRÍNCIPIOS DE POSICIONAMENTO .....	37
2.1. A Terra.....	37
2.1.1. O elipsóide.....	38
2.1.2. A esfera local.....	39
2.1.3. O geóide.....	39
2.2. <i>Datum</i> .....	40
2.2.1. <i>Datum</i> planimétrico .....	40
2.2.2. Tipos de <i>Datum</i> . .....	42
2.2.3. Transformação de <i>Datum</i> . .....	43
2.2.4. <i>Datum</i> vertical .....	45
2.3. Sistemas de coordenadas.....	46
2.4. Princípios de cartografia .....	47
2.5. Projeções.....	48
2.5.1. Projeções perspectivas (ou geométricas) .....	48
2.5.2. Projeções cónicas.....	49
2.5.3. Projeções cilíndricas .....	49
2.5.4. Representações .....	50
2.5.5. Sistema Universal Transversa de Mercator .....	51
3. MÉTODOS DE CONTROLO HORIZONTAL.....	52
3.1. Introdução .....	52
3.2. Método clássico.....	52
3.2.1. Triangulação .....	52
3.2.2. Trilateração .....	56
3.3. Método misto .....	57

3.3.1.	Poligonais (Irradiação – ângulo e distância/ Transporte de coordenadas).....	57
3.3.2.	Poligonais abertas não orientadas ( <i>Iso-determined</i> ) .....	58
3.3.3.	Poligonais abertas orientadas ( <i>Over-determined</i> ).....	59
3.3.4.	Poligonais fechadas não orientadas .....	62
3.4.	Método fotogramétrico (ver também o capítulo 6) .....	63
3.4.1.	Aerofotogrametria (fotogrametria aérea).....	64
3.5.	Intervisibilidade das estações geodésicas.....	67
4.	MÉTODOS DE CONTROLO VERTICAL .....	69
4.1.	Nivelamento Geométrico .....	69
4.1.1.	Princípios e especificações .....	69
4.1.2.	Medições e controlo de qualidade .....	70
4.1.3.	Fontes de erro .....	70
4.1.4.	Cálculos e compensação das observações .....	71
4.2.	Nivelamento trigonométrico .....	72
4.2.1.	Princípios e especificações .....	72
4.2.2.	Correção de esfericidade.....	73
4.2.3.	Correção de refração.....	74
4.2.4.	Correção de altura.....	75
4.2.5.	Fontes de erro .....	75
4.2.6.	Cálculos e Compensação das observações .....	76
4.3.	Altimetria com GPS (Método de Controlo Vertical com GNSS) .....	76
5.	INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA ESTABELEECER O CONTROLO HORIZONTAL E VERTICAL.....	77
5.1.	Receptor GNSS ( <i>Global Positioning System</i> ).....	77
5.2.	Instrumentos eletrónicos .....	78
5.2.1.	Medição Electrónica da Distância através da Fase.....	78
5.2.2.	Medição Electrónica da Distância por impulsos.....	80
5.2.3.	Precisão e alcance dos EDM.....	82
5.2.4.	Estações Totais .....	83

5.3.	Instrumentos ópticos .....	83
5.3.1.	Sextante (Círculo hidrográfico).....	83
5.3.2.	Teodolitos .....	84
5.3.3.	Instrumentos de nivelamento (Níveis) e Estádias.....	85
6.	MÉTODOS DE POSICIONAMENTO (TÉCNICAS DE POSICIONAMENTO) .....	87
6.1.	GNSS (GPS) .....	87
6.1.1.	Descrição do Sistema de Posicionamento Global (GPS).....	87
6.1.2.	Métodos de posicionamento .....	89
6.1.3.	Desempenho e fontes de erro do sistema.....	90
6.1.4.	Observações GPS e técnicas de aquisição do sinal.....	92
6.1.5.	DGPS .....	93
6.1.6.	RTK ( <i>Real Time Kinematic</i> ).....	95
6.1.7.	Tratamento dos dados .....	96
6.2.	Eletromagnéticos.....	98
6.2.1.	Exatidão na determinação da posição.....	98
6.2.2.	Linhas de Posição (LDPs) .....	99
6.2.3.	Linhas de Posição Circulares (C LDPs) .....	100
6.2.4.	Linhas de posição hiperbólicas (H LDPs) .....	100
6.2.5.	Métodos de determinação de linhas de posição de ondas eletromagnéticas (EW LDPs) 101	
6.2.6.	Medições da diferença de fase.....	101
6.2.7.	Medição da diferença de tempo.....	102
6.3.	Sistemas Acústicos.....	103
6.3.1.	Técnicas Acústicas.....	103
6.3.2.	Princípios da Medição .....	107
6.3.3.	Exatidão e fontes de erro .....	109
6.4.	Técnicas Ópticas .....	110
6.4.1.	Posicionamento por Linha de distâncias.....	110
6.4.2.	Posicionamento com Sextante (Intersecções Inversas).....	110

6.4.3.	Triangulação/Intercepções Diretas .....	110
6.4.4.	Posicionamento Azimute – Distância (Sistema misto óptico e eletromagnético) ..	111
REFERÊNCIAS .....		112
BIBLIOGRAFIA.....		113
CAPÍTULO 3 – MEDIÇÃO DA PROFUNDIDADE.....		115
1.	INTRODUÇÃO.....	115
2.	FUNDAMENTOS SOBRE ACÚSTICA E SENSORES DE MOVIMENTOS .....	116
2.1.	Ondas acústicas e propriedades físicas da água do mar .....	116
2.1.1.	Campo acústico.....	116
2.1.2.	Equação sonar.....	117
2.1.3.	Temperatura.....	122
2.1.4.	Salinidade .....	122
2.1.5.	Pressão .....	122
2.1.6.	Densidade .....	123
2.2.	Determinação da velocidade de propagação do som, salinidade e temperatura .....	123
2.2.1.	Instrumentação.....	123
2.2.2.	Operação dos equipamentos .....	124
2.2.3.	Registo e processamento de dados .....	124
2.2.4.	Cálculo da velocidade de propagação do som .....	124
2.3.	Propagação do som na água do mar .....	124
2.3.1.	Atenuação .....	125
2.3.2.	Refração e reflexão .....	125
2.4.	Parâmetros acústicos .....	126
2.4.1.	Frequência .....	126
2.4.2.	Largura de banda .....	127
2.4.3.	Comprimento do impulso .....	127
3.	SENSORES DE MOVIMENTO.....	128
3.1.	Princípios de funcionamento.....	129

3.1.1.	Sensores inerciais.....	129
3.1.2.	Integração dos sensores inerciais com informação GPS .....	129
3.2.	Medições de <i>roll</i> , <i>pitch</i> , e arfagem.....	129
3.3.	Proa .....	130
3.4.	Exatidão das medições .....	130
4.	TRANSDUTORES.....	131
4.1.	Classificação Relativamente ao Princípio de Operação .....	131
4.1.1.	Magnetostritivos .....	131
4.1.2.	Piezoeléctrico.....	131
4.1.3.	Electrostritivo .....	132
4.2.	Largura do Feixe .....	132
4.3.	Classificação Relativamente ao Feixe.....	138
4.3.1.	Feixe simples .....	139
4.3.2.	Multifeixe .....	140
4.4.	Classificação Relativamente à Instalação .....	140
4.4.1.	Montagem de casco .....	140
4.4.2.	Rebocado .....	140
4.4.3.	Portátil .....	140
4.5.	Cobertura.....	142
5.	SISTEMAS ACÚSTICOS.....	143
5.1.	Sondadores de feixe simples .....	143
5.1.1.	Princípios de funcionamento .....	143
5.1.2.	Instalação e calibração.....	147
5.1.3.	Operação e registo de dados .....	149
5.1.4.	Fontes de erro e técnicas de controlo de qualidade .....	149
5.2.	Sistemas de Cobertura por Faixa ( <i>Swath systems</i> ).....	159
5.2.1.	Sondadores multifeixe .....	160
5.2.2.	Sonares interferométricos .....	174

6.	SISTEMAS NÃO ACÚSTICOS.....	175
6.1.	Sistemas Laser Aerotransportados.....	175
6.1.1.	Princípios de funcionamento.....	175
6.1.2.	Capacidades e limitações.....	177
6.2.	Sistemas Eletromagnéticos Aerotransportados.....	177
6.2.1.	Princípios de operação.....	177
6.2.2.	Capacidades e limitações.....	178
6.3.	Detecção remota.....	178
6.3.1.	Foto-batimetria.....	178
6.3.2.	Outros.....	179
6.4.	Sistemas mecânicos.....	179
6.4.1.	Fio-de-prumo e vara de prumar.....	180
6.4.2.	Rocega por barra ( <i>bar sweep</i> ).....	181
6.4.3.	Rocega por cabo.....	181
	REFERÊNCIAS.....	182
	BIBLIOGRAFIA.....	184
	ANEXO - REFERÊNCIAL E SISTEMAS DE COORDENADAS.....	187
	CAPÍTULO 4 - CLASSIFICAÇÃO DO FUNDO MARINHO E DETECÇÃO DE ESTRUTURAS.....	191
1.	INTRODUÇÃO.....	191
2.	DETECÇÃO DE ESTRUTURAS NO FUNDO MARINHO.....	191
2.1.	Antecedentes.....	191
2.2.	Normas.....	191
2.2.2.	Publicação S-44 da OHI - Normas para Levantamentos Hidrográficos.....	192
2.2.3.	Publicação S-57 da OHI - Normas para a Transferência de Dados Hidrográficos Digitais 192	
2.2.4.	Detecção de Estruturas Perigosas.....	193
2.2.5.	Requisitos Militares.....	194
2.2.6.	Relato de Estruturas.....	194

2.3.	Métodos de detecção de objetos.....	195
2.3.1.	Introdução.....	195
2.3.2.	Sonar de Varredura Lateral.....	195
2.3.3.	Considerações Teóricas .....	196
2.3.4.	Constrangimentos Operacionais .....	199
2.3.5.	Distorções do Registo de Sonar.....	201
2.3.6.	Detecção de Objetos .....	203
2.3.7.	Cálculo da Velocidade de Avanço.....	204
2.3.8.	Registo de erros .....	206
2.3.9.	Utilização Prática do Sonar de Varredura Lateral .....	207
2.3.10.	Erro de Posicionamento dos Contactos de Sonar.....	211
2.3.11.	Marcação e Medição a Partir do Registo de Sonar.....	212
2.3.12.	Sistema Sondador Multifeixe (SMF) .....	213
2.3.13.	Considerações quando se usa o Sondador Multifeixe .....	214
2.3.14.	Magnetómetro .....	214
2.3.15.	Outros métodos de detecção de objetos/estruturas.....	216
2.3.16.	Obtenção da sonda mínima sobre uma estrutura.....	216
2.3.17.	Sonda mínima obtida com sondador acústico .....	216
2.3.18.	Utilização de mergulhadores .....	217
2.3.19.	Outros métodos .....	217
2.3.20.	Métodos de rocega com cabo .....	218
2.4.	Registos de Sonar de Varredura Lateral.....	219
2.4.2.	Registo de destroços .....	220
2.4.3.	Registos de cobertura sonar .....	221
3.	CLASSIFICAÇÃO DO FUNDO MARINHO .....	223
3.1.	Antecedentes .....	223
3.1.2.	Modelos de classificação do fundo marinho.....	224
3.1.3.	Amostras do fundo marinho .....	224

3.1.4.	Natureza do fundo marinho .....	225
3.1.5.	Classificação das amostras .....	225
3.1.6.	Métodos de obtenção de amostras do fundo marinho.....	226
3.1.7.	Registo de amostras do fundo marinho.....	228
3.2.	Sensores para classificação .....	228
3.3.	Classificação – Teoria.....	229
3.3.2.	Imagem de retroespalhamento.....	230
3.3.3.	Registo de varredura lateral .....	231
3.3.4.	Mosaico .....	231
3.3.5.	Classificação – Geral .....	232
3.3.6.	RoxAnn.....	233
3.3.7.	Classificação utilizando sondador multifeixe .....	234
3.3.8.	Mapeamento de texturas .....	235
3.3.9.	Potência do espectro de frequências .....	235
3.3.10.	Matrizes de co-ocorrência do nível de cinzentos .....	236
3.3.11.	Função densidade de probabilidade do pico de amplitude .....	236
3.3.12.	Dependência angular .....	237
3.3.13.	Interpretação de dados de retroespalhamento acústico .....	238
3.3.14.	Modelos de classificação militares.....	239
CAPÍTULO 5 - NÍVEIS DE ÁGUA E ESCOAMENTOS .....		247
1.	INTRODUÇÃO.....	247
2.	MARÉS E NÍVEIS DE ÁGUA.....	247
2.1.	Princípios de Marés e Níveis de Água .....	247
2.1.1.	Forças Astronómicas Geradoras de Maré.....	247
2.1.2.	Características da Maré.....	251
2.1.3.	Variações do Nível da Água Não Associadas à Maré .....	260
2.1.4.	<i>Data</i> de Maré e de Níveis de Água.....	260
2.1.5.	Análise Harmónica e Previsão da Maré.....	262



2.2.	Funções de Apoio Operacionais .....	268
2.2.1.	Considerações acerca do Balanço de Erros .....	269
2.2.2.	Planeamento dos Requisitos de Maré e Níveis de Água.....	269
2.2.3.	Zonamento Preliminar de Marés e Níveis de Água.....	271
2.2.4.	Operação da Estação Maregráfica de Controlo .....	273
2.2.5.	Requisitos das Estações Maregráficas Suplementares.....	274
2.2.6.	Processamento de dados e Disposição em Tabelas .....	279
2.2.7.	Determinação de <i>Data</i> de Maré.....	282
2.2.8.	Zonamento Final e Redutores da Maré.....	285
2.2.9.	Utilização de GPS cinemático para o Controlo Vertical .....	287
3.	ESCOAMENTO DE NÍVEIS DE ÁGUA E CORRENTES DE MARÉ.....	288
3.1.	Introdução .....	288
3.2.	Princípios de Correntes de Maré.....	288
3.3.	Medição de Correntes .....	290
3.4.	Previsão de Correntes de Maré .....	292
	REFERÊNCIAS .....	294
	CAPÍTULO 6 - LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS.....	295
1.	INTRODUÇÃO.....	295
2.	TOPOGRAFIA, DELIMITAÇÃO DA LINHA DE COSTA E AJUDAS AO POSICIONAMENTO DA NAVEGAÇÃO .....	296
2.1.	Especificações.....	296
2.2.	Métodos de Posicionamento e Exatidão .....	297
2.2.1.	GNSS .....	297
2.2.2.	Triangulação .....	301
2.2.3.	Poligonais .....	305
2.2.4.	Intersecção Direta e Intersecção Inversa .....	313
2.2.5.	Algoritmos Usuais .....	317
2.2.6.	O Nivelamento e os seus Erros.....	322
2.3.	Levantamentos Topográficos Costeiros e Portuários.....	324

2.3.1.	Aplicação Métodos Topográficos Diretos/Clássicos .....	324
2.3.2.	Densidade dos pontos a serem levantados .....	324
2.3.3.	Métodos Aplicáveis .....	324
2.3.4.	Representação do Relevo.....	325
3.	DETECÇÃO REMOTA.....	326
3.1.	Fotogrametria.....	327
3.1.1.	Princípios e Aplicações da Fotografia Aérea.....	328
3.1.2.	Elementos de aquisição da fotografia aérea.....	329
3.1.3.	Planeamento de Voo.....	330
3.1.4.	Restituição .....	332
3.1.5.	Aerotriangulação.....	333
3.1.6.	Controlo Terrestre.....	336
3.1.7.	Generalidades sobre Restituidores. Processamento digital.....	336
3.1.8.	Interpretação fotográfica.....	338
3.2.	Detecção Remota Não Fotogramétrica .....	338
3.2.1.	Satélite e sensores para detecção remota de recursos terrestres .....	339
3.2.2.	Principais Sistemas de Detecção Remota .....	342
3.2.3.	Estrutura e Suporte de Imagem.....	347
3.2.4.	Fundamentos de Interpretação e Processamento .....	349
3.2.5.	Pré-processamento de imagens e informação complementar .....	352
3.2.6.	Processamento de Imagem .....	353
3.2.7.	Altimetria.....	361
3.2.8.	Aplicações Cartográficas .....	365
	ACRÓNIMOS .....	369
	REFERÊNCIAS .....	371
	ENDEREÇOS URL .....	373
	BIBLIOGRAFIA.....	375
	ANEXO A – ALGORITMOS PARA A REPRESENTAÇÃO TRANSVERSA DE MERCATOR .....	377

ANEXO B – EXEMPLOS DE EQUIPAMENTO COMERCIAL.....	389
CAPÍTULO 7 - PRÁTICA HIDROGRÁFICA.....	393
1. INTRODUÇÃO.....	393
2. PLANEAMENTO DE UM LEVANTAMENTO HIDROGRÁFICO .....	393
2.1. O projeto hidrográfico.....	393
2.2. Avaliação do levantamento.....	394
2.3. Planeamento detalhado do levantamento .....	396
2.4. Controlo Horizontal .....	396
2.5. Controlo Vertical.....	397
2.6. Correntes de maré .....	397
2.7. Sondas.....	397
2.8. Sonar lateral .....	398
2.9. Amostras de fundo .....	399
2.10. Delineação da linha de costa, objetos conspícuos e topografia.....	399
2.11. Observações Auxiliares.....	399
2.12. Organização da equipa do levantamento.....	400
2.13. Compilação e Controlo de Dados .....	400
2.14. Requisitos para a entrega de dados .....	401
2.15. Desenvolvimento do programa de operações .....	401
2.16. Duração e estimativas de custo da operação.....	401
2.17. Ligação com autoridades externas .....	401
3. RECONHECIMENTO DO LEVANTAMENTO .....	402
3.1. Reconhecimento geral.....	402
3.2. Reconhecimento geodésico.....	402
3.3. Reconhecimento das marés.....	403
4. AQUISIÇÃO DE DADOS .....	404
4.1. Controlo Horizontal e Calibração .....	404
4.1.1. Introdução.....	404

4.1.2.	Controlo Horizontal em terra.....	405
4.1.3.	Controlo Horizontal no Mar .....	405
4.1.4.	Preparação do trabalho de campo .....	407
4.1.5.	Alinhamento e Calibração dos Sistemas de Posicionamento .....	408
4.1.6.	Métodos de Controlo Horizontal e Equipamentos.....	410
4.2.	Controlo Vertical e Calibração.....	436
4.2.1.	Descrição Geral .....	436
4.2.2.	Modelação da Maré para Levantamentos RTK .....	437
4.3.	Observações Ambientais.....	441
4.4.	Orientação das Fiadas .....	442
4.5.	Fiadas de Verificação.....	446
4.6.	Fiadas Principais .....	446
4.7.	Adensamentos e Investigação .....	448
4.8.	Observações auxiliares/diversas.....	450
5.	DELIMITAÇÃO DA LINHA DE COSTA.....	451
5.1.	Generalidades da Linha de Costa.....	451
5.2.	Detalhes costeiros necessários .....	451
5.3.	Detalhes com interesse para o navegante.....	452
5.4.	Topografia.....	453
5.5.	Delimitação da linha de baixa-mar ( <i>Drying line</i> ) .....	453
5.6.	Alturas das características em terra.....	454
5.7.	Carteando o espraiado.....	454
5.8.	<i>Overlay</i> da linha de costa.....	454
5.9.	Utilização de prancheta de fotografia aérea.....	454
5.10.	Métodos para obtenção da linha de costa.....	456
5.11.	Traçar a linha de costa .....	456
5.12.	Relatório da delineação da linha de costa .....	457
6.	PROCESSAMENTO DE DADOS.....	458

6.1.	Batimetria.....	458
6.2.	Caracterização do fundo marinho .....	460
6.3.	Detecção de Objetos (estruturas) .....	460
6.4.	Observações auxiliares/diversas.....	461
6.5.	Conformidade com o Planeamento .....	462
7.	ENTREGA DOS DADOS.....	462
7.1.	Relatório do Levantamento.....	462
7.2.	Requisitos dos Dados .....	463
7.3.	Formato e Densidade dos Dados.....	463
7.4.	Requisitos de Média.....	463
	REFERÊNCIAS .....	465
	BIBLIOGRAFIA.....	466
	APÊNDICE 1 - PLANEAMENTO DO LEVANTAMENTO E GUIA DE ESTIMATIVAS ....	469
	APÊNDICE 2 – TABELA 1 - Sistemas de posicionamento horizontal e critérios de selecção..	473
	APÊNDICE 3 – TABELA 2 - Classificação dos Sistemas de Posicionamento Eletrónicos utilizados em Levantamentos Hidrográficos por Larguras de Banda.....	475
	APÊNDICE 3 - TABELA 3 - Aplicações no campo dos Sistemas de Posicionamento Eletrónicos utilizados em Levantamentos Hidrográficos .....	475
	APÊNDICE 4 – DIAGRAMAS DOS SISTEMAS .....	477
	APÊNDICE 5 - EXEMPLO DO RELATÓRIO DO LEVANTAMENTO .....	487



## INTRODUÇÃO

### BREVE HISTÓRIA DA HIDROGRAFIA

A carta de navegação mais antiga conhecida atualmente é a *Carte Pisane*, assim denominada por ter sido comprada em 1829 a uma família de Pisa pela *Bibliothèque Nationale* de Paris. Esta carta foi desenhada numa pele de animal no final do século XIII, provavelmente em Génova onde uma escola de cartografia náutica tinha sido estabelecida. Existiu uma escola semelhante em Veneza, e uma terceira foi criada na ilha de Maiorca. As cartas produzidas por cada uma dessas escolas, conhecidas como “Portulanos” eram semelhantes em estilo e conteúdo. A sua característica mais marcante consistia em redes de loxodrómiás interligadas que emanavam a partir de rosas-dos-ventos representando 32 direções em que cada uma da qual poderia ser usada com divisores para definir o rumo do navio. A totalidade da Costa Mediterrânea foi retratada e os nomes das zonas costeiras foram inseridos na parte terrestre deixando a área marítima para o registo e marcação das posições da navegação. Foram usados alguns símbolos tais como a cruz para assinalar rochas submersas, mas não continha sondas.

Pelo século XV, os Portulanos Portugueses e Espanhóis permitiam aos marinheiros do Mediterrâneo navegar para o sul da Inglaterra e Flandres para o comércio da lã.

Durante gerações os marinheiros do norte navegaram de uma linha de rumo para outra utilizando instruções escritas transmitidas pelos seus antepassados com informação de sondas, um método de navegação conhecido como “navegação de roteiro”. Com o desenvolvimento da impressão, Pierre Garcie de Rouen foi o primeiro a publicar informações de roteiro no seu "*Routier de la Mer*", em que, com gravações simples em madeira, ilustrou pontos de vista da costa.

Cornelius Anthonisz, um projetista de Amesterdão percebeu que poderiam ser utilizados blocos de gravações em madeira para imprimir cartas em papel, sendo a sua primeira a "*Karte van Ostland*" do Báltico e Mar do Norte. Embora tenha adotando as loxodrómiás e outras características dos Portulanos, ele usou a projeção de Ptolomeu que tinha sido recentemente redescoberta em Constantinopla.

Anthonisz tinha mostrado o caminho, mas foi Lucas Janszoon Waghenaer de Enkhuizen, Holanda, que, quarenta anos depois, imprimiu cartas em papel a partir de chapas de cobre com gravações. Ele viajou durante muitos anos como piloto recolhendo informações hidrográficas e quando voltou para terra com 49 anos de idade passou a recorrer a marítimos para obter material para a compilação das suas cartas.

Em 1584, Waghenaer, publicou o seu grande atlas "*Spieghel der Zeevaerdt*" (Espelho do Mar) contendo 45 cartas e abrangendo as costas Europeias desde a Noruega até ao Estreito de Gibraltar. Introduziu muitas características novas, tais como perfis por detrás da orla costeira para reconhecimento costeiro, redução das distâncias entre os portos de modo a que as suas aproximações pudessem ser representadas numa escala maior, a introdução de símbolos para bóias, balizas, pináculos das igrejas, etc., e sondagens reduzidas para a profundidade a meia-maré.

Waghenaer tinha dado um grande passo evolutivo produzindo cartas em papel concebidas por um marinheiro para marinheiros. Teve uns quantos seguidores holandeses de tal forma que, durante 100 anos, as cartas holandesas foram amplamente disponíveis, até mesmo de águas britânicas; A determinada altura o Rei Carlos I de Inglaterra decidiu que a totalidade das costas e dos portos da Grã-Bretanha deveriam ser sondados.

Para esta enorme tarefa selecionou um oficial da marinha chamado Greenville Collins, concedeu-lhe o título de "*Hydrographer to the King*" e disponibilizou-lhe o iate *Merlin*. Os trabalhos iniciaram-se em 1681 e duraram onze anos.

Não existia nenhum mapa topográfico geral do reino com o qual Collins pudesse relacionar as suas cartas, nem dispunha de um método para determinar a longitude. Dispunha apenas do quadrante para a determinação da latitude. As suas sondagens reduzidas para a baixa-mar foram posicionadas através da determinação de direções horizontais a marcas na costa que, por sua vez, foram fixadas utilizando bússolas e correntes de medição. Em 1693, as cartas resultantes foram publicadas num atlas intitulado "*Great Britain's Coasting Pilot*", que continha 47 cartas e 30 páginas com tabelas de maré, orientações para a navegação e esquemas costeiros. Gravadas com precisão, as cartas incluíam sondas e enfiamentos para a entrada nos portos, etc.

O *Pilot* agradou aos marinheiros britânicos, tendo sido publicadas mais vinte edições durante os cem anos seguintes.

Durante o século XVI foi formada uma escola de hidrografia em Dieppe pelos diversos pilotos que navegaram em costas distantes. Em 1661, Jean Baptiste Colbert tornou-se Ministro Chefe de Luís XIV, e entre as suas diversas tarefas foi incumbido da revitalização da Marinha Francesa. Ele não só zelou pela escola de Dieppe, como estabeleceu centros hidrográficos semelhantes numa série de outros portos franceses. Isto permitiu-lhe ter levantamentos hidrográficos efetuados em todo o litoral de França, estando as cartas ligadas à rede nacional de triangulação estabelecida pela dinastia Cassini.

Os hidrógrafos de Colbert realizaram levantamentos na Nova França, tendo a quantidade de informação proveniente do Québec levado ao estabelecimento em Paris do "*Dépôt Général des Cartes et Plans*", reconhecido atualmente como o primeiro Serviço Hidrográfico nacional. A Dinamarca foi o país seguinte a criar um Serviço Hidrográfico, tendo sido seguido de perto pelos britânicos em 1795. Durante o século XIX mais de vinte países criaram Serviços deste tipo.

Por volta de 1775 dois britânicos, Murdoch Mackenzie e o seu sobrinho com o mesmo nome, foram os principais responsáveis pela invenção do compasso de três pontas (*station pointer*), um instrumento que permite a marcação da posição de um navio com precisão a partir da observação de dois ângulos horizontais entre três marcas fixas em terra. Este foi um grande progresso técnico que revolucionou os levantamentos hidrográficos no século XIX durante o qual a necessidade de cartas náuticas para objetivos pacíficos e bélicos aumentou dramaticamente.

Mesmo antes da 1ª Guerra Mundial vários Hidrógrafos nacionais estudaram formas de como a cooperação internacional poderia levar à troca de informação e à normalização gráfica das cartas náuticas. Com o final da Guerra, os hidrógrafos britânicos e franceses organizaram em conjunto uma conferência internacional que, em Junho de 1919, reuniu em Londres delegados de 22 países. No decurso dessa Conferência foram adotadas varias resoluções relacionadas com a normalização cartográfica e, finalmente, uma resolução para formar um Serviço Hidrográfico Internacional composto por três diretores.

O Príncipe Alberto I do Mónaco, que tinha sido mantido a par dos trabalhos da Conferência, concordou generosamente em fornecer um edifício no Principado para sede da organização, onde ainda hoje permanece.

A história da hidrografia durante o século XX, ao longo do qual houve diversos progressos técnicos, pode ser seguida na 75ª Edição Comemorativa do Aniversário da publicação da Revista Hidrográfica Internacional, datada de Março de 1997.



## **A IMPORTÂNCIA DA HIDROGRAFIA**

Em primeiro lugar, é necessário considerar a definição de Hidrografia da OHI, que é a seguinte:

*O ramo das ciências aplicadas, que trata da medição e descrição das características dos mares e áreas costeiras, tendo como objetivo principal a navegação e todas as outras finalidades e atividades marítimas, incluindo, entre outras, atividades costeiras e oceânicas, de investigação, proteção do ambiente, e serviços de previsão. (OHI Pub. S-32)*

Portanto, o desenvolvimento de uma política marítima nacional exige uma capacidade bem desenvolvida para conduzir todas estas atividades que irão permitir a obtenção de conhecimentos básicos acerca das características geográficas, geológicas e geofísicas do leito do mar e do litoral, bem como acerca das correntes, marés e algumas propriedades físicas da água do mar. Todos esses dados deverão ser devidamente processados de modo a que a natureza do fundo do mar, a sua relação geográfica com a terra e as características e dinâmica do oceano possam ser rigorosamente conhecidas em todas as zonas nacionais de navegação. Resumindo, a Hidrografia, tal como é definida, é a chave para o progresso em todas as atividades marítimas, habitualmente de grande importância económica nacional.

Para intervir adequadamente nas áreas da segurança e controlo eficiente do tráfego marítimo, gestão das zonas costeiras, prospecção e exploração de recursos marinhos, proteção ambiental e defesa marítima é necessário criar um Serviço Hidrográfico.

O Serviço Hidrográfico, através da coleta sistemática de dados realizada na costa e no mar, produz e difunde informações que suportam a segurança da navegação marítima e a preservação do ambiente marinho, assim como a sua defesa e exploração.

## **ÁREAS DE COMPETÊNCIA ASSOCIADAS COM A HIDROGRAFIA**

### **Transporte Marítimo**

Mais de 80% do comércio internacional é transportado por via marítima. O comércio marítimo é um dos pilares da economia de uma nação. Muitas áreas e portos em todo o mundo não têm uma cobertura de cartografia náutica adequada ou rigorosa. Para uma navegação segura através das águas de um país, ao longo da sua costa e para demandar os seus portos são necessárias cartas náuticas atuais. A falta de cartas náuticas adequadas impede o desenvolvimento do comércio marítimo nas águas e nos portos das nações envolvidas.

A indústria marítima necessita de eficiência e segurança. Áreas mal cartografadas e com falta de informação podem tornar as viagens mais longas do que o necessário, e podem impedir o carregamento adequado dos navios, aumentando assim os custos associados. A poupança de tempo e dinheiro resultante da utilização de rotas mais curtas e mais profundas e a possibilidade de utilizar navios maiores ou carregar mais os navios podem trazer poupanças importantes para a indústria e comércio nacionais. É também muito importante notar que a Convenção SOLAS Capítulo V considera um navio inapto para navegar se não tiver a bordo as cartas náuticas, atualizadas, necessárias para realizar a viagem prevista.

A solução para estes problemas não seria possível sem a existência de cartas e mapas de qualidade, produzidos, continuamente atualizados e distribuídos por um Serviço Hidrográfico. Estas cartas, elaboradas a partir da informação recolhida durante a execução de levantamentos hidrográficos recentes, são necessárias para permitir que os maiores navios da atualidade naveguem através das

águas nacionais e demandem portos que, anteriormente, eram considerados pouco seguros, sendo por isso instrumentos essenciais para gerar rendimentos nas nações costeiras.

As cartas modernas fornecem também informações necessárias para criar os sistemas de roteamento estabelecidos pelas convenções internacionais e para satisfazer os interesses económicos dos estados costeiros.

### **Gestão de Zonas Costeiras**

A gestão adequada das zonas costeiras inclui aspectos como a construção de novos portos e a manutenção e desenvolvimento dos já existentes; operações de dragagens para a manutenção das profundidades constantes nas cartas e para o estabelecimento, monitorização e melhoramento dos canais; controlo da erosão costeira, recuperação de terras ao mar; estabelecimento e controlo de locais para o despejo de resíduos industriais; extração de depósitos minerais; atividades de aquacultura; transportes e projetos de obras públicas, incluindo construção de infra-estruturas perto da costa.

Os levantamentos hidrográficos precisos de grande escala proporcionam os dados primários essenciais para projetos que envolvam todos os itens citados anteriormente. Devido às rápidas mudanças a que está sujeita a linha de costa, os levantamentos devem ser atualizados com a frequência ditada por um processo de acompanhamento e análise. A informação recolhida pelos serviços hidrográficos acerca da zona costeira fornece contributos essenciais aos SIG (Sistemas de Informação Geográfica) da zona costeira, que são cada vez mais utilizados para melhorar a gestão global e o apoio à decisão no que diz respeito aos usos conflituantes dentro das regiões costeiras. Os utilizadores da informação hidrográfica vão além do grupo de utilizadores marítimos tradicionais, incluindo também as agências governamentais, gestores costeiros, engenheiros e cientistas.

### **Exploração e aproveitamento dos recursos marinhos**

Embora destinadas primariamente ao apoio da segurança da navegação, as extensas bases de dados acumuladas ao longo dos anos pelos serviços hidrográficos, juntamente com os diversos produtos e serviços oferecidos, são de considerável valor económico na assistência à gestão e exploração dos recursos marinhos naturais. Nos últimos anos, tornou-se mais evidente que serviços hidrográficos inadequados, não só restringe o crescimento do comércio marítimo, mas também conduz a atrasos dispendiosos na exploração dos recursos.

As áreas de sedimentos costeiras e oceânicas poderão conter depósitos de minerais, em especial hidrocarbonetos, que requerem levantamentos adequados para a sua identificação. Se a existência desses hidrocarbonetos for confirmada, levará as nações costeiras a desenvolver a exploração de hidrocarbonetos, o que implica a interpretação da morfologia do fundo do mar; a segurança da navegação para o transporte dessas cargas perigosas; a segurança das plataformas e dos sistemas de transmissão relacionados, de implementação dos poços de produção e colocação de gasodutos. Os dados batimétricos, de marés e meteorológicos fornecidos por um Serviço Hidrográfico constituem um elemento fundamental para o desenvolvimento de uma indústria de hidrocarbonetos.

A indústria da pesca é também uma fonte de riqueza nacional. Os pescadores precisam de informação marítima não só para a segurança da navegação dos seus navios, mas também para o lançamento seguro das suas artes de pesca, o que irá prevenir perdas onerosas. Além disso, cartas oceanográficas, compiladas e produzidas pelos serviços hidrográficos, são atualmente amplamente utilizadas pela indústria da pesca.

As atividades de pesca necessitam de cartas detalhadas, para:

- Evitar a perda dos navios e das artes de pesca devido a obstruções não detectadas ou mal cartografadas;
- Identificar zonas de pesca;
- Localizar áreas onde a pesca é limitada ou proibida.

Este tipo de informação está sujeita a alterações frequentes e necessita, portanto, de uma constante atualização. Os levantamentos hidrográficos são assim essenciais para a obtenção de informação atempada e atualizada devendo ser repetidos periodicamente.

A tendência da moderna ciência da pesca é no sentido de ser orientada para a gestão dos recursos. A informação batimétrica e outros dados oceânicos fornecerão um contributo importante para uma boa gestão e desenvolvimento das espécies.

### **Proteção e Gestão do Ambiente**

Um fator essencial para a proteção do ambiente consiste em ter uma navegação segura e exata. A poluição causada por destroços e derramamentos de petróleo são uma das principais fontes de danos cujas consequências económicas são mais devastadores do que é geralmente imaginado, tendo, em alguns casos, sido estimados valores da ordem dos 3 mil milhões de dólares para um único incidente.

O valor dos serviços de navegação para a proteção do ambiente marinho tem sido internacionalmente reconhecido. A este respeito, convém notar que o Capítulo 17 da Agenda 21 da Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente e o Desenvolvimento, realizada em 1992, reconheceu que **"a cartografia hidrográfica é de vital importância para a segurança da navegação"**.

### **Ciências Marinhas**

As ciências marinhas dependem em grande medida de informação batimétrica. Estudos sobre a maré em termos globais e modelos de circulação, modelos locais e regionais para uma ampla variedade de estudos científicos, a geologia/geofísica marinha, a largada/colocação de instrumentação científica e muitos outros aspectos da ciência marinha dependem da batimetria fornecida pelos Serviços Hidrográficos.

### **Infra-estrutura Nacional de Dados Espaciais**

Na era da informação é reconhecido pelos governos que uma boa qualidade e gestão adequada dos dados espaciais é essencial para o desenvolvimento económico e comercial, bem como para proteção ambiental. Devido a esse aspecto muitas nações implementaram infra-estruturas de dados espaciais nacionais, reunindo os serviços e os conjuntos de dados das principais instituições nacionais de dados espaciais de diversas áreas, como por exemplo, topografia, geodesia, geofísica, meteorologia, e batimetria. Os Serviços Hidrográficos são uma parte importante da infra-estrutura nacional de dados espaciais.

### **Delimitação de fronteiras marítimas**

Dados hidrográficos de qualidade é essencial para a correta delimitação das fronteiras marítimas, conforme é detalhado na Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar.

### **Defesa Marítima**

As Marinhas são grandes utilizadoras dos produtos de cartografia náutica, devendo estar preparados para uma projeção em diversas áreas do mundo, pelo que normalmente têm de manter um grande conjunto de cartas. Os riscos únicos associados ao transporte de munições e de material nuclear faz com que seja tão importante para esses navios ter informação atualizada. Os dados marinhos e as informações fornecidas pelos respectivos Serviços Hidrográficos nacionais apoiam uma variedade de produtos utilizados em operações navais. As operações navais de superfície, submarinas, anti-submarinas, caça-minas e operações terra-ar necessitam de produtos de informação náutica muito diversos. Os dados hidrográficos e oceanográficos necessários para a elaboração desses produtos devem estar disponíveis caso se pretenda otimizar o investimento nacional na Defesa.

### **Turismo**

As cartas náuticas de qualidade são particularmente importantes para o desenvolvimento da indústria do turismo, uma atividade economicamente importante, especialmente quando envolve navios de cruzeiro. O potencial da indústria dos navios de cruzeiro é especialmente importante para as nações em desenvolvimento. No entanto, esta importante fonte de receitas não pode ser devidamente desenvolvida se nas zonas remotas de atrações turísticas a segurança da navegação for comprometida ou limitada por falta de cartas náuticas adequadas. O turismo é uma das indústrias com mais crescimento do século XXI.

### **Navegação de Recreio**

A comunidade da náutica de recreio representa uma grande percentagem de navegadores. Geralmente, não é obrigatório para as embarcações de lazer que tenham cartas de navegação e os navegadores de recreio muitas vezes não atualizam as suas cartas. No entanto, o advento da informação digital cartográfica permite ao navegador de recreio ter informação cartográfica atualizada prontamente disponível juntamente com muitos tipos de informação de valor acrescentado, tal como a localização das marinas, etc. Esta evolução é susceptível de dar origem a que o sector recreativo de lazer venha a tornar-se um utilizador, cada vez maior, de dados hidrográficos, à medida que mais pessoas podem adquirir embarcações de recreio. Também, as receitas provenientes deste sector estão-se a tornar cada vez mais importantes para muitos países.

Como se pode ver, é extremamente difícil quantificar os benefícios económicos e comerciais decorrentes de um programa hidrográfico nacional, mas vários estudos realizados por estados-membros da OHI têm sugerido que o custo benefício é de cerca de 1:10 para as principais nações marítimas. É também verdade que os volumes do comércio marítimo estão continuamente a crescer e, no futuro, a exploração e o desenvolvimento sustentável das zonas marítimas nacionais tornar-se-á cada vez mais importante para os governos e para a indústria.

Importa igualmente assinalar que, na linguagem económica, o programa hidrográfico nacional é considerado como um "bem público". Isso significa que os serviços necessários para o interesse público não serão fornecidos em níveis ótimos apenas pelas leis do mercado. Em cada estado-membro da OHI a prestação de serviços hidrográficos é uma responsabilidade do governo central, como uma componente essencial do desenvolvimento da economia nacional. Esta global e importante dimensão económica do trabalho tem sido, por vezes, obscurecida pela ênfase no sector de interesses servidos pelos serviços hidrográficos, e mais recentemente por via legislativa ou requisitos regulamentares. É claro que a dimensão económica da Hidrografia merece mais atenção do que a que tem recebido no passado.

## CAPÍTULO 1 – PRINCÍPIOS DE LEVANTAMENTOS HIDROGRÁFICOS

### 1. INTRODUÇÃO

Os levantamentos hidrográficos lidam com a configuração do fundo marinho, áreas adjacentes aos oceanos, lagos, rios, portos, e outras formas de água na Terra. No sentido lato, os levantamentos hidrográficos são definidos como levantamentos em áreas com água. No entanto, atualmente podem incluir uma maior diversidade de objetivos tais como: medição de marés, correntes, gravidade, magnetismo terrestre, e determinação das propriedades físicas e químicas da água. O principal objetivo da maior parte dos levantamentos hidrográficos é obter dados para a compilação das cartas náuticas com ênfase nas estruturas que afetem a segurança da navegação. Outros objetivos incluem a aquisição da informação necessária para relacionar os produtos de navegação marítima com a administração das zonas costeiras, engenharia e ciência<sup>1</sup>.

Os objetivos dos levantamentos hidrográficos são<sup>2</sup>:

- Aquisição, com recurso a levantamentos sistemáticos efetuados no mar, ao longo da costa e em terra, de dados georreferenciados relacionados com:
  - ◆ Configuração da linha de costa, incluindo infra-estruturas construídas pelo homem para navegação marítima, ou seja, todas as estruturas em terra com interesse para o navegador.
  - ◆ Profundidades nas áreas de interesse (incluindo todos os potenciais perigos para a navegação e outras atividades marítimas).
  - ◆ Composição do fundo marítimo.
  - ◆ Marés e correntes.
  - ◆ Propriedades físicas da coluna de água.
- Processar a informação adquirida de forma a criar uma base de dados capaz de alimentar a produção de mapas temáticos, cartas náuticas e outro tipo de documentação com os seguintes propósitos:
  - ◆ Navegação marítima e gestão de tráfego.
  - ◆ Operações Navais
  - ◆ Administração de zonas costeiras.
  - ◆ Preservação do meio marinho.
  - ◆ Exploração dos recursos marinhos e colocação de cabos submarinos/oleodutos.
  - ◆ Definição das fronteiras marítimas (implementação da Lei do Mar).
  - ◆ Estudos científicos.

---

<sup>1</sup> NOAA Hydrographic manual Part-1, Edição de 4 de Julho 1976, P-2-1, [www.thsoa.org/pdf/hm1976/part1ch123.pdf](http://www.thsoa.org/pdf/hm1976/part1ch123.pdf)

<sup>2</sup> Organização Hidrográfica Internacional, Mônaco, National Maritime Policies and Hydrographic Services (M-2), P-13.

Os navegadores têm uma fé inquestionável nas cartas náuticas, de tal forma que, na ausência da representação de um perigo, eles acreditam na sua inexistência. A carta náutica é o produto final de um levantamento hidrográfico. A sua exatidão e adequação estão dependentes da qualidade dos dados adquiridos nos levantamentos hidrográficos<sup>3</sup>. A carta náutica é um retrato gráfico do ambiente marítimo representando a natureza e a forma da costa, as profundidades e caracterização e configuração do fundo marinho, a localização dos perigos à navegação, os ciclos de maré, as ajudas à navegação construídas pelo homem e as características do magnetismo terrestre. A forma atual de uma carta pode variar da carta tradicional em papel até à carta electrónica.

Uma carta electrónica não é meramente a versão digital da carta de papel; ela introduz uma nova metodologia de navegação com capacidades e limitações bastante diferentes da carta em papel. Segundo a Organização Marítima Internacional, a carta electrónica tornou-se legalmente equivalente à carta de papel. Divergências quanto aos objetivos levaram à criação de várias cartas denominadas de “nova geração”. As cartas batimétricas construídas a partir de dados digitais ou de dados adquiridos com sondadores multifeixe permitem visualizar o relevo submarino por meio de tons de azul e isóbatas. De modo análogo, as imagens obtidas com sonares laterais têm sido publicadas em cartas ou atlas de forma a caracterizar as grandes estruturas geomorfológicas. Tais cartas, já não têm como objetivo principal a segurança da navegação, mas sim o conhecimento do ambiente requerido para navegação submarina, pesquisa oceanográfica ou aplicações industriais, como a colocação de cabos submarinos, exploração mineira e petrolífera submarina.

Os levantamentos hidrográficos estão a passar por mudanças fundamentais na tecnologia de medição. Os sistemas multifeixe acústicos e os sistemas laser aerotransportados providenciam praticamente uma cobertura e medição total do fundo em contraste com os anteriores sistemas de aquisição por perfis batimétricos. A capacidade para posicionar os dados com exatidão no plano horizontal aumentou imenso devido à disponibilidade dos sistemas de posicionamento por satélite, particularmente quando são aplicadas técnicas diferenciais. Este avanço na tecnologia foi particularmente significativo pois permite que os navegadores determinem a sua própria posição com maior exatidão do que a dos dados usados na construção de cartas náuticas<sup>4</sup> mais antigas.

## **2. LEVANTAMENTOS HIDROGRÁFICOS**

### **2.1. Especificações dos Levantamentos**

Os requisitos para os levantamentos hidrográficos surgem como resultado de decisões políticas, de informações e pedidos dos utilizadores dos produtos, das necessidades de defesa nacionais e outras exigências. Numa fase inicial, o projeto de um determinado levantamento hidrográfico é sujeito a uma avaliação de todos os requisitos conhecidos e o estabelecimento de prioridades. Entre os diversos fatores objetivos e subjetivos que influenciam o estabelecimento de prioridades estão os objetivos nacionais e da agência produtora, as medidas quantitativas e qualitativas da navegação marítima, a adequabilidade dos levantamentos existentes e a taxa de variação da topografia submarina na área<sup>5</sup>.

Para acomodar de forma sistemática os requisitos das diferentes exatidões de acordo com as áreas a serem levantadas foram definidas quatro ordens de levantamentos pela Organização

---

<sup>3</sup> NOAA Hydrographic manual Part-1, Edição de 4 de Julho 1976, P-2-1, [www.thsoa.org/pdf/hm1976/part1ch123.pdf](http://www.thsoa.org/pdf/hm1976/part1ch123.pdf)

<sup>4</sup> Organização Hidrográfica Internacional, Mónaco, National Maritime Policies and Hydrographic Services (M-2), P-19.

<sup>5</sup> NOAA Hydrographic manual Part-1, Edição de 4 de Julho 1976, P-2-1, [www.thsoa.org/pdf/hm1976/part1ch123.pdf](http://www.thsoa.org/pdf/hm1976/part1ch123.pdf)

Hidrográfica Internacional na publicação S-44 5ª edição 2008. Estes requisitos estão descritos nos parágrafos subsequentes. A tabela 1 resume os requisitos gerais mas deve ser lida em conjunto com a norma completa<sup>6</sup>.

### **2.1.1. Ordem Especial**

Esta é a ordem mais rigorosa das ordens e o seu uso é intencionado só para áreas críticas onde navegação típica tem reduzido resguardo ao fundo. Devido ao resguardo ao fundo ser crítico, é necessário efetuar uma busca total do fundo e o tamanho das estruturas a serem detectadas é mantido deliberadamente reduzido. Considera-se pouco provável que levantamentos de Ordem Especial sejam efetuados em áreas com mais de 40 metros de profundidade. Exemplos de áreas que possam justificar levantamento de Ordem Especial são os portos e as respectivas aproximações, as zonas de atracação e os canais de navegação.

### **2.1.2. Ordem 1a**

Esta ordem é intencionada para áreas onde a profundidade é suficientemente reduzida para se considerar que estruturas no fundo do mar constituem uma preocupação para o tipo de navegação de superfície esperada para a área, mas onde o resguardo ao fundo não é tão crítico como nas áreas alvo de levantamentos de Ordem Especial. Devido a essa preocupação é requerida uma busca total do fundo, no entanto a dimensão das estruturas a detectar é maior que a definida para a Ordem Especial. O resguardo ao fundo é menos crítico à medida que a profundidade aumenta, por isso a dimensão das estruturas a detectar aumenta em áreas onde a profundidade é superior a 40 metros. Em princípio, os levantamentos de Ordem 1a devem ser realizados apenas em áreas com menos de 100 metros de profundidade.

### **2.1.3. Ordem 1b**

Esta ordem é intencionada para áreas onde a profundidade é inferior a 100 m e onde um conhecimento geral do fundo é considerado adequado para o tipo de navegação esperada. Nesta ordem de levantamento não é requerida a busca total do fundo, o que significa que algumas estruturas possam não ser detectadas, sendo o tamanho dessas estruturas definido pelo espaçamento máximo entre fiadas. Um exemplo será uma área onde as características do fundo são tais que a probabilidade de encontrar uma estrutura no fundo do mar que represente perigo para a navegação de superfície esperada é reduzida.

### **2.1.4. Ordem 2**

Esta é a ordem menos rigorosa e destina-se a áreas onde a profundidade é tal que um conhecimento geral do fundo é considerado adequado. Neste tipo de levantamento não é requerida a busca total do fundo. Este tipo de levantamento é recomendado para áreas de profundidades superiores a 100 m. Para essas profundidades, é extremamente improvável não seja detectada por um levantamento de Ordem 2 a existência de estruturas com dimensões suficientemente grandes com impacto na navegação de superfície.

## **2.2. Planeamento do levantamento**

O planeamento de levantamentos hidrográficos cobre uma vasta gama de atividades desde o desenvolvimento da ideia para o levantamento no Serviço Hidrográfico, a subsequente elaboração das Instruções do Projeto/Instruções Técnicas (IT), ao planeamento detalhado e preparação da plataforma de sondagem de forma a cumprir a tarefa prática.

---

<sup>6</sup> Organização Hidrográfica Internacional, Mónaco, IHO Standards for Hydrographic Surveys (S-44), 5ª edição 2008.

O planejamento de levantamentos implica ligações inter-governamentais, cooperação diplomática e atribuição de numerosos e dispendiosos recursos. Cobre também a ordenação por prioridades dos recursos e das tarefas diárias da plataforma empregue na sondagem. O planejamento de sondagem envolve a integração coerente de todas estas atividades de forma a realizar uma tarefa específica.

Um levantamento começa muito antes da fase de aquisição de dados. Antes, devem ser decididos alguns elementos, tais como<sup>7</sup>:

- ◆ Área exata do levantamento.
- ◆ Tipo de levantamento e escala para satisfazer os requisitos da carta náutica a ser produzida.
- ◆ Extensão do levantamento (curta ou longa duração).
- ◆ Plataformas disponíveis (navios, lanchas, aeronaves, navios contratados, acordos de cooperação).
- ◆ Trabalhos de apoio necessários (fotografia aérea ou de satélite, geodesia, marés).
- ◆ Fatores limitativos (orçamento, constrangimentos políticos e operacionais, limitações dos sistemas de posicionamento, logística).

---

<sup>7</sup> Bowditch – The American Practical Navigator, P-411, <http://www.irbs.com/bowditch/>



**Tabela 1 – Requisitos Mínimos para Levantamentos Hidrográficos***(para ser lido em conjugação com o texto integral da publicação S-44 5ª Edição 2008)*

Referência	Ordem	Especial	1a	1b	2
Capítulo 1	Descrição de áreas	Áreas onde o resguardo ao fundo é crítico	Áreas com profundidades inferiores a 100 metros onde o resguardo ao fundo é menos crítico, mas onde possam existir estruturas que constituem preocupação para a navegação de superfície	Áreas com profundidades inferiores a 100 metros onde o resguardo ao fundo não é considerado uma limitação para a navegação de superfície esperada para a área	Áreas com profundidades geralmente superiores a 100 metros onde o conhecimento geral do fundo é considerado adequado
Capítulo 2	Máxima THU admissível (95% de nível de confiança)	2 metros	5 metros + 5% da profundidade	5 metros + 5% da profundidade	20 metros + 10% da profundidade
Parágrafo 3.2 e nota 1	Máxima TVU admissível (95% de nível de confiança)	a = 0.25 metros b = 0.0075	a = 0.5 metros b = 0.013	a = 0.5 metros b = 0.013	a = 1.0 metros b = 0.023
Glossário e nota 2	Busca total do fundo	Obrigatória	Obrigatória	Não obrigatória	Não obrigatória
Parágrafo 2.1 Parágrafo 3.4 Parágrafo 3.5 e nota 3	Capacidade de detecção de estruturas	Estruturas cúbicas > 1 metro	Estruturas cúbicas > 2 metros, em profundidades até aos 40 metros ou 10% da profundidade para além dos 40 metros	Não aplicável.	Não aplicável.
Parágrafo 3.6 e nota 4	Espaçamento máximo recomendado entre fiadas de sondagem	Não aplicável. Requerida busca total do fundo	Não aplicável. Requerida busca total do fundo	3 x profundidade média ou 25 metros, o que for maior Para LIDAR batimétrico um espaçamento local de 5 x 5 metros	4 x profundidade média
Capítulo 2 e nota 5	Ajudas à navegação fixas e objetos conspícuos para a navegação (95% de nível de confiança)	2 metros	2 metros	2 metros	5 metros
Capítulo 2 e nota 5	Linha de costa e topografia de costa menos importante para a navegação (95% de nível de confiança)	10 metros	20 metros	20 metros	20 metros
Capítulo 2 e nota 5	Posição média das ajudas à navegação flutuantes (95% de nível de confiança)	10 metros	10 metros	10 metros	20 metros

Ver as notas na página seguinte. (Texto integral da S-44 5ª Edição disponível gratuitamente a partir de [www.iho.org](http://www.iho.org))

Notas:

1. Reconhecendo que existem incertezas constantes e incertezas dependentes da profundidade que afetam a incerteza na determinação das profundidades, utiliza-se a fórmula em baixo para calcular, a um nível de confiança de 95%, a incerteza vertical total (TVU) máxima admissível. Os parâmetros “a” e “b” para cada Ordem, indicados na tabela, juntamente com a profundidade “d” são introduzidos na fórmula de modo a calcular a TVU máxima admissível para uma profundidade específica:

$$\pm \sqrt{a^2 + (b * d)^2}$$

Onde,

- a representa a porção da incerteza que não varia com a profundidade
  - b é o coeficiente que representa a porção da incerteza que varia com a profundidade
  - d é a profundidade
  - b\*d representa a porção de incerteza que varia com a profundidade
2. Para questões de segurança da navegação, o uso de um sistema de varredura mecânica com exatidão de forma a garantir uma profundidade mínima de segurança na área, pode ser considerado suficiente para levantamentos de Ordem Especial e Ordem 1a.
  3. Uma estrutura cúbica é definida como um cubo regular. Deve ser notado que os requisitos de capacidade de detecção de estruturas da Ordem Especial e Ordem 1a da OHI são requisitos mínimos. Em certas circunstâncias poderá ser necessário aos Serviços/Organizações Hidrográficas detectar estruturas mais pequenas para minimizar o risco de não detecção de perigos para a navegação de superfície. Para a Ordem 1a, foi considerado o relaxamento do critério de detecção de estruturas devido a ser considerado o valor máximo esperado para o calado de navios
  4. O espaçamento de fiadas pode ser aumentado se forem utilizados procedimentos para garantir uma adequada densidade de sondagem. O “espaçamento máximo entre fiadas” deve ser interpretado da seguinte forma:
    - espaçamento entre fiadas para sistemas de feixe simples, ou a
    - distância entre os limites externos utilizáveis dos sistemas de varrimento.
  5. Estas só se aplicam onde tais medições são necessárias para o levantamento

## 2.2 Continuação do Planeamento do Levantamento

Uma vez decididas estas questões, toda a informação na área do levantamento é revista. Isto inclui fotografia aérea, dados de satélite, mapas topográficos, cartas náuticas existentes, informação geodésica, informação de marés e qualquer outra coisa que afete o levantamento. Normalmente, o Serviço Hidrográfico leva a cabo este planeamento estratégico dos levantamentos em cooperação com outras organizações e, a partir daí serão compiladas e emitidas pelo Hidrógrafo responsável as Instruções do Projeto/Instruções Técnicas (IT). As ITs, dependendo do tipo de levantamento, deverão incluir parte ou a totalidade dos seguintes pontos<sup>8</sup>:

---

<sup>8</sup> Admiralty, General Instructions for Hydrographic Surveys (GIHS), 6ª edição, 1992, P-5-3.

- ◆ Limites do levantamento.
- ◆ Resolução e requisitos dos dados.
- ◆ Método de controlo do posicionamento, juntamente com a exatidão esperada.
- ◆ Uso que será feito do sonar.
- ◆ Como deve ser efetuado o relatório do levantamento e a data alvo para conclusão, se adequado.
- ◆ Descrição generalizada, e por vezes detalhada, das razões para as prioridades do levantamento, métodos a serem utilizados, orientações, instruções e outras informações orientadoras consideradas relevantes.

Além disso, em apêndice às ITs deverão ser dadas instruções ou orientações relativas ao seguinte:

- ◆ *Datum* horizontal, projeto e quadrícula a ser usada.
- ◆ Navios afundados na área.
- ◆ Tipo de observações necessárias e *datum* vertical utilizado nas marés.
- ◆ Instruções particulares referentes a recolha de dados oceanográficos, geofísicos, para os roteiros, fotografia aérea, etc.

Após a recepção das ITs, o hidrógrafo responsável pelo planeamento do levantamento compila a informação de velocidade do som na água, climatologia, dados de claridade de água, dados de levantamentos anteriores e a informação constante na listas de luzes, roteiros e avisos aos navegantes. A informação de marés é cuidadosamente revista e são escolhidos os locais para os marégrafos. Os dados de controlo vertical locais são inspecionados de forma a antever se cumpre os requisitos de exatidão pretendidos, para que os marégrafos possam ser ligados ao *Datum* vertical usado no levantamento. O controlo horizontal é revisto de forma a verificar a exatidão e se existem discrepâncias, e determinar a localização de pontos de apoio à sondagem para a localização dos sistemas de posicionamento.

Para a eficiência do levantamento deve ser desenvolvido um plano geral de sondagem e subsequentemente planos específicos localizados. O plano geral do levantamento indica o modo como o levantamento é planeado, executado e processado. Este plano deve ser bem idealizado e robusto de forma a ter em conta o maior número de contingências possíveis. Este plano inclui o treino, *software*, atualizações e manutenção de equipamentos, logística, requisitos dos dados, prazos, segurança e condições meteorológicas. O plano específico local deverá incluir notificações locais, planeamento das fiadas, *datum*, densidade de dados, equipamento e pessoal específico, que irá atender aos requisitos do plano geral de sondagem. Alguns tópicos são descritos de seguida:

- O treino de hidrógrafos deverá ser efetuado durante o levantamento de forma a assegurar que as competências adequadas são mantidas.
- O *software* de processamento e gravação dos dados é crítico num levantamento. Este deverá ser de utilização amigável e o pessoal envolvido na sua utilização deverá estar bem familiarizado com todas as suas funções.
- Deverá ser selecionado de forma conveniente o tipo de embarcação e equipamentos de sondagem. Alguns equipamentos serão mais apropriados para alguns tipos específicos de levantamentos enquanto outros terão uma utilização mais generalizada. É essencial que seja efetuada uma seleção adequada.

- O fim a que se destina o levantamento ditará os requisitos dos dados (densidade, cobertura e exatidão). Porém, o máximo de requisitos deverão ser abordados, se não houver nenhum acréscimo no custo e na duração do levantamento.
- Os prazos são frequentemente um elemento crítico num levantamento hidrográfico. A necessidade dos dados está normalmente associada a um prazo específico, restringindo em tempo a aquisição e processamento dos dados. Isto requer que os recursos humanos e equipamentos sejam os adequados para satisfazer essa necessidade. Em alguns casos, se o prazo não pode ser cumprido, então o levantamento simplesmente não será pedido e serão usadas outras fontes. Considerando isto, é importante planejar e analisar todos os aspectos do planeamento geral do levantamento tendo em vista o elemento chave: a capacidade de cumprir o prazo.
- A segurança é primordial. É da responsabilidade do encarregado do trabalho de campo avaliar todas as situações potenciais de perigo. Caso exista algum perigo identificado, este necessita de ser considerado antes de se continuar com a atividade.
- As comunicações às autoridades locais/ capitánias devem ser efetuadas com a devida antecedência de forma a estes poderem informar os marítimos locais.
- As fiadas principais num levantamento com sistema multifeixe deverão seguir a batimetria. Isto permite reduzir as variações na cobertura do fundo devido às diferenças nas profundidades. Porém, ao usar um sistema de feixe simples, as fiadas principais de sondagem devem ser perpendiculares à batimetria, permitindo desta forma detectar mudanças no fundo marinho. As fiadas principais de sondagem nos sistemas de multifeixe também deverão ser adequadamente espaçadas de forma a satisfazer os requisitos do levantamento garantindo a adequada densidade de dados ou a sobreposição entre faixas adjacentes.
- O *Datum* de referência é parte integrante dos dados. É requerido, pela boa prática hidrográfica, a indicação, de forma clara no levantamento publicado, a referência horizontal e vertical utilizada e os procedimentos para estabelecer o *Datum* para o levantamento. O WGS-84 está a ser utilizado mundialmente.
- A densidade de dados irá variar com base no tipo de levantamento, profundidade de água e necessidade. O método de levantamento vai ser determinado pelos equipamentos disponíveis, o pessoal e as condições locais na área de sondagem. Se só estiver disponível um sistema de feixe simples a densidade de dados será menor. No caso dum sistema multifeixe, quanto maior a profundidade menor a densidade de dados, exceto se forem efetuadas múltiplas passagens. O tipo de levantamento irá ditar os requisitos de redundância ou de sobreposição dos dados.
- É importante normalizar os equipamentos o mais possível de forma a limitar o treino, manutenção e despesas de operação.

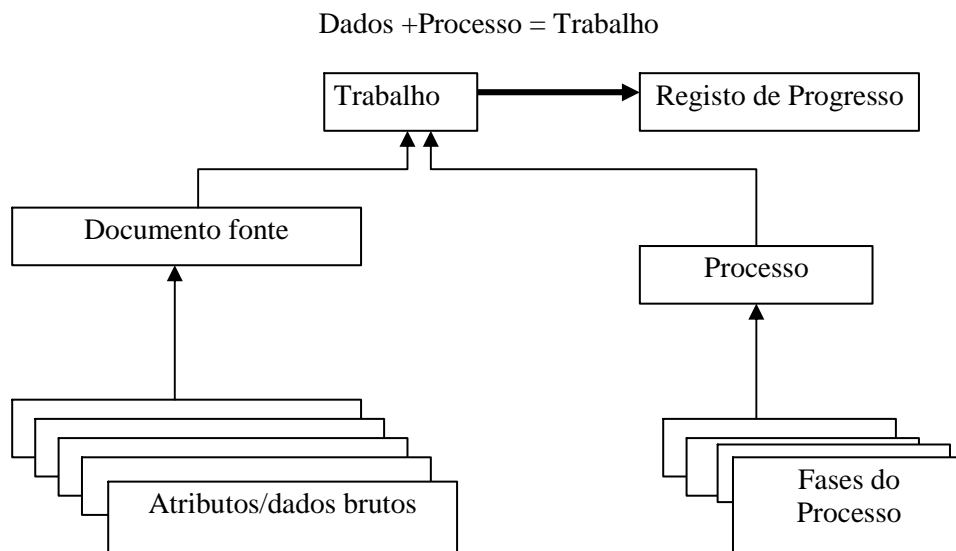
### 2.3. Aquisição de dados

A aquisição de dados depende de numerosos fatores. Os requisitos do levantamento, a plataforma e equipamento disponível e do tempo especificado para uma tarefa particular irá determinar a quantidade de dados a ser recolhidos. Uma grande quantidade de dados pode ser adquirida utilizando os equipamentos e *softwares* hidrográficos mais recentes tais como os sistemas multifeixe. Especificamente, o propósito do levantamento irá ditar os requisitos dos dados (densidade, cobertura e exatidão dos dados). Porém, se não houver impactos no prazo e nos custos, poder-se-á adquirir a maior quantidade de dados possível durante o levantamento. A aquisição de dados deve ser efetuada de forma metódica, começando num extremo da área e terminando no outro.

Deve ser notado que redundância de dados não é a mesma coisa que densidade de dados. Densidade de dados é o número de sondas por unidade de área, enquanto que redundância de dados é a quantidade de dados que se sobrepõem ou dados que são adquiridos no mesmo local em alturas diferentes. O tipo de levantamento define a redundância e os requisitos de sobreposição de dados. A densidade de dados é importante em levantamentos com cobertura total de fundo assegurando que os objetos/obstruções sejam localizadas. Estes conceitos necessitam de estar perfeitamente compreendidos para que o requisitante e o executante do levantamento o façam de forma a garantir os padrões especificados pela OHI.

#### 2.4. Processamento de dados

O processamento de dados deve ser sujeito a um processo rigoroso de controlo de qualidade. Os dados hidrográficos ou são adquiridos por sistemas automatizados ou são convertidos em formatos automatizados. A fase final de processamento e impressão é efetuada em computadores de escritório ou a bordo. A metodologia padrão de um levantamento hidrográfico é a recolha – processamento – recolha<sup>9</sup>. Desta forma os dados adquiridos são processados e subsequentemente as zonas de falhas e as áreas com dados duvidosos são levantadas novamente. A maioria dos sistemas hidrográficos é capaz de efetuar as operações finais no campo, em que os dados do levantamento são adquiridos, processados, impressos e analisados no campo. É necessário um planeamento abrangente do levantamento para uma abordagem integrada que gere a linha base para todas as operações em tempo real e de pós processamento no sistema. Um exemplo deste modelo é ilustrado a seguir<sup>10</sup>:



**Figura 1.1 – "Modelo para o processamento de dados"**

Este modelo descreve os diferentes processos que, idealmente, podem controlar a informação hidrográfica. O processo contém diversos passos. Os comentários de cada passo do processo conjuntamente com os resultados e estatísticas deverão ser guardados num registo de progresso. Similarmente, a origem e informação geral de qualidade de quaisquer dados novos será descrita num documento de origem armazenado na base de dados.

<sup>9</sup> B. Bourgeois, F. Petry, M. Harris & P. Alleman, "A GIS Integration Approach for Dynamically Reconfigurable Surveys", The Hydrographic Journal, January 1999, P 3-10.

<sup>10</sup> Pentti Junni & Ralf Lindgren, "The Hydrophic Information System – Co-operation, Concept and Future", Finish Maritime Administration, <http://www.esri.com/library/userconf/proc97/proc97/pap619/p619.html>

O requisito fundamental do processamento de dados é gerar dados válidos; dados que tenham sido suficientemente processados i.e. que passaram por vários procedimentos em diversas fases ou que se encontrem representados de tal forma que possam ser avaliados. Estes procedimentos/etapas de processamento poderão ser aplicados em tempo real ou em pós-processamento mas dever-se-á assegurar que o produto final se encontra em conformidade com os padrões e especificações definidas pela OHI.

Diversos cuidados deverão ser tidos em conta ao processar os dados brutos. Deverá ser assegurado que todos os erros foram eliminados e que foram aplicadas as correções necessárias, e.g. os fatores de calibração e os desvios (*offsets*) dos sensores, ou aplicados os valores variáveis tais como a velocidade propagação do som na água e os valores da maré. O processamento deverá esforçar-se para usar todas as fontes disponíveis de informação de forma a confirmar a presença de sondas significativas para a navegação e dados de qualidade. Abaixo descrevem-se, de forma não exaustiva, alguns passos do processamento e a sua sequência, que deverão ambos ser interpretados como uma mera indicação<sup>11</sup>:

- ◆ **Posição:** Integração dos dados de posicionamento de diversos sensores (se necessário), validando os dados de posicionamento e eliminando os saltos de posicionamento.
- ◆ **Correções de profundidade:** Deverão ser aplicadas correções para variações do nível de água, medições dos sensores de atitude e variações do caimento da embarcação (e.g. variações de *squat* com a velocidade; e variações devido ao consumo de combustível ao longo do tempo). Deverá ser possível reprocessar os dados aos quais foram aplicadas correções em tempo real.
- ◆ **Correções de atitude:** Dados de atitude (variações de proa, cabeceio e balanço) deverão ser validados e os saltos eliminados.
- ◆ **Velocidade de propagação do som na água:** As correções devido á refração deverão ser calculadas e aplicadas; Se estas correções já tiverem sido aplicadas em tempo real durante o levantamento, deverá ser possível reprocessar usando outro perfil de velocidade. Com o advento dos sistemas multifeixe a aplicação da velocidade do som tornou-se crítica.
- ◆ **Integração das posições com as profundidades:** A latência (atraso em tempo) e os desvios geométricos entre os sensores têm que ser tidos em consideração.

## 2.5. Análise de dados

A exatidão dos resultados das medições nos levantamentos deverá ser sempre mencionada, de forma a mostrar o quanto eles são bons ou confiáveis. Em virtude de nenhum equipamento estar completamente livre de erros, esses erros são introduzidos em todas as observações. Além disso, são introduzidos erros nos cálculos através das aproximações feitas pelas fórmulas ou pelos arredondamentos. As técnicas de observação são concebidas de forma a eliminar todos os erros exceto os pequenos erros aleatórios, que podem ser analisados através de técnicas rigorosas de forma a quantificar a exatidão das observações. De seguida são descritos vários erros, as respectivas dimensões e os procedimentos para a sua eliminação:

ERROS	DIMENSÃO	ELIMINAÇÃO

<sup>11</sup> IHO, Mônaco, Carta Circular 45/2001, “Guidelines for the Processing of High Volume Bathymetric Data”, Para-3.2, datada de 5 Outubro de 2001.

<b>Grosseiro</b>	Grande	Treino, procedimentos cuidadosos
<b>Constantes</b>	Geralmente pequeno, mas fixo	Calibrações ou procedimentos
<b>Periódicos</b>	Geralmente pequeno, mas variável	Procedimentos (repetição), mesmo para grandes erros
<b>Aleatórios</b>	Geralmente pequeno	Apenas reduzidos pela repetição

Os erros Constantes, Sistemáticos e Periódicos são frequentemente denominados como "Erros Sistemáticos". Os erros Constantes e Sistemáticos são acumulativos e portanto não podem ser reduzidos através de repetição. Os erros aleatórios estão presentes em todas as observações, por isso os resultados dessas observações nunca podem ser exatos. Estes erros tanto podem ser positivos como negativos e o mais provável é que o seu tamanho seja reduzido.

É importante referir que não há nenhum método de ajustamento que se possa obter uma solução precisa a partir de observações imprecisas. Todos os erros deverão ser eliminados antes do ajustamento, exceto os pequenos erros aleatórios. Porém, poderá ser possível isolar um erro sistemático através da análise, desde que se tenha suficientes dados disponíveis. É claramente desejável saber quando existem erros Constantes e/ou Sistemáticos nas observações. Os erros constantes são frequentemente de difícil detecção, e podem só ficar aparentes durante os cálculos ou em verificações específicas, como por exemplo, a detecção de uma má calibração de um cristal de um telurómetro, este só pode ser detectado se compararmos esse distanciómetro com outro. Contudo, os erros periódicos e aleatórios poderão ser descobertos analisando uma série de observações. A diferença algébrica entre cada observação e a média de todas as observações é denominado o Resíduo dessa observação. Se só existirem erros aleatórios nas observações, então os Resíduos variarão aleatoriamente em magnitude e sinal. No caso de existirem erros sistemáticos as magnitudes e/ou os sinais dos Resíduos mostrarão tendências sistemáticas. De forma a facilitar a análise dos dados, os atributos dos dados brutos e metainformação deverão ser mencionados para subsequente avaliação.

## 2.6. Qualidade dos dados

A qualidade dos dados é referente à sua aptidão para utilização. Tem a haver com até que ponto os dados ou o mapa resultante satisfazem as necessidades da pessoa que a julga. Os erros são a diferença entre os dados reais e os verdadeiros. Os erros são de primordial importância para a qualidade. Muitas vezes, de uma forma generalizada, o termo erro descreve todo o tipo de efeitos que façam divergir os dados dos valores que devem apresentar<sup>12</sup>. De forma a permitir uma avaliação qualitativa dos dados do levantamento é necessário registar ou documentar certa informação conjuntamente com os dados. Essa informação é importante de forma a permitir a exploração/manuseamento dos dados do levantamento por uma variedade de utilizadores com diferentes requisitos, especialmente quando esses requisitos não são conhecidos na altura da aquisição dos dados. Ao processo de documentação da qualidade de dados chama-se atribuição de dados; a informação sobre a qualidade de dados é designada por metainformação. A metainformação deverá incluir pelo menos a seguinte informação<sup>13</sup>:

- ◆ Informações gerais sobre o levantamento, como a data, área, equipamento utilizado, nome da plataforma utilizada no levantamento.

<sup>12</sup>Patrick McGlamery, "Issues of Authenticity of Spatial data", Universidade de Connecticut E.U.A., 66ª Conferência geral e Conselho da IFLA, <http://magic.lib.uconn.edu>.

<sup>13</sup>International Hydrographic Organization, Monaco, IHO Standards for Hydrographic Surveys (S-44), secção 5.2, 5ª edição 2008.

- ◆ O sistema de referência geodésico usado, i.e. *Datum* horizontal e vertical; incluindo as ligações ao WGS 84, se foi utilizado um *Datum* local.
- ◆ Procedimentos de calibração e resultados.
- ◆ Velocidade de propagação do som na água.
- ◆ Redução e *Datum* maregráfico.
- ◆ Exatidões alcançadas e os respectivos níveis de confiança.

A metainformação deverá estar preferencialmente em formato digital e fazer parte integrante do registo do levantamento. Se não for exequível, deverá ser incluída informação semelhante na documentação do levantamento. A qualidade dos dados pode ser alcançada pelo controle de qualidade efetivo por meios automáticos ou manuais<sup>14</sup>.

- ◆ **Controlo de qualidade automático (Não interativo):** Neste tipo de controlo, as coordenadas (i.e. posições e profundidades) adquiridas deverão ser controladas automaticamente por um programa que use algoritmos estatísticos adequados que se encontrem documentados, testados e que produzam repetibilidade e resultados precisos.
- ◆ **Controlo de qualidade manual (interativo):** Neste tipo de controlo, o uso de ferramentas 3D é fortemente recomendado. Estas ferramentas deverão permitir efetuar facilmente “*zooms*” dos dados. O processo interativo deverá oferecer diferentes modos de visualização, como por exemplo, visualização das profundidades, dos erros, perfis individualizados, individualização de cada feixe, imagem de retrodifusão (*backscatter*), etc. Conjuntamente com a visualização dos dados, o *software* deverá permitir visualizar outra informação útil como por exemplo a linha de costa, navios afundados, ajudas à navegação, etc. A edição dos dados deverá ser possível em todos os modos e deverá incluir uma opção de auditoria. Se possível, os dados a visualizar deverão estar georreferenciados. Pelo menos para levantamentos de Ordem Especial e Ordem1, as chamadas de atenção (*flags*) que apareçam durante a fase automática correspondentes a profundidades menores que as da área circundante, deverão requer explicitamente ação por parte do operador. Se, durante a fase automática, o operador rejeitar uma chamada de atenção essa chamada de atenção deverá ficar documentada. Se o operador colocar uma chamada de atenção, o tipo de chamada deve ser identificada.

## 2.7. Qualidade de dados – Apresentação

### 2.7.1. Diagramas de fiabilidade da carta

Tradicionalmente, a avaliação da qualidade dos dados batimétricos tem sido um procedimento subjetivo. Para o utilizador, a qualidade dos dados apresentados é avaliada pelo diagrama de fiabilidade da carta. Este diagrama é mostrado como uma inserção na carta e indica as áreas levantadas juntamente com algum detalhe, por exemplo, escala do levantamento, espaçamento entre fiadas, ordem e ano do levantamento. Infelizmente, a própria natureza da informação mostrada num diagrama de fiabilidade, de forma a permitir ao utilizador aferir a qualidade dos dados, está fortemente limitada. Por exemplo, se o utilizador da carta não souber o que significa um levantamento efetuado antes de 1970, ou o que se pode deduzir de um espaçamento entre

---

<sup>14</sup> IHO, Monaco, Circular Letter 45/2001, “Guidelines for the Processing of High Volume Bathymetric Data”, Para-3.3, datada de 5 Outubro 2001



fiadas de "n" metros, então o diagrama de fiabilidade será de pouca utilidade na interpretação da qualidade dos dados de profundidade.

O conceito original do diagrama de fiabilidade era classificar em bom, satisfatório ou pobre a qualidade dos dados do levantamento e representar essas classificações num diagrama. A sua intenção era proporcionar ao navegante a capacidade de avaliar o perigo de se afastar da rota recomendada. No entanto, houve uma preocupação crescente devido à complexidade do diagrama de fiabilidade e à dificuldade em manter a simplicidade adequada para o utilizador da carta. Se estes forem demasiados complicados tornam-se difíceis de construir em termos cartográficos, são mais propensos a erros na construção e a sua utilidade será ignorada pelos navegantes.

Os diagramas de fiabilidade ficaram aquém do seu objetivo fundamental que era providenciar uma indicação simples da qualidade dos dados para os navegantes. Além disso, dadas as capacidades de navegação precisa que a CEN (Carta Electrónica de Navegação) e o ECDIS (*Electronic Chart Display and Information System*) necessitam, os utilizadores requerem uma avaliação objetiva da qualidade dos dados de forma a usarem prudentemente a informação disponível. Tornou-se necessário criar uma alternativa ao diagrama de fiabilidade como indicador final da qualidade.

Os diagramas de compilação e variações similares apresentam as mesmas limitações.

### **2.7.2. Zonas de Confiança (ZOC)**

O conceito de ZOC foi desenvolvido pela OHI para providenciar um meio de classificar os dados batimétricos. As ZOC providenciam ao navegante, de uma forma simples e lógica, a confiança que a autoridade nacional competente tem num dado conjunto de dados batimétricos. Procuram classificar áreas para navegação, identificando os diferentes níveis de confiança que podem ser colocados nos dados subjacentes usando uma combinação dos seguintes critérios:

- ◆ Exatidão da posição e da profundidade,
- ◆ Eficácia da pesquisa do fundo, e
- ◆ Conformidade com um plano de qualidade aprovado.

Baseadas neste conceito foram desenvolvidas seis ZOC e subsequentemente aprovadas e incluídas na publicação da OHI IHO S-57. As ZOC A1, A2 e B são baseadas em levantamentos recentes e futuros, especialmente as ZOC A1 e A2 onde é requerida uma pesquisa completa do fundo. As ZOC C e D refletem uma menor exatidão e uma menor qualidade dos dados enquanto a ZOC U representa dados que não estão avaliados na altura da publicação. Está planeado que as ZOCs venham a ser incluídas nas cartas náuticas em papel, em substituição do diagrama de fiabilidade, e nos sistemas eletrónicos de visualização de cartas.

É de realçar que as ZOCs são um padrão cartográfico e não se destinam a ser utilizadas para caracterizar as especificações dos padrões dos levantamentos hidrográficos ou para a gestão da qualidade dos dados. As exatidões nas posições e profundidades especificadas para cada uma das categorias ZOC referem-se aos erros acumulados das sondas representadas e incluem não só os erros inerentes ao levantamento como outros erros introduzidos no processo de produção cartográfica. Nos seguintes parágrafos encontram-se especificadas individualmente cada uma das ZOC:

#### **2.7.2.1. ZOC A1**

Os dados de posicionamento e profundidade foram adquiridos de acordo com os procedimentos e exatidões especificadas. Os levantamentos hidrográficos asseguraram cobertura total do fundo e foram efetuados com tecnologia reconhecida, com o objetivo de assegurar que todos os objetos significativos foram detectados e que foram medidas as respectivas profundidades. Tipicamente, o

levantamento terá sido efetuado em WGS 84, usando o sistema DGPS ou pelo menos três linhas de posição com sistemas multifeixe, de varredura de canal ou mecânico. Devido à quantidade de dados adquiridos e o tempo considerável exigido de forma a alcançar este padrão, a ZOC A1 será provavelmente a mais indicada para caracterizar canais críticos, áreas de atracação, áreas com um reduzido resguardo ao fundo, canais de navegação, rotas recomendadas, portos e respectivas aproximações.

#### **2.7.2.2. ZOC A2**

Os dados de posicionamento e profundidade foram adquiridos de acordo com os procedimentos e exatidões especificadas. Os levantamentos asseguraram cobertura total do fundo e foram efetuados com tecnologia reconhecida com o objetivo de assegurar que todos os objetos significativos foram detectados e as profundidades medidas. Tipicamente, utilizou-se neste tipo de levantamento um sistema sondador moderno com sonar ou varredura mecânica. Embora as exatidões no posicionamento e profundidades não sejam tão elevadas como na ZOC A1, a cobertura do fundo oceânico deve ser de tal ordem que ofereça um alto nível de confiança na qualidade dos dados ao navegante.

#### **2.7.2.3. ZOC B**

Os dados de posicionamento e profundidade foram adquiridos de acordo com os procedimentos e exatidões especificadas. Contudo, não foi alcançada uma pesquisa total do fundo, e apesar de não serem esperadas quaisquer obstruções, estas poderão existir constituindo perigo para a navegação de superfície. Esta ZOC indica ao navegante um nível razoável de confiança na qualidade dos dados. A ZOC B tem as mesmas especificidades na exatidão no posicionamento e profundidades que a ZOC A2 e poderia ser aplicada por exemplo, a levantamentos efetuados com equipamentos modernos onde não se alcançou uma cobertura total do fundo. Um navegante cuidadoso daria maior resguardo ao fundo na área desta ZOC do que nas áreas das ZOC A1 ou A2.

#### **2.7.2.4. ZOC C**

Os dados de posicionamento e profundidade são menos rigorosos que os especificados para a ZOC B. Os dados de profundidade podem ser provenientes de diversas fontes como por exemplo sondas obtidas em trânsito, em vez de dados provenientes de levantamentos hidrográficos sistemáticos e controlados. Não é requerida cobertura total do fundo e devem-se esperar anomalias nas profundidades. A ZOC C indica ao navegante que deve navegar com especial cuidado, mantendo uma maior margem de segurança ao fundo indicado na carta.

#### **2.7.2.5. ZOC D**

Os dados de posicionamento e profundidade são de muito baixa qualidade ou não podem ser avaliados devido à falta de informação. Não foi efetuada uma pesquisa total do fundo e podem ser esperadas grandes anomalias nas profundidades.

#### **2.7.2.6. ZOC U**

A qualidade dos dados batimétricos ainda terá de ser avaliada.

Tabela 1.1 - Categoria das Zonas de Confiança nos dados (Tabela ZOC)

1	2	3		4	5
zoc <sup>1</sup>	Exatidão no Posicionamento <sup>2</sup>	Exatidão nas Profundidades <sup>3</sup>		Cobertura do fundo <sup>4</sup>	Características típicas dos levantamentos <sup>5</sup>
A1	± 5 m	= 0,50 + 1% d		Pesquisa total do fundo. Todos os objetos significativos foram detectados <sup>4</sup> e as suas profundidades determinadas	Levantamento sistemático <sup>6</sup> , controlado, elevada exatidão no posicionamento e nas profundidades, alcançado usando DGPS ou no mínimo três linhas de posição (LDP) de alta qualidade com sistemas multifeixe, canal ou de varredura mecânica
		Profundidade (m) 10 30 100 1000	Exatidão (m) ±0,6 ±0,8 ±1,5 ±10,5		
A2	± 20 m	= 1,00 + 2% d		Pesquisa total do fundo. Todos os objetos significativos foram detectados <sup>4</sup> e as suas profundidades determinadas	Levantamento sistemático <sup>6</sup> , controlado, elevada exatidão no posicionamento e nas profundidades mas inferior a ZOC A1, utilizando um sistema sondador <sup>7</sup> moderno e um sonar ou um sistema de varredura mecânica
		Profundidade (m) 10 30 100 1000	Exatidão (m) ±1,2 ±1,6 ±3,0 ±21,0		
B	± 50 m	= 1,00 + 2% d		Não alcançada a pesquisa total do fundo; apesar de não serem esperadas quaisquer obstruções poderão existir obstruções, perigos para a navegação de superfície.	Levantamento sistemático <sup>6</sup> , controlado alcançando igual exatidão nas profundidades mas menor no posicionamento que ZOC A2, utilizando um sistema sondador <sup>7</sup> moderno mas não um sonar ou um sistema de varredura mecânica
		Profundidade (m) 10 30 100 1000	Exatidão (m) ±1,2 ±1,6 ±3,0 ±21,0		
C	± 500 m	= 2,00 + 5% d		Não alcançada pesquisa total do fundo; esperadas anomalias nas profundidades.	Levantamento com pequena exatidão ou dados adquiridos numa base de oportunidade como por exemplo sondas obtidas em trânsito
		Profundidade (m) 10 30 100 1000	Exatidão (m) ±2,5 ±3,5 ±7,0 ±52,0		
D	Pior que na ZOC C	Pior que na ZOC C			Dados de pobre qualidade ou dados que não podem ser avaliados devido à falta de informação.
U		Dados não avaliados			

Notas:

Para escolher a categoria da ZOC, todas as condições enumeradas nas colunas 2 a 4 da Tabela devem ser respeitadas. Os algarismos citados na tabela têm os seguintes significados:

1. O preenchimento das zonas de confiança indica que aqueles dados em particular obedecem aos critérios mínimos de exatidão no posicionamento e profundidades, cobertura do fundo do mar definidos na Tabela. As categorias das ZOC são definidas de acordo com os padrões cartográficos e não unicamente os padrões para os levantamentos hidrográficos. As exatidões nas posições e profundidades especificadas para cada uma das categorias ZOC referem-se aos erros acumulados das sondas representadas e incluem os erros inerentes ao levantamento como outros erros introduzidos no processo de produção cartográfica. Os dados podem ainda ser classificados por sub atributos do objeto *Quality of Data [M\_QUAL]* de acordo com o seguinte:
  - ◆ Os atributos {POSACC} (Positional Accuracy) e {SOUACC} (Sounding Accuracy) podem ser utilizados para indicar que as exatidões do posicionamento ou da profundidade são superiores à definida nesta tabela (por exemplo, num levantamento em que não foi adquirida cobertura total do fundo, não pode ser classificado numa zona de confiança mais elevada do que a B; no entanto, se a exatidão do posicionamento foi de, por exemplo  $\pm 15$  metros, o atributo {POSACC} pode ser utilizado para o indicar).
  - ◆ Áreas dragadas, em que a profundidade disponível é conhecida rigorosamente, mas que a profundidade do fundo não é rigorosamente conhecida, podem ser codificadas numa zona de confiança mais elevada (A1 ou A2) fornecendo exatidões do posicionamento e da profundidade de dragagem de acordo com o definido nesta tabela. Neste caso, o atributo {DRVAL1} (Depth Range Value 1) pode ser utilizado para especificar a profundidade da dragagem. A exatidão do posicionamento é aplicada aos limites da área dragada.
  - ◆ Os atributos {SURSTA}, {SUREND} e {TECSOU} poderão ser usados para indicar as datas de início e fim dos levantamentos e as técnicas utilizadas no levantamento hidrográfico.
2. A exatidão do posicionamento das sondas representadas é de 95% CI (2.45 sigma) em relação ao Datum referido. Representa o erro acumulado e inclui erros do levantamento, da transformação, da digitalização, etc. A exatidão do posicionamento não necessita ser rigorosamente calculada para as zonas de confiança B, C e D mas pode ser estimada com base no tipo de equipamento, esquema de calibração, precisão histórica do equipamento, etc.
3. A exatidão da profundidade das sondas representadas, por exemplo, ZOC A1 = 0,50 metros + 1% d a 95% CI (2.00 sigma), onde d = profundidade em metros na zona crítica. A precisão da profundidade não necessita de ser rigorosamente calculada para as zonas de confiança B, C e D mas pode ser estimada com base no tipo de equipamento, esquema de calibração, precisão histórica do equipamento, etc.
4. Os objetos significativos do fundo são definidos como aqueles que se encontram acima das profundidades descritas por mais de:

*Nota: Os navegantes devem dar o devido resguardo às limitações dos equipamentos de sondagem ao avaliar as margens de segurança a aplicar.*

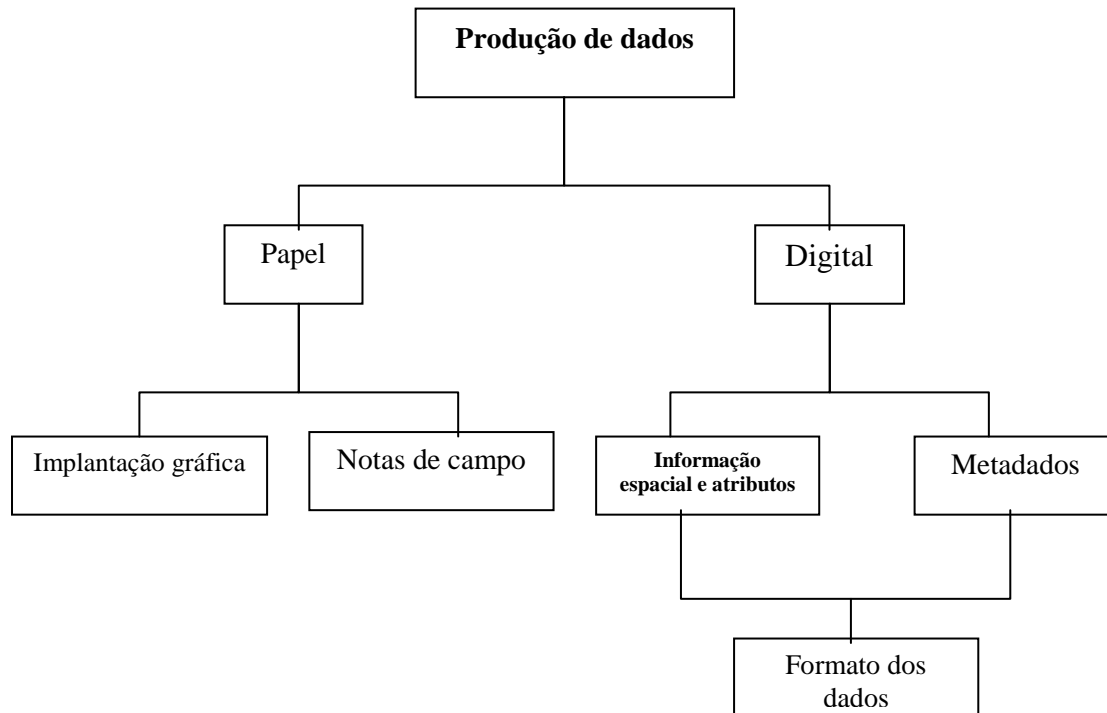
**Profundidade**      **Objetos significativos**

<10 metros	> 0.1* profundidade
10 a 30 metros	> 1.0 metro
> 30 metros	> (0.1* profundidade) mínima 2,0 metros

5. *Características típicas de levantamento – Estas descrições devem ser tomadas somente como exemplo.*
6. *Levantamentos controlados e sistemáticos (grau de confiança A1, A2 e B)– um levantamento que contemple fiadas planeadas, num determinado Datum que possa ser transformado para o WGS84*
7. *Sondador moderno – um equipamento de feixe simples de medição de profundidades de alta precisão, geralmente inclui todos os sondadores concebidos após 1970.*

## 2.8. Produção de dados

A produção final de dados pode ser na forma digital ou analógica. Em seguida é apresentado um diagrama esquemático para caracterizar esta produção:



**Figura 1.2 - Diagrama esquemático da produção digital**

Os **dados digitais** devem estar num formato definido, de forma a poderem ser importados diretamente para a base de dados principal. Como normalmente cada levantamento inclui numerosos documentos de suporte e ficheiros de arquivo, estes deverão estar devidamente identificados e descritos de forma a serem de fácil manipulação pelo pessoal do serviço hidrográfico. Idealmente, os padrões dos procedimentos operacionais e as unidades de campo

deverão estar de acordo com os padrões estipulados pela OHI. Os **dados analógicos** deverão ser claros, concisos e corretamente identificados<sup>15</sup>.

Depois da aquisição, processamento e impressão dos dados na forma de papel (manuscritos em formato digital), o inventário dos produtos é enviado ao serviço hidrográfico, devendo conter o seguinte<sup>16</sup>:

- ◆ Impressões em papel (implantações gráficas).
- ◆ Arquivos digitais das implantações gráficas com respectivos atributos.
- ◆ Dados batimétricos brutos e processados.
- ◆ Ficheiros de maré, velocidade de propagação do som na água e de configuração da embarcação.
- ◆ Ficheiros dados de sonar lateral.
- ◆ Relatório descritivo e relatórios complementares.
- ◆ Notas de campo e documentação relativa ao processamento.
- ◆ Documentação das calibrações.

## 2.9. Sistema de Informação Náutico (SIN)

O Sistema de Informação Náutico é a combinação de pessoas qualificadas, dados espaciais e descritivos, métodos analíticos, *software e hardware*, organizados de forma a automatizar, gerir e disponibilizar informação através da apresentação, i.e. cartas digitais e de papel. Anteriormente, a principal função das bases de dados de cartas náuticas era a produção das cartas náuticas em papel. Os avanços nas tecnologias de navegação fixaram novos requisitos de exatidão, confiança e formatos das cartas náuticas. A exatidão posicional na carta deverá acompanhar o aumento da exatidão dos sistemas de posicionamento. De forma a beneficiar completamente das capacidades dinâmicas dos modernos sistemas de posicionamento surgiu a necessidade do desenvolvimento da cartografia digital em paralelo com a cartografia tradicional. Deste modo, foi desenvolvido um padrão internacional para os dados hidrográficos em formato digital pela Organização Hidrográfica Internacional. Em Novembro de 2000, foi adotada pela OHI a versão 3.1 da publicação S-57 que também é especificada pela Organização Marítima Internacional (OMI) através dos “*Performance Standards for Electronic Chart Display and Information Systems (ECDIS)*”. A norma S-57 descreve os procedimentos padrão a serem usados na troca de dados hidrográficos digitais entre os Serviços Hidrográficos nacionais e na distribuição de dados digitais e produtos entre os fabricantes de equipamentos, navegadores e outros utilizadores. O produto digital mais significativo disponibilizado no formato de S-57 é a Carta Electrónica de Navegação (CEN). A necessidade crescente pelas CEN levou à criação por parte de numerosos Serviços Hidrográficos de duas linhas de produção separadas, uma para as células CEN e a outra para as cartas náuticas de papel. É essencial para a segurança de navegação que os produtos não estejam

---

<sup>15</sup> <http://www.hydro.navy.gov.au/news/htf/htf.pdf>.

<sup>16</sup> Lieutenant Eric J. Sipos and physical Scientist Castle Parker, “NOAA AHB Quality Assurance Inspections for Contract Hydrographic Surveys”, NOAA Hydrographic Survey Division, USA

em conflito um com o outro. Um SIN típico é constituído por quatro subsistemas funcionais 17(fig. 1.3).

- ◆ **Entrada de dados.** O subsistema de entrada de dados permite que o utilizador capture, adquira e transforme dados espaciais e temáticos em formato digital. Os dados introduzidos derivam de uma combinação de cópias de mapas, fotografias aéreas, imagens remotas, relatórios diversos, relatórios dos levantamentos, etc.
- ◆ **Base de dados – Armazenamento e Recuperação.** O subsistema de Armazenamento e Recuperação de dados permite a organização da informação espacialmente e por atributos, de forma a facilitar uma busca rápida pelos utilizadores para posterior análise e uma atualização rápida e exata da base de dados.
- ◆ **Base de dados – Manipulação e Análise.** O subsistema de Manipulação e Análise de dados permite que o utilizador defina e execute procedimentos espaciais e de atributos de forma a gerar nova informação derivada da inicial. Este subsistema é, geralmente encarado como a base dos SIG e, normalmente, permite distingui-los de outros sistemas de informação e de Desenho Assistido por Computador (DAC).
- ◆ **Saída de dados.** O subsistema de saída de dados permite aos utilizadores gerar gráficos, normalmente cartas e relatórios em forma de tabelas que representam derivados dos produtos de informação.

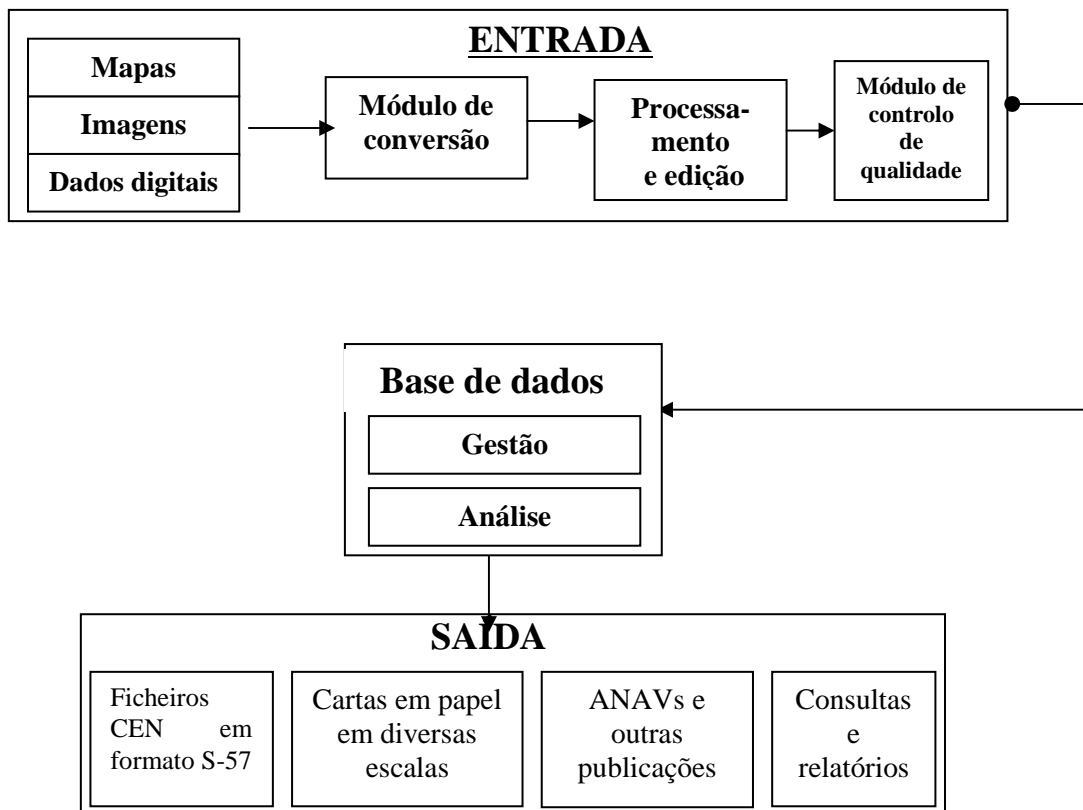
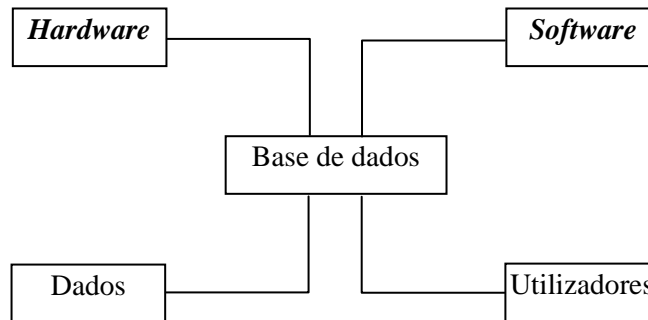


Figura 1.3 - “Subsistemas funcionais de um SIN”

<sup>17</sup> Dan Sherrill and Asa Carlsson, “ The JANUS Solution for Hydrographic Information”, T-Kartor AB Suécia – Box 5097 – S – 291 05 Kristianstad – Suécia, ds@t-kartor.se & ac@t-kartor.se .

O SIN é constituído por quatro componentes que são: dados, *hardware*, *software* e utilizadores<sup>18</sup>. De acordo com a figura 1.4, as diversas componentes deverão ser integradas de forma a trabalhar concertadas para apoiar a gestão e análise dos dados espaciais ou cartográficos.



**Figura 1.4 – Componentes do SIN”**

- ◆ **Dados.** Todos os dados presentes numa base de dados ou são dados espaciais ou atributos. Os dados espaciais dizem onde algo aconteceu. Os atributos referem-se à natureza ou às características dos dados espaciais.
- ◆ **Hardware.** Os computadores existentes deverão poder apoiar a entrada, saída, armazenamento, recuperação, visualização e análise dos dados.
- ◆ **Software.** O *Software* usado deverá ser dinâmico e ter uma larga variedade de capacidades funcionais.
- ◆ **Utilizadores.** O termo "utilizador" pode referir-se a qualquer indivíduo que irá utilizar o SIN para apoio a um projeto, para programar objetivos, ou para uma organização.

### 2.9.1. Processo de compilação

A compilação de dados envolve a estruturação de todos os dados espaciais e atributos presentes num SIN. A informação cartográfica com características comuns como a projeção, escala e sistema de coordenadas deverá ser agregada na mesma diretoria de modo a estabelecer uma base de dados SIN centralizada. A compatibilidade dos dados deverá também ser examinada em termos de conteúdo e tempo de aquisição. Por fim, a informação será armazenada no SIN de acordo com formatos específicos definidos, quer pelo utilizador, quer pelo ambiente *software/hardware* escolhido para o SIN.

Um mapa base está criado quando o utilizador estabelece todos os requisitos referentes aos dados comuns, e é definido como um conjunto de requisitos padrão para os dados. Um mapa base providencia padrões de exatidão para controlo geográfico, e define também um modelo ou *template* que é usado para estruturar de forma compatível todos os dados. Um mapa base não é necessariamente uma carta, é um conjunto de padrões estabelecidos e ordenados de forma a assegurar o controlo da qualidade dos dados espaciais e de atributos contidos num SIN.

Uma vez reunidos os dados e escolhidos os parâmetros do mapa base, o utilizador tem de converter os dados para um formato compatível com os computadores. Este processo chamado "conversão" ou "digitalização", converte mapas de papel em dígitos numéricos que podem ser armazenados no computador. A digitalização pode ser efetuada de diversas formas. Passar pelo

<sup>18</sup> Lloyd P. Queen and Charles R. Blinn, " The Basic of geographic Information Systems",  
lqueen@mercury.forestry.umn.edu and cblinnlqueen@mercury.forestry.umn.edu



*scanner* é uma delas. Outra técnica é utilizar uma “mesa digitalizadora”. A digitalização representa os dados do mapa num conjunto de pontos, linhas ou células que podem ser armazenados no SIN. A forma como cada conjunto de pontos, linhas e células são armazenadas como ficheiros digitais é condicionada pelo tipo de *software* utilizado no SIN.

A figura seguinte representa os diversos tipos de processos de compilação.

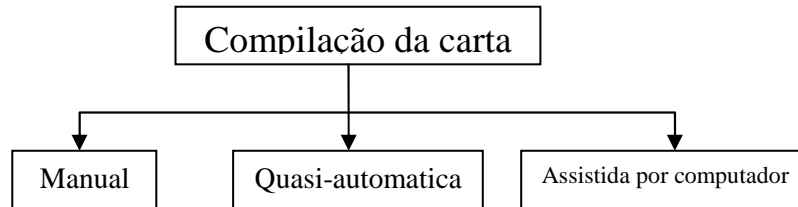


Figura 1.5 - “Diagrama do processo de compilação de uma carta”

### 2.9.1.1. Manual:

A cartografia tradicional baseia-se na separação de cores e em processos manuais. A matriz final obtém-se através de processos manuais de tratamento de linhas, símbolos e topologia (nomes) conforme as especificações cartográficas. A elevada qualidade do trabalho ao nível das linhas de desenho é alcançada por um processo chamado "scribing" onde a imagem é gravada numa película emulsionada assegurando desta forma que todas as especificações cartográficas são cuidadosamente mantidas. Para cada cor utilizada na carta é construída uma matriz em película indeformável, sendo para tal combinadas com os nomes e símbolos, por processos fotomecânicos, dando origem à matriz final de uma mesma cor, de modo a obter a separação de cores para impressão. A cartografia tradicional, definida como o conjunto de técnicas manuais usadas para a produção da carta em papel (antes do aparecimento do computador), pode ser dividida em seis componentes<sup>19</sup>:

- **Trabalho de compilação.** Consiste na seleção da informação requerida para a produção da nova edição da carta de papel.
- **Geração da imagem.** O processo de selecionar o tipo de símbolo, forma, estrutura e características dos objetos numa carta.
- **Registo de imagem.** A técnica que assegura que as matrizes de cada cor se ajustam umas às outras na carta.
- **Cópia de contacto à escala.** Processo usado na produção de positivos e negativos, à mesma escala, por processos fotográficos de contacto direto.
- **Separação/combinção de imagem.** técnica utilizada na produção de cartas de múltiplas cores, com recurso à impressão sequencial de cada cor.
- **Impressão.** As cartas são impressas utilizando processos litográficos “*offset*”.

**Semi-automático:** A cartografia semi-automática é a combinação de processos manuais com processos assistidos por computador para a produção da carta náutica em papel. Apesar de conter os passos envolvidos na cartografia tradicional, alguns deles são efetuados de forma automática,

<sup>19</sup> Lt Cdr Luis Pais, "Production and Distribution of ENC – The Portuguese Experience", Portugal (IHPT), hidrografia@hidrografico.pt, www.thsoa.org/pdf/h\_01/7\_3 .pdf.

como por exemplo os contornos, que são feitos com recurso a máquinas de desenho em vez de serem desenhados à mão.

### 2.9.1.2. Cartografia assistida por computador:

A cartografia assistida por computador é utilizada de forma a melhorar os serviços e para satisfazer as crescentes exigências para a produção cartográfica. A introdução da cartografia assistida por computador e da informação geográfica abriu novos horizontes às técnicas cartográficas e ao uso de dados espaciais. A cartografia assistida por computador é geralmente dividida em cinco passos<sup>20</sup>:

- **Aquisição e introdução.** Normalmente os dados digitais são obtidos de diversas fontes como por exemplo ficheiros digitais ou digitalização de cartas antigas.
- **Verificação.** Todos os dados obtidos são controlados por várias pessoas, devendo ser verificados os formatos, as escalas, as características, etc.
- **Edição e atribuição.** As principais tarefas são assegurar que as características estão topologicamente corretas e que os atributos e a simbologia estão de acordo com os Padrões Cartográficos Digitais (PCD). Os documentos originais que foram digitalizados requerem georreferenciação e uma edição interativa, bem como a codificação das suas características. Todas as anotações e texto presentes na carta são introduzidos interativamente.
- **Controlo de qualidade.** Um processo de filtragem é usado para criar um relatório que verifica se se encontra completo e se a atribuição das características se encontra correta. Os técnicos que efetuam o controlo de qualidade asseguram que a carta obedece às especificações de desenho e que os dados digitais se encontram conformes com os PCD. Todas as cartas são revistas pelos cartógrafos antes da sua publicação.
- **Impressão.** Um ficheiro final é criado para impressão. As impressoras modernas podem ser de cor única ou imprimir cores múltiplas em sequência.

### 2.9.2. Apresentação

O mundo real é bastante complexo para que seja prático efetuar uma descrição completa, por isso recorre-se a uma visão simplificada e altamente especializada. Isto é alcançado através da modelação da realidade. A apresentação da informação hidrográfica pode variar consoante a utilização pretendida (por exemplo, pode ser apresentada graficamente, usando símbolos ou em forma de texto). Por isso, a apresentação da informação deve ser independente do seu armazenamento. O conceito de manter a informação armazenada independente da apresentação providencia maior versatilidade e flexibilidade. Permite usar os mesmos dados para diferentes propósitos sem requerer quaisquer mudanças na sua estrutura ou conteúdo. Para mudar o estilo de apresentação será somente necessário mudar o modelo da apresentação. Então, o modelo descrito pode ser ligado a diferentes modelos de apresentação. Por exemplo, as CEN e as cartas de papel apresentam os mesmos dados básicos de modos diferentes por diferentes modelos<sup>21</sup> de apresentação.

---

<sup>20</sup> Vic Dohar and Dave Everett, “Geological Map Production for Dummies”, Natural Resources Ottawa, Canadá, vdohar@nrca.gc.ca, <http://pubs.usgs.gov/of/of00-325/dohar.html>

<sup>21</sup> Organização Hidrográfica Internacional, Mónaco, Specifications for Chart Content and Display Aspects of ECDIS (S-52)

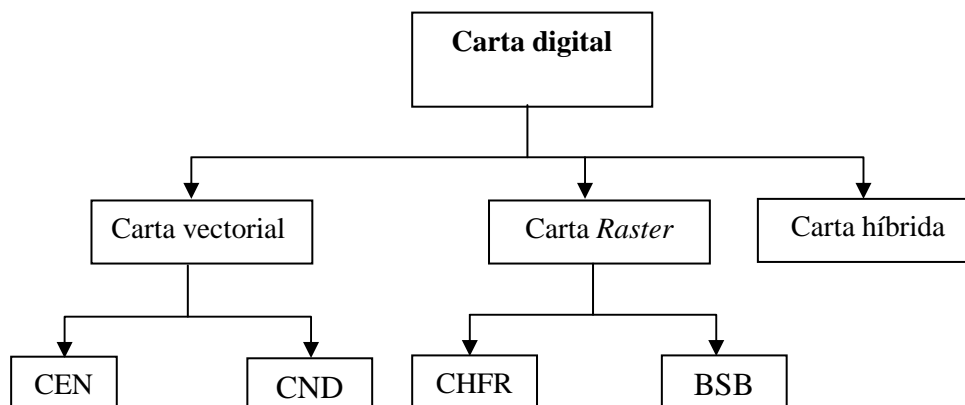
### 2.9.2.1. Carta Náutica de papel.

A Carta Náutica é uma representação gráfica da natureza e forma da costa, das profundidades, da caracterização geral e configuração do fundo de mar, da localização dos perigos para navegação, do ciclo das marés, da localização das ajudas à navegação implementadas pelo homem e da caracterização do magnetismo terrestre<sup>22</sup>. Além dos seus elementos básicos, uma carta é um documento de trabalho usado pelo navegador como um "mapa da estrada" e constitui uma folha de trabalho essencial para a segurança da navegação. Em conjunto com as ajudas suplementares à navegação, é usado para traçar rumos e efetuar a navegação através das rotas mais seguras, curtas e económicas.

As cartas impressas apresentam toda a informação importante como a simbologia adequada, textos com informação cartográfica descritiva e símbolos. O volume de informação está limitado, devido ao tamanho da carta e aos aspectos de legibilidade. Um dos aspectos mais importantes do trabalho de preparação é a generalização cartográfica e a edição cartográfica dos dados. Esta inclui, por exemplo o deslocamento, a agregação, a seleção, a rotação, a largura, a fonte e a colocação do texto.

### 2.9.2.2. Cartas digitais.

As cartas digitais significam uma base de dados padronizada, quanto ao conteúdo, estrutura e formato tal como representado na figura 1.6.



**Figura 1.6 - “Tipos e formatos das cartas digitais”**

As cartas digitais<sup>23</sup> são uma nova ferramenta que pode providenciar benefícios significativos à navegação marítima, segurança da navegação e comércio. Mais que uma simples representação gráfica computadorizada, as cartas digitais são uma combinação de dados geográficos e textuais, o que a torna numa ferramenta operacional de extrema utilidade. Como uma ajuda à decisão automatizada capaz de determinar continuamente a posição de um navio em relação a terra, aos objetos cartografados, às ajudas à navegação e aos perigos não avistados, as CEN são um sistema de navegação em tempo real que integra uma variedade de informação que é apresentada e interpretada pelo navegador. A forma mais avançada das cartas digitais representa uma abordagem completamente nova para a navegação marítima.

<sup>22</sup> <http://chartmaker.ncd.noaa.gov/ncd/whatis.html>

<sup>23</sup> Lee Alexander, Ph.D., “What is an ENC? It depends who you ask”, Offshore Systems Ltd., Vancouver, BC, Canada, [http://www.osl.com/Support/what\\_is\\_enc.htm](http://www.osl.com/Support/what_is_enc.htm).

### 2.9.2.3. Cartas Vetoriais

**CEN:** Uma Carta Electrónica de Navegação (CEN) é um conjunto de dados vetoriais que se encontram em conformidade com as especificações estabelecidas pela OHI na publicação S-57, em termos de conteúdos, estrutura e formato. Produzida pelos serviços hidrográficos oficiais para o uso no ECDIS, a CEN contém toda a informação necessária para a segurança da navegação e pode conter informação adicional à que é representada na carta de papel tradicional (por exemplo, rotas recomendadas). Em geral, uma CEN em formato S-57 é um produto orientado por objetos, com os dados estruturados por camadas e desenhado para uma vasta gama de aplicações hidrográficas. Como definido pela S-57 da OHI, 3ª Edição, os dados são um conjunto de pontos, linhas, características e objetos. O tamanho mínimo dos dados é uma "célula", que é um retângulo esférico (i.e. limitado pelos meridianos e paralelos). As células adjacentes não se sobrepõem. A escala dos dados contida numa célula é dependente do tipo de navegação (por exemplo: costeira, de aproximação, portuária). Para além do limite de 5Mb para a quantidade de informação digital contida numa célula CEN de dados, não existem mais nenhuma especificações quanto à dimensão das células.

**CND:** A Carta Náutica Digital é uma base de dados em formato vetorial, de características marítimas seleccionadas que pode ser usada com sistemas integrados de navegação (por exemplo, sistemas de cartas electrónicas), ou outros tipos de sistemas de informação geográfica (SIG). Em semelhança às CEN, a base de dados das CND é constituída por pontos, linhas e polígonos que contêm informação relativa à hidrografia, ajudas à navegação, marcas culturais em terra, características em terra, profundidades, obstruções, etc. Cada tema (por exemplo hidrografia) é armazenado como uma camada temática com propriedades de georreferenciação. O produto da CND é codificado e condensado usando o anexo C "*Vector Relational Form (VRF)*" da *Digest (Digital Geographic Information Exchange Standards)*, que consiste num conjunto de tabelas de dados relacionais. Em seguida, os dados são organizados numa série de "bibliotecas" que se encontram agrupadas pela cobertura das cartas, as quais são comensuráveis com os agrupamentos da *National Geospatial-Intelligence Agency (NGA)* definidos para as escalas das cartas náuticas em papel (por exemplo: costeira, de aproximação e portuária). No conceito do ECDIS uma CND é um "sistema" da carta electrónica de navegação (SENC – *System Electronic Navigational Chart*) que contém informação e características específicas de visualização.

### 2.9.2.4. Cartas Raster

Os formatos *raster* são *bitmaps* aos quais foi aplicado um processo de georreferenciação. Um *bitmap* é um termo genérico para uma imagem computadorizada baseada numa grade retangular constituída por pequenos quadrados ou pixéis coloridos (o normal são 254 pixéis por polegada). Normalmente, estes *bitmaps* são criados a partir da digitalização da carta (em papel) original, criando uma imagem digital. Após a digitalização da imagem é aplicada uma georreferenciação, que consiste em relacionar as posições dos pixéis da grade do *bitmap* à latitude e longitude correspondente. Desta forma, o computador consegue relacionar a posição de cada pixel com latitude e longitude. Porém, o sistema não tem nenhum conhecimento dos detalhes e das características (como a linha de costa) na imagem *raster* exibida. As cartas *raster* são produzidas pela digitalização de alta resolução das matrizes originais de cor utilizadas na impressão das cartas de papel. Os ficheiros digitais estão cuidadosamente georreferenciados de forma a possibilitar que o *software* de navegação consiga indicar, na imagem digital, as posições geográficas corretas. Os metadados são adicionados de forma a descrever a carta, o *Datum*, a projeção e outra informação adicional sobre a carta e sobre o ficheiro digital.

**Carta Hidrográfica em Formato Raster (CHFR):** Este é o formato desenvolvido pelo UKHO (*United Kingdom Hydrographic Office*) e é usado no seu serviço "*Admiralty Raster Chart Service (ARCS)*" e pelo *Australian Hydrographic Office* no serviço "*Seafarer Chart Service*". As cartas *raster* têm os mesmos padrões de exatidão e confiança que as cartas de papel. Estas são usadas com Sistemas de Cartas Electrónicas (SCE) autorizados e compatíveis.

**Formato BSB:** O formato (BSB) é, basicamente, uma ou mais imagens *raster* comprimidas de forma eficiente num pacote onde se incluem os detalhes da carta. Estes detalhes incluem a georreferenciação requerida para determinação da latitude e longitude assim como outros detalhes particulares tais como, a escala, as unidades de profundidade, o nome da carta, etc. O formato BSB separa a carta em imagens que dependem do número de compartimentos contidos na carta, onde um “compartimento” está definido como sendo a carta principal, um ou mais planos e a carta de continuação.

#### **2.9.2.5. Cartas Híbridas**

Idealmente, as versões originais de todos os produtos cartográficos digitais devem ser armazenadas no formato vetorial. O desenvolvimento crescente das capacidades dos sistemas computadorizados nos últimos anos possibilitou a rápida transferência para os métodos digitais, por digitalização das cartas existentes, usando técnicas híbridas de rasterização/vectorização durante um período de transição. As versões originais *raster* (*raster master*) são substituídas por originais vetoriais (*master vector*) numa sequência determinada pelos custos e prioridades de mercado.

## ACRÓNIMOS

ANAV	Aviso aos Navegantes
CD	<i>Compact Disk</i>
CEN	Carta Electrónica de Navegação
CND	Carta Náutica Digital
CNR	Carta Náutica <i>Raster</i>
CQ	Controlo de Qualidade
CHFR	Carta Hidrográfica em Formato <i>Raster</i>
DAC	Desenho Assistido por Computador
DNC	<i>Digital Nautical Chart</i>
ECDIS	Electronic Chart Display and Information System
FHCR	Formato Hidrográfico das Cartas <i>Raster</i>
FTH	Formato de Transferência Hidrográfico
IT	Instruções Técnicas
LH	Levantamentos Hidrográficos
NGA	<i>National Geospatial-Intelligence Agency</i>
NIMA	<i>National Imagery and Mapping Agency</i>
OHI	Organização Hidrográfica Internacional
OMI	Organização Marítima Internacional
PCD	Padrões Cartográficos Digitais
SCE	Sistemas de Cartas Eletrónicas
SCEN	Sistema de Carta Eletrónica Navegação
SCRA	Serviço de Cartas <i>Raster</i> do Almirantado
SH	Serviços Hidrográficos
SHA	Serviço Hidrográfico Australiano
SHN	Serviço Hidrográfico Nacional
SHRU	Serviço Hidrográfico do Reino Unido

SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SIN	Sistema de Informação Náutico
VRF	<i>Vector Relational Form</i>
WGS	<i>World Geodetic System</i>

---

## REFERÊNCIAS

D. Russom & H. R..W. Halliwell "Some basic Principles in the Compilation of Nautical Charts", International Hydrographic Review, Vol. LV N° 2, Julho 1978

William G. Swisher, "NAtional Ocean Survey Automated Information System", International Hydrographic Review, Vol. LVIII N° 2, Julho 1981

N. M. Anderson "Computer Assisted Cartography in the Canadian Hydrographic Service", International Hydrographic Review, Vol. LVIII N° 2, Julho 1981

Christer Palm "From Manuscript to Printed Chart", International Hydrographic Review, Vol. LX N° 2, Julho 1982

Martin Joseph "Assessing the Precision of Depth Data", International Hydrographic Review, Vol. LXVIII N° 2, Julho 1991

E. C. Bouwmeester and A. W. Heemink, "Optimal Line Spacing in Hydrographic Survey", ", International Hydrographic Review ", Vol. LXX N° 1, Março 1993

H. Gorziglia "Computer Assisted Cartography at Hydrographic and Oceanographic service of Chilean Navy", International Hydrographic Review, Vol. LXX N°, Setembro 1993

Adam J. Kerr, "Conceptual Modelo f a Regionally Integrated Data Base for ECDIS", International Hydrographic Review, Vol. LXXI N° 2, Setembro 1994

Udo Laube, "The Hydrographi and Wrecksearch Vessel "DENEb" as an Example for Modern Survey Vessel", International Hydrographic Review, Vol. LXXII N° 2, Março 1995

B. Bourgeois, F. Petry, M. Harris & P. Alleman, "A GIS Integration Approach for Dynamically Reconfigurable Surveys", International Hydrographic Journal, Janeiro 1999.

Patrick McGlamery "Issues of Authenticity of Spatial Data", 66th IFLA Council and General Conference 2000.

Neal G. Millet and Simon Evans "Hydrographic Management using GIS Technologies", U. S. Hydrographic Conference 2001.

Lieutenant Eric J. Sijos,"NOAA AHB Assurance Inspections for Contract Hydrographic Surveys", U. S. Hydrographic Conference 2001.

Lt Cdr Luis Pais " Production and Distribution of ENC – The Portuguese experience", U. S. Hydrographic Conference 2001.



**ENDEREÇOS DE URL**

1. Ames Remote	<a href="http://www.amesremote.com">http://www.amesremote.com</a>
2. Caris Marine	<a href="http://www.caris.com">http://www.caris.com</a>
3. Coastal Oceanographic, Inc.	<a href="http://www.coastalo.com">http://www.coastalo.com</a> National
4. <i>Software</i> ESRI	<a href="http://www.esri.com/library/">http://www.esri.com/library/</a>
5. Federal Geographic Data Committee	<a href="http://fgdc.er.usgs.gov/fgdc.html">http://fgdc.er.usgs.gov/fgdc.html</a>
6. Hydrographic Society of America	<a href="http://www.thsoa.org">http://www.thsoa.org</a>
7. Imagery and Mapping Agency (NIMA)	<a href="http://www.nima.mil">http://www.nima.mil</a>
8. Organização Hidrográfica Internacional	<a href="http://www.iho.shom.fr/iho.html">http://www.iho.shom.fr/iho.html</a>
9. Tecnologias JANUS	<a href="http://www.janus-tech.com">http://www.janus-tech.com</a>
10. NOAA National Coast Survey	<a href="http://chartmaker.ncd.noaa.gov">http://chartmaker.ncd.noaa.gov</a>
11. Offshore Systems Ltd.	<a href="http://www.osl.com/corporate">http://www.osl.com/corporate</a>
12. Organização Primar	<a href="http://www.primar.org">http://www.primar.org</a>
12. SeaBeam Instruments	<a href="http://www.seabeam.com/">http://www.seabeam.com/</a>
13. Reson, Inc	<a href="http://www.reson.com">http://www.reson.com</a>
14. O Laser-scan Ltd.,	<a href="http://www.Laser-Scan.com/papers">http://www.Laser-Scan.com/papers</a>
15. O GIS Primer	<a href="http://www.innovativesgis.com">http://www.innovativesgis.com</a>

**BIBLIOGRAFIA**

Admiralty, "Manual of Hydrography", Vol. I & Vol. II.

Bowditch, "American Practical Navigator", U. S. Navy Hydrographic Office.

Admiralty, "General Instructions for Hydrographic Surveyors".

Karl B. Jeffers, "Hydrographic Manual", U. S. Department of Commerce

IHO Special Publication S – 44 "IHO Standards for Hydrographic Surveys"

IHO Special Publication S – 52 "Specifications for Chart Content and Display Aspects of ECDIS"

IHO Special Publication S – 57 "IHO Transfer Standards for Digital Hydrographic Data"

IHO Special Publication S – 61 "Product Specifications for Raster Navigational Charts (RNC)"

IHO Circular Letter 45/2001, "Guidelines for the Processing of High Volume Bathymetric Data", datada 5 de Outubro 2001

"Map Compilation Color Separation and revision", Headquarters Department of Army, Washington

Colonel Sir Charles Close & Colonel H. St. J. L. Winterbotham, "Text Book of Topographical and Geographical Surveying", Her Majesty's Stationery Office