NAVEGAÇÃO:

A CIÊNCIA E A ARTE

VOLUME I

NAVEGAÇÃO COSTEIRA, ESTIMADA E EM ÁGUAS RESTRITAS

DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO

BRASIL

2023

2ª Revisão Atualizada



© Diretoria de Hidrografia e Navegação – Marinha do Brasil. 1996

M636
1996 Miguens, Altineu Pires
Navegação: a Ciência e a Arte. – 1. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro: DHN, 2019.
v. ; 30 cm.

Inclui Bibliografia.
ISBN – 85-7293-017-5

1. Navegação. 2 Auxílio à Navegação. I. Brasil – Diretoria de Hidrografia e Navegação.

CDD 623.89

DECISÃO DO DIRETOR DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO

Aprovo o parecer do Conselho Técnico e determino a adoção como Manual de Navegação pela Marinha do Brasil o livro intitulado "Navegação - A Ciência e a Arte", de autoria do Capitão de Mar e Guerra Albino Pires Miguens.

Rio de Janeiro, Ponta da Armação

Em 11 de dezembro de 1991

APRESENTAÇÃO À 1ª REVISÃO ATUALIZADA

Passados 23 anos desde a publicação do Volume I do "NAVEGAÇÃO: A CIÊNCIA E A ARTE", organizado e escrito pelo CMG ALTINEU PIRES MIGUENS, o universo da navegação marítima evoluiu consideravelmente, incorporando tecnologias nas áreas de posicionamento satelital, transmissão e armazenamento de dados e informações, cartografia digital, sensoreamento remoto, entre outras.

Essa evolução tecnológica, por conseguinte, impôs a adoção de novos equipamentos eletrônicos e a regulação de novas práticas para os seus diferentes empregos, em benefício da arte da navegação, que, no entanto, se mantém única e atual quanto a ser a "arte de conduzir, com segurança, um navio de um ponto a outro da superfície da terra".

A DHN, em razão desses novos tempos e de ser, perante a comunidade marítima brasileira, a responsável normatizadora pela correta e segura condução das atividades de navegação em águas nacionais, além do seu papel como referência na área de conhecimento da navegação aquaviária, exerceu a tarefa de coordenar a revisão, no que fosse pertinente, do presente Manual de Navegação da MB.

Assim, no último trimestre de 2018, foi iniciada a revisão dos três volumes que compõem essa "epítome da navegação", – classificação dada pelo autor na sua primeira edição –, que contou com a colaboração de diversos componentes de organizações militares da MB, tanto técnicas quanto educacionais, capitaneados sob o timão seguro e experiente do CMG (RM1) ANTONIO RICARDO NUNES GUIMARÃES, instrutor dos cursos de aperfeiçoamento e especialização de oficiais e praças HN.

Esta nova edição apresenta-se totalmente atualizada, revista e ampliada, mantendo a estrutura da obra original. Dessa forma, a DHN sente-se honrada em lançar, um ano após o início do processo de revisão, o Volume I – Navegação Costeira, Estimada e em Águas Restritas.

Por fim, em reconhecimento aos esforços despendidos, a DHN agradece aos inúmeros revisores e colaboradores que prestimosamente auxiliaram na grande tarefa de atualização desta obra:

CMG	Pedro Augusto Bittencourt Heine Filho (NApOc Alte Maximiano);
CMG	Antonio Braz de Souza (NapOc Ary Rongel);
CMG	Emma Giada Matschinske (DHN);
CMG (RM1)	Pedro Gomes dos Santos Filho (EN);
CMG (RM1)	Carlos Alberto Pêgas Ferreira (DHN);
CMG (RM1)	Carlos Miguel Passeri Hansen (EN);
CMG (RM1)	Rogério Magalhães de Souza (CHM);
CMG (RM1)	Heraldo Soares Caldeira (DHN);
CMG (RM1)	Carlos Norberto Stumpf Bento (EN);
CF	João Bittencourt Cavalcanti (CHN-4);
CF	Fernando José Moraes Monteiro (CHM);
CF	Daniel Peixoto de Carvalho (CHM);
CF (RM1)	Jacques Rocha Lima (EN);
CC	Luiz Henrique Parreira Fontes (CAAML);
CC	Martim Bezerra de Morais Junior (CIAMA);
CC	Anderson Barbosa Da Cruz Pecanha (CHM);
CC	Ricardo Magalhães Valois (SSN-6);
CC	Fábio Luis Moreira Jacobucci Bambace (NApOc Ary Rongel);
CC	Phellipe de Araújo Magalhães (NApOc Alte Maximiano);
CC	Marcos Antonio de Souza Silva (CAMR);

CC	Daniel Drumond Gama (CAMR);
CC (EN)	Ricardo Ramos Freire (CHM);
CT	Leandro Amaral de Sousa (CIAMA);
CT	Rodrigo Baptista Pereira (CHN-4)
CT	Daniel Martins Trindade (CAMR);
CT	Bruno Cravinho Meca (CHN-4);
CT	Jean Jacques Bergamaschi (CHN-4);
CT	Jean da Silva Thiago (CAAML);
CT	Rafael Barbosa de Oliveira Torres (GNHO);
CT	Felippe Augusto Affonso dos Anjos (CAMR);
CT	Vitor Hugo de Souza (GNHO);
CT	Gabriel Lima Barbosa (GNHO);
CT	André Leonardo Magalhães de Faria (NApOc Alte Maximiano);
CT	Almir Freire Pereira Lodi (GNHO);
CT (T)	Alana De Lima Pontes Gadelha (CHM);
CT (QC-CA)	Pablo Araújo Barbosa (CHN-4);
CT (QC-CA)	Anderson de Oliveira Paula (GNHO);
CT (EN)	Rafaela Pereira de Castro (CHM);
CT (EN)	Vitor De Carvalho Peres (CHN-4);
1T	Ramon Costa Monteiro (NHi Sirius);
1T (T)	Mariana de Castro Michimoto (CAMR);
1T (EN)	Edico Ramon de Melo (CHM);
1T (EN RM2)	Ana Claudia Lima Toledo (CHN-4);
1T (EN RM2)	Thiago Sá de Lima (CHN-4);
1T (T RM2)	Claudio Patrick Lopes Ribeiro (CHN-4);
2T (T RM2)	Luis Carlos Dantas Júnior (CHN-4);
SO (OR)	Mauro Augusto Araújo Ribeiro (CAAML);
SO (HN Ref)	Sanderson Cavalcante de Oliveira (DHN);
1SG (HN)	André Jacques Silveira (CHM);
CB (GR)	Danielle dos Santos Francelino (BHMN);
SC	José Augusto Miranda Prado (CHM);
SC (Designer)	Adriana de Jesus Matos (BHMN); e
SC (Designer)	Marcos Mendonça Moraes (BHMN).

Diretoria de Hidrografia e Navegação

APRESENTAÇÃO À 1ª EDIÇÃO

Há muito que a nossa Marinha ressente-se da falta de um Manual de Navegação, para uso a bordo dos nossos navios, nos órgãos de ensino e adestramento e, também, para atender ao público externo, isto é, aos navegantes da nossa Marinha Mercante, de Longo Curso, Cabotagem e de Apoio Marítimo, e aos navegantes de pesca, esporte e recreio, que, cada vez mais, buscam na MB fontes de consulta sobre navegação.

Depois do livro do Comandante Evandro Santos, "Navegação Estimada" (1924) e dos trabalhos posteriores do Almirante Guilhobel (1930) e do Comandante Newton Tornaghi (1945), pouco se editou sobre navegação em nossa Marinha.

Na Escola Naval, os instrutores que se sucederam prepararam várias apostilas, quase sempre de conteúdo muito bom, porém com uma notória deficiência de forma, de apresentação gráfica e com todos os inconvenientes que apresentam as publicações avulsas.

No final da década de 60 e início da década de 70, as folhas de informações sobre navegação astronômica foram consolidadas no livro "Navegação Astronômica", editado conjuntamente pela Escola Naval e DPC. Posteriormente, a própria EN publicou, em edições provisórias, os trabalhos NAV-1 e NAV-2, de autoria do CMG(RRm) Renato Tarquínio Bittencourt abrangendo, respectivamente, os conceitos básicos de navegação e navegação costeira, estimada e em águas restritas. Para navegação eletrônica (NAV-3), em 1983 foi obtida autorização para reproduzir um trecho do livro "A Prática da Navegação", do CLC Carlos R. Caminha Gomes, publicado pelo Sindicato de Oficiais de Náutica da Marinha Mercante. Entretanto, permaneceram as deficiências de impressão, de falta de unidade, de padronização e de coordenação entre os trabalhos supracitados. Além disso, tais trabalhos dificilmente são acessíveis ao público externo.

Todos estes fatores levaram ao consenso de que se fazia necessário para a Marinha dispor de um "Manual de Navegação", a exemplo do que fizeram outras nações, de igual ou menor porte que a nossa.

A Organização Hidrográfica Internacional (OHI) recomenda que os Serviços Hidrográficos dos Estados-membros publiquem Manuais Nacionais de Navegação, como mais uma medida para aumento da segurança da navegação. Ademais, o Regulamento da Diretoria de Hidrografia e Navegação prevê que cabem à DHN as tarefas de estabelecer normas e procedimentos para a navegação e produzir informações de interesse para a segurança da navegação. Assim sendo, não restam dúvidas de que a responsabilidade pela publicação do Manual de Navegação, no âmbito da MB, é da Diretoria de Hidrografia e Navegação.

Desta forma, submeti ao Diretor de Hidrografia e Navegação, em junho de 1993, a idéia de a DHN publicar um Manual de Navegação, que me propus a organizar. O Manual consistiria, basicamente, na compilação dos trabalhos anteriormente mencionados, atualizados e enriquecidos com elementos obtidos das últimas edições das melhores obras disponíveis, como o AMERICAN PRACTICAL NAVIGATOR (BOWDITCH), o DUTTON'S NAVIGATION AND PILOTING, o ADMIRALTY MANUAL OF NAVIGATION, o MANUAL DE NAVEGAÇÃO DO INSTITUTO HIDROGRÁFICO DE PORTUGAL, o COURS D'ASTRONOMIE–NAVIGATION DE L'ÉCOLE NAVALE e o MANUAL DE

NAVEGACIÓN DEL INSTITUTO HIDROGRÁFICO DE LA ARMADA DE CHILE, além de outros compêndios e publicações, alguns já editados pela própria DHN.

A forma proposta para o livro foi a de um Manual, isto é, uma obra contendo apenas as noções essenciais acerca dos assuntos, sem profundas considerações teóricas. Ademais, pretende-se que o Manual seja, tal como o BOWDITCH, um "epítome da navegação", ou seja, um resumo da doutrina e do saber acumulado de navegação na nossa Marinha.

A estrutura proposta para o Manual de Navegação divide-o em dois volumes, publicados, sob o título geral de NAVEGAÇÃO: A CIÊNCIA E A ARTE, sendo:

VOLUME I : NAVEGAÇÃO COSTEIRA, ESTIMADA E EM ÁGUAS RESTRITAS.

VOLUME II: NAVEGAÇÃO ASTRONÔMICA, ELETRÔNICA E EM CONDIÇÕES ESPECIAIS (NAVEGAÇÃO FLUVIAL, NAVEGAÇÃO EM ÁREAS POLARES, NAVEGAÇÃO COM MAU TEMPO, NAVEGAÇÃO EM BALSAS SALVA-VIDAS), DERROTAS, NOÇÕES DE METEOROLOGIA E OCEANOGRAFIA PARA NAVEGANTES.

Espero o 1º volume Manual, ora editado, cobrindo as áreas de navegação costeira, estimada e em águas restritas, já possa ajudar os nossos navegantes, civis e militares, a conduzirem com segurança seus navios e embarcações, desde o ponto de partida até o destino. O 2º volume, a ser em breve publicado, completará a estrutura deste que pretende ser, tal como os nosso faróis, cartas e publicações náuticas, um auxílio à navegação preciso e confiável. Agradeço a todos que contribuiram para tornar esta obra uma realidade.

ALTINEU PIRES MIGUENS

PREFÁCIO

Há uma passagem no Livro de Isaías, em que o profeta faz referência ao povo que habita uma terra onde há o roçar de muitas asas de insetos, que está muito além dos rios da Etiópia e "que envia embaixadores por mar navegando em navios de papiro".*

Este pode ser o registro mais remoto de viagem do homem pelo mar; provavelmente ocorreu há uns cinco mil anos. Até hoje historiadores discutem, sem concordar, sobre a época da lª edição da Bíblia. De qualquer modo, este parece ser, pelo menos, o primeiro relato de navegação que conhecemos, porque o homem mal havia começado a aprender a linguagem escrita. Não há dúvidas de que ele vinha viajando pelos mares, muito antes disso.

A história das viagens do homem pelo mar é realmente muito antiga. O tema em si não se inclui no escopo deste livro e tem sido objeto de muitas obras. Mas a evolução do ensino de navegação é, obviamente, parte da história da navegação marítima.

Durante milênios, a aquisição de conhecimentos sobre técnicas de navegação foi exclusivamente um processo penoso. Era fruto de uma lenta acumulação de experiências em viagens e de muito sofrimento. Como disse o avô de Nimitz, quando o neto resolveu ingressar na Marinha: "O mar – como a vida ela própria - é um mestre-escola rigoroso. A melhor maneira de conviver com ele é aprender tudo que você pode; depois, dar o máximo de si e não se preocupar, especialmente com as coisas sobre as quais você não tem controle".

Há um fato que os historiadores consideram um dos grandes marcos na evolução na história da humanidade: foi o primeiro grande esforço do homem para sistematizar, de forma organizada e científica, a aquisição de conhecimentos sobre a arte de navegar.

No correr da primeira metade do Século XV, uma idéia tomava forma na mente de um jovem príncipe, Infante de Portugal, terceiro filho do rei D. João I. Ele entrou para a história como Henrique, o Navegante.

Depois de participar com distinção na guerra de conquista de Ceuta e, poucos anos mais tarde, livrar essa cidade de outra investida dos mouros, Henrique voltou a Portugal. Recusou a dignidade de grão-mestre da Ordem de Cristo. A honraria vinha acompanhada do voto de pobreza, que, por sua vez, significava abrir mão de sua renda. Preferiu aceitar o cargo de Governador e Administrador da Ordem. Construiu uma vila na Ponta de Sagres, na província meridional do Algarve, perto do Cabo de São Vicente, e pôs-se a refletir sobre sua época. Tinha 25 anos, curiosidade científica e uma aguda percepção dos fatos em sua volta.

Antes de Henrique, o Navegante, geógrafos e navegantes da Europa vinham procurando um caminho marítimo para o Oriente. Henrique não gastou muito tempo apenas refletindo. Construiu estaleiros, um arsenal de marinha, um observatório e reuniu em torno de si alguns dos mais notáveis cartógrafos, astrônomos e navegadores da época.

Dois anos depois de fundado esse conjunto, que ficou conhecido como Escola de Sagres, os portugueses descobriram a ilha de Porto Santo e, a seguir, Madeira, Açores, Rio de Ouro, Serra Leoa, Gâmbia e o Arquipélago de Cabo Verde. Quando Henrique faleceu em l460, os portugueses haviam chegado ao Cabo de Palmas. Estava aberto o amplo caminho para expandir-se a civilização do Ocidente.

---

* COLLINDER, Per. A History of Marine Navigation. B.T. Batsford Ltd Publishers. 4 Fitzhardin Street, London W1. Great Britain, 1954.

Os portugueses prosseguiram em sua exploração para o Sul da costa atlântica da África. Bartolomeu Dias contornou o Cabo das Tormentas, depois rebatizado de Boa Esperança, e Vasco da Gama fundeou em Calicut em l498.

Segundo a tradição, Vasco da Gama e Colombo formaram-se em Sagres. Mas o fato é que Cristóvão Colombo, um genovês, casou com a filha de um ex-marinheiro, Bartolomeu Perestello, que havia navegado para o Infante Henrique nas viagens de exploração da costa africana. Colombo estudou papéis, registros, roteiros e cartas náuticas de seu sogro e, a serviço da Espanha, descobriu um novo continente.

Diz Churchill que a velha ordem política, econômica e social da Europa foi abalada em suas bases. Embora pareça uma surpreendente ocorrência no século XVI, o principal flagelo foi uma desenfreada inflação. Era uma insaciável fome por dinheiro para custear viagens, novos empreendimentos, construções e novos métodos de governar. Os Estados tinham agora braços estendidos por cima dos oceanos.

Mas, da mesma forma que acontece em nossos dias, a gestão de finanças era uma tarefa apenas vagamente compreendida por governantes e pela maioria das pessoas. O caminho mais fácil, adotado pelos reis empobrecidos – como alguns governantes de hoje – consistiu em degradar suas moedas.

Entretanto, havia um novo e rico mundo a explorar e disso entendiam os comerciantes. Mais ainda, na medida em que as novas terras iam sendo ocupadas, o solo mostrava-se fértil para germinar sementes de liberdade econômica e política das futuras gerações.

Henrique, o Navegante, ao estabelecer o primeiro esforço organizado em bases científicas e práticas para o ensino da navegação, detonou a expansão marítima dos povos da Europa. A civilização ocidental, pela primeira vez na História, derramou-se para o sul e para oeste, transpondo o oceano. Foi uma formidável transformação.

Nós, marinheiros brasileiros, temos uma dívida antiga com nosso genial antepassado português, Henrique, o Navegante. Até hoje não tínhamos em nosso País um compêndio consolidando as experiências atualizadas da Arte de Navegar.

Tenho motivos para acreditar que o excelente Manual de Navegação, elaborado pelo Comandante Altineu Pires Miguens – cujo primeiro volume "Navegação Costeira, Estimada e em Águas Restritas", ora é editado – constitui uma substancial amortização da dívida. Os muitos de seus usuários vão conferir o fato, confirmá-lo e, certamente, contribuir para aperfeiçoar novas edições. A vida é "quem" decide.

A sgunda parcela do pagamento da dívida, o Volume II – "Navegação Astronômica Eletrônica e em Condições Especiais (Navegação Fluvial, Navegação Polar, Navegação com Mau Tempo e em Embarcações de Salvamento) – virão em breve.

FERNANDO M. C. FREITAS
Vice-Almirante
Presidente da Fundação de Estudos do Mar

Sumário

1. O Problema Geral da Navegação 1-1

1.1. Definição 1-1

1.2. Planejamento da viagem 1-2

1.2.1. Avaliação 1-3

1.2.2. Plano de viagem 1-4

1.2.3. Execução 1-5

1.2.4. Monitoramento 1-5

1.3. Tipos e métodos de Navegação. Precisão requerida e intervalo de tempo entre posições 1-6

1.4. A forma da Terra. A esfera terrestre 1-7

1.5. Principais linhas, pontos e planos do globo terrestre 1-10

1.6. A posição na Terra. Sistema de coordenadas geográficas 1-11

1.7. Distâncias na superfície da Terra. A milha náutica (ou milha marítima). Ortodromia e loxodromia. 1-12

1.7.1. A milha náutica 1-12

1.7.2. Ortodromia e loxodromia 1-13

1.8 A direção no mar. Rumos e marcações. 1-14

1.9. A velocidade no mar 1-18

1.10. Outras unidades de medida utilizadas em Navegação 1-18

2. Projeções Cartográficas e a Carta Náutica 2-1

2.1. O problema da representação da Terra sobre uma superfície plana 2-1

2.2. Seleção do sistema de projeção. Condições desejáveis em uma representação da superfície da Terra sobre um plano 2-2

2.3. Classificação dos sistemas de projeções 2-3

2.3.1. Designação dos sistemas de projeções 2-7

2.4. O emprego da projeção de Mercator na Cartografia Náutica 2-8

2.4.1. A projeção de Mercator 2-8

2.4.2. Classificação da projeção de Mercator 2-9

2.4.3. Vantagens e limitações da projeção de Mercator 2-10

2.4.4. Latitudes crescidas e medição de distâncias nas cartas de Mercator 2-11

2.4.5. Utilização da Projeção de Mercator 2-12

2.5. Outras projeções usadas em Cartografia Náutica 2-13

2.5.1. Projeção gnomônica 2-13

2.5.2. Projeção estereográfica 2-16

2.5.3 Projeção ortográfica 2-16

2.5.4. Projeção azimutal equidistante 2-17

2.5.5. Projeções cônicas 2-19

2.5.6. Projeção transversa de Mercator 2-22

2.5.7. Cartas polares 2-23
2.5.8. Projeções mais utilizadas em Cartografia Náutica 2-24
2.6. Utilização e interpretação de uma carta náutica 2-25
2.6.1. A carta náutica 2-25
2.6.2 Escala da carta 2-26
2.6.3. Principais elementos representados em uma carta náutica em papel 2-28
2.6.4. As cartas náuticas digitais. Peculiaridades 2-39
2.7. Confiança e precisão da carta náutica 2-42
2.8. Atualização das cartas náuticas 2-43
2.9. O Plano Cartográfico Náutico Brasileiro 2-46
Apêndice "A" ao Capítulo 2 – Resolução gráfica de problemas-tipo 2-55
Apêndice "B" ao Capítulo 2 – Futuro da carta náutica em papel 2-61

3. Agulhas Náuticas. Conversão de Rumos e Marcações 3-1
3.1. Obtenção de rumos e marcações a bordo 3-1
3.2. Agulhas magnéticas 3-2
3.2.1. Descrição e partes componentes 3-2
3.2.2. Vantagens e limitações 3-3
3.2.3. Declinação magnética 3-3
3.2.4. Desvio da agulha 3-7
3.2.5. Conversão de rumos e marcações 3-15
3.2.6. Registro das agulhas magnéticas 3-18
3.2.7. Agulhas magnéticas de bordo 3-19
3.2.8. Bússolas de fluxo magnético 3-20
3.3. Agulha giroscópica 3-22
3.3.1. Introdução 3-22
3.3.2. Giroscópio básico 3-23
3.3.3. Agulhas giroscópicas 3-26
3.3.4. Vantagens e limitações das agulhas giroscópicas 3-29
3.3.5. Utilização da agulha giroscópica 3-30
3.3.6. Desvio da giro 3-31
3.3.7. Instalação da agulha giroscópica a bordo 3-34
3.3.8. Determinação do desvio da giro por "redução do triângulo" 3-34
3.3.9. Novas tecnologias empregadas em giroscópios 3-35
Apêndice ao Capítulo 3 – Compensação da agulha magnética 3-38
1. Conceito. Frequência de compensação 3-38
2. Calibragem em terra da balança de inclinação 3-39
3. Inspeção da agulha e dos corretores 3-40
4. Manobras com o navio
5. Compensação da agulha magnética por comparação com a giro 3-42
6. Curva de desvios residuais 3-46
7. Barra de Flinders 3-46

4. A Posição no Mar. Navegação Costeira **4-1**

4.1. Planejamento e traçado da derrota 4-1

4.2. Conceito de linha de posição (LDP). LDP utilizadas na navegação costeira e na navegação em águas restritas 4-4

4.3. Determinação da posição no mar 4-10

4.3.1. Métodos para determinação da posição 4-10

4.3.2. Posição por duas LDP – possibilidade de ambiguidade 4-13

4.3.3. Outros métodos de determinação da posição 4-14

4.4. Posição por segmentos capazes 4-15

4.4.1. Observação e traçado da LDP segmento capaz 4-15

4.4.2. Determinação e plotagem da posição por segmentos capazes 4-17

4.4.3. Cuidados na escolha dos objetos visados 4-19

4.4.4. Observações finais sobre navegação por segmentos capazes 4-21

4.5 Técnicas da navegação costeira 4-23

4.5.1. Sequência de operações da navegação costeira 4-23

4.5.2. Escolha das cartas náuticas para a navegação costeira 4-24

4.5.3. Seleção dos pontos de apoio à navegação costeira 4-25

4.5.4. Triângulo de incerteza 4-28

4.5.5. Sequência de observação de marcações e distâncias na navegação costeira 4-29

4.5.6. Registro das observações 4-30

Apêndice ao Capítulo 4 – Erros da posição observada 4-32

1. Introdução 4-32

2. Conceitos 4-32

3. Erros acidentais 4-35

4. Erro provável 4-36

5. Erros nos cruzamentos de linhas de posição 4-39

5. Navegação Estimada **5-1**

5.1. Conceito de navegação estimada 5-1

5.2. Plotagem do ponto estimado 5-2

5.3. Regras para a navegação estimada 5-3

5.4. Fatores que influenciam a posição estimada 5-4

5.5. Termos empregados na navegação estimada 5-5

5.6. O triângulo de corrente 5-8

5.7. Resolução gráfica dos principais problemas do triângulo de corrente 5-9

5.8. Precisão e consistência da posição estimada 5-17

6. Determinação da Posição por Marcações Sucessivas **6-1**

6.1. Conceitos preliminares 6-1

6.2. Transporte de uma linha de posição 6-2

6.3. Posição por marcações sucessivas 6-4

6.3.1. Introdução 6-4

6.3.2. Posição por duas marcações de um mesmo objeto, tomadas com um intervalo de tempo entre elas 6-4
6.3.3. Posição por duas marcações de objetos diferentes, tomadas com intervalo de tempo entre elas 6-6
6.3.4. Posição por séries especiais de marcações sucessivas de um mesmo objeto 6-7

7. Emprego de Linhas de Posição de Segurança 7-1
7.1. Conceito de navegação de segurança 7-1
7.2. Linhas de posição de segurança 7-3
7.2.1. Alinhamentos como LDP de segurança 7-3
7.2.2. Marcação de perigo ou marcação de segurança 7-4
7.2.3. Distância de perigo 7-6
7.2.4. Ângulo vertical de segurança 7-7
7.2.5. Ângulo horizontal de segurança 7-8
7.3 Uso de sondagens como limite de segurança 7-8
Apêndice ao Capítulo 7 – Exercícios 7-9

8. Uso dos Dados Táticos do Navio na Navegação em Águas Restritas 8-1
8.1. Dados táticos ou características de manobra dos navios 8-1
8.2. Curvas de giro e seus elementos 8-2
8.3. Considerações práticas sobre a curva de giro 8-3
8.4. Efeitos do vento e da corrente sobre a curva de giro 8-4
8.5. Obtenção dos dados táticos a partir das curvas de giro 8-6
8.6. Tabela de aceleração e desaceleração e outros dados de máquinas 8-8
8.7. Determinação do ponto de guinada 8-10
8.8. Manobra de variação de velocidade 8-14
8.9. Fundeio de precisão 8-14
8.10. Observações finais 8-21
Apêndice ao Capítulo 8 – Exercícios 8-22

9. A Equipe de Navegação 9-1
9.1 A equipe de navegação 9-1
9.2 Atribuições dos componentes da equipe de navegação 9-3
9.3 Importância da equipe de navegação em águas restritas 9-6
9.4 Observações finais 9-8

10. Marés e Correntes de Maré. Correntes Oceânicas 10-1
10.1. Marés 10-1
10.1.1. O fenômeno da maré e sua importância para a navegação 10-1
10.1.2. Conceitos básicos de maré 10-2
10.1.3. Marés de sizígia e marés de quadratura 10-4
10.1.4. Tipos de marés 10-5

10.1.5. Elementos das marés 10-7
10.1.6. Outros conceitos relacionados às marés 10-9
10.1.7. Planos de referências de marés 10-9
10.1.8. Previsão das marés 10-11
10.1.9. Tábuas das Marés 10-13
10.1.10. Método expedito de previsão ou método do Estabelecimento do Porto 10-21
10.1.11. Notas finais sobre previsão de marés e utilização das Tábuas das Marés 10-26
10.2. Correntes de maré 10-27
10.2.1. Gênese das correntes de maré 10-27
10.2.2. Cartas de Correntes de Maré 10-28
10.2.3. Utilização das Cartas de Correntes de Maré 10-28
10.2.4. Correntes de maré obtidas por modelagem numérica 10-31
10.2.5. Informações sobre correntes de maré apresentadas nas cartas náuticas 10-33
10.2.6. Notas finais sobre correntes de maré 10-34
10.3. Correntes oceânicas 10-34
10.3.1. A circulação geral dos oceanos 10-34
10.3.2. Circulação termohalina 10-34
10.3.3. Circulação pelo efeito do vento 10-36
10.3.4. Efeito combinado da circulação termohalina e da circulação gerada pelo vento: correntes oceânicas 10-38
10.3.5. Principais correntes oceânicas 10-41
10.3.6. Outros fenômenos associados às correntes oceânicas 10-49
10.3.7. Informações sobre correntes oceânicas 10-50
Apêndice ao Capítulo 10 – Exercícios sobre marés e correntes de maré 10-53

11. Instrumentos Náuticos 11-1
11.1. As “ferramentas” do navegante 11-1
11.2. Instrumentos para medida de direções no mar 11-2
11.2.1. Agulhas náuticas 11-2
11.2.2. Dispositivos para medida de marcações e azimutes 11-7
11.3. Instrumentos de medida de velocidade e de distância percorrida 11-9
11.3.1. Odômetros e velocímetros 11-9
11.3.2. Efeito da corrente sobre as indicações do odômetro e corrida da milha 11-18
11.3.3. Processo prático de determinação de velocidade 11-21
11.4. Instrumentos para medição de distâncias no mar 11-21
11.4.1. Estadímetros 11-22
11.4.2. Determinação de distâncias com o sextante 11-24
11.4.3. Guarda-posto 11-27
11.4.4. Determinação da distância a objeto no horizonte 11-28
11.4.5. Cálculo da distância por dois ângulos e distância navegada 11-29
11.4.6. Processos práticos de medida de distâncias 11-29

11.5. Instrumentos para medição de profundidades 11-31
11.5.1. Prumo de mão 11-31
11.5.2. Ecobatímetros sondadores ou ecossondas 11-32
11.6. Instrumentos para uso das cartas náuticas em papel 11-36
11.6.1. Réguas paralelas e plotadores 11-36
11.6.2. Compasso de navegação 11-38
11.6.3. Estaciógrafo 11-38
11.6.4. Transferidor universal (TU) 11-39
11.6.5. Instrumentos adicionais para desenho e plotagem 11-40
11.7. Instrumentos para uso das cartas náuticas digitais 11-41
11.7.1. Sistema eletrônico de exibição de cartas náuticas 11-41
11.8. Outros instrumentos de navegação 11-44
11.8.1. Binóculos e lunetas 11-44
11.8.2. Instrumentos diversos 11-46

12. Publicações Náuticas 12-1
12.1. Importância e dotação das Publicações Náuticas 12-1
12.2. Catálogo de Cartas e Publicações 12-4
12.3. Carta 12.000 (Int 1) 12-7
12.4. Roteiro 12-8
12.5. Lista de Faróis 12-10
12.6. Lista de Auxílios-Rádio 12-10
12.7. Tábuas das Marés e Cartas de Correntes de Maré 12-25
12.8. Atlas de Cartas Piloto 12-25
12.9. Almanaque Náutico 12-30
12.10. Outras Publicações Náuticas 12-30
12.11. Avisos aos Navegantes 12-31
12.11.1. Avisos aos Navegantes (AVGANTES) 12-31
12.11.2. Organização do folheto Área Marítima e Hidrovias em Geral 12-32

13. Auxílios à Navegação 13-1
13.1. Importância e classificação dos auxílios à navegação 13-1
13.2. Auxílios visuais à navegação 13-3
13.2.1. Tipos de auxílios visuais 13-3
13.2.2. Descrição dos auxílios visuais 13-3
13.2.3. Balizamento 13-11
13.2.4. Identificação dos sinais de auxílio à navegação 13-12
13.2.5. Luzes de auxílio à navegação 13-12
13.2.6. Alcances dos auxílios visuais à navegação 13-16
13.3. Sistema de balizamento marítimo 13-19
13.3.1. Antecedentes históricos 13-20
13.3.2. Sistema de balizamento marítimo da IALA 13-22

13.3.3. Utilização do sistema de balizamento marítimo da IALA 13-31
13.3.4. Numeração de balizamentos 13-33
13.4. Sinalização náutica complementar 13-35
13.4.1. Balizamento fluvial e lacustre 13-35
13.4.2. Sinalização de cais, píeres, molhes, enrocamentos, marinas, terminais, dolfins e trapiches 13-41
13.4.3. Sinalização de pontes 13-41
13.5. Lista de faróis 13-45
13.6. Sistema de identificação automático como auxílio à navegação 13-48
Apêndice "A" ao Capítulo 13 – Características das luzes exibidas pelos sinais de auxílio à navegação 13-51
Apêndice "B" ao Capítulo 13 – A visibilidade no mar 13-56
1. Altitudes do observador e do objeto visado 13-56
2. Refração atmosférica 13-57
3. Transparência da atmosfera 13-58
4. Condições inerentes ao objeto 13-60
5. Capacidade visual do observador 13-60
Apêndice "C" ao Capítulo 13 – Sistema de balizamento marítimo da IALA 13-64

14. Navegação Radar 14-1
14.1. Equipamento radar 14-1
14.1.1. Desenvolvimento e classificação 14-1
14.1.2. Princípio de funcionamento e componentes básicos 14-3
14.1.3. Características da propagação radar 14-10
14.1.4. Apresentação da imagem radar 14-16
14.1.5. Controles operacionais do radar 14-18
14.2. Interpretação da imagem radar 14-22
14.2.1. Fatores que afetam a interpretação da imagem radar 14-22
14.2.2. Alvos terrestres 14-26
14.2.3. Alvos no mar 14-30
14.2.4. Fenômenos meteorológicos 14-32
14.2.5. Auxílios à navegação radar 14-35
14.3. Navegação radar 14-39
14.3.1. Precisão das distâncias e marcações radar 14-39
14.3.2. Uso do radar na navegação costeira e em águas restritas 14-41
14.3.3. Aterragem com o radar 14-46
14.3.4. Distância radar como LDP de segurança 14-47
14.3.5. Fundeio de precisão com o radar 14-48
14.3.6. Navegação paralela indexada 14-50
14.4. Uso do radar para evitar colisão no mar 14-59
14.4.1 Movimento relativo 14-59
14.4.2. Método do movimento relativo 14-61
14.4.3. Rosa de Manobra 14-64

14.4.4. Resolução de problemas de movimento relativo 14-66
14.4.5. Plotagem radar em tempo real 14-80
14.4.6. Sistemas automáticos de radar anticolisão 14-84
14.5. Apresentação em movimento verdadeiro 14-85
14.6. Sumário do Capítulo 14-85
Apêndice ao Capítulo 14 – Exercícios de plotagem radar em tempo real 14-87

15. Regulamento Internacional para Evitar Abalroamento no Mar 15-1
15.1. Introdução 15-1
15.2. Generalidades (Parte A do RIPEAM) 15-2
15.3 Regras de governo e navegação (Parte B do RIPEAM) 15-3
15.3.1. Responsabilidade entre embarcações 15-8
15.4 Luzes e marcas (Parte C do RIPEAM) 15-8
15.5. Sinais sonoros e luminosos (Parte D do RIPEAM) 15-19
15.6 Responsabilidade 15-25
15.7. Regras especiais para as águas interiores brasileiras 15-26

1 O PROBLEMA GERAL DA NAVEGAÇÃO

1.1 DEFINIÇÃO

Entre as várias definições de navegação, uma que apresenta com precisão os principais aspectos envolvidos na questão estabelece que "navegação é a ciência e a arte de conduzir um veículo com segurança, dirigindo e controlando os seus movimentos, desde o ponto de partida até o seu destino". O veículo pode ser um navio ou embarcação, um submarino, uma aeronave, uma espaçonave ou um veículo terrestre.

Da definição acima derivam as diversas formas da navegação: navegação marítima (de superfície ou submarina), navegação aérea, navegação espacial e navegação terrestre. Outras classificações, também aplicadas, especificam ainda mais o meio ambiente no qual o veículo se desloca, surgindo daí categorias como navegação fluvial e navegação polar.

Este Manual aborda, basicamente, a navegação marítima de superfície, adotando a seguinte definição:

"NAVEGAÇÃO É A CIÊNCIA E A ARTE DE CONDUZIR, COM SEGURANÇA, UM NAVIO (OU EMBARCAÇÃO) DE UM PONTO A OUTRO DA SUPERFÍCIE DA TERRA"

Por sua vez, as Normas da Autoridade Marítima para Navegação e Cartas Náuticas (NORMAM 28), estabelecidas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), dispõem que:

> "NAVEGAÇÃO É O PROCESSO DE PLANEJAMENTO, ACOMPANHAMENTO E CONTROLE DO MOVIMENTO DE UMA EMBARCAÇÃO DE UM PONTO A OUTRO, COM SEGURANÇA. PARA TAL, O NAVEGANTE CONSIDERA INFORMAÇÕES DISPONÍVEIS SOBRE CARTOGRAFIA, OCEANOGRAFIA, METEOROLOGIA, AUXÍLIOS À NAVEGAÇÃO, SENSORIAMENTO REMOTO, SISTEMAS DE POSICIONAMENTO, PERIGOS EXISTENTES E OUTROS. "

A Navegação surgiu quando o homem começou a deslocar-se sobre a água em rústicas embarcações, uma arte. Entretanto, logo elementos de ciência foram incorporados. Hoje, a Navegação conserva aspectos de ambos. É uma ciência, pois envolve o desenvolvimento e a utilização de instrumentos de precisão (alguns extremamente complexos), métodos, técnicas, cartas, tábuas e almanaques. É, também, uma arte, pois envolve o uso adequado dessas ferramentas sofisticadas e, principalmente, a interpretação das informações obtidas. A maior parte do trabalho da Navegação é feita com instrumentos de precisão e cálculos matemáticos. Porém, após a execução das observações e dos cálculos, o navegante experimentado aplica sua medida de arte, quando interpreta os dados disponíveis e resultados obtidos e afirma, indicando na Carta: "esta é a posição do navio".

1.2 PLANEJAMENTO DA VIAGEM

Como visto no item anterior, a Navegação *"é o processo de planejamento, acompanhamento e controle do movimento de uma embarcação de um ponto a outro, com segurança"*. Assim, o desenvolvimento do planejamento para a viagem, bem como o contínuo monitoramento do progresso e da posição do navio ou embarcação durante a execução de tal planejamento, é de importância essencial para a otimização de recursos, para a salvaguarda da vida humana no mar, para a segurança e a eficiência da navegação e para a proteção do meio ambiente marinho.

A necessidade de planejamento da viagem se aplica a todos os tipos de navios e embarcações. Existem vários fatores que podem impedir a navegação segura de qualquer navio ou embarcação, bem como fatores adicionais que podem trazer riscos à navegação de determinados navios, em razão de suas dimensões ou que transportam cargas perigosas. Esses fatores deverão ser levados em consideração na preparação do planejamento e no seu subsequente monitoramento.

O planejamento da viagem inclui: avaliação, ou seja, a coleta de todas as informações relevantes para a viagem; detalhamento de toda a viagem de porto a porto, incluindo os trechos que requeiram a presença de um prático, o que subsidiará a elaboração de um plano de viagem;

execução do plano de viagem; e acompanhamento do progresso do navio na implementação do plano. Esses componentes do planejamento da viagem são analisados a seguir.

1.2.1 Avaliação

Todas as informações relevantes para a viagem devem ser levadas em consideração no planejamento da viagem, tais como:

a. com relação ao navio ou embarcação, as condições gerais de navegabilidade, de estabilidade, dos equipamentos e equipagens; limitações operacionais; calado permitido nos canais de acesso e nos portos; características de manobra, incluindo quaisquer restrições;

b. quaisquer características especiais da carga (especialmente se perigosa) e sua distribuição, estiva e acondicionamento a bordo do navio;

c. disponibilidade de uma tripulação competente e bem preparada para realizar a viagem;

d. certificados e documentos atualizados referentes ao navio, aos seus equipamentos, à tripulação, aos passageiros e à carga;

e. cartas náuticas precisas e atualizadas a serem empregadas na viagem, levando em consideração todos e quaisquer avisos-rádio permanentes ou temporários existentes que abranjam a derrota;

f. roteiros e demais publicações de auxílio à navegação oficiais e atualizadas; e

g. qualquer informação adicional atualizada e relevante, incluindo:

- atlas de correntes e marés e tábuas de marés;
- dados climatológicos, hidrográficos e oceanográficos, bem como outras informações meteorológicas apropriadas;
- disponibilidade de informações meteorológicas provenientes de Serviço Meteorológico Marinho oficial, reconhecido pela Organização Meteorológica Mundial (OMM);
- sistemas de monitoramento existentes ao longo da derrota, serviços de tráfego de navios e medidas de proteção ambiental marítima;
- volume de tráfego que provavelmente será encontrado durante a viagem e/ou na aproximação de terra;
- se houver emprego de prático, informações relativas à praticagem e local de embarque e desembarque;
- informações portuárias disponíveis, incluindo as relativas à disponibilidade de dispositivos e equipamentos de resposta a emergências em terra; e
- quaisquer itens adicionais pertinentes ao tipo de navio ou de sua carga, em razão de áreas específicas que o navio irá atravessar e ao tipo de viagem a ser realizada.

Assim, uma avaliação geral da viagem deve ser feita com base nas informações acima. Essa avaliação deve fornecer uma indicação clara de todas as áreas de perigo; das áreas onde será possível navegar com segurança; e de quaisquer áreas onde se aplicam restrições de interesse à proteção ambiental marinha.

1.2.2 Plano de viagem

Com base na avaliação mais completa possível, um plano detalhado de viagem deve ser preparado, o qual deve cobrir toda a derrota, de porto a porto.

O plano detalhado de viagem deve incluir os seguintes componentes:

a. o traçado da derrota pretendida da viagem em cartas náuticas de escala apropriada, devendo ser indicadas todas as áreas de precaução e de perigo, as rotas de tráfego comuns de navios mercantes, os esquemas de separação de tráfego, as áreas abrangidas pelos sistemas de controle de tráfego e quaisquer áreas onde se aplicam restrições de navegação e de proteção ambiental marinha, como as *Areas To Be Avoided (ATBA)*[1];

b. os principais elementos para garantir a salvaguarda da vida humana no mar, a segurança e eficiência da navegação e a proteção do meio ambiente marinho durante a viagem. Tais elementos devem incluir, mas não se limitar a:

- velocidade de segurança, tendo em conta a proximidade de perigos para a navegação ao longo da rota pretendida, as características de manobra da embarcação e o seu calado em relação à profundidade disponível;
- alterações de velocidade necessárias durante a derrota, quando podem existir limitações devido à passagem noturna, restrições de maré ou aumento do calado devido ao efeito squat[2];
- "folga abaixo da quilha" (FAQ), que é o espaço mínimo exigido sob a quilha em áreas críticas, com profundidade restrita para a navegação, normalmente em canais portuários e áreas de aproximação, definido e divulgado pela Autoridade Portuária local;
- posições na derrota onde uma mudança de velocidade do navio é necessária;
- pontos de guinada (mudança de rumo) na derrota, levando-se em consideração a "curva de giro" do navio na velocidade planejada, bem como os efeitos esperados dos ventos, das correntes e correntes de maré;
- o método e a frequência de determinação da posição, incluindo opções primárias e secundárias, e a indicação das áreas onde a precisão da posição é crítica e a confiabilidade máxima deve ser obtida;
- uso dos esquemas de tráfego obrigatório e dos serviços de tráfego de navios, quando disponíveis;
- precauções relativas à proteção do meio ambiente marinho; e
- plano(s) de contingência como ação alternativa para colocar o navio em águas seguras ou para prosseguir a um porto de refúgio ou ancoradouro seguro, em caso de emergência que determine o abandono do plano de viagem, levando em consideração os dispositivos e equipamentos de resposta a emergências em terra existentes e a natureza da carga e da própria emergência.

Os detalhes do plano de viagem devem ser corretamente registrados, conforme for apropriado, em meio físico e/ou digital, e o plano deve ser amplamente divulgado, de forma

[1] ***Area To Be Avoided*** (ATBA) é uma área de limites definidos, representada na carta náutica, em que a navegação é particularmente perigosa ou é excepcionalmente importante para evitar acidentes e que deve ser evitada por todos os navios, ou por certas classes de navios, por razões de perigo excepcional ou fatores ecológicos e ambientais especialmente sensíveis.

[2] O efeito **squat** é o fenômeno hidrodinâmico pelo qual um navio movendo-se rapidamente em águas rasas cria uma área de baixa pressão sob a quilha, fazendo-o aproximar-se mais do fundo que o esperado, resultando em aumento do calado.

clara e precisa, por meio de um *briefing*, pelo Comandante ou Encarregado de Navegação, a todos os membros da tripulação envolvidos.

O plano de viagem, bem como os seus detalhes, deve ser aprovado pelo Comandante do navio antes do início da viagem.

1.2.3 Execução

Tendo finalizado o plano de viagem, assim que a hora estimada de partida (***Estimated Time of Departure* – ETD**) e a hora estimada de chegada (***Estimated Time of Arrival* – ETA**) possam ser determinadas com razoável precisão, a viagem deve ser executada de acordo com o planejamento estabelecido.

Iniciada a viagem, os seguintes fatores devem ser levados em consideração na execução do plano:

a. a confiabilidade e as condições dos equipamentos empregados para a navegação do navio;

b. os horários estimados de chegada em pontos críticos quanto à altura e à direção das marés;

c. as condições meteorológicas (particularmente em áreas sabidamente afetadas por períodos frequentes de baixa visibilidade), bem como as previsões de tempo, no transcurso da derrota;

d. as condições de luminosidade diurna ou noturna quando da aproximação e passagem próxima a pontos de perigo à navegação, e quaisquer efeitos que tais condições possam causar na precisão da determinação da posição; e

e. as condições de tráfego, especialmente em pontos focais de navegação, onde normalmente são fixados esquemas de separação de tráfego.

É importante para o Comandante considerar se qualquer circunstância particular como, por exemplo, a previsão de visibilidade restrita em uma área onde a determinação da posição por meios visuais em um ponto crítico é uma característica essencial da navegação, introduz um perigo inaceitável para a condução do navio e, portanto, se esse trecho da viagem deve ser executado sob tais condições. O Comandante também deve considerar em quais pontos específicos da viagem pode haver a necessidade de utilizar pessoal adicional no Passadiço/ Convés ou na Praça de Máquinas.

1.2.4 Monitoramento

Nessa fase do planejamento é acompanhada a execução da viagem, verificando-se principalmente o posicionamento do navio e os horários de guinada e de outros eventos definidos no plano. Se necessário, poderão ser utilizados os planos contingentes ou introduzidas alterações ao que foi planejado originalmente.

O plano de viagem deve estar disponível, por todo o decurso da derrota, no Passadiço para permitir aos Oficiais de Quarto o seu acesso imediato, bem como a todos os demais documentos e referências que o compõem.

O progresso do navio, de acordo com o plano de viagem, deve ser monitorado continuamente. Quaisquer mudanças feitas no plano devem ser baseadas nos conceitos dessas diretrizes, formalmente registradas e amplamente disseminadas.

1.3 TIPOS E MÉTODOS DE NAVEGAÇÃO. PRECISÃO REQUERIDA E INTERVALO DE TEMPO ENTRE POSIÇÕES

Embora existam várias outras classificações, algumas até mesmo muito sofisticadas, é tradicionalmente reconhecido que a navegação apresenta três tipos principais, ou categorias primárias, de acordo com a distância em que se navega da costa ou do perigo mais próximo, como estabelecido na NORMAM 28/DHN:

a. NAVEGAÇÃO EM ÁGUAS RESTRITAS: é a navegação que se pratica em portos e suas proximidades, em barras, baías, canais, rios, lagos, lagoas, proximidades de perigos ou quaisquer outras situações em que a manobra do navio é limitada pela estrita configuração da costa ou da topografia submarina, levando-se em consideração, também, os aspectos físicos do navio ou embarcação, como o calado, principalmente. É este, também, o tipo de navegação utilizado quando se navega à distância da costa (ou do perigo mais próximo) menor que 3 milhas sendo, portanto, o tipo que exige maior precisão.

b. NAVEGAÇÃO COSTEIRA: é aquela realizada entre portos, afastada de até 50 milhas náuticas da costa, mas não inferior a 3 milhas, ou em águas com até 200 metros de profundidade, o que ocorrer primeiro.

c. NAVEGAÇÃO OCEÂNICA: é a navegação realizada fora da área de costa, além do limite de 200 metros de profundidade ou de 50 milhas náuticas de terra, o que ocorrer primeiro.

O tipo de navegação praticado, associado à distância ao perigo mais próximo e, portanto, à velocidade do Navio, condiciona o intervalo entre a observação de posições (considerando as posições pretéritas, onde a plotagem é posterior à obtenção das referências), bem como a precisão requerida, de maneira a dirimir o risco que o Navio possa correr entre os "marques" ou "*tops*" (momentos de posicionamento). Embora não haja limites rígidos, os valores apresentados na Figura 1.1 dão uma ideia dos requisitos de precisão e da frequência mínima de determinação de posições para os três tipos básicos de navegação.

Para conduzir qualquer um dos tipos de navegação, o navegante utiliza-se de um ou mais métodos para determinar a posição do navio e dirigir seus movimentos.

Os principais **MÉTODOS DE NAVEGAÇÃO** são:

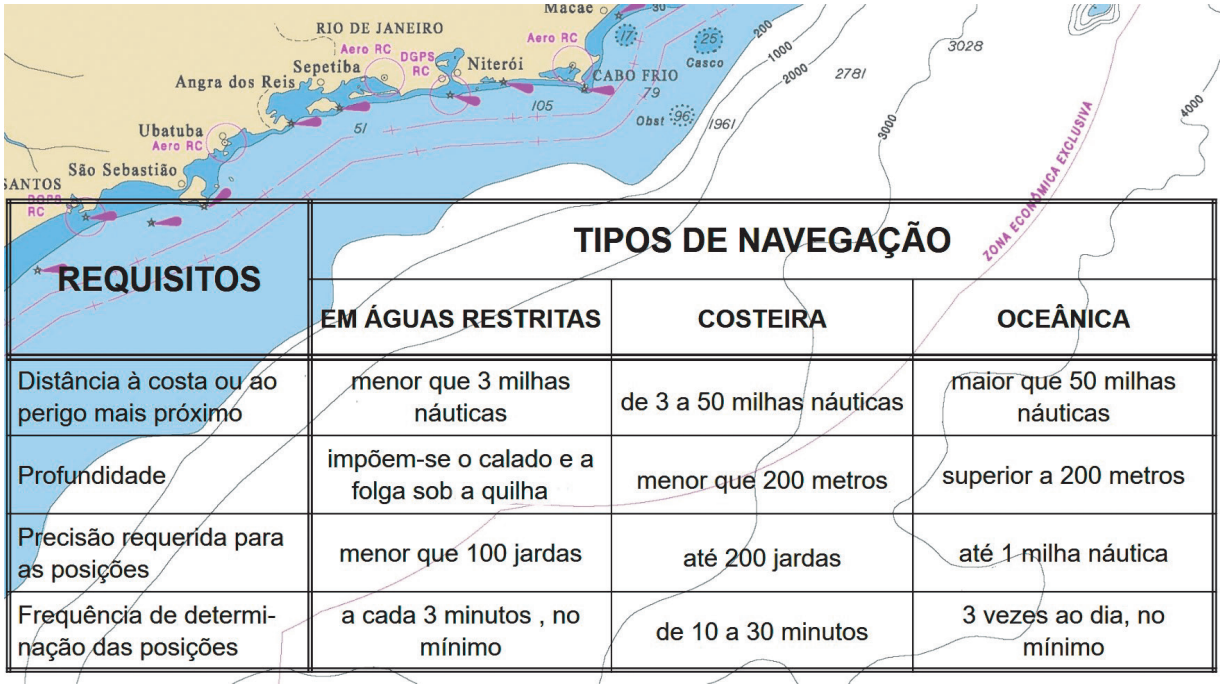
- **Navegação visual** – em que a posição é determinada por meio de observações visuais de pontos em terra e/ou de auxílios à navegação representados na carta náutica;

- **Navegação astronômica** – em que a posição é determinada por meio de observações visuais dos astros;

- **Navegação eletrônica** – em que a posição é determinada por meio de informações obtidas de equipamentos eletrônicos, tais como radar ou satélite (GNSS)[3]; e

- **Navegação estimada** – em que a posição é determinada por meio da previsão da posição futura do navio, a partir de uma posição conhecida, utilizando o rumo e a velocidade na superfície, e o intervalo de tempo entre as posições e a corrente, caso conhecida.

Figura 1.1 – Tipos de Navegação e Requisitos



REQUISITOS	TIPOS DE NAVEGAÇÃO		
	EM ÁGUAS RESTRITAS	COSTEIRA	OCEÂNICA
Distância à costa ou ao perigo mais próximo	menor que 3 milhas náuticas	de 3 a 50 milhas náuticas	maior que 50 milhas náuticas
Profundidade	impõem-se o calado e a folga sob a quilha	menor que 200 metros	superior a 200 metros
Precisão requerida para as posições	menor que 100 jardas	até 200 jardas	até 1 milha náutica
Frequência de determinação das posições	a cada 3 minutos , no mínimo	de 10 a 30 minutos	3 vezes ao dia, no mínimo

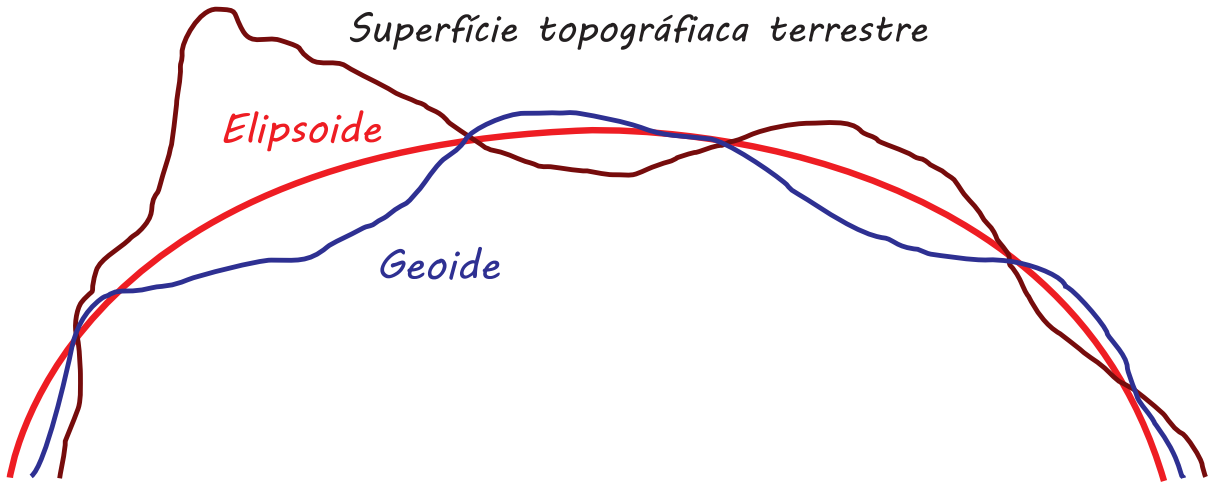
1.4 A FORMA DA TERRA. A ESFERA TERRESTRE

Primeiramente o homem imaginou a Terra como uma superfície plana, pois era assim que ele a via. Com o correr dos tempos, descobriu-se que a Terra era aproximadamente esférica. Na realidade, a superfície que a Terra apresenta, com todas as suas irregularidades exteriores, é o que se denomina **SUPERFÍCIE TOPOGRÁFICA DA TERRA** e não tem representação matemática.

Tentando contornar o problema da falta de representação matemática para a superfície da Terra, concebeu-se o **GEOIDE**, que seria o sólido formado pela superfície do nível médio dos mares, supondo-o recobrindo toda a Terra, prolongando-se através dos continentes (Figura 1.2). Dessa forma, o geoide é uma superfície equipotencial coincidente com o nível médio do mar, mas que dada a heterogeneidade da crosta terrestre, ainda é uma superfície irregular sem representação matemática.

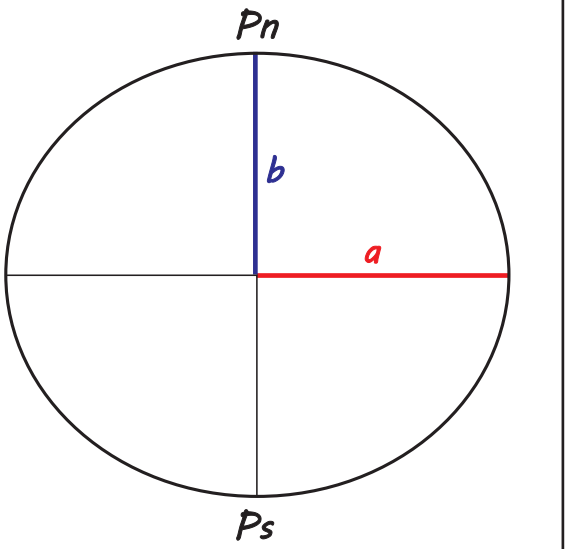
[3] Sistema de Navegação Global por Satélite (*Global Navigation Satellite System* - GNSS).

Figura 1.2 – Forma da Terra



Assim, medições geodésicas precisas, realizadas no século XIX e no início do século XX, estabeleceram, como a superfície teórica que mais se aproxima da forma real da Terra, o **ELIPSOIDE DE REVOLUÇÃO**, que é o sólido gerado pela rotação de uma elipse em torno do eixo dos polos (Figura 1.3).

Figura 1.3 – Elipsoide de Revolução



A geometria do elipsoide de revolução é composta pelos seguintes parâmetros, e decorrentes fórmulas, como abaixo discriminados:

- **semi-eixo maior (a)**
- **semi-eixo menor (b)**

$$f = (a-b)/a$$

- **achatamento (f)**
- **excentricidade (e)**

$$e = \sqrt{(a^2 - b^2)/a^2}$$

O Brasil adotou o Elipsoide Internacional de Hayford como um sistema de referência geodésica[4] até o final da década de 1960, tendo o vértice[5] Córrego Alegre como ponto datum[6]. Esse sistema, denominado de Sistema Geodésico de Referência Córrego Alegre, foi utilizado pela DHN como referência para a construção de suas cartas náuticas.

A partir de 1979, oficialmente, o Brasil adotou o Sistema Geodésico Regional SAD-69, em conjunto com a grande maioria dos países da América do Sul, por recomendação do Comitê de Geodésia reunido na XI Reunião Panamericana de Consulta sobre Cartografia, em 1969. Esse sistema geodésico de referência, que tinha como ponto datum o vértice Chuá, foi, progressivamente, adotado pela DHN para as suas atividades cartográficas.

O advento dos satélites artificiais, há mais de 35 anos, possibilitou o desenvolvimento prático dos sistemas de referência geocêntricos, como por exemplo o WGS84, cujo ponto de referência (ponto datum) é o seu próprio centro geométrico, ou seja, o centro de massa da Terra (geocentro). O WGS84 foi estabelecido pelo *U.S. Department of Defense* (DoD) como um sistema de referência geodésico global, desde 1960, com o objetivo de fornecer o posicionamento e navegação em qualquer parte do mundo, através de informações espaciais. Ele é o sistema de referência das efemérides operacionais do sistema GPS e é adotado, atualmente, pela DHN e por todos os demais Serviços Hidrográficos estrangeiros, por recomendação da Organização Hidrográfica Internacional, na construção das cartas náuticas.

Os parâmetros definidores de cada um dos três sistemas, acima mencionados, são:

Parâmetros	Córrego Alegre	SAD69	WGS84
Elipsoide	Internacional 1924 - Hayford	Internacional 1967	WGS84
Achatamento (f)	1 / 297,00	1 / 298,25	1 / 298,257223563
Semi-eixo maior (a)	6.378.388,000	6.378.160,000	6.378.137,000
Datum	Vértice Córrego Alegre	Vértice Chuá	Geocentro da Terra

Os parâmetros de outros elipsoides de referência podem ser encontrados no Apêndice 3 ao Volume III.

A diferença de um elipsoide de revolução para uma superfície esférica é, porém, muito pequena; por esta razão, a **ESFERA** é adotada como **SUPERFÍCIE TEÓRICA DA TERRA** nos cálculos da navegação astronômica e de derrotas ortodrômicas.

[4] Sistemas de referência são utilizados para descrever as posições de objetos. Quando é necessário identificar a posição de uma determinada informação na superfície da Terra são utilizados os **Sistemas de Referência Geodésicos**. Estes, por sua vez, estão associados a uma superfície que mais se aproxima da forma da Terra, e sobre a qual são desenvolvidos todos os cálculos das suas coordenadas.

[5] Um **vértice** geodésico é um marco fixo que indica uma posição cartográfica exata e forma parte de uma rede de triangulação com outros vértices geodésicos.

[6] O **ponto datum** é o ponto de referência a partir do qual a representação gráfica dos paralelos e meridianos, e consequentemente de todo o resto que for desenhado na carta náutica, está relacionada e é proporcional.

1.5 PRINCIPAIS LINHAS, PONTOS E PLANOS DO GLOBO TERRESTRE

EIXO DA TERRA: é a linha em torno da qual a Terra executa o seu movimento de rotação, de Oeste para Leste (o que produz nos outros astros um movimento aparente de Leste para Oeste).

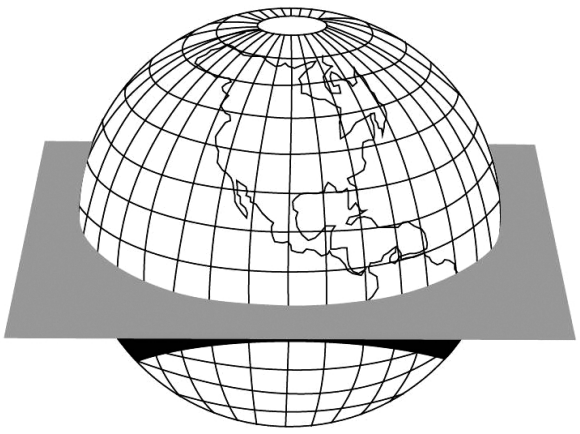
POLOS: são os pontos em que o eixo da Terra intercepta a superfície terrestre. O **Polo Norte** é o que se situa na direção da Estrela Polar (α URSA MINORIS); e o **Polo Sul** é o ponto de interceptação do eixo da Terra oposto ao Polo Norte.

CÍRCULO MÁXIMO: é a linha que resulta da interseção com a superfície terrestre de um plano que contenha o centro da Terra.

CÍRCULO MENOR: é a linha que resulta da interseção com a superfície terrestre de um plano que não contenha o centro da Terra.

PLANO EQUATORIAL: é o plano perpendicular ao eixo de rotação da Terra e contém o seu centro (Figura 1.4).

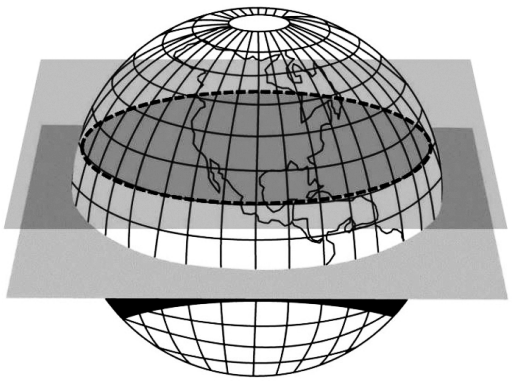
Figura 1.4 – Plano Equatorial e o Equador



EQUADOR DA TERRA: é o **círculo máximo** resultante da interseção do plano equatorial com a superfície terrestre. O Equador divide a Terra em dois hemisférios, o **Hemisfério Norte** e o **Hemisfério Sul**.

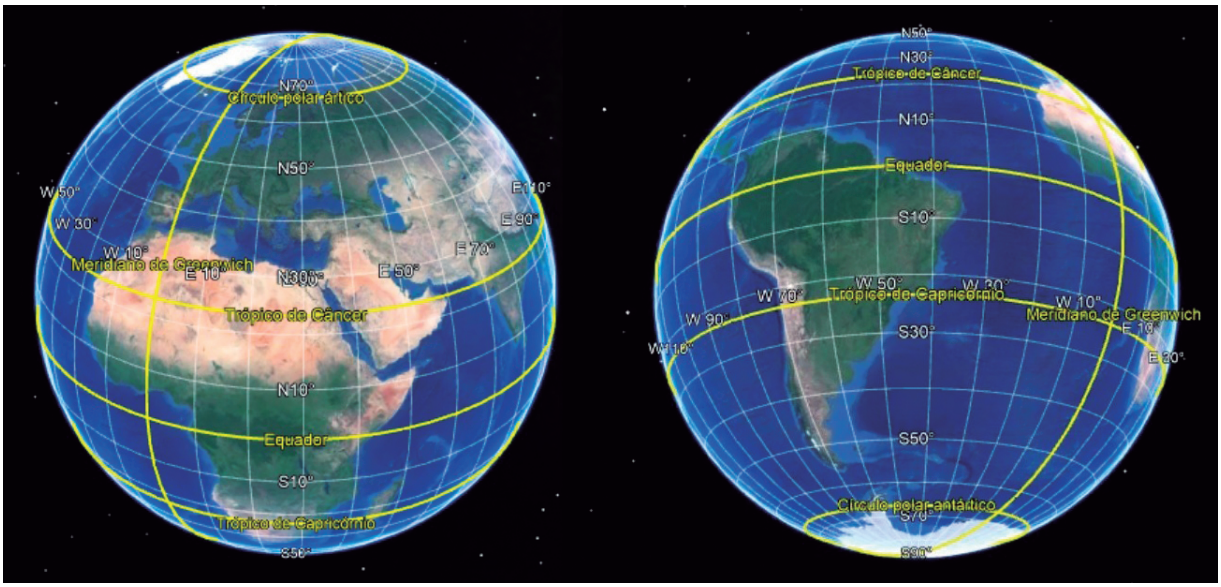
PARALELOS: são **círculos menores** paralelos ao Equador e, portanto, perpendiculares ao eixo da Terra. Seus raios são sempre menores que o do Equador (Figura 1.5).

Figura 1.5 – Paralelos



Entre os paralelos distinguem-se o **TRÓPICO DE CÂNCER** (paralelo de 23,5º de Latitude Norte), o **TRÓPICO DE CAPRICÓRNIO** (paralelo de 23,5º de Latitude Sul), o **CÍRCULO POLAR ÁRTICO** (paralelo de 66,5º de Latitude Norte) e o **CÍRCULO POLAR ANTÁRTICO** (paralelo de 66,5º de Latitude Sul), como destacados na Figura 1.6. Os paralelos materializam a direção E–W.

Figura 1.6 - Equador, Trópicos e Círculos Polares



MERIDIANOS: são os círculos máximos que contêm os polos da Terra, como os representados na Figura 1.6, sendo o principal o **MERIDIANO DE GREENWICH** (em destaque). Os meridianos marcam a direção N–S.

1.6 A POSIÇÃO NA TERRA. SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS

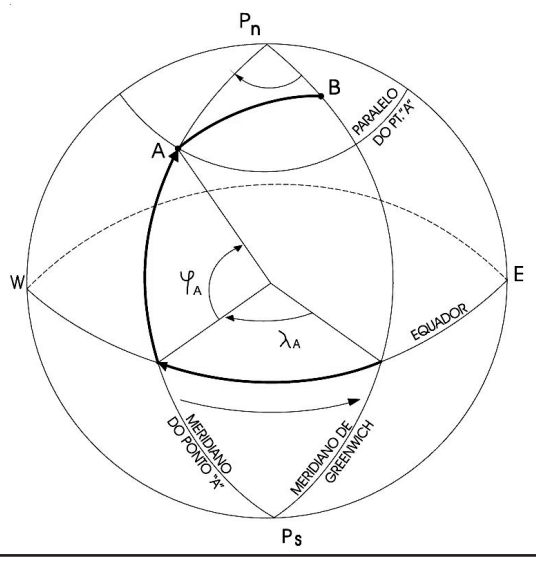
LATITUDE de um lugar, cujo símbolo é a letra grega **φ**, é o arco de meridiano compreendido entre o **Equador** e o **Paralelo do Lugar**. Conta-se de 0º a 90º para o Norte ou para o Sul do Equador.

LONGITUDE de um lugar, cujo símbolo é a letra grega **λ**, é o arco do Equador, ou o ângulo no Polo, compreendido entre o **Meridiano de Greenwich** e o **Meridiano do Lugar**. Conta-se de 0º a 180º para Leste ou para Oeste de Greenwich.

O **Meridiano de Greenwich**, que serve de referência para contagem das Longitudes, é denominado como **PRIMEIRO MERIDIANO**.

DIFERENÇA DE LATITUDE entre dois lugares (símbolo **Δφ**): é o arco de meridiano compreendido entre os paralelos que passam por esses lugares. Para se obter a diferença de Latitude entre dois pontos, deve-se subtrair ou somar os valores de suas Latitudes, conforme eles sejam,

Figura 1.7 – Principais Linhas, Planos e Pontos do Globo Terrestre. Sistema de Coordenadas Geográficas



respectivamente, de mesmo nome ou de nomes contrários. Assim, por exemplo, a diferença de latitude entre um ponto A, situado sobre o paralelo de 30ºN, e um ponto B, situado sobre o paralelo de 45ºN, será de 15º. Ademais, costuma-se indicar, também, o **sentido** da diferença de Latitude. Desta forma, dir-se-ia que a $\Delta\varphi$ de A para B é de 15ºN, ao passo que a $\Delta\varphi$ de B para A seria de 15ºS.

LATITUDE MÉDIA entre dois lugares (símbolo $\boldsymbol{\varphi_m}$): é a Latitude correspondente ao paralelo médio entre os paralelos que passam pelos dois lugares. Seu valor é obtido pela semissoma ou semidiferença das Latitudes dos dois lugares, conforme eles estejam no mesmo hemisfério ou em hemisférios diferentes (neste caso, terá o mesmo nome que o valor maior). No exemplo anterior, a Latitude média entre os pontos A (Latitude 30ºN) e B (Latitude 45ºN) é φ_m = (30ºN + 45ºN)/2 = 37,5ºN . A Latitude média entre um ponto C (Latitude 40ºN) e um ponto D (Latitude 12ºS) será φ_m = (40ºN + 12ºS)/2 = 14ºN.

DIFERENÇA DE LONGITUDE entre dois lugares (símbolo $\boldsymbol{\Delta\lambda}$): é o arco do Equador compreendido entre os meridianos que passam por esses lugares. A obtenção de seu valor é semelhante à da diferença de Latitude. Assim, por exemplo, a diferença de Longitude entre um ponto E (Longitude 045ºW) e um ponto F (Longitude 075ºW) será de 30ºW. No entanto, invertendo o sentido, a diferença de Longitude entre F e E seria de 30ºE. A diferença de Longitude entre um ponto G (Longitude 015ºW) e um ponto H (Longitude 010ºE) será de 25ºE.

1.7 DISTÂNCIAS NA SUPERFÍCIE DA TERRA. A MILHA NÁUTICA (OU MILHA MARÍTIMA). ORTODROMIA E LOXODROMIA.

1.7.1 A Milha Náutica

A distância entre dois pontos na superfície da Terra é a separação espacial entre eles, expressa pelo comprimento do menor arco de círculo máximo que os une. Em navegação, as distâncias são normalmente medidas em milhas náuticas.

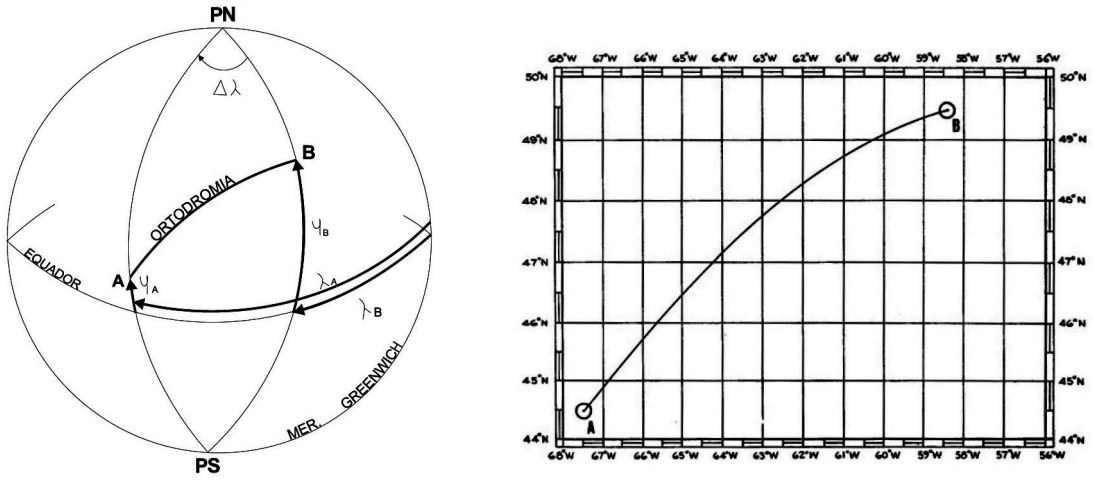
MILHA NÁUTICA (ou **MILHA MARÍTIMA**) é o comprimento do **arco de meridiano** que subtende um **ângulo de 1 minuto** cujo vértice posiciona-se no centro da Terra. Mais resumidamente, pode-se definir a milha náutica como sendo o comprimento do arco de 1' de Latitude. Contudo, o comprimento do arco de meridiano correspondente a um ângulo de 1' no centro da Terra varia ligeiramente com o lugar, uma vez que a Terra não é perfeitamente esférica. Dado, porém, o interesse de uma unidade de valor constante, fixou-se, por um Acordo Internacional (1929), o valor da milha náutica em **1.852 metros**, independentemente da Latitude do lugar. Pode-se, então, definir uma milha náutica como o comprimento do arco de um minuto de meridiano terrestre e dizer que seu valor é de 1.852 metros.

Devido ao problema das deformações em Latitude apresentadas nas Cartas de Mercator (Latitudes Crescidas), as distâncias nestas cartas devem ser sempre medidas na escala das Latitudes (1 minuto de Latitude é igual a 1 milha).

1.7.2 Ortodromia e Loxodromia

ORTODROMIA é qualquer segmento de um círculo máximo da esfera terrestre. É, assim, a menor distância entre dois pontos na superfície da Terra (Figura 1.8).

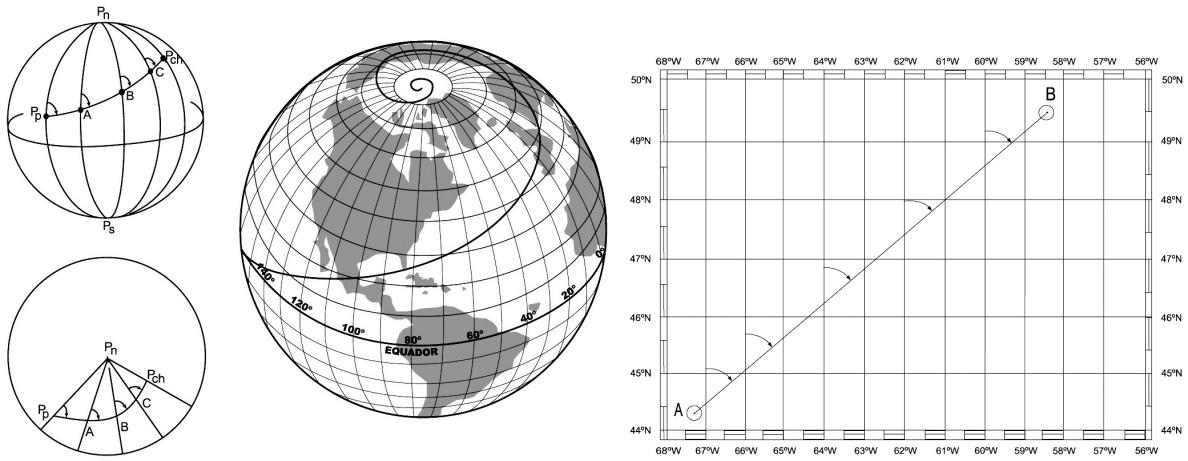
Figura 1.8 – Ortodromia (Arco de Círculo Máximo)



na Esfera Terrestre **na Carta de Mercator**

LOXODROMIA é a linha que intercepta os vários meridianos segundo um ângulo constante (Figura 1.9).

Figura 1.9 – Loxodromia ou Linha de Rumo



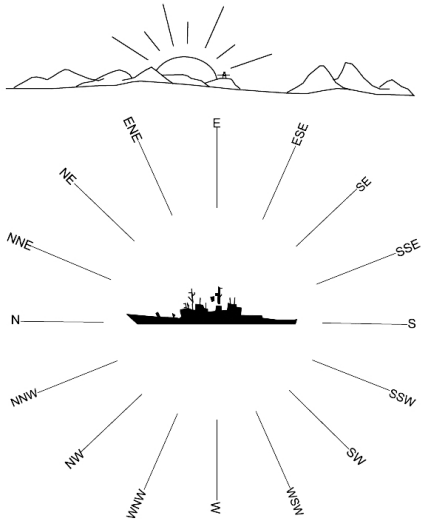
na Esfera Terrestre **na Carta de Mercator**

Embora a menor distância entre dois pontos na superfície da Terra seja uma **ortodromia** – que é o arco do círculo máximo que passa por dois pontos –, em navegação é quase sempre mais conveniente navegar por uma **loxodromia**, isto é, por uma **LINHA DE RUMO**, na qual a direção da proa do navio corta todos os meridianos sob um mesmo ângulo.

1.8 A DIREÇÃO NO MAR. RUMOS E MARCAÇÕES.

DIREÇÃO, na superfície da Terra, é a linha que liga dois pontos com uma orientação. A Figura 1.10 apresenta as direções **CARDEAIS**, **LATERAIS** (ou **INTER-CARDEAIS**) e **COLATERAIS**, comumente referidas em navegação. Todas as direções mostradas são **Direções Verdadeiras**, isto é, têm como referência o **Norte Verdadeiro**.

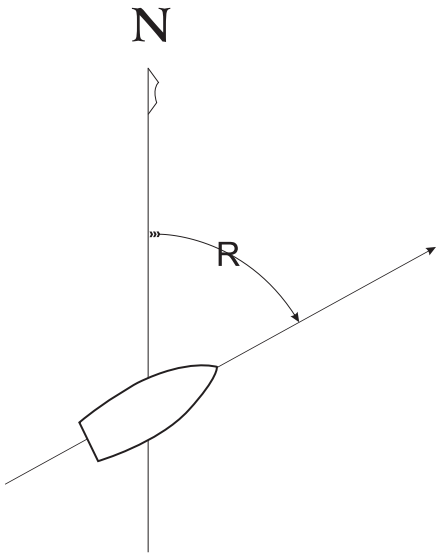
Figura 1.10 – Direções



CARDEAIS	**N, S, E e W**
LATERAIS	**NE, SE, NW e SW**
COLATERAIS	**NNE, ENE, ESSE, SSE, NNW, WNW, WSW e SSW**

Um navio (ou embarcação) governa seguindo um **RUMO**, que pode ser definido como o ângulo horizontal entre uma direção de referência e a direção para a qual aponta a proa do navio, ou seja, é o ângulo horizontal entre uma direção de referência e a proa do navio. Os rumos são medidos de 000º a 360º, no sentido do movimento dos ponteiros de um relógio, a partir da **DIREÇÃO DE REFERÊNCIA** (Figura 1.11).

Figura 1.11 – Rumo



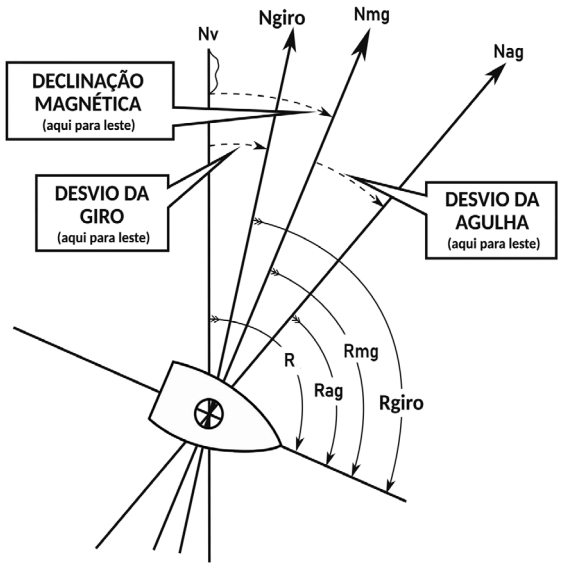
As duas direções de referência de navegação mais utilizadas são o **NORTE VERDADEIRO** (ou **GEOGRÁFICO**) e o **NORTE MAGNÉTICO**.

As direções a bordo são materializadas, respectivamente, por equipamentos como o **Giroscópio** (**Agulha Giroscópica**) e a **Agulha Magnética**. Assim, tem-se as referências **NORTE DA GIRO** (que, em geral, pode ter um desvio em relação ao Norte Verdadeiro) e **NORTE DA AGULHA** (que possui diferentes desvios em relação ao Norte Magnético, conforme o Rumo em que se navegue, que constituem, quando plotados, a Curva de Desvio da Agulha Magnética).

Assim, conforme a Direção de Referência em relação à qual é medido, o rumo denomina-se (Figura 1.12):

- **RUMO VERDADEIRO (Rv)**
- **RUMO DA AGULHA (Rag)**
- **RUMO MAGNÉTICO (Rmg)**
- **RUMO DA GIRO (Rgiro)**

Figura 1.12 – Rumos Verdadeiro, da Agulha, Magnético e da Giro



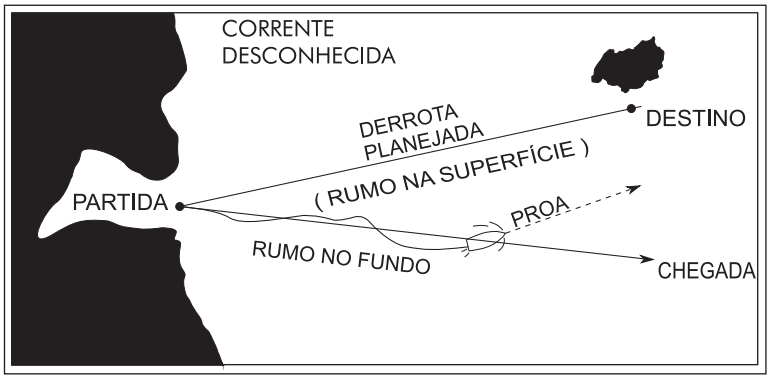
Também relacionados aos conceitos acima apresentados, podem ser definidos os seguintes elementos:

- **PROA**: é a direção para a qual o navio está apontando, num determinado instante. Quando se governa em um determinado rumo, nem sempre se consegue mantê-lo rigorosamente constante. Normalmente, por influência do estado do mar (ondas, vagalhões), vento, erros do timoneiro, etc.

- **RUMOS PRÁTICOS:** quando se navega em rios, canais estreitos ou águas confinadas, é comum orientar-se por referências de terra, e não por rumos dados pelas agulhas, magnética ou giroscópica. Estas direções, nas quais o navio deve governar para manter-se safo de perigos, são denominadas "Rumos Práticos".

Especificamente, o termo "rumo" aplica-se à direção na qual se navega na superfície do mar, que, em geral, encontra-se em movimento, pelo efeito da corrente, efeito esse que, na realidade, representa a resultante da ação de diversos agentes tais como: vento, correntes e outros. Assim, surge o conceito de **RUMO NO FUNDO**, como a direção resultante referida ao Norte Verdadeiro, realmente navegada, desde o ponto de partida até o ponto de chegada num determinado momento. Normalmente, o Rumo no Fundo é a composição do **RUMO NA SUPERFÍCIE** junto àquele provocado pelo efeito da corrente (**RUMO DA CORRENTE**), conforme mostrado na Figura 1.13.

Figura 1.13 – Rumo na Superfície e no Fundo



As abreviaturas utilizadas são:

- **RUMO VERDADEIRO: R ou Rv**
- **RUMO MAGNÉTICO: Rmg**
- **RUMO DA GIRO: Rgiro**
- **RUMO DA AGULHA: Rag**

- **RUMOS PRÁTICOS: Rp**
- **RUMO NO FUNDO: Rfd**

A precisão adotada é de 0,5º. Um rumo deve ser sempre escrito com três algarismos em sua parte inteira. Exemplos: 045º; 072º; 180º; 347,5º; 233,5º.

MARCAÇÃO é o ângulo horizontal entre a linha que une o ponto no navio, a partir do qual se faz a observação do objeto marcado, e um outro objeto em uma determinada Direção de Referência.

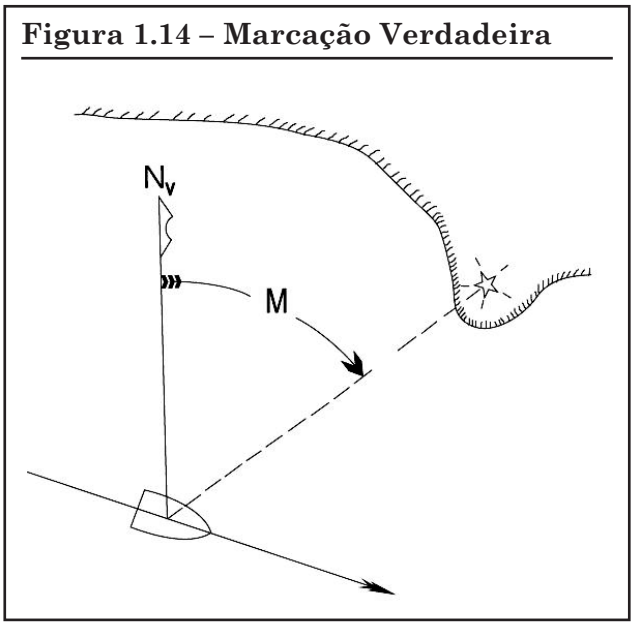
Esta Direção de Referência pode ser:

- **NORTE VERDADEIRO (ou GEOGRÁFICO)**
- **NORTE MAGNÉTICO**
- **NORTE DA GIRO**
- **NORTE DA AGULHA**
- **PROA DO NAVIO**

Conforme seja a Direção de Referência, a marcação será denominada:

- **MARCAÇÃO VERDADEIRA (M ou Mv)**: é o ângulo horizontal entre o Norte Verdadeiro e a linha que une o ponto de observação no navio ao objeto marcado, medido de 000º a 360º, no sentido do movimento dos ponteiros de um relógio, a partir do Norte Verdadeiro (Figura 1.14). Ela é obtida a partir do documento cartográfico ou da leitura da Agulha Giroscópica combinada a seu desvio.

Figura 1.14 – Marcação Verdadeira



- **MARCAÇÃO MAGNÉTICA (Mmg)**: é o ângulo horizontal entre o Norte Magnético e a linha que une o ponto de observação no navio ao objeto marcado, medido de 000º a 360º, no sentido horário, a partir do Norte Magnético. É obtida a partir do documento cartográfico ou da leitura da Agulha Magnética combinada a seu desvio.

- **MARCAÇÃO DA GIRO (Mgiro)**: ângulo horizontal entre o Norte da Giro e a linha que une o ponto de observação no navio ao objeto marcado, medido de 000° a 360°, no sentido horário, a partir do Norte da Giro, desviado do Norte Verdadeiro.

- **MARCAÇÃO DA AGULHA (Mag)**: é o ângulo horizontal entre o Norte da Agulha e a linha que une o navio ao objeto marcado, medido de 000º a 360º, no sentido horário, a partir do Norte da Agulha, desviado do Norte Magnético de acordo com a Curva de Desvio da Agulha Magnética.

- **MARCAÇÃO RELATIVA (Mr)**: é o ângulo horizontal entre a Proa e a linha que une o ponto de observação no navio ao objeto marcado, medido de 000º a 360º, no sentido horário, a partir da Proa. Na Figura 1.15, tem-se as Marcações Relativas do ponto A (135º), do ponto B (180º), do ponto C (270º) e do ponto D (340º). Somando-se o Rumo à Marcação Relativa

obtêm-se a Marcação Verdadeira (Mv = Mr + R). Tem-se, então: Mv_A = 180º; MvB = 225º; MvC = 315º; e MvD = 025º.

- **MARCAÇÃO POLAR (Mp)**: é medida a partir da proa para Boreste (BE) ou para Bombordo (BB), de 000º a 180º. Recebe sempre uma designação (BE ou BB), tal como mostrado na Figura 1.16.

Figura 1.16 – Marcação Polar

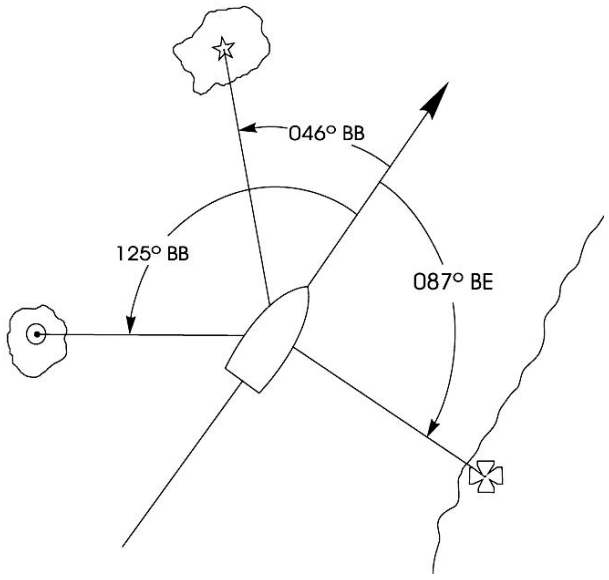
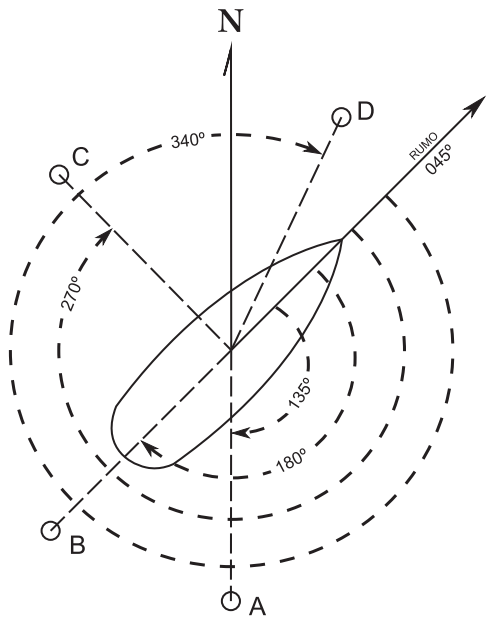


Figura 1.15 – Marcação Relativa

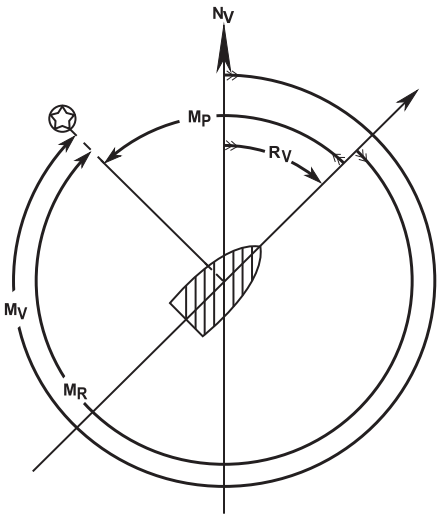


Como exemplo, na Figura 1.17, um navio, no Rumo Verdadeiro (Rv) 045º, marca um farol exatamente no través de BB, isto é, na Marcação Polar (Mp) 090º BB. É possível, então, obter a Marcação Relativa (Mr) e a Marcação Verdadeira (Mv) do farol:

Mp = 090º BB → Mr = 270º

Mv = Mr + R = 270º + 045º = 315º

Figura 1.17 – Exemplo de Marcação Polar



Tal como os Rumos, as Marcações também devem ser sempre escritas com três algarismos em sua parte inteira. A aproximação a ser usada também é de 0,5º. Exemplos: M = 082º; M = 033,5º; M = 147º.

1.9 A VELOCIDADE NO MAR

VELOCIDADE (**vel**) é a distância percorrida na unidade de tempo. Em navegação, a unidade de velocidade comumente utilizada é o **NÓ**, que corresponde à velocidade de **1 milha náutica por hora**.

VELOCIDADE NO FUNDO (**vel fd**) é a expressão que designa velocidade ao longo da derrota realmente seguida, em relação ao fundo do mar, desde o ponto de partida até um ponto de chegada.

VELOCIDADE DE AVANÇO (**SOA**, do inglês ***SPEED OF ADVANCE***) é a expressão usada para indicar a velocidade com que se pretende progredir ao longo da derrota planejada. É um importante dado de planejamento, com base no qual são calculados as ETA (*ESTIMATED TIME OF ARRIVAL* ou HORA ESTIMADA DE CHEGADA) e as ETD (*ESTIMATED TIME OF DEPARTURE* ou HORA ESTIMADA DE PARTIDA) em relação aos diversos pontos e portos da derrota planejada.

1.10 OUTRAS UNIDADES DE MEDIDA UTILIZADAS EM NAVEGAÇÃO

MEDIDAS DE DISTÂNCIAS:

- 1 jarda = 3 pés = 0,914 metro

Na realidade, 1 milha náutica tem 2.025,37 jardas. Entretanto, de modo aproximado, muitas vezes considera-se, em navegação, 1 milha = 2.000 jardas.

- 1 amarra (*cable*) = 100 braças = 200 jardas = 183 metros

MEDIDAS ANGULARES:

Além do uso da medida angular em GRAU, é também tradicional, em outras Marinhas, o uso do **PONTO** (*POINT*), principalmente em relação à proa. O PONTO corresponde à trigésima segunda parte do círculo e, portanto, a 11,25°.

MEDIDAS DE PROFUNDIDADES:

- 1 metro = 3,281 pés = 1,09 jarda = 0,55 braça
- 1 pé = 12 polegadas = 0,3048 metro
- 1 braça = 2 jardas = 6 pés = 1,83 metro

2 PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS E A CARTA NÁUTICA

2.1 O PROBLEMA DA REPRESENTAÇÃO DA TERRA SOBRE UMA SUPERFÍCIE PLANA

Antes de apresentar o problema da representação da Terra sobre uma superfície plana, é oportuno iniciar este Capítulo estabelecendo a diferença entre os conceitos de mapa e carta:

MAPA é a representação do globo terrestre, ou de trechos da sua superfície, sobre um plano, indicando fronteiras políticas, características físicas, localização de cidades e outras informações geográficas, sócio-políticas ou econômicas. Os mapas, normalmente, não têm caráter técnico ou científico especializado, servindo apenas para fins ilustrativos ou culturais e exibindo suas informações por meio de cores e símbolos.

CARTA é também uma representação da superfície terrestre sobre um plano, mas é especialmente confeccionada para ser usada em navegação ou outra atividade técnica ou científica, servindo não só para ser examinada, mas, principalmente, para que se trabalhe sobre ela na resolução de problemas gráficos, onde os principais elementos serão ângulos e distâncias, ou na determinação da posição através das coordenadas geográficas (latitude e longitude). As cartas permitem medições precisas de distâncias e direções (azimutes).

Desta forma, os documentos cartográficos utilizados em navegação são sempre chamados de Cartas ou, mais precisamente, **Cartas Náuticas**.

Voltando ao propósito inicial do presente Capítulo, a única forma rigorosa de representar a superfície da Terra é por meio de globos, nos quais se conservam exatamente as posições relativas de todos os pontos e as dimensões são apresentadas em uma escala única. Entretanto, os detalhes que a navegação exige obrigariam a construção de um globo de proporções exageradas (em um globo de 1,28 m de diâmetro, por exemplo, a escala é de aproximadamente 1/10.000.000, o que não permite representar detalhes inferiores a 2 km). Este inconveniente e mais as dificuldades que se apresentariam para o traçado da derrota ou a plotagem de pontos a bordo afastam de cogitações este sistema.

Por isso, interessa representar sobre uma folha de papel (isto é, no plano) a totalidade ou uma parte da superfície terrestre, aproximadamente esférica. É impossível fazer isto sem deformações ou distorções, pois a superfície de uma esfera (ou de um elipsoide) não é desenvolvível no plano.

Assim, são utilizados **SISTEMAS DE PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS** como métodos para representar a superfície de uma esfera (ou de um elipsoide), no todo ou em parte, sobre uma superfície plana. O processo consiste em transferir pontos da superfície da esfera (ou elipsoide) para um plano ou para uma superfície desenvolvível em um plano, tal como um cilindro ou um cone.

2.2 SELEÇÃO DO SISTEMA DE PROJEÇÃO. CONDIÇÕES DESEJÁVEIS EM UMA REPRESENTAÇÃO DA SUPERFÍCIE DA TERRA SOBRE UM PLANO

A construção de uma carta requer a **seleção de um sistema de projeção**. Este sistema será escolhido de maneira que a carta venha a possuir as propriedades que satisfaçam às finalidades propostas para sua utilização.

Cada projeção tem características distintas, que a tornam adequada para determinados usos, embora nenhuma projeção possa atender completamente a todas as condições desejáveis. As características distintas de cada sistema de projeção são mais notáveis em cartas que representam grandes áreas. À medida que a área representada se reduz, as diferenças entre as várias projeções passam a ser menos conspícuas, até que, nas cartas de escala muito grande, como nas cartas de portos ou outras áreas restritas, todas as projeções tornam-se praticamente idênticas.[1]

O ideal seria construir uma carta que reunisse todas as propriedades, representando uma superfície rigorosamente semelhante à superfície da Terra. Esta carta deveria possuir as seguintes propriedades:

[1] Escala é uma relação entre o tamanho real de algo e sua representação física, seja num documento em papel ou num ambiente digital. Dessa forma, pode-se dizer que cartas de pequena escala são aquelas que apresentam poucos detalhes geográficos, em detrimento da representação de uma grande área, como uma carta geral do mundo. Por outro lado, as cartas de grande escala são aquelas que apresentam uma grande quantidade de detalhes geográficos, onde são representadas pequenas áreas, como baías, ilhas, portos e canais, como as cartas náuticas de aproximação de portos.

a. representação dos ângulos sem deformação e, em decorrência disso, manutenção da verdadeira forma das áreas a serem representadas (conformidade);

b. inalterabilidade das dimensões relativas das mesmas (equivalência);

c. constância das relações entre as distâncias dos pontos representados e as distâncias dos seus correspondentes na superfície da Terra (equidistância);

d. representação dos círculos máximos por meio de linhas retas;

e. representação das loxodromias (linhas de rumo) por linhas retas; e

f. facilidade de obtenção das coordenadas geográficas dos pontos e, de modo oposto, da plotagem dos pontos por meio de suas coordenadas geográficas.

As propriedades acima relacionadas seriam facilmente conseguidas se a superfície da Terra fosse plana ou uma superfície desenvolvível. Como tal não ocorre, torna-se impossível a construção da carta ideal, isto é, da carta que reúna todas as condições desejáveis.

A solução será, portanto, construir uma carta que, sem possuir todas as condições ideais, possua aquelas que satisfaçam determinado objetivo. É, pois, necessário, ao se fixar o sistema de projeção escolhido para representar determinada área, considerar o fim a que se destina a carta em projeto para, então, estabelecer quais as deformações que poderão ser admitidas, quais as que terão de ser anuladas e que propriedades deverão ser preservadas.

A Cartografia Náutica necessita representar a linha de rumo (loxodromia) como uma linha reta e de modo que essa reta forme com as transformadas dos meridianos um ângulo constante e igual ao seu azimute. Desta forma, o tipo de projeção escolhido deverá satisfazer essa exigência.

2.3 CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE PROJEÇÕES

As projeções, quanto ao método de construção, classificam-se em: **geométricas**, **analíticas** e **convencionais**.

As **projeções geométricas** se baseiam em princípios geométricos projetivos. Podem ser subdivididas em: projeções perspectivas e pseudo-perspectivas.

As **projeções perspectivas** são as obtidas pelas interseções sobre determinada superfície dos feixes de retas que passam pelos pontos correspondentes da superfície da Terra e por um ponto fixo, denominado **ponto de vista**.

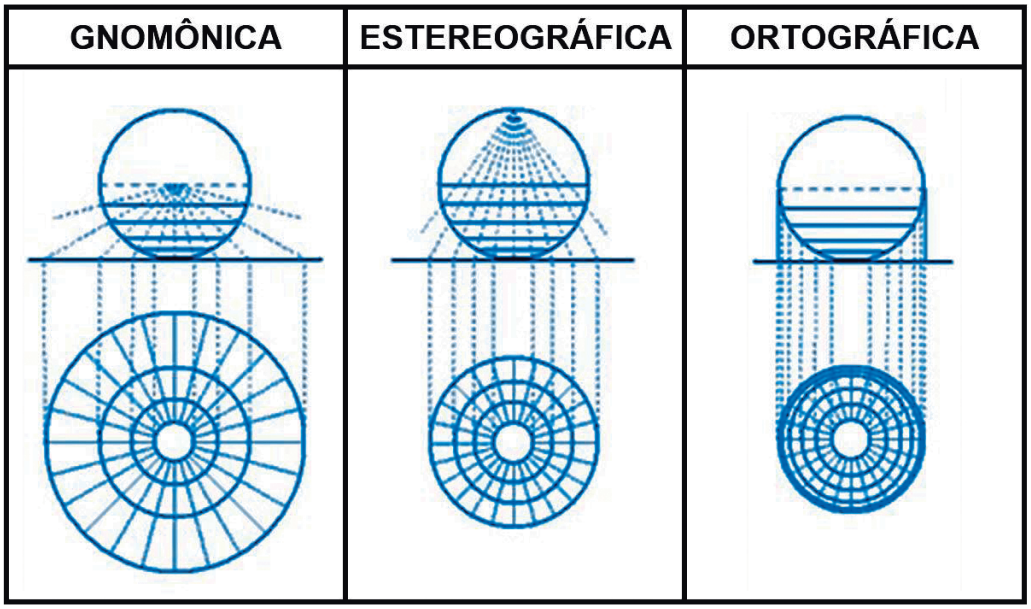
O ponto de vista é sempre considerado como situado sobre a direção da vertical do ponto central da porção da superfície da Terra que se deseja representar e pode estar disposto a qualquer distância do centro da Terra, desde o infinito até coincidente com esse próprio centro. Porém, ele é geralmente situado em três posições, surgindo então uma importante classificação das projeções perspectivas (Figura 2.1):

a. **gnomônica** – ponto de vista no centro da Terra;

b. **estereográfica** – ponto de vista na superfície da Terra; e

c. **ortográfica** – ponto de vista no infinito.

Figura 2.1 – Projeções Perspectivas



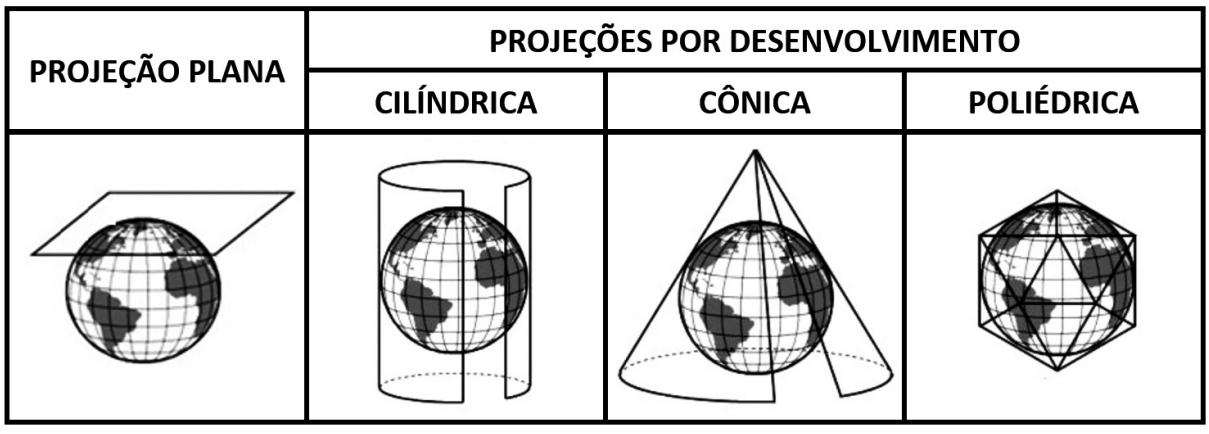
As **projeções pseudo-perspectivas** são projeções perspectivas nas quais se recorre a algum artifício, de maneira a obter-se determinada propriedade. Um exemplo desse tipo de projeção é a projeção cilíndrica equatorial estereográfica, na qual o ponto de vista não fica fixo, mas vai percorrendo o Equador, situando-se sempre no antimeridiano do ponto a projetar.

Projeções analíticas são aquelas que perderam o sentido geométrico propriamente dito, em consequência da introdução de leis matemáticas, visando-se conseguir determinadas propriedades. Em virtude das diversas adaptações que as projeções deste grupo podem sofrer quando se deseja obter essa ou aquela propriedade, tal grupo assume grande importância.

Projeções convencionais são as que se baseiam em princípios arbitrários, puramente convencionais, em função dos quais se estabelecem suas expressões matemáticas.

Outra importante classificação dos sistemas de projeções é segundo a superfície de projeção adotada. Essa superfície pode ser um plano ou uma superfície auxiliar desenvolvível em um plano. Daí a classificação em **projeções planas** e **projeções por desenvolvimento** (Figura 2.2).

Figura 2.2 – Projeção Plana e Projeções por Desenvolvimento



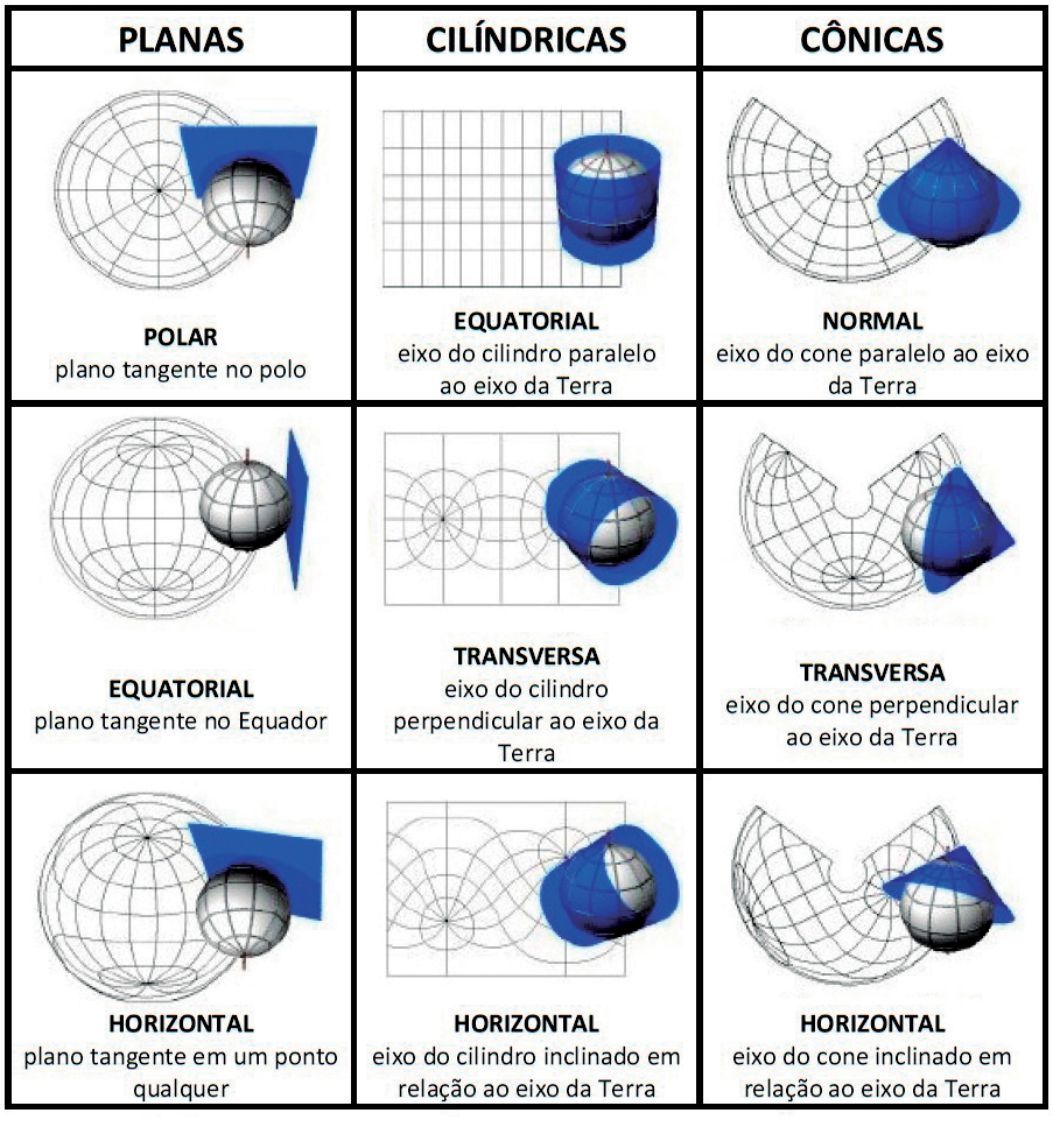
A projeção é então dita plana, quando a superfície de projeção é um plano. Esse plano poderá ser tangente ou secante à superfície da Terra. A projeção plana é geralmente chamada azimutal, em virtude de os azimutes em torno do ponto de tangência serem representados sem deformações. As projeções azimutais são também chamadas zenitais.

A projeção por desenvolvimento é aquela em que a superfície de projeção é uma superfície desenvolvível. De acordo com a natureza dessa superfície desenvolvível, as projeções desse tipo classificam-se em cônicas, cilíndricas e poliédricas.

Incluídas no grupo das projeções cônicas estão as projeções policônicas. Nestas, em vez de apenas um cone, a superfície de projeção adotada compõe-se de diversos cones tangentes à superfície da Terra.

Os sistemas de projeções são também classificados de acordo com a situação da superfície de projeção. Essa classificação é feita, no caso das projeções planas ou azimutais, de acordo com a posição do plano de projeção e do ponto de tangência ou polo da projeção; e, no caso das projeções por desenvolvimento, segundo a posição do eixo da superfície cônica ou cilíndrica, conforme apresentadas na Figura 2.3.

Figura 2.3 – Classificação das Projeções Segundo a Situação da Superfície de Projeção



As projeções planas ou azimutais são, então, classificadas em (Figura 2.3):

a. **polares** – ponto de tangência no polo; e o eixo da Terra perpendicular ao plano de projeção;

b. **equatoriais ou meridianas** – ponto de tangência no equador; eixo da Terra paralelo ao plano de projeção; e plano de projeção paralelo ao plano de um meridiano; e

c. **horizontais ou oblíquas** – ponto de tangência em um ponto qualquer da superfície da Terra; e eixo da Terra inclinado em relação ao plano de projeção.

As projeções por desenvolvimento são classificadas em (Figura 2.3):

a. **normais** – eixo do cone paralelo ao eixo da Terra;

b. **equatoriais** – eixo do cilindro paralelo ao eixo da Terra;

c. **transversas** – eixo do cone perpendicular ao eixo da Terra;

d. **transversas ou meridianas** – eixo do cilindro perpendicular ao eixo da Terra; e

e. **horizontais ou oblíquas** – eixo do cone ou cilindro inclinado em relação ao eixo da Terra.

As projeções são, ainda, classificadas segundo as propriedades que conservam, em: equidistantes, equivalentes, conformes e afiláticas.

As **projeções equidistantes** são as que não apresentam deformações lineares, isto é, os comprimentos são representados em escala uniforme.

A condição de equidistância só é obtida em determinada direção e, de acordo com essa direção, as projeções equidistantes se subclassificam em:

a. **equidistantes meridianas**, que são aquelas em que há equidistância segundo os meridianos;

b. **equidistantes transversais**, que são aquelas que apresentam equidistância segundo os paralelos; e

c. **equidistantes azimutais** ou **equidistantes ortodrômicas**, que são aquelas que não apresentam distorções nos círculos máximos que passam pelo ponto de tangência. As projeções equidistantes azimutais são sempre projeções planas.

As **projeções equivalentes** são as que não deformam as áreas, isto é, as áreas na carta guardam uma relação constante com as suas correspondentes na superfície da Terra.

As **projeções conformes** são as que não deformam os ângulos e, em decorrência dessa propriedade, também não deformam a representação das pequenas áreas.

As projeções **azimutais** podem ser consideradas um caso particular das projeções conformes, em virtude da propriedade que possuem de não deformarem os ângulos (azimutes) em torno do ponto de tangência. Porém, nem todas as projeções azimutais são conformes em toda a sua extensão.

As **projeções afiláticas** são aquelas em que os comprimentos, as áreas e os ângulos não são conservados. Entretanto, podem possuir uma ou outra propriedade que justifique sua construção. A projeção gnomônica, por exemplo, apresentando todas as deformações, possui a excepcional propriedade de representar as ortodromias como retas. Por isto, é utilizada em Cartografia Náutica, conforme adiante será explicado.

A Figura 2.4 apresenta um sumário das diversas classificações dos sistemas de projeções.

Figura 2.4 – Sumário das Classificações das Projeções



2.3.1 Designação dos Sistemas de Projeções

De maneira geral, as projeções são mais conhecidas pelos nomes de seus autores do que propriamente pelas designações de suas propriedades ou de suas classificações. Isto acontece, principalmente, com as projeções analíticas e convencionais.

É, por exemplo, o caso da projeção cilíndrica equatorial conforme, mais conhecida como Projeção de Mercator; e da projeção azimutal equivalente, conhecida como Projeção Azimutal de Lambert.

Convém, entretanto, se desejarmos estabelecer uma regra para designar os diferentes tipos de projeções, especificando suas características, mencionar seus elementos na seguinte ordem:

a. natureza da superfície de projeção adotada (plano, cilindro ou cone);

b. situação da superfície de projeção em relação à superfície da Terra; e

c. classificação da projeção quanto à propriedade que conserva.

Desse modo, dir-se-á: projeção cônica normal equidistante meridiana; projeção plana polar gnomônica; projeção cilíndrica transversa conforme; etc.

2.4 O EMPREGO DA PROJEÇÃO DE MERCATOR NA CARTOGRAFIA NÁUTICA

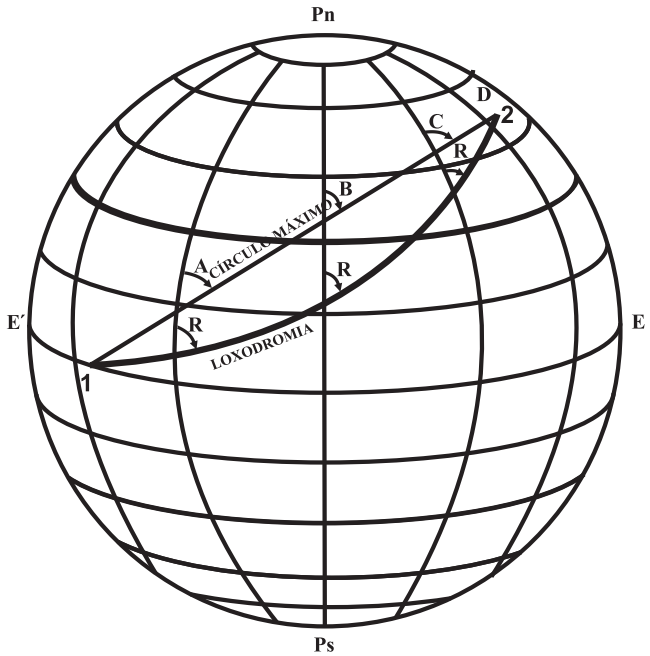
2.4.1 A Projeção de Mercator

Conforme já visto, a menor distância entre dois pontos na superfície da Terra (considerada esférica para os fins comuns da navegação) é o arco de círculo máximo que os une, ou seja, uma ortodromia.

A navegação sobre uma ortodromia, porém, exige constantes mudanças de rumo, pois os arcos de círculo máximo formam ângulos variáveis com os meridianos. A utilização da agulha náutica obriga os navegantes a percorrer, entre dois pontos na superfície da Terra, não a menor distância entre eles, mas uma linha que faz um ângulo constante com os sucessivos meridianos, igual ao seu azimute. Esta linha é o rumo, a loxodromia ou curva loxodrômica.

A Figura 2.5 apresenta a ortodromia e a loxodromia traçadas na Esfera Terrestre entre os pontos 1 e 2. A ortodromia (círculo máximo) representa, assim, a menor distância entre os referidos pontos, mas forma com os sucessivos meridianos ângulos diferentes (A ≠ B ≠ C ≠ D), enquanto a loxodromia, embora não seja a menor distância entre os pontos, corta todos os meridianos segundo um mesmo ângulo (R), que é igual ao rumo entre os pontos 1 e 2.

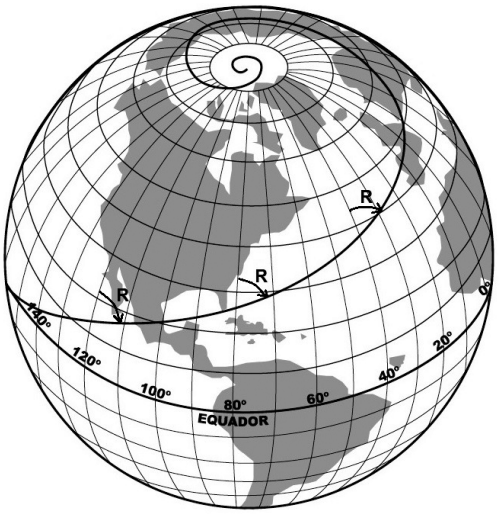
Figura 2.5 – Ortodromia e Loxodromia na Esfera Terrestre



Conforme mencionado no Capítulo anterior, a loxodromia tem a forma de uma espiral sobre a esfera e tende para os polos, exceto no caso dos meridianos, paralelos e Equador (Figura 2.6).

Desta forma, uma exigência básica para utilização de um sistema de projeção em Cartografia Náutica é que represente as loxodromias, ou linhas de rumo, por linhas retas. Essa condição indispensável é atendida pela Projeção de Mercator, que leva o nome latino do seu idealizador, Gerhard Krämer (Gerardus Mercator), cartógrafo nascido em Flanders, em 1512. Mercator publicou, em 1569, sua Carta Universal (planisfério), na qual as loxodromias eram representadas por linhas retas.

Figura 2.6 - Linha de Rumo ou Loxodromia



2.4.2 Classificação da Projeção de Mercator

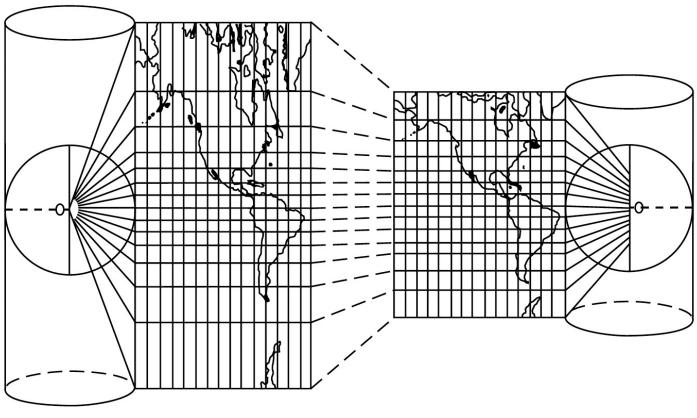
A Projeção de Mercator pertence à classe das projeções por desenvolvimento cilíndrico e à categoria das projeções conformes. Da condição de conformidade, isto é, da inexistência de deformações angulares, surge a propriedade de manutenção da forma das pequenas áreas.

A Projeção de Mercator é uma modalidade equatorial das projeções cilíndricas, isto é, o cilindro é considerado tangente à superfície da Terra no Equador (vide a Figura 2.3). Portanto, a **Projeção de Mercator** é classificada como uma **projeção cilíndrica equatorial conforme**, em razão de que é:

- **cilíndrica**, por ser a superfície de projeção um cilindro, ou seja, a superfície da terra (ou parte dela) é projetada em um cilindro;
- **equatorial**, por ser o cilindro tangente à superfície da Terra no Equador; e
- **conforme**, em razão dos ângulos serem representados sem deformação, permitindo que as formas das pequenas áreas se mantenham, o que faz com que a projeção também seja denominada como ortomorfa.

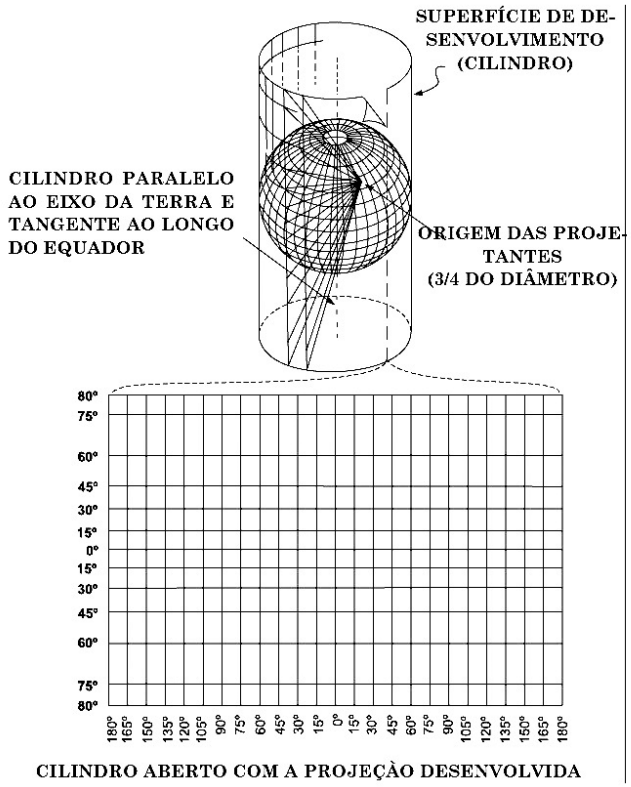
Na realidade, a Projeção de Mercator é uma projeção convencional e, portanto, não obedece a um conceito geométrico definido, embora seja inspirada em uma projeção cilíndrica. A Figura 2.7 apresenta as diferenças e semelhanças entre a Projeção de Mercator (projeção cilíndrica equatorial conforme) e uma projeção cilíndrica gnomônica.

Figura 2.7 – Projeções Cilíndricas



A Figura 2.8 ilustra o desenvolvimento da Projeção de Mercator, bem como apresenta as suas características.

Figura 2.8 – Projeção de Mercator – desenvolvimento e características



SUPERFÍCIE DE DESENVOLVIMENTO	CILINDRO
PROJEÇÃO	CONFORME
TANGÊNCIA	EQUADOR
MERIDIANOS	LINHAS RETAS IGUALMENTE ESPAÇADAS
PARALELOS	LINHAS RETAS DESIGUALMENTE ESPAÇADAS
INTERSEÇÃO DE PARALELOS E MERIDIANOS	90°
USO	CARTAS NÁUTICAS E MAPAS EM PEQUENA ESCALA NOS QUAIS DISTORÇÕES NAS ALTAS LATITUDES SÃO ACEITÁVEIS

2.4.3 Vantagens e Limitações da Projeção de Mercator

a. Vantagens da Projeção de Mercator:

1) os meridianos são representados por linhas retas; os paralelos e o Equador são representados por um segundo sistema de linhas retas, perpendicular à família de linhas que representam os meridianos;

2) é fácil identificar os pontos cardeais numa Carta de Mercator;

3) é fácil plotar um ponto numa Carta de Mercator conhecendo suas coordenadas geográficas (Latitude e Longitude);

4) é fácil determinar as coordenadas de qualquer ponto representado numa Carta de Mercator;

5) os ângulos medidos na superfície da Terra são representados por ângulos idênticos na carta; assim, direções podem ser medidas diretamente na carta. Na prática, distâncias também podem ser medidas diretamente na carta;

6) as linhas de rumo ou loxodromias são representadas por linhas retas; e

7) facilidade de construção (construção por meio de elementos retilíneos).

b. Limitações da Projeção de Mercator:

1) deformação excessiva nas altas latitudes;

2) impossibilidade de representação dos polos; e

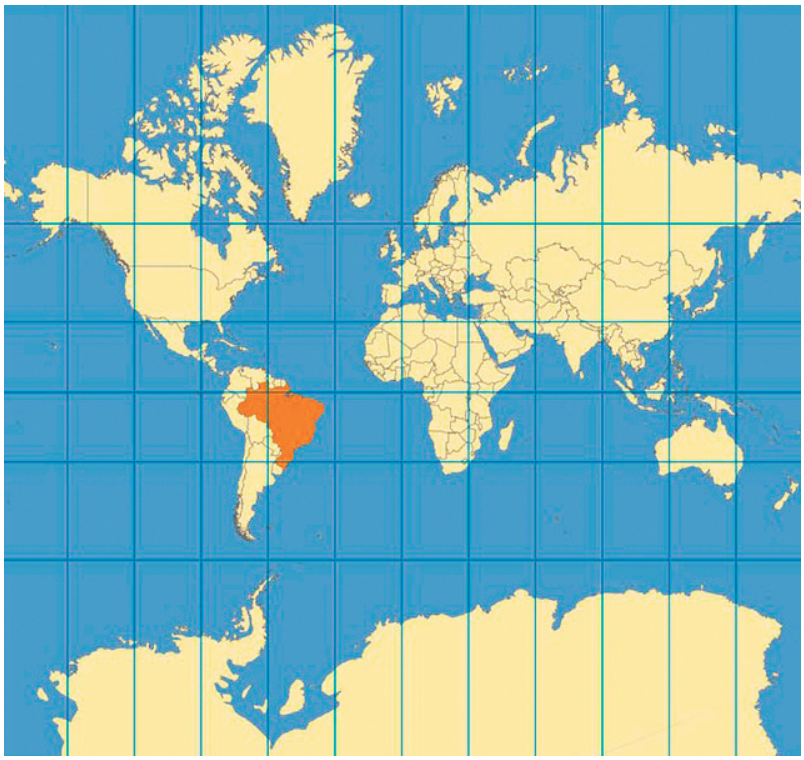
3) círculos máximos, exceto o Equador e os meridianos, não são representados por linhas retas (limitação notável nas Cartas de Mercator de pequena escala, representando uma grande área).

2.4.4 Latitudes Crescidas e Medição de Distâncias nas Cartas de Mercator

Quando comparada com o globo, a Projeção de Mercator exibe enormes deformações de áreas nas altas latitudes.

O exemplo mais vezes citado é o da Groenlândia que, quando apresentada numa Projeção de Mercator, aparece maior que o Brasil, apesar de o nosso país ter uma área quatro vezes maior, como ser observado na Figura 2.9.

Figura 2.9 – Mapa-múndi na Projeção de Mercator

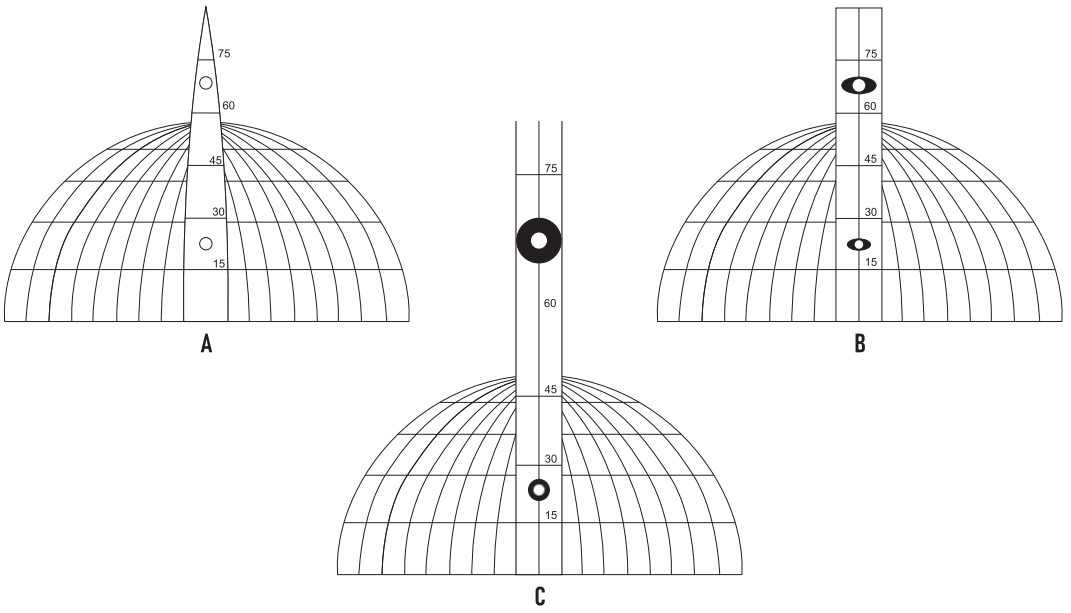


Fonte: IBGE – Atlas Geográfico Escolar

A Figura 2.10 ajuda na compreensão desta característica da projeção. No esboço A, mostra-se verticalmente um fuso, ou setor, do globo terrestre, com dois círculos desenhados em posições diferentes, para melhor entendimento das deformações que irão ocorrer. No esboço B, esticaram-se horizontalmente os dois meridianos exteriores de forma a ficarem paralelos. Verifica-se aí que, em consequência, os círculos transformaram-se em elipses, ficando o do Norte mais distorcido que o do Sul.

Uma vez que a projeção é conforme, ela deve conservar as formas em áreas pequenas. Assim, tem-se que esticar agora verticalmente o setor, até que as elipses retornem novamente à forma circular, o que se apresenta no esboço C.

Figura 2.10 – A Projeção de Mercator e as Latitudes Crescidas



Pode-se notar que, uma vez que a parte Norte do setor foi mais distendida que a Sul, o círculo superior ficou com um diâmetro sensivelmente maior que o inferior.

Assim, na Projeção de Mercator, à medida que a latitude cresce, os arcos de paralelos vão sendo aumentados numa razão crescente, com os arcos de meridiano sofrendo aumentos na mesma proporção (para que seja mantida a condição de conformidade). Nasce daí, então, um conceito muito importante, que é o de latitude crescida.

LATITUDE CRESCIDA, correspondente a um determinado paralelo, é o comprimento do arco de meridiano compreendido entre a projeção do paralelo considerado e o Equador, tomando-se para unidade de medida o comprimento do arco de 1 minuto do Equador (1 minuto de Longitude).

Ademais, numa Carta de Mercator a escala das Longitudes é constante, mas, como visto, a escala das Latitudes cresce à medida que a Latitude aumenta. Desse modo, a escala da Carta varia na razão da Latitude e, desta forma, **as distâncias só serão verdadeiras se forem lidas na escala das Latitudes**. Este é um cuidado fundamental a ser observado na utilização de uma Carta Náutica na Projeção de Mercator.

2.4.5 Utilização da Projeção de Mercator

Do ponto de vista da navegação, a Projeção de Mercator resolveu graficamente os problemas da estima com tal sucesso que sua popularidade é inexcedível e seu emprego incomparável: a loxodromia é representada por uma linha reta, que faz com as transformadas[2] dos meridianos um ângulo constante e igual ao seu azimute.

[2] "Transformada", em Geometria, é a curva deduzida de outra, segundo determinada lei. Na presente situação, a transformada do meridiano é a representação de um meridiano qualquer (que é um círculo máximo) no plano da projeção de Mercator como uma "curva" reta.

A impossibilidade de representação dos polos e o valor exageradamente crescente das deformações lineares e superficiais nas altas latitudes constituem as limitações mais acentuadas da projeção de Mercator. Ela é geralmente limitada pelo paralelo de 60º, porque, nesta latitude, as deformações já se apresentam excessivas. Entretanto, podemos utilizá-la satisfatoriamente até a Latitude de 80º, desde que sejam tomadas precauções especiais quanto ao uso da escala das distâncias.

Além do seu uso na Cartografia Náutica, a Projeção de Mercator é também empregada nas seguintes classes de cartas: cartas-piloto, de fusos horários, magnéticas, geológicas, celestes, meteorológicas, aeronáuticas e mapas-múndi.

2.5 OUTRAS PROJEÇÕES USADAS EM CARTOGRAFIA NÁUTICA

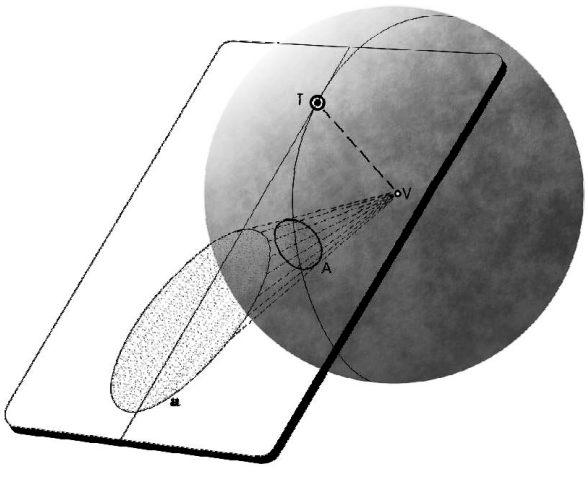
2.5.1 Projeção Gnomônica

Conforme anteriormente mencionado, embora a menor distância entre dois pontos na superfície da Terra seja o arco de círculo máximo que os une (ortodromia), a navegação é normalmente conduzida por uma loxodromia, ou linha de rumo, que faz com os sucessivos meridianos um ângulo constante e igual ao seu azimute. Quando os dois pontos da superfície da Terra estão próximos, a loxodromia praticamente se confunde com a ortodromia: a diferença é de 1 milha para dois pontos afastados de 350 milhas, na latitude de 40º.

Todavia, quando os dois pontos estão muito afastados, a diferença pode ser da ordem de centenas de milhas: a diferença entre as distâncias loxodrômica e ortodrômica de Sidney, na Austrália, a Valparaíso, no Chile, é de 748 milhas.

Assim, para singraduras muito extensas, torna-se imperativa a adoção do caminho mais curto, isto é, da derrota ortodrômica, sendo necessário, para o seu planejamento, dispor de cartas construídas em um sistema de projeção que represente os círculos máximos como linhas retas. Este sistema é a projeção plana gnomônica ou, como é normalmente denominada, projeção gnomônica.

Figura 2.11 – Projeção Gnomônica



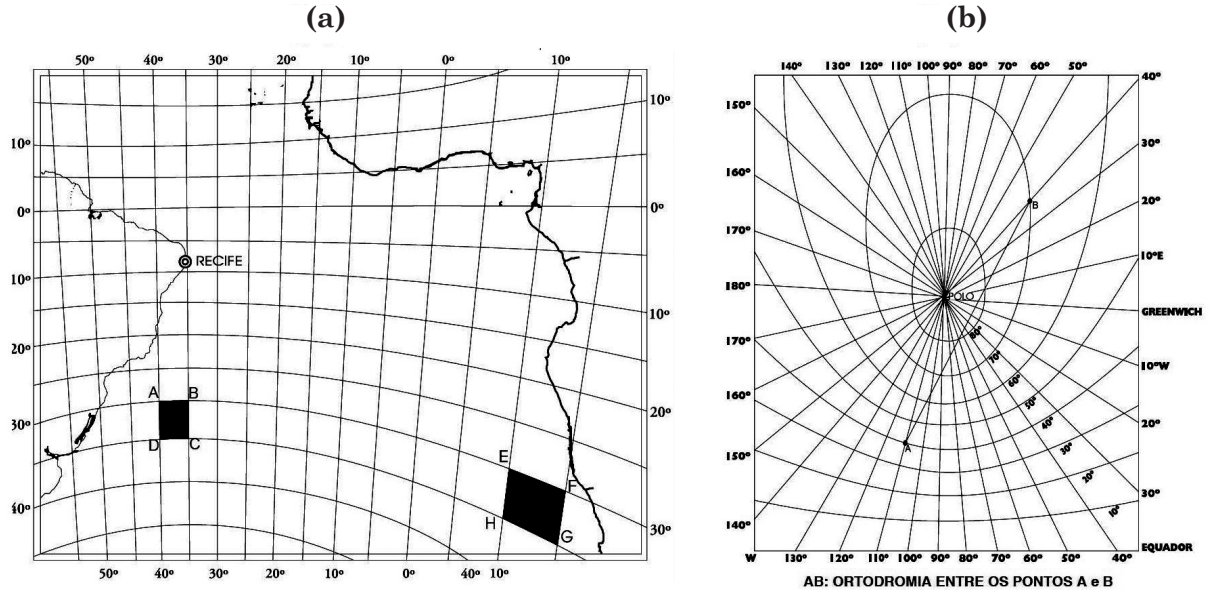
A projeção gnomônica utiliza como superfície de projeção um plano tangente à superfície da Terra, no qual os pontos são projetados geometricamente, a partir do centro da Terra (Figura 2.11). Esta é, provavelmente, a mais antiga das projeções, acreditando-se que foi desenvolvida por Thales de Mileto, por volta do ano 600 a.C.

A projeção gnomônica apresenta todos os tipos de deformações. A projeção não é equidistante; a escala só se mantém exata no ponto de tangência, variando rapidamente à medida que se afasta desse

ponto. Ademais, a projeção não é conforme, nem equivalente. As distorções são tão grandes que as formas, as distâncias e as áreas são muito mal representadas, exceto nas proximidades do ponto de tangência.

A Figura 2.12a, onde está representado um reticulado da projeção gnomônica, com ponto de tangência no Recife, ilustra as deformações apresentadas pela projeção. Podem ser comparadas as diferenças de formas, áreas e dimensões entre dois retângulos de mesmo tamanho na superfície da Terra, um situado relativamente próximo do ponto de tangência e outro bem afastado desse ponto.

Figura 2.12 – Carta Gnomônica



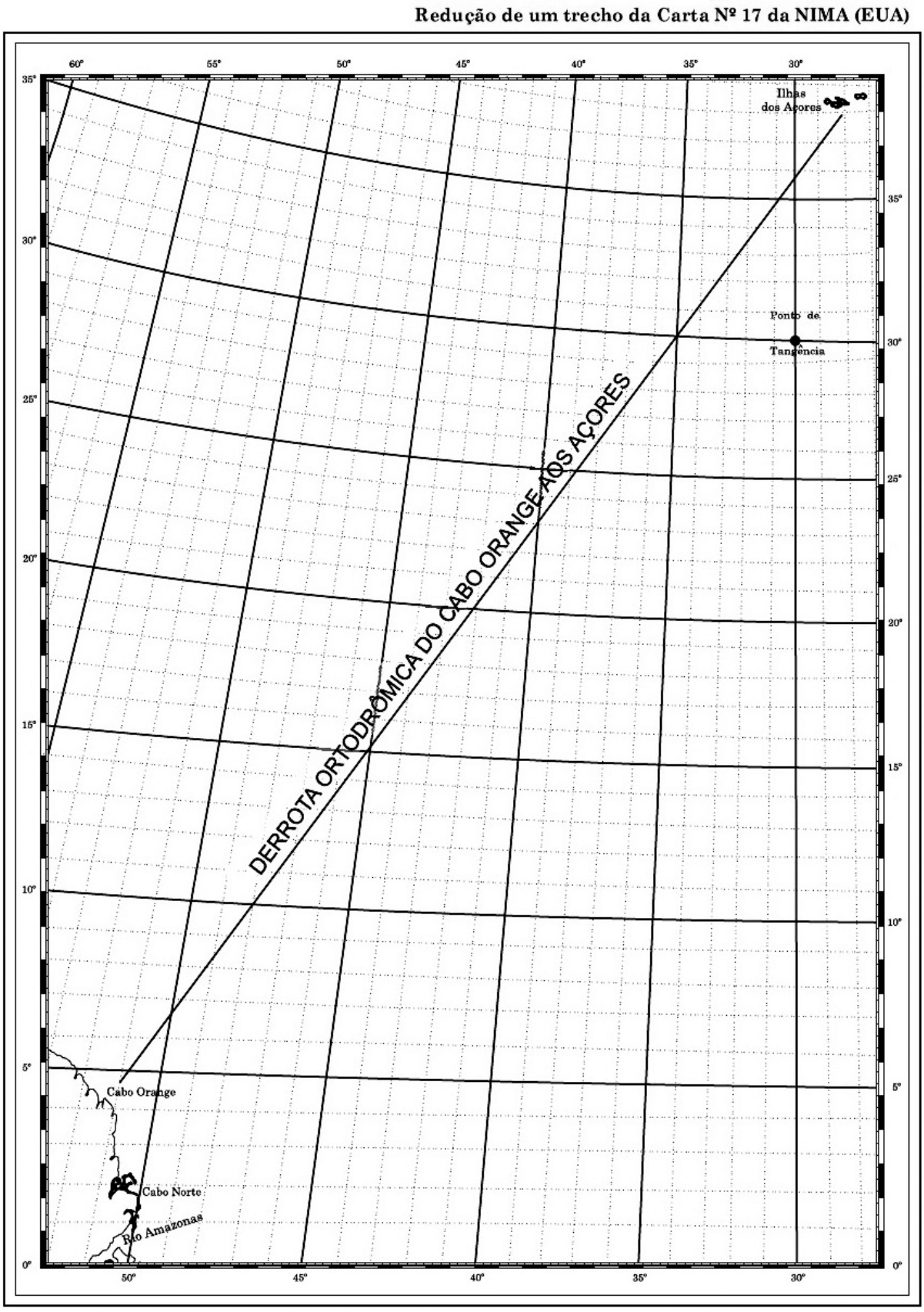
Entretanto, conforme citado, a projeção gnomônica tem a propriedade única de representar todos os círculos máximos por linhas retas. Os meridianos aparecem como retas convergindo para o polo mais próximo. Os paralelos, exceto o Equador (que é um círculo máximo) aparecem como linhas curvas, como pode ser observado na Figura 2.12b. Além disso, na projeção gnomônica, como em todas as projeções azimutais, os azimutes a partir do ponto de tangência são representados sem deformações.

Em Cartografia Náutica, a projeção gnomônica é, então, empregada principalmente na construção de Cartas para Navegação Ortodrômica (Figura 2.13), que serão estudadas com detalhe no Capítulo 33 (Volume II).

Por outro lado, sabe-se que não é possível representar as regiões polares na Projeção de Mercator, devido à sua impossibilidade material de representar o polo e, também, por causa das deformações excessivas apresentadas em Latitudes muito altas. Esta importante lacuna pode ser preenchida pela projeção gnomônica.

Na figura 2.13, por exemplo, caso se deseje seguir a derrota ortodrômica do cabo Orange para o arquipélago dos Açores, basta traçar na carta, construída na projeção gnomônica, uma linha reta conectando os dois locais. Esta linha representa o arco de círculo máximo que passa pelos dois pontos, constituindo, assim, a menor distância entre eles.

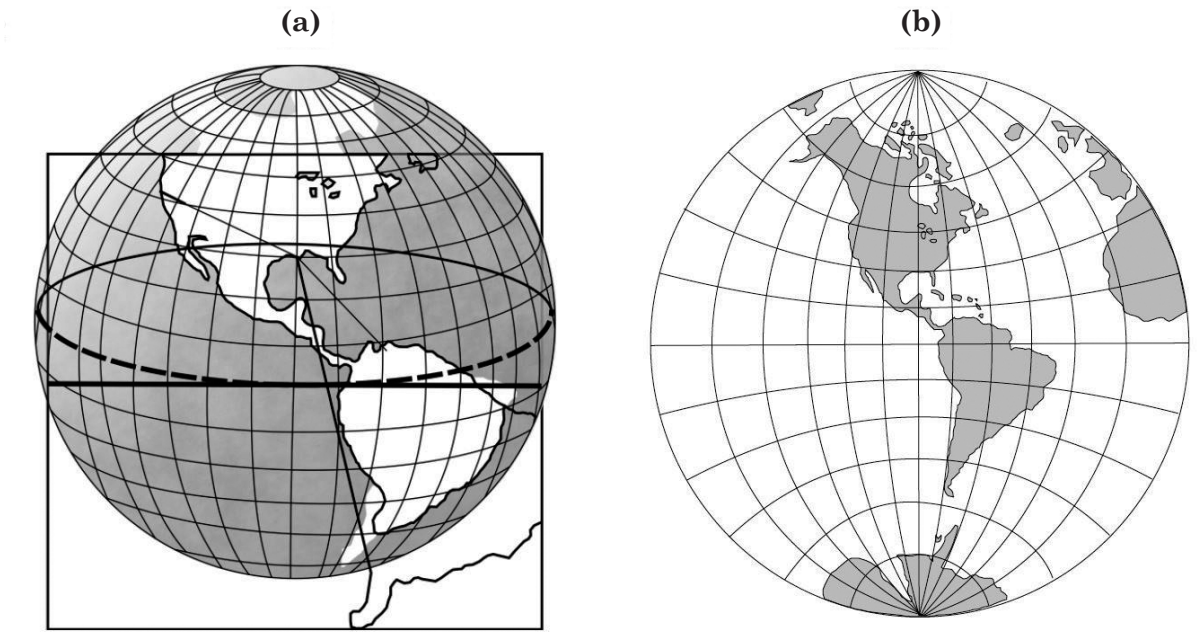
Figura 2.13 – Carta para Navegação Ortodrômica



2.5.2 Projeção Estereográfica

A projeção estereográfica resulta da projeção geométrica de pontos da superfície da Terra sobre um plano tangente, desde um **ponto de vista situado na posição oposta ao ponto de tangência**, como apresentado na Figura 2.14(a). Nesse presente caso, em que os pontos de vista e de tangência se situam sobre o Equador, ela é denominada como **Projeção Estereográfica Equatorial**. A projeção estereográfica é também chamada de azimutal ortomorfa.

Figura 2.14 - Projeção Estereográfica Equatorial



A escala em uma projeção estereográfica aumenta com a distância do ponto de tangência, porém mais lentamente que em uma projeção gnomônica. Um hemisfério completo pode ser representado em uma projeção estereográfica, sem distorções excessivas, como pode ser observado na Figura 2.14(b).

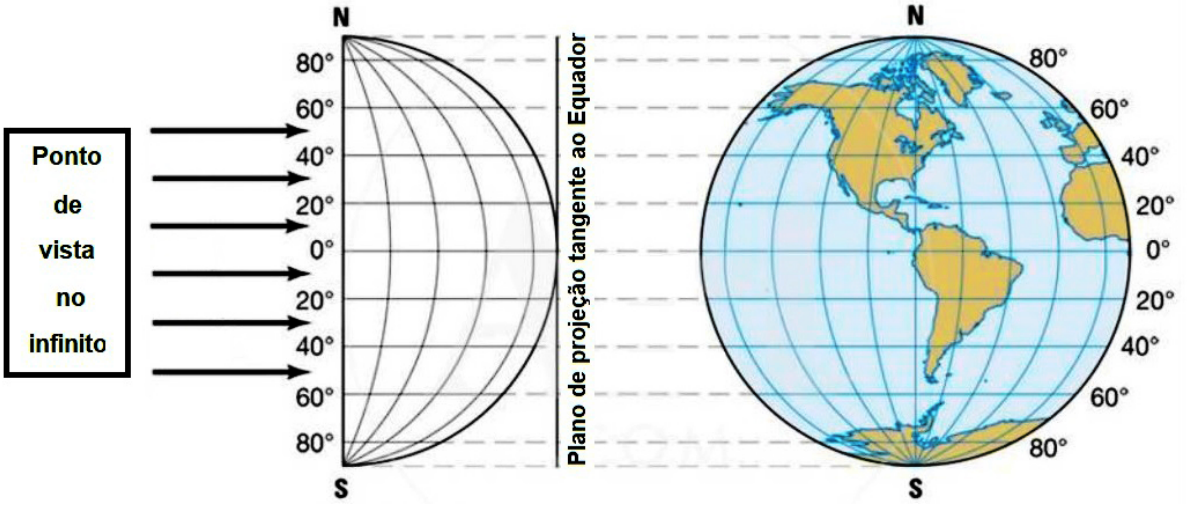
Tal como em outras projeções azimutais, os círculos máximos que passam pelo ponto de tangência aparecem como linhas retas. Todos os demais círculos, incluindo meridianos e paralelos, são representados como círculos ou arcos de círculos.

O principal uso da projeção estereográfica em Cartografia Náutica é na construção de cartas das regiões polares.

2.5.3 Projeção Ortográfica

Projetando geometricamente pontos da superfície da Terra e tendo como ponto de vista o infinito (linhas projetantes paralelas), sobre um plano tangente, tem-se uma projeção ortográfica, como apresentado na Figura 2.15. Esta projeção não é conforme, nem equivalente, nem equidistante em toda a sua extensão.

Figura 2.15 – Projeção Ortográfica Equatorial



Sua principal aplicação em Cartografia Náutica ocorre no campo da navegação astronômica, onde ela é útil para apresentar ou para solucionar graficamente o triângulo de posição, bem como para ilustrar as coordenadas astronômicas.

Se o plano é tangente a um ponto do Equador, como normalmente ocorre, os paralelos (incluindo o Equador) aparecem como linhas retas e os meridianos como elipses, exceto o meridiano que passa pelo ponto de tangência, que aparece como uma linha reta, e o meridiano que está a 90º, que é representado por um círculo, como pode ser observado na Figura 2.15.

2.5.4 Projeção Azimutal Equidistante

É uma projeção na qual a escala de distâncias ao longo de qualquer círculo máximo que passe pelo ponto de tangência é constante. Se o ponto de tangência está situado em um dos polos, os meridianos aparecem como linhas retas radiais e os paralelos como círculos concêntricos, igualmente espaçados. Se o plano é tangente em qualquer outro ponto, os círculos concêntricos representam distâncias do ponto de tangência. Neste caso, meridianos e paralelos aparecem como curvas.

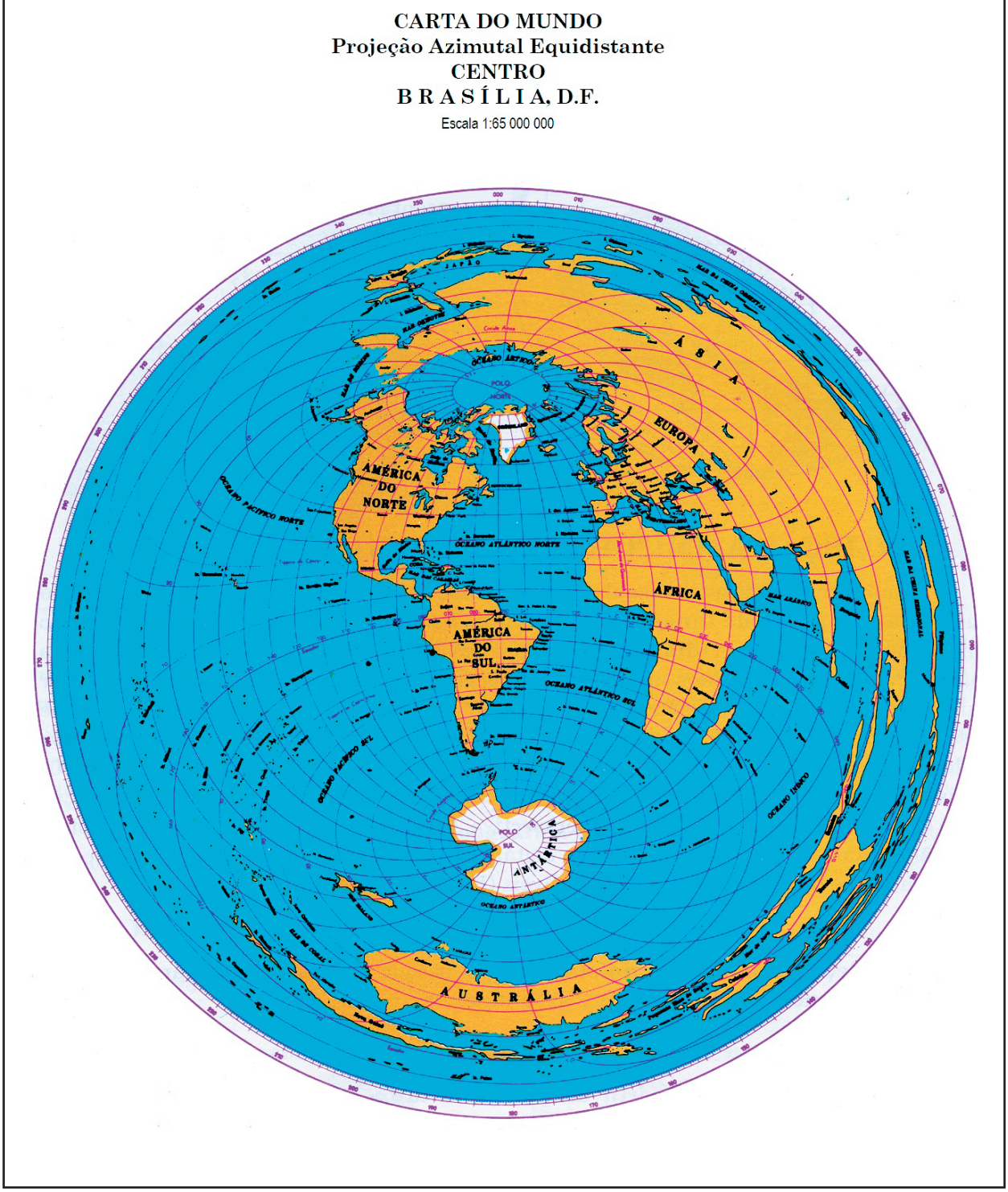
A projeção azimutal equidistante pode ser usada para representar toda a Terra, sendo que, nesta situação, o ponto defasado de 180º do ponto de tangência aparece como o maior dos círculos concêntricos. Essa projeção não é conforme, nem equivalente, nem perspectiva. Próximo ao ponto de tangência as distorções são pequenas, porém crescem com a distância, até que, nas imediações do lado oposto da Terra, as formas tornam-se irreconhecíveis (Figura 2.16).

A projeção azimutal equidistante é útil porque combina as três características possíveis de se encontrar nas projeções azimutais:

- as distâncias a partir do ponto de tangência são representadas sem distorções;
- as direções (azimutes) a partir do ponto de tangência são representadas sem deformações; e

- permite representar toda a superfície da Terra em uma carta.

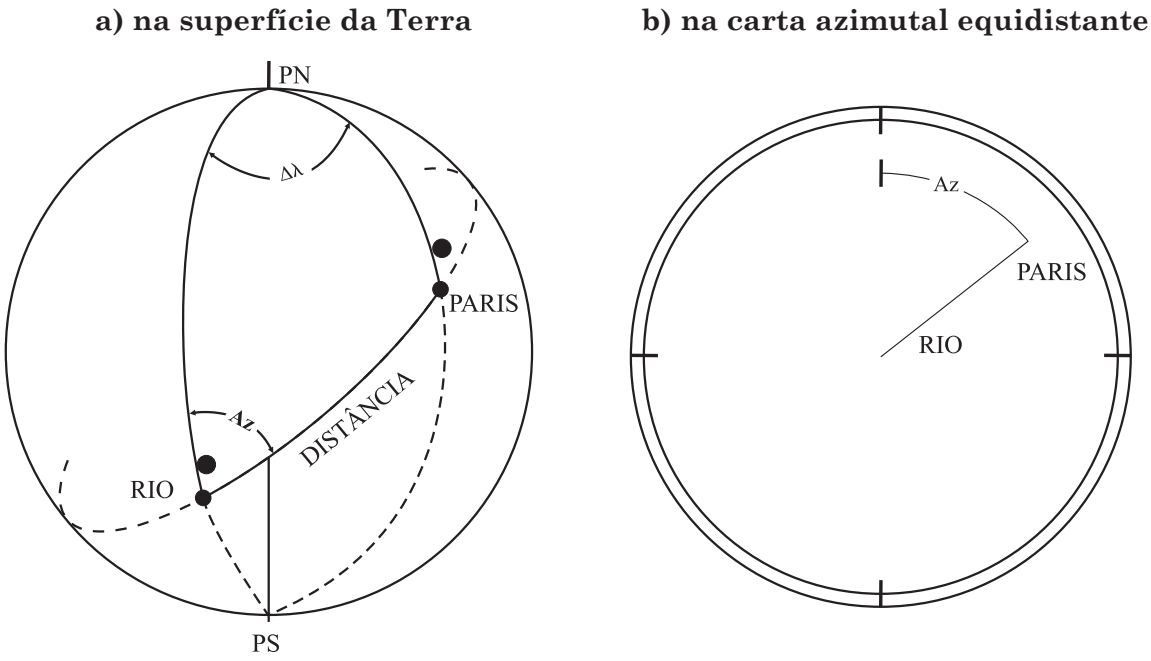
Figura 2.16 – Projeção Azimutal Equidistante



Assim, se um porto ou aeroporto importante for escolhido como ponto de tangência, o azimute (rumo), a distância e a derrota deste ponto para qualquer outro ponto na superfície da Terra são determinados com rapidez e precisão, tal como mostrado nas Figuras 2.17a e 2.17b. Se uma estação de comunicações for escolhida como ponto de tangência de uma carta na projeção azimutal equidistante, as trajetórias dos sinais de rádio emitidos para a estação

ou vindos dela tornam-se aparentes. Ademais, pode-se determinar facilmente a direção para a qual deve ser orientada uma antena de transmissão rádio. Essa projeção é, também, usada na construção de cartas polares e do Identificador de Estrelas (*Star Finder and Identifier*) que será apresentado no Volume 2.

Figura 2.17 – Projeção Azimutal Equidistante – Distância e Azimute



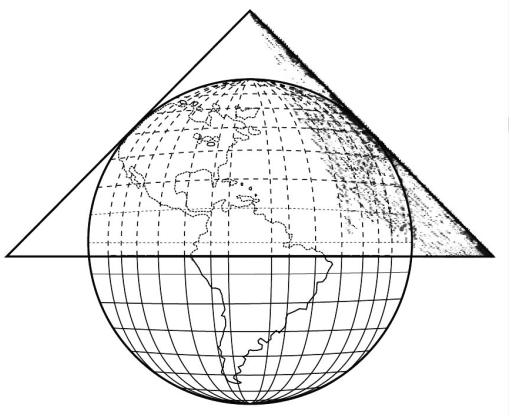
2.5.5 Projeções Cônicas

Uma projeção cônica é produzida pela transferência de pontos da superfície da Terra para um cone, ou uma série de cones, que são, então, desenvolvidos em um plano, para formar a carta. Se o eixo do cone coincide com o eixo da Terra, como ocorre normalmente quando se usam projeções cônicas em Cartografia Náutica, os paralelos aparecem como arcos de círculos e os meridianos como linhas retas ou como curvas, convergindo para o polo mais próximo. As deformações excessivas são evitadas limitando-se a área representada na carta à parte do cone próxima à superfície da Terra. O paralelo ao longo do qual não há distorções é denominado paralelo padrão.

As características das projeções cônicas podem variar, seja pelo uso de cones tangentes em vários paralelos, seja pelo uso de um cone secante ou uma série de cones.

Uma projeção cônica simples utiliza um único cone tangente à superfície da Terra (Figura 2.18). A altura do cone aumenta à medida que a Latitude do paralelo de tangência diminui. No Equador, a altura do cone é infinita e este torna-se um cilindro. No polo, a altura é zero e o cone transforma-se em um plano.

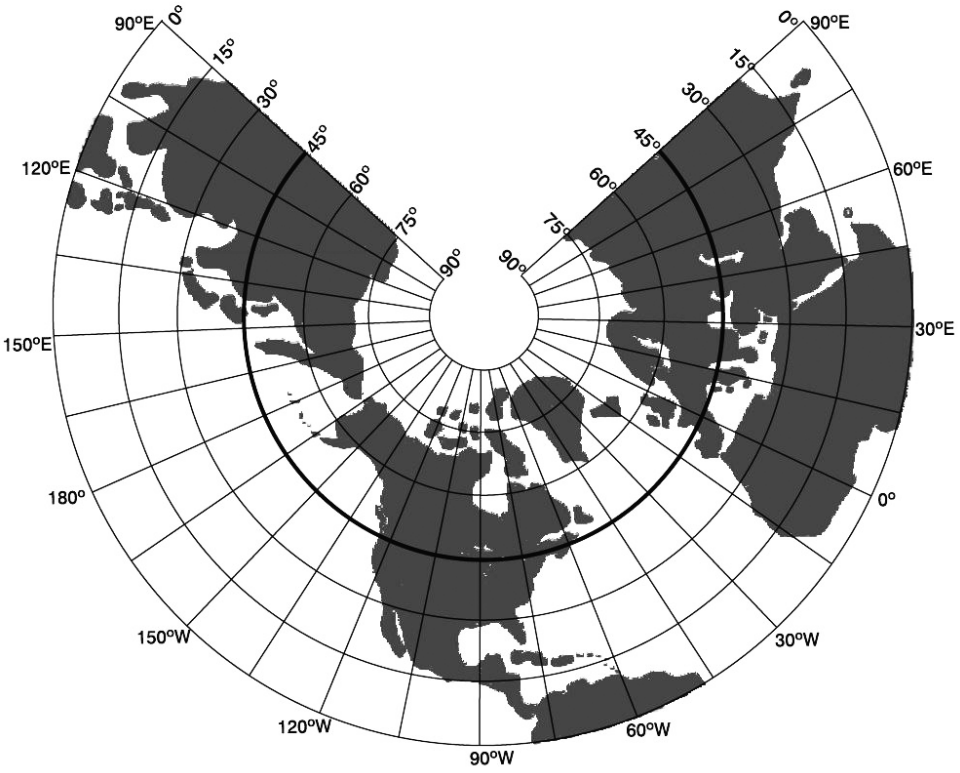
Figura 2.18 – Projeção Cônica Simples



Quando o cone é desenvolvido em um plano para formar uma carta, os meridianos aparecem como linhas retas convergindo para o vértice do cone. O paralelo padrão, no qual o cone é tangente à Terra, é representado por um arco de círculo cujo centro é o vértice do cone (ponto de interseção de todos os meridianos).

Os outros paralelos aparecem como círculos concêntricos, com a distância ao longo de cada meridiano entre paralelos consecutivos representada em relação correta com a distância na Terra, sendo, assim, derivada matematicamente. Por isso, a projeção cônica simples não é perspectiva (apenas os meridianos são projetados geometricamente). O polo é representado por um círculo (Figura 2.19).

Figura 2.19 – Mapa do Hemisfério Norte na Projeção Cônica Simples

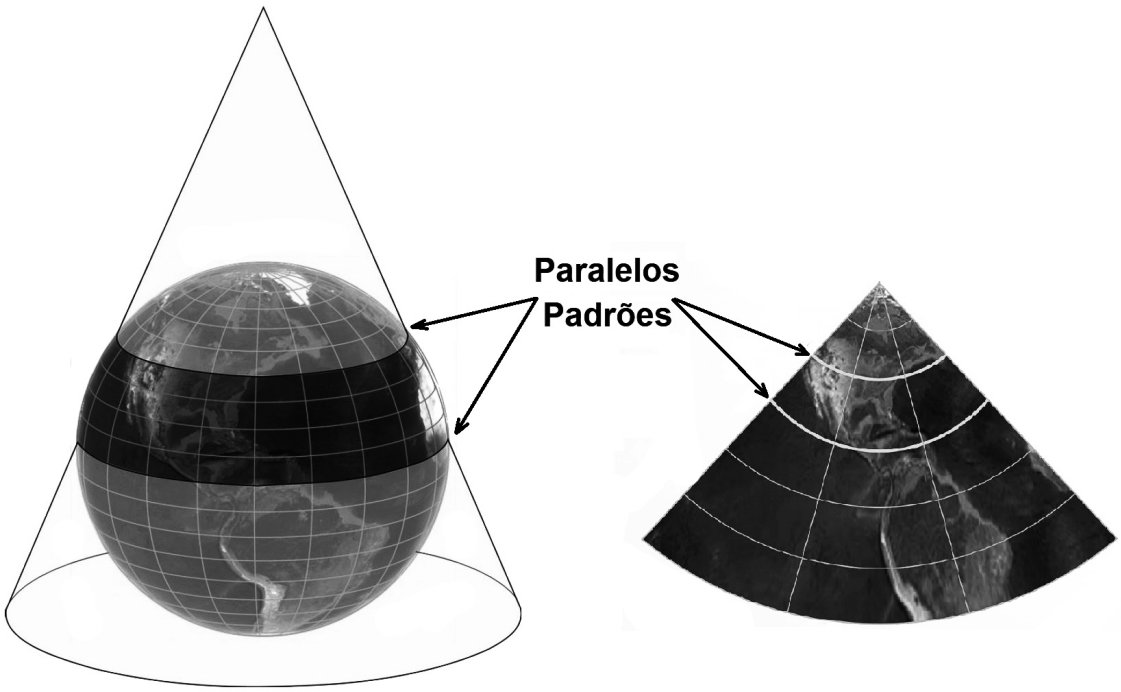


A escala é correta ao longo do paralelo padrão e, também, ao longo de qualquer meridiano. Todos os outros paralelos são representados com deformações (comprimentos maiores que o correto), sendo que os erros aumentam à medida que aumenta a distância do paralelo padrão. Como a escala não é a mesma em todas as direções em torno de cada ponto, a projeção não é conforme, o que se constitui na sua principal desvantagem para a navegação. Além disso, também não é equivalente.

De vez que a escala é correta ao longo do paralelo padrão e varia uniformemente para cada lado deste paralelo, com distorções relativamente pequenas nas regiões próximas ao paralelo padrão, a projeção cônica simples é útil para a representação de uma área com grande desenvolvimento em Longitude e comparativamente estreita em Latitude. Esse tipo de projeção foi desenvolvido no Século II d.C., por Cláudio Ptolomeu, para a cartografia de uma área com estas características – o mar Mediterrâneo.

A Projeção Conforme de Lambert aumenta a faixa de Latitude da projeção cônica simples pelo uso de um cone secante, que intercepta a superfície da Terra em dois paralelos padrões (Figura 2.20).

Figura 2.20 – Projeção Conforme de Lambert



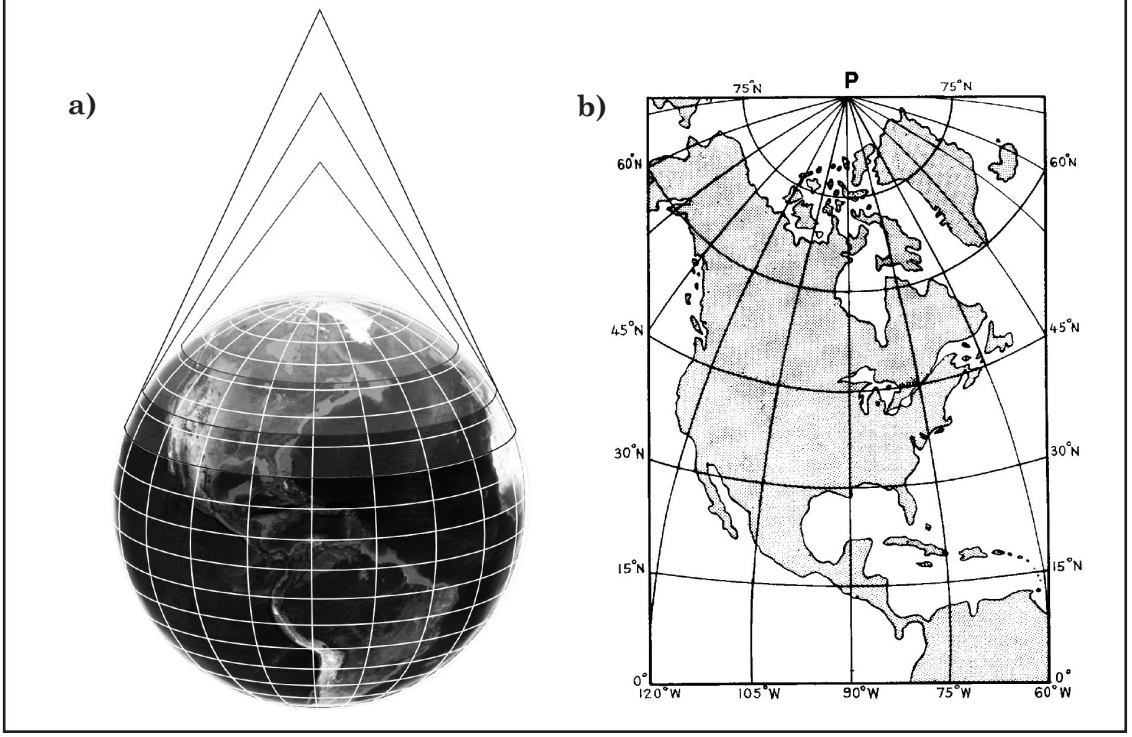
Ademais, o espaçamento entre os paralelos é alterado matematicamente, de modo que a distorção ao longo dos paralelos e ao longo dos meridianos seja a mesma, o que torna a projeção conforme. Esta projeção, idealizada por Johann Heinrich Lambert, no Século XVIII, é a projeção cônica mais utilizada em navegação, embora seu emprego maior seja em cartas aeronáuticas.

Uma linha reta na Projeção Conforme de Lambert aproxima-se tanto de um círculo máximo, que os dois podem ser considerados idênticos para os propósitos de navegação. Marcações radiogoniométricas, de sinais rádio que se propagam por círculos máximos, podem ser plotadas nesta projeção sem a correção que necessitam quando são plotadas em uma Carta de Mercator. Esta característica, sem o sacrifício da conformidade, tornou a Projeção Conforme de Lambert adequada para cartas aeronáuticas, pois em navegação aérea faz-se intenso uso de radiomarcações. Em Cartografia Náutica, esta projeção tem sido empregada, em uma forma ligeiramente modificada, em altas latitudes, para cartas polares.

As limitações em Latitude das outras projeções cônicas podem ser essencialmente eliminadas pelo uso de uma série de cones tangentes, resultando em uma projeção policônica (Figura 2.21a). Nesta projeção, que não é perspectiva, cada paralelo é a base de um cone tangente. Nas bordas da carta, a área entre paralelos é expandida para eliminar as partes que ficariam sem recobrimento. A escala é correta ao longo de qualquer paralelo e ao longo do meridiano central da projeção. Ao longo dos outros meridianos, a escala aumenta com o aumento da diferença de longitude para o meridiano central. Os paralelos aparecem como círculos não concêntricos e os meridianos como linhas curvas convergindo para o polo, com a concavidade voltada para o meridiano central.

A projeção policônica é muito usada em Atlas (Figura 2.21b). Entretanto, como não é conforme, não é costumeiramente utilizada em navegação.

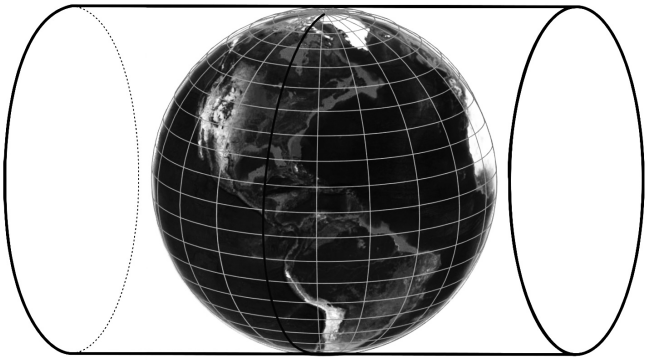
Figura 2.21 – Projeção Policônica



2.5.6 Projeção Transversa de Mercator

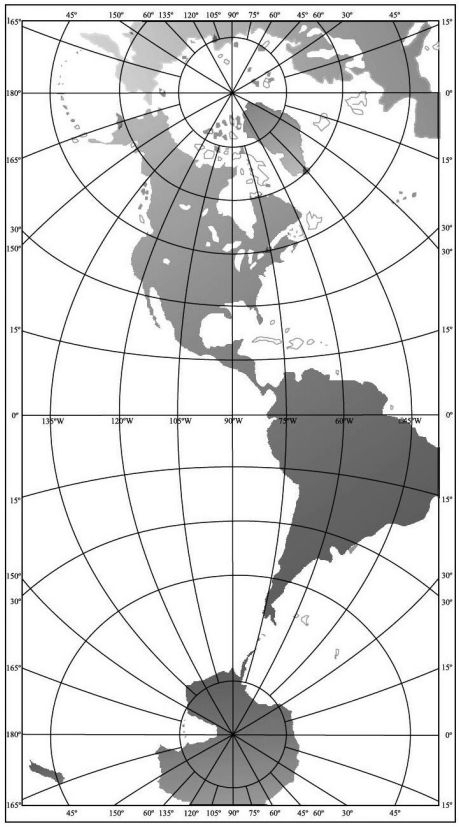
Um caso especial da Projeção de Mercator é a Projeção Transversa de Mercator ou projeção cilíndrica transversa ortomorfa (conforme), na qual o cilindro é tangente à superfície da Terra ao longo de um meridiano (Figura 2.22).

Figura 2.22 - Projeção Transversa de Mercator

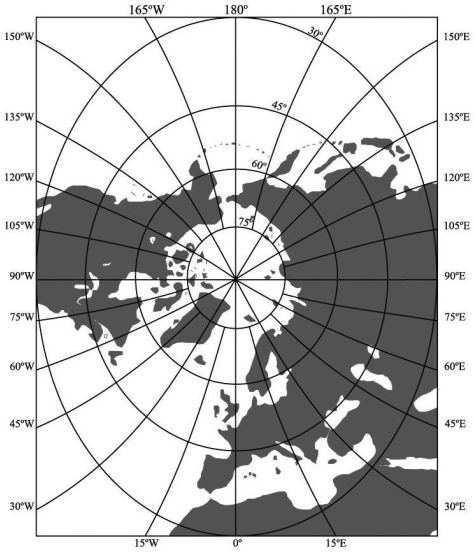


Como a área de deformação mínima nesta projeção ficará próxima ao meridiano de tangência, a Projeção Transversa de Mercator torna-se útil para cartas que abrangem uma grande faixa de Latitudes e uma faixa estreita de Longitudes de cada lado do meridiano de tangência (Figura 2.23a) ou para cartas de regiões polares (Figura 2.23b). Além disso, é usada, algumas vezes, em cartas celestes que apresentam a configuração do céu nas várias estações do ano.

Figura 2.23 – Cartas na Projeção Transversa de Mercator



"em ambas as cartas, o Meridiano de Tangência é 090ºE – 090ºW"



(a) **(b)**

Em uma carta na Projeção Transversa de Mercator, próximo ao meridiano de tangência, uma linha reta aproxima-se muito de um círculo máximo na esfera terrestre. É nesta área que a carta se mostra mais útil.

O sistema UTM (Universal Transversa de Mercator) é uma grade quilométrica superposta a um reticulado da Projeção Transversa de Mercator, para fins técnico-científicos ou militares. O sistema UTM é muitas vezes utilizado para construção de Folhas de Bordo e Folhas de Sondagens produzidas em Levantamentos Hidrográficos e para cartas militares.

2.5.7 Cartas Polares

As excessivas deformações nas altas latitudes e a impossibilidade de representação dos polos limitam o uso da Projeção de Mercator para a cartografia das regiões polares. Há necessidade, então, de selecionar outras projeções para a representação dessas áreas.

As principais considerações para a escolha de um sistema de projeção conveniente para a navegação polar são:

a. **Conformidade** – é desejável que os ângulos (direções) sejam corretamente representados, de modo que a plotagem de rumos e marcações possa ser feita diretamente sobre a carta, sem correções complicadas;

b. **Representação dos Círculos Máximos** – como os círculos máximos (ortodromias) são mais úteis em altas latitudes que as linhas de rumo (loxodromias), é desejável que os círculos máximos sejam representados por linhas retas;

c. **Escala Constante** – é desejável que a escala seja constante em toda a carta; e

d. **Limites de Uso** – limites amplos de utilização são desejáveis, para reduzir ao mínimo o número de projeções necessárias.

As três projeções comumente selecionadas para cartas polares são: a Transversa de Mercator, a Conforme de Lambert modificada e a projeção Polar Estereográfica. São, ainda, utilizadas a projeção gnomônica e a azimutal equidistante. Próximo ao polo há pouco o que se escolher entre elas, pois aí todas são essencialmente conformes e em todas os círculos máximos são praticamente representados por linhas retas. Entretanto, conforme a distância ao polo aumenta, devem ser consideradas as características distintas de cada projeção.

A **Projeção Transversa de Mercator** é conforme e o tipo de distorção que apresenta é familiar a quem está acostumado a usar uma Carta de Mercator. As distâncias podem ser medidas da mesma maneira que em uma Carta de Mercator. Assim, na cartografia das regiões polares, as vantagens da Projeção de Mercator, tais como facilidade de construção e plotagem rápida dos pontos, podem ainda ser aproveitadas pela rotação do cilindro de 90º em azimute, ficando agora tangente em um meridiano, o qual passa a ser o equador fictício. Nesta projeção, dentro das regiões polares, os paralelos são praticamente circunferências concêntricas e os meridianos divergem ligeiramente de linhas retas; os arcos de círculos máximos também podem ser considerados linhas retas, desprezando-se o pequeno erro cometido. Um pequeno inconveniente na medida de ângulos pode resultar da curvatura dos meridianos (Figura 2.23a). Essa projeção é excelente para uso em uma faixa estreita em torno do meridiano de tangência e para emprego com sistema automático de navegação que gera latitude e longitude.

A **Projeção Conforme de Lambert modificada** é virtualmente conforme em toda a sua extensão e as distorções de escala mantêm-se pequenas quando a carta se estende até cerca de 25º a 30º do polo. Além desse limite as distorções crescem rapidamente. Um círculo máximo é praticamente uma linha reta em qualquer ponto da carta. Distâncias e direções podem ser medidas diretamente na carta. A Projeção Conforme de Lambert modificada (ou **Projeção de Ney**) usa um paralelo muito próximo ao polo como paralelo padrão mais alto. Assim, esta projeção cônica com dois paralelos padrões vai requerer pouca deformação para representar os paralelos como círculos e eliminar o círculo que representaria o polo.

A outra projeção comumente utilizada em cartografia das regiões polares é a **Projeção Polar Estereográfica**, que é conforme em toda a sua extensão e na qual um círculo máximo difere muito pouco de uma linha reta. A distorção de escala não é excessiva para uma distância considerável do polo, mas é maior que na Projeção Conforme de Lambert modificada. A variação de escala pode ser reduzida utilizando-se um plano secante, que corte a Terra em um paralelo intermediário entre o polo e o paralelo mais afastado, de forma que as distorções sejam divididas, com a porção dentro deste paralelo padrão comprimida e a porção fora dele expandida.

2.5.8 Projeções mais utilizadas em Cartografia Náutica

A Figura 2.24 compara as três projeções mais utilizadas em Cartografia Náutica, considerando os principais aspectos de interesse ao navegante.

Figura 2.24 – Projeções utilizadas em Cartografia Náutica

	MERCATOR	LAMBERT	GNOMÔNICA
Paralelos	Linhas retas horizontais	Arcos de círculos concêntricos	Curvas (seções de cone) exceto Equador
Meridianos	Linhas retas verticais, perpendiculares ao Equador	Linhas retas, raios dos paralelos, convergindo para o polo	Linhas retas
Conforme	Sim	Sim	Não
Círculos máximos	Linhas curvas (exceto Meridianos e Equador)	Linhas aproximada-mente retas	Linhas retas
Linhas de rumo	Linhas retas Ângulo medido com qualquer Meridiano	Linhas curvas	Linhas curvas
Escala de distâncias	Variável (será usada a do Paralelo médio)	Aproximadamente constante	Variável (será medida por ábacos impressos nas cartas)
Aumento da escala	Aumenta com a distância do Equador	Aumenta com a distância do Paralelo central da projeção	Aumenta com a distância ao centro da projeção
Usos para o navegante	Navegação em geral	Navegação costeira, estimada e eletrônica	Determinação da derrota ortodrômica

2.6 UTILIZAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DE UMA CARTA NÁUTICA

2.6.1 A Carta Náutica

A **carta náutica** é um documento cartográfico que resulta de levantamentos hidrográficos de áreas oceânicas, mares, baías, rios, canais, lagos, lagoas, ou qualquer outra massa d'água navegável e se destina a servir de base à navegação aquaviária. É publicada oficialmente sob a autoridade de um governo por meio de um serviço hidrográfico por ele autorizado ou por uma outra instituição governamental. Ela é geralmente construída na projeção de Mercator e representa os acidentes terrestres e submarinos, fornecendo informações sobre profundidades, perigos à navegação (bancos, pedras submersas, cascos soçobrados ou qualquer outro obstáculo à navegação), natureza do fundo, fundeadouros e áreas de fundeio, auxílios à navegação, altitudes e pontos notáveis aos navegantes, linhas de costa e de contorno das ilhas, elementos de marés, correntes, magnetismo e outras indicações necessárias à segurança da navegação.

A carta náutica possui duas formas possíveis de apresentação: em papel e digital. As Normas Técnicas para construção das cartas náuticas, tanto em papel quanto digital, são estabelecidas pela Organização Hidrográfica Internacional (OHI).

Na qualidade de Serviço Hidrográfico nacional, cabe à Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), por meio do Centro de Hidrografia da Marinha (CHM), produzir e manter atualizadas todas as cartas náuticas em Águas Jurisdicionais Brasileiras.

A **carta náutica em papel**, em acordo ao atual estado da arte de sua produção, não é mais reimpressa em grandes tiragens, mas sim utiliza o processo de "impressão sob demanda" (*print-on-demand*). Quando o cliente realiza a compra de uma carta, a mesma é impressa e entregue atualizada, até o último Aviso aos Navegantes naquela data. As cartas náuticas em papel, publicadas pela DHN, são disponibilizadas para venda pela Empresa Gerencial de Projetos Navais (EMGEPRON), por meio de um Posto de Venda localizado na DHN ou por meio de *e-commerce* no seu sítio na internet (https://cartasnauticasbrasil.com.br).

A **carta náutica digital** é empregada em sistemas informatizados destinados à navegação aquaviária. Pode ser de dois tipos: eletrônica (vetorial) e Raster. A eletrônica é comumente conhecida como ENC (*Electronic Navigational Chart*) e a Raster como RNC (*Raster Navigational Chart*). O acrônimo IENC (*Inland Electronic Navigational Chart*) designa a carta náutica eletrônica específica para águas interiores.

A **carta náutica eletrônica (ENC)** é um banco de dados, padronizado quanto ao seu conteúdo, estrutura e formato, produzida por ou sob a autoridade de um Governo, Serviço Hidrográfico autorizado ou outra instituição governamental relevante, para uso em um **Sistema Eletrônico de Informação e Exibição de Cartas Náuticas** e em conformidade com os padrões da OHI. No Brasil, a exemplo das cartas náuticas em papel, cabe à DHN, por meio do CHM, produzir e manter atualizadas todas as ENCs nacionais. Uma ENC contém todas as informações cartográficas necessárias para uma navegação segura e pode conter informações suplementares além daquelas contidas na carta em papel (por exemplo, rotas recomendadas) que podem ser consideradas necessárias para uma navegação segura.

As ENC são disponibilizadas exclusivamente por intermédio de distribuidores internacionais dos Centros de Coordenação Regional / *Regional ENC Coordination Centres* (RENC): *International Centre for ENC's* (IC-ENC), operado pelo Serviço Hidrográfico do Reino Unido (www.ic-enc.org), e o PRIMAR, operado pelo Serviço Hidrográfico da Noruega (https://www.primar.org). A EMGEPRON, como empresa vinculada ao PRIMAR, além das cartas náuticas brasileiras em papel, também disponibiliza para venda[3] toda e qualquer ENC oficial (produzida por um Serviço Hidrográfico oficial), inclusive as da DHN, no mesmo sítio acima citado.

As **cartas náuticas Raster** (**RNC**) são disponibilizadas gratuitamente para download no formato NOAA-BSB versão 3.0, no sítio da internet do CHM (https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-segnav/cartas-raster). A sua utilização não dispensa o uso concomitante das cartas náuticas em papel, atualizadas até o último Aviso aos Navegantes.

2.6.2 Escala da Carta

Como visto, em uma carta de Mercator a escala de longitudes é constante, enquanto a escala de latitudes varia em virtude das latitudes crescidas.

Denomina-se, então, escala natural a escala de latitudes em um determinado paralelo, normalmente o paralelo médio (Latitude Média) da área abrangida. Este é, de fato, o único

[3] Na realidade, as ENCs não são vendidas e sim licenciadas para uso pelo Distribuidor, com validade de emprego por um determinado tempo, conforme contrato estabelecido.

paralelo representado sem deformações de escala, ou seja, a escala natural, na realidade, só é perfeitamente válida ao longo deste paralelo.

A escala é definida como a relação entre um valor gráfico na carta e o valor real correspondente na superfície da Terra. A escala de uma carta proporciona uma ideia da relação existente entre o trecho da Terra abrangido pela carta e sua representação na mesma. Quanto maior o denominador da escala, menor ela será.

$$\mathbf{E = \frac{Valor\ gráfico\ na\ Carta}{Valor\ real\ na\ Terra}}$$

EXEMPLOS:

1. Com que comprimento gráfico seria representada uma distância de 500 metros em uma carta na escala de 1:100.000?

$$\begin{array}{l} 1\ mm \rightarrow 100.000\ mm = 100\ m \\ x\ mm \rightarrow 500\ m \end{array} \rightarrow \quad x = \frac{500}{100} = 5\ mm$$

2. Com que comprimento gráfico seria representada a mesma distância de 500 metros em uma carta na escala de 1:25.000?

$$\begin{array}{l} 1\ mm \rightarrow 25.000\ mm = 25\ m \\ x\ mm \rightarrow 500\ m \end{array} \rightarrow \quad x = \frac{500}{25} = 20\ mm$$

3. Quanto mede no terreno, em metros, uma dimensão cujo valor gráfico, medido sobre uma carta na escala de 1:25.000, é 15 milímetros?

$$\begin{array}{l} 1\ mm \rightarrow 25.000\ mm = 25\ m \\ 15\ mm \rightarrow x\ m \end{array} \rightarrow \quad x = 25\ m \times 15 = 375\ m$$

Quanto maior a escala de uma carta, mais detalhada pode ser a representação do trecho da Terra por ela abrangido. A escala deve ser determinada pelo tipo de navegação pretendido, a natureza da área a ser coberta e a quantidade de informações a serem mostradas. Várias classificações para escala são empregadas, tais como: "pequena" escala, "média" escala e "grande" escala. Estas classificações têm por finalidade indicar o tipo de carta, mais do que propriamente a escala real, que poderá variar de área para área.

Assim, conforme a publicação ***S-4 – Regulations of the IHO for International (INT) Charts and Chart Specifications of the IHO,*** da OHI, tem-se:

Pequena escala	navegação oceânica (alto-mar)	→ menor que 1:2.000.000
Média escala	travessia (passagem)/aterragem	→ 1:2.000.000 – 1:350.000
	cabotagem (navegação costeira)	→ 1:350.000 – 1:75.000
Grande escala	aproximação de portos / águas costeiras	→ 1:75.000 – 1:30.000
	portos /ancoradouros / canais estreitos	→ maior que 1:30.000
	atracação	→ escalas muito grandes

Como norma, sempre que uma determinada área for abrangida por cartas náuticas em escalas diversas, deve-se navegar na carta de maior escala, que apresentará sempre maior grau de detalhe na representação tanto do relevo submarino como da parte emersa. Além disso, na plotagem da posição do navio na carta, a um mesmo erro gráfico podem corresponder desde algumas dezenas de metros, na carta de maior escala, até muitos décimos de milha, na carta de menor escala, o que é muito importante, principalmente nas proximidades da costa ou de perigo.

Com relação à produção das ENC, da mesma forma, uma escala é designada para a sua construção de acordo com a natureza da fonte dos dados sobre os quais são baseadas. Elas também são alocadas para uma faixa de propósito de navegação relacionada com esta fonte. Essa condição é análoga a uma série de cartas em papel cobrindo a mesma área, variando de "cartas de pequena escala" para "planos de grande escala". De acordo com a publicação **S-65 – *Electronic Navigational Charts (ENCs) – Production, Maintenance and Distribution Guidance***, da OHI, há seis faixas diferentes de propósitos de navegação (as variações de escala são apenas indicativas), como mostrado a seguir:

PROPÓSITO	ÁREA	ESCALA
1	Oceânica	→ menor que 1:1.499.999
2	Geral	→ 1:350.000 a 1:1.499.999
3	Costeira	→ 1:90.000 a 1:349.999
4	de Aproximação	→ 1:22.000 a 1:89.999
5	de Porto	→ 1:4.000 a 1:21.999
6	de Atracação	→ maior que 1:4.000

Em razão dos critérios de classificação das cartas náuticas pelas escalas que elas abrangem, como acima apontados, as cartas náuticas em papel e as ENC publicadas pela DHN são designadas, conforme o **III Plano Cartográfico Náutico Brasileiro**, como:

EM PAPEL	ENCs	ESCALA
Cartas Oceânicas		→ de 1:3.500.000 a 1:10.000.000
Cartas Gerais	ENCs Gerais (BR2)	→ 1:1.000.000
Cartas Costeiras	ENCS Costeiras (BR3)	→ 1:300.000
Cartas de Aproximação	ENCs de Aproximação (BR4)	→ 1:75.000 a 1:100.000
Cartas De Porto	ENCs de Porto (BR5)	→ maior que 1:30.000
	ENCs de Atracação (BR6)	

2.6.3 Principais Elementos Representados em uma Carta Náutica em Papel

a. Reticulado

Em uma Carta de Mercator, o conjunto dos meridianos e paralelos é denominado reticulado. Ao longo dos meridianos extremos da carta está representada a escala de latitudes (onde devem ser sempre medidas as distâncias). Ao longo dos paralelos superior e inferior da carta está representada a escala de longitudes.

b. Título

O título da Carta Náutica traz informações importantes, que devem ser lidas com atenção. Os elementos do título são apresentados na seguinte ordem, conforme apresentado na Figura 2.25:

1. Área geográfica geral e trecho da costa em que se situa a área representada na Carta. Para efeitos de Cartografia Náutica, a costa do Brasil é dividida em:

- COSTA NORTE: do Cabo Orange ao Cabo Calcanhar;
- COSTA LESTE: do Cabo Calcanhar ao Cabo Frio; e
- COSTA SUL: do Cabo Frio ao Arroio Chuí.

Figura 2.25 – Título da Carta Náutica 21100 (INT 4194)



Na Figura 2.25, que apresenta o título da Carta Náutica Nº 21100 (INT 4194), a área geográfica geral é o "**BRASIL"**, e o trecho da costa representado na carta situa-se na "**COSTA NORTE"**.

2. Referência geográfica específica, que consiste na descrição da área representada na Carta, do Norte para o Sul. Na Figura 2.25: **"DO CABO ORANGE À PONTA TUCUMÃ"**.

3. Unidade de medida das profundidades: **"PROFUNDIDADES EM METROS"**.

4. Escala natural e paralelo de referência: **"ESCALA 1:300.000 (3º 30')"**. A escala natural da carta náutica é mostrada no título, acompanhada do valor do paralelo de referência, que normalmente corresponde à Latitude Média do trecho abrangido pela Carta. Como visto, a escala natural só é realmente verdadeira ao longo do paralelo de referência, que, assim, é o único representado sem deformação na Carta.

5. Novamente retorna à informação sobre a unidade de medida das profundidades, mas agora com a menção genérica ao "datum vertical" usado na carta: **"Profundidades em metros reduzidas aproximadamente ao nível da baixa-mar média de sizígia"**. Nas

cartas náuticas brasileiras, as profundidades (sondagens) são representadas em metros, tendo como "datum vertical" o nível médio das baixa-mares de sizígia, plano de referência que será explicado com detalhe no Capítulo 10, que estuda as marés.

6. Unidade de medida das altitudes e plano de referência usado como origem: **"Altitudes em metros acima do nível médio do mar"**. As altitudes nas cartas náuticas brasileiras são medidas em metros, tendo como origem o Nível Médio do mar.

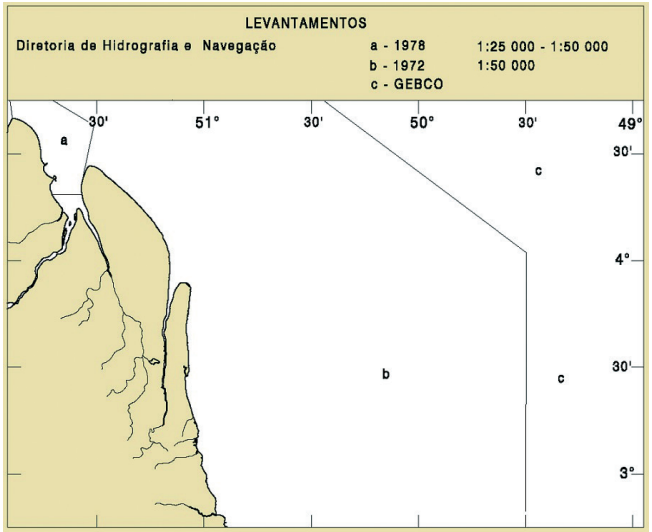
7. O "datum horizontal" sobre às quais as coordenadas geográficas de qualquer ponto representado ou obtido sobre a carta náutica estão referenciadas: **"Posições: referidas ao Datum WGS-84"**. Esta informação tornou-se muito importante após o advento dos sistemas de navegação por satélite, que fornecem posições referidas ao Sistema Geodésico Mundial (WGS). Muitas vezes, especialmente nas cartas náuticas de grande escala, para plotar as posições-satélite referidas a um datum regional ou local são necessárias correções, que devem ser informadas em nota de precaução inserida na carta.

8. Sistema de balizamento da IALA adotado na carta náutica: **"Sinais de navegação: Sistema de Balizamento Marítimo da IALA – Região B"**.

9. Identificação da projeção usada na carta náutica: **"Projeção: Mercator"**.

10. Informações sobre os dados dos Levantamentos Hidrográficos que deram origem à carta: **"Levantamentos: Ver o Diagrama de Levantamentos quanto às informações que possam afetar o uso desta carta"**. Dados mais completos constam dos Diagramas de Levantamentos ou Diagramas de Confiabilidade, que serão adiante explicados. Em relação à Carta 21100 (INT 4194), utilizada como exemplo, o seu Diagrama de Levantamentos é apresentado na Figura 2.26. Não se deve esquecer que cartas náuticas oriundas de levantamentos mais antigos tendem a ser menos precisas, em virtude da menor precisão dos instrumentos e métodos de posicionamento, de medida das profundidades e de pesquisas de perigos disponíveis na época. Ademais, principalmente em se tratando de portos, baías, barras e estuários de rios, deve-se considerar que cartas náuticas mais antigas podem estar desatualizadas, devido a modificações no relevo submarino por causas naturais (assoreamento, erosão, etc.) ou provocadas pelo homem (dragagem, aterros, etc.).

Figura 2.26 – Diagrama de Levantamentos – Carta 21100 (INT 4194)



c. Notas de Precaução e Explanatórias

As Cartas Náuticas podem conter notas de precaução ou explanatórias, de preferência colocadas próximas ao título, abordando assuntos diversos, tais como: áreas de navegação ou fundeio proibidos, existência de marés ou correntes anormais, anomalias magnéticas, etc.

d. Informações sobre Marés e Correntes

Também podem constar das Cartas Náuticas informações sobre marés e correntes, como mostrado, a título de exemplo, na Figura 2.27. Tais informações são importantes para o planejamento e a condução da navegação e serão detalhadamente estudadas no Capítulo 10.

Figura 2.27 - Informações sobre a Maré - Carta 21100 (INT 4194)

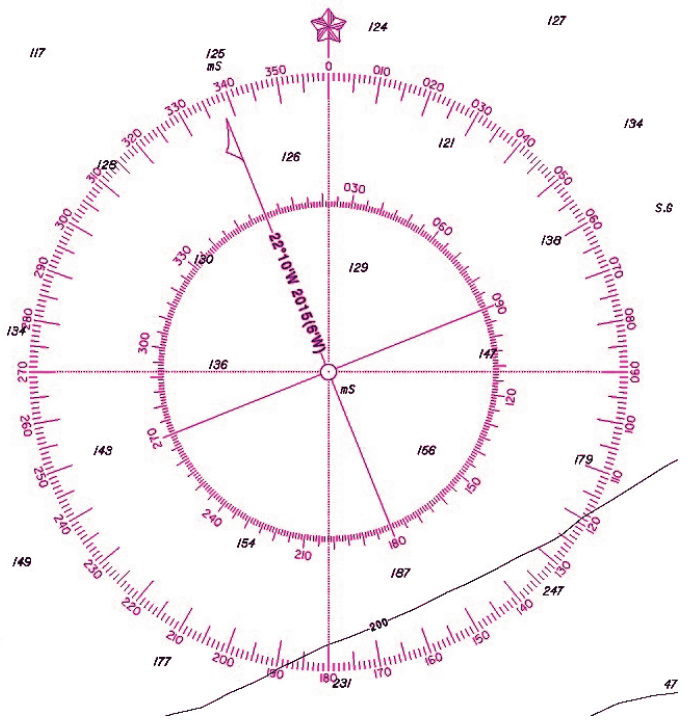
INFORMAÇÕES SOBRE A MARÉ

Lugar	Lat N	Long W	Alturas em metros acima do NR					
			HWF&C	MHWS	MHWN	MLWN	MLWS	MSL
Cassiporé	3°51'	51°08'	7h10min	2,8	2,4	0,8	0,4	1,6

e. Rosa-dos-Ventos ou Rosa-dos-Rumos

A Carta Náutica apresenta uma ou mais rosas-dos-rumos, em lugares particularmente selecionados para o seu uso, a fim de permitir a obtenção ou o traçado de rumos e marcações verdadeiros. Além disso, no interior das rosas-dos-rumos verdadeiros aparece sempre o valor da declinação magnética, junto com o ano a que se refere e sua variação anual, sendo representada, também, a rosa-dos-rumos magnéticos (Figura 2.28).

Figura 2.28 – Rosa-dos-Rumos Verdadeiros e Rosa-dos- Rumos Magnéticos



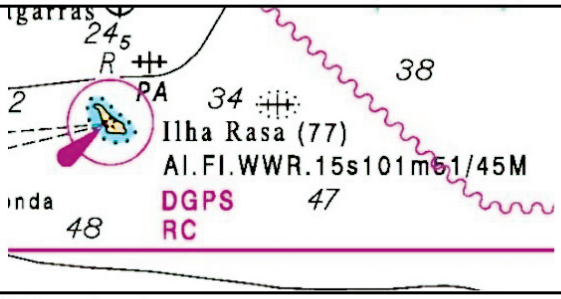
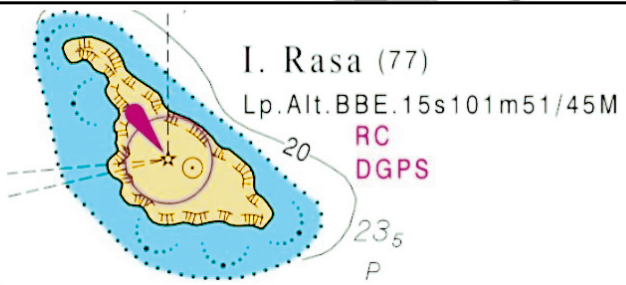
f. Auxílios à Navegação

Os faróis, faroletes, radiofaróis, luzes de alinhamento, luzes particulares notáveis, balizas, boias cegas e luminosas, equipamentos RACON e demais auxílios à navegação são representados na carta náutica, com simbologia própria, registrada na **Carta Nº 12.000 – Símbolos, Abreviaturas e Termos usados nas Cartas Náuticas (INT 1 – *Symbols, Abbreviations and Terms used on Charts*)**.

Como exemplo, a Figura 2.29 apresenta as informações (altitude do foco, características das luzes, alcance) do Farol da Ilha Rasa, contidas em três diferentes cartas náuticas em papel, em diferentes escalas. Observe que as informações sobre as características das luzes nas cartas internacionais (cartas INT) encontram-se em inglês, cujos significados são: AI.

(*alternating*); FI. (*flashing*); e WWR (*white white red*). Na carta 1501, exclusivamente nacional, as informações encontram-se em português. Por sua vez, algumas informações sobre os faróis poderão ser omitidas à medida que a escala da carta diminui. Na Figura 2.29, observa-se que a informação sobre a altitude do foco (101m) não é apresentada na carta de menor escala, a 21070 (INT2008).

Figura 2.29 – Características das luzes do Farol da Ilha Rasa, como informadas nas cartas náuticas em papel

21070 (INT 2008) **Do Cabo Frio ao Cabo de Santa Marta Grande** **(1:1.000.000)**	
23100 (INT 2124) **Do Rio de Janeiro a Santos** **(1:300.000)**	
1501 **Baía de Guanabara** **(1:50.000)**	

A **Lista de Faróis (DH2)** é uma publicação de auxílio à navegação editada pela DHN, de acordo com as Resoluções Técnicas da OHI. Ela contém todas as informações sobre faróis, aerofaróis, barcas-faróis, faroletes, balizas, boias luminosas e luzes particulares ou de obstáculos aéreos que interessam aos navegantes, existentes na costa, nos rios, nas lagoas e nas ilhas do Brasil, assim como nas costas e ilhas dos países estrangeiros que possuam suas terras representadas nas cartas náuticas brasileiras.

g. Demais elementos representados na Parte Terrestre da Carta Náutica

A parte terrestre de uma carta náutica representa o contorno da linha de costa (a linha de contorno corresponde à preamar), ilhas, curvas de nível, altitudes, pontos notáveis à navegação (acidentes naturais e artificiais), toponímia, instalações portuárias (cais, píeres, trapiches, enrocamentos, docas, molhes, etc.) e outras informações de interesse da navegação.

É importante notar que uma carta náutica não é uma carta topográfica, cuja finalidade é representar, com o máximo rigor de detalhes, uma área terrestre. Desta forma, só devem ser representados na parte terrestre da carta náutica os detalhes que realmente interessem aos navegantes, com o cuidado de que o excesso de informações topográficas não oculte ou dificulte a visualização dos detalhes ou dados relevantes à navegação.

h. Principais elementos representados na parte Marítima (Aquática) de uma Carta Náutica

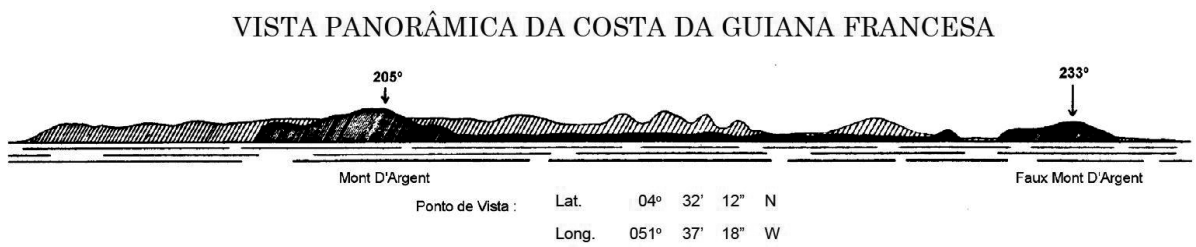
A parte marítima (fluvial ou lacustre) de uma carta náutica é, obviamente, a mais importante da carta, indicando:

- profundidades (reduzidas ao Nível de Redução);
- linhas de igual profundidade (isóbatas);
- perigos à navegação (bancos, recifes, pedras submersas, cascos soçobrados, obstruções ou qualquer outro obstáculo à navegação);
- estirâncio (área que cobre e descobre com o movimento das marés);
- natureza do fundo (qualidade do fundo);
- balizamento (boias, balizas, luzes de alinhamento, sinais de cerração ou especiais, etc.);
- barcas-faróis ou boias "lanby" (*large automatic navigational buoys*);
- fundeadouros e áreas de fundeio;
- boias de amarração;
- derrotas aconselhadas e esquemas de separação de tráfego;
- áreas de arrebentações;
- redemoinhos, rebojos, águas descoradas, zonas suspeitas ou de fundo sujo;
- limites de gelo;
- anomalias magnéticas (declinação anormal) e curvas isogônicas;
- plataformas de exploração de petróleo e outras instalações *offshore*;
- indicações de correntes;
- vãos livres de pontes ou cabos aéreos;
- cabos, dutos e canalizações submarinos;
- áreas de exercícios, de restrição ou de exclusão à navegação;
- eclusas; e
- milha medida e demais informações essenciais à segurança da navegação.

i. Outros elementos representados nas Cartas Náuticas

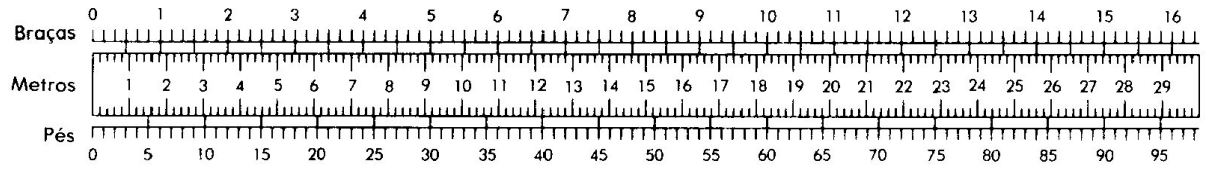
Outros elementos de interesse do navegante, tais como: vistas panorâmicas da costa (Figura 2.30), escala logarítmica de velocidade e escala de conversão de unidades de profundidade (Figura 2.31), também podem ser inseridos na carta náutica em papel.

Figura 2.30 – Vista Panorâmica da Costa



Nas cartas com escala menor que 1:750.000 e nas cartas onde a apresentação de informações magnéticas dentro das rosas se mostrar impraticável, devido à rápida sucessão de linhas isogônicas ou à irregularidade da sua configuração, as informações magnéticas são representadas por linhas de igual declinação magnética (curvas isogônicas), a intervalos de 1º, 2º ou 3º. Estas linhas são rotuladas com o valor da declinação e sua variação anual.

Figura 2.31 – Tabela de Conversão de Unidades



j. Diagramas de Levantamentos e Diagramas de Zona de Confiança

I – DIAGRAMAS DE LEVANTAMENTOS

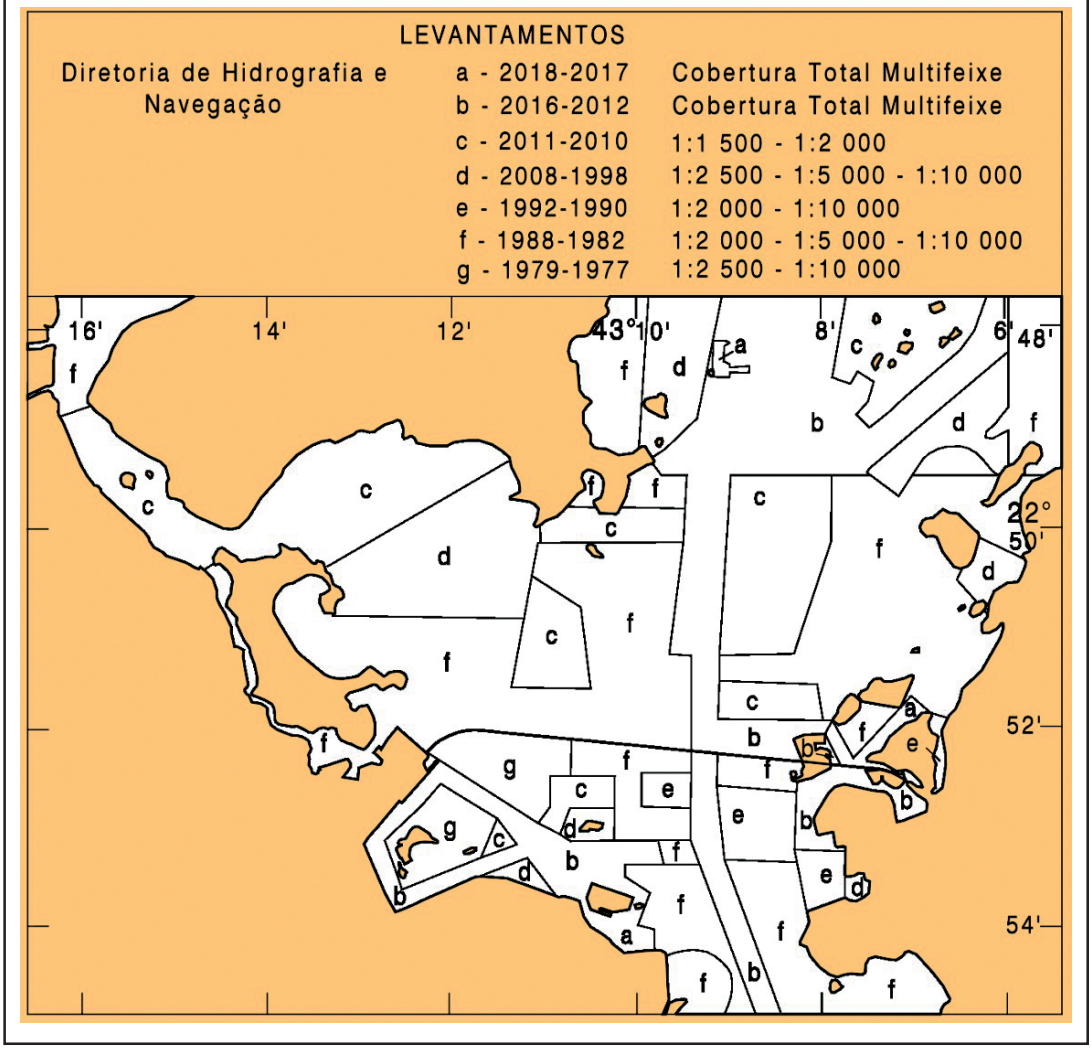
Todas as cartas náuticas com escala de 1:500.000 e maiores devem conter um Diagrama de Levantamentos que indique aos navegantes os limites, as datas, as escalas e outras informações sobre os levantamentos que deram origem à carta.

Um exemplo de Diagrama de Levantamentos simplificado pode ser visualizado na Figura 2.26, já apresentada. Por sua vez, um Diagrama de Levantamentos completo pode ser visualizado na Figura 2.32, referente à Carta 1512 – Porto do Rio de Janeiro.

Os Diagramas de Levantamentos devem ser utilizados na fase de planejamento da derrota, especialmente para planejar passagens através de águas desconhecidas pelo navegante. Sua finalidade é orientar os navegantes quanto ao grau de confiança que devam depositar na adequação e precisão das profundidades e posições cartografadas.

As especificações para a construção do Diagrama de Levantamentos estão contidas na publicação S-4 da OHI, já mencionada.

Figura 2.32 – Diagrama de Levantamentos da Carta 1512 - Porto do Rio de Janeiro



II – DIAGRAMAS DE ZONA DE CONFIANÇA (ZOC)

O Diagrama de Zonas de Confiança (ZOC) permite que o navegante avalie a qualidade dos dados hidrográficos (profundidades) lançados na carta náutica, de acordo com as especificações para a sua construção na publicação S-4 da OHI.

Os Diagramas ZOC podem ser utilizados tanto nas cartas náuticas em papel quanto nas cartas digitais (ENCs), em razão de que as definições das Categorias de Zonas de Confiança (CATZOC), utilizadas na publicação S-4, são derivadas diretamente da publicação **S-52 – *Specifications for Chart Content and Display Aspects of ECDIS***, da OHI, que estabelece os padrões de produção e leitura dos dados de uma carta digital (ENC).

A qualidade dos dados do levantamento hidrográfico é avaliada de acordo com seis categorias: cinco categorias de qualidade para os dados avaliados (A1, A2, B, C e D) e uma sexta categoria (U) para os dados que não foram avaliados. Essa avaliação da qualidade dos dados hidrográficos e classificação em zonas (categorias) é baseada em uma combinação de:

a. acurácia da posição;

b. acurácia da profundidade; e

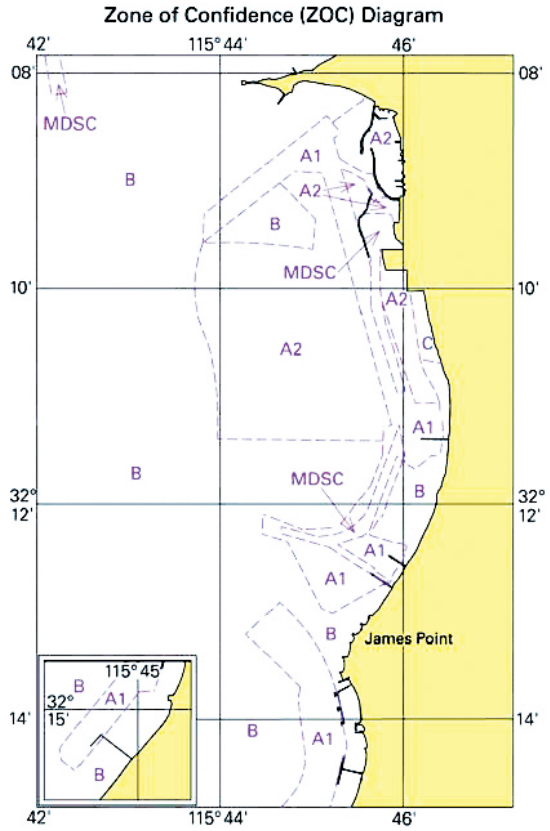
c. cobertura do fundo do mar (certeza da detecção de características significativas).

As categorias ZOC mais altas, A1 e A2, exigem ensonificação ou varredura total do fundo do mar e padrões de acurácia muito altos que só foram alcançados em razão de uma tecnologia disponível a partir de 1980. Portanto, muitas rotas marítimas que até agora foram consideradas como adequadamente pesquisadas podem apresentar uma Classificação ZOC B. Pode-se esperar que os levantamentos modernos de áreas críticas carreguem a classificação ZOC A2, enquanto o ZOC A1 cobrirá apenas as áreas pesquisadas sob condições excepcionalmente rigorosas, por razões muito especiais.

A Figura 2.33 apresenta um modelo de Diagrama de Confiança (ZOC), que é utilizado como exemplo na publicação S-4 da OHI.

A DHN só emprega os Diagramas ZOC nas cartas digitais (ENC).

Figura 2.33 – Diagrama de Confiança (ZOC)



ZOC CATEGORIES
(For details see Australian Notice to Mariners No 25)

ZOC	POSITION ACCURACY	DEPTH ACCURACY	SEAFLOOR COVERAGE
A1	±5m	=0·50m + 1%d	All significant seafloor features detected.
A2	±20m	=1·00m + 2%d	All significant seafloor features detected.
B	±50m	=1·00m + 2%d	Uncharted features hazardous to surface navigation are not expected but may exist.
C	±500m	=2·00m + 5%d	Depth anomalies may be expected.
D	Worse than ZOC C	Worse than ZOC C	Large depth anomalies may be expected.
U	Unassessed - The quality of the bathymetric data has yet to be assessed.		
MDSC	Maintained Depth See Chart		

k. Símbolos e Abreviaturas

Para a correta interpretação e utilização de uma carta náutica é necessário conhecer a **Carta 12.000 – Símbolos, Abreviaturas e Termos usados nas Cartas Náuticas (INT 1 – *Symbols, Abbreviations and Terms used on Charts*)**, a qual, na realidade, é uma publicação.

A Carta 12.000 (INT 1) é baseada nas "Especificações de Cartas da OHI", que se consolidaram durante a XII Conferência Hidrográfica Internacional realizada em Mônaco, 1982. Ela contém a coletânea completa de símbolos e abreviaturas que são utilizados nas cartas náuticas nacionais e internacionais, produzidas pelo CHM e editadas pela DHN.

Um exemplo de símbolos que são empregados nas cartas náuticas, referentes às informações das profundidades, pode ser observado na Figura 2.34.

A Carta 12.000 pode ser obtida na página da internet do CHM, por meio do link: https://www.marinha.mil.br/chm/sites/www.marinha.mil.br.chm/files/u1974/carta12000.pdf

Figura 2.34 – Carta 12000 (simbologia para profundidades)

Profundidades — *Depths*

Generalidades — *General*				
1	*ED*	Existência duvidosa *Existence doubtful*		417 424,3
2	*SD*	Sondagem duvidosa *Sounding doubtful*		417 424,4
3.1	*Rep*	Comunicado, mas não confirmado *Reported, but not confirmed*	*Com*	417 424,5
3.2	*Rep (2003)*	Comunicado (ano), mas não confirmado *Reported with year of report, but not confirmed*	*Com (2003)*	
4	184 212	Profundidade ou perigo comunicado, mas não confirmado (apenas em cartas de pequena escala) *Reported, but not confirmed sounding or danger (on small scale charts only)*		S 4 Part C 404,3

Sondagens — *Soundings* Plano de referência para profundidades — *Plane of reference for depths* → H Plano de referência para alturas — *Plane of reference for heights* → H				
10	12 9_7	Profundidade na posição verdadeira *Sounding in true position*		403,1 410 412 412,1
11	(4_8) + (12) 3375	Profundidade fora de posição *Sounding out of position*		412 412,1 412,2
12	(4_7)	Profundidade mínima em canal estreito *Least depth in narrow channel*		412 412,1 412,2
13	200	Fundo não alcançado pelo ecobatímetro *No bottom found at depth shown*		412,3
14	12 9_7	Profundidades pouco confiáveis ou obtidas de levantamentos em pequena escala *Soundings which are unreliable or taken from a smaller scale source*		412,4 417,3
15		Profundidades negativas (estirâncio) *Drying heights above charts datum*		413 413,1 413,2

l. USO DAS CORES

Todas as cartas náuticas devem ser impressas em, no mínimo, quatro cores: preto, magenta, bege (ou cinza) e azul. Cores adicionais também podem ser usadas se forem necessárias para esclarecer alguma complexidade ou peculiaridade da navegação local. As especificações para o emprego de cores na carta náutica são obtidas na publicação S-4 da OHI.

PRETO

A cor preta deve ser usada, normalmente, para:

1) todos os detalhes que fornecem a estrutura cartográfica básica das cartas (por exemplo: borda, reticulado, título); e

2) todos os recursos físicos (sólidos), incluindo informações de profundidade.

O uso da cor preta é a escolha padrão. Onde nenhuma cor é especificada para um recurso, ele deve ser mostrado em preto.

MAGENTA

A cor magenta deve ser usada, normalmente, para:

1) chamar a atenção para símbolos cujas características possuem um significado que se estende além de sua localização imediata, podendo ser, por exemplo:

- local de embarque de prático (e quaisquer Notas associadas);
- grupo de luzes;
- locais de observação de marés e correntes de marés; e
- estações rádio e de radar, como círculos e abreviaturas a elas associadas.

2) distinguir informações sobrepostas às características físicas que não impliquem qualquer obstrução física permanente. Isso inclui símbolos, legendas associadas, abreviações e notas de advertência que indiquem:

- rotas de balsas;
- áreas de exercício submarino e rotas de trânsito;
- áreas de exercício de tiro e outras áreas de prática militar;
- limites do gelo marinho;
- áreas de despejo, onde as dragas lancem depósitos de areia e cascalho;
- cabos submarinos e áreas de cabos;
- dutos e áreas de dutos submarinos (porém, esgotos e emissários, bem como qualquer duto que possa ser uma obstrução física à navegação, devem ser em preto);
- áreas diversas onde a fundeio e/ou pesca são proibidas (leitos de corais, destroços históricos 'protegidos', etc.);
- áreas restritas e proibidas, como zonas de segurança em torno de instalações *offshore*;
- "áreas a serem evitadas" (IMO "*Areas To Be Avoided*");
- áreas minadas;
- áreas controladas próximas de instalações militares;

- esquemas de separação de tráfego;
- limites de vigilância por radar;
- áreas de fundeio e berços designados, incluindo números de berços em boias, cais e ancoradouros;
- áreas de aterragem de hidroaviões;
- limites de área de pesca e áreas de psicultura;
- limites de águas territoriais;
- limites do porto e estaleiro, fronteiras alfandegárias em "portos livres";
- Rosas-dos-ventos;
- linhas isogônicas;
- referências a outras cartas náuticas e seus limites;
- número da carta INT;
- informações como "PROFUNDIDADES EM METROS", "'DATUM WGS 84" e possivelmente outras notas marginais que requeiram destaque;
- tabelas; e
- símbolos de facilidades de pequenas embarcações.

BEGE (AMARELO) OU CINZA

A cor bege (amarela) ou cinza deve ser usada, normalmente, como tom da parte de terra. Se forem usadas somente quatro cores, a cor deve ser cuidadosamente selecionada de modo que uma cor satisfatória, para as áreas de estirâncio, seja derivada da impressão da tonalidade da terra sobre a tonalidade azul das águas rasas.

AZUL

A cor azul deve ser usada para enfatizar as águas rasas. Duas (ou mais) variações de tonalidade azul podem ser usadas para mostrar diferentes faixas de profundidade de águas rasas, em que a tonalidade mais escura mostre as águas mais rasas. A tonalidade azul pode ser combinada com aquela usada para terra, para produzir uma cor apropriada para áreas de estirâncio. O azul também pode ser usado para contornos de profundidade, especialmente em áreas de representação batimétrica complexas.

VERDE

A cor verde pode ser usada como uma tonalidade para as áreas de estirâncio. Essa cor também pode ser usada, em vez da magenta, para informações e limites ambientais.

2.6.4 As Cartas Náuticas Digitais. Peculiaridades

As ENC, como já visto, são categorizadas de acordo com seu propósito de uso, que guarda correlações com as escalas das cartas em papel. A publicação S-57 (*IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data*) da OHI, que descreve a estrutura de dados utilizada pelas ENC, estabelece os seguintes propósitos de uso para as cartas náuticas eletrônicas:

1 – Oceânica;

2 – Geral;

3 – Costeira;

4 – Aproximação;

5 – Porto; e

6 – Atracação.

A nomenclatura dos arquivos das ENC é composta da seguinte forma: **AAPXXXXX**, onde:

AA – é o código da agência produtora, definido na publicação S-66 (*List of Data Producer Codes*) da OHI. No caso do Brasil, é utilizado o código BR;

P – propósito de uso (de 1 a 6), conforme apresentado acima; e

XXXXX – 5 caracteres alfanuméricos. No caso das ENC brasileiras, os caracteres são associados à numeração das respectivas cartas em papel e/ ou planos, sempre que possível.

São exemplos:

NÚMERO DA ENC	TÍTULO	CARTA EM PAPEL
BR2 21030	DE FORTALEZA A NATAL	21030
BR3 23100	DO RIO DE JANEIRO A SÃO SEBASTIÃO	23100
BR4 00221	BARRA NORTE DO RIO AMAZONAS	221
BR5 4020A	PORTO DE SANTARÉM	4020A
BR5 01401	PORTOS DE VITÓRIA E TUBARÃO	1401
BR6 01401	PORTO DE VITÓRIA	PLANO 1401

Ampliando-se as definições sobre as cartas digitais, como apresentadas no item 2.6.1, pode-se estabelecer:

a) **Carta Náutica Eletrônica** / *Electronic Navigational Chart* (**ENC**) e **Carta Náutica Eletrônica para águas interiores** (*Inland* ENC ou **IENC**) – é o arquivo vetorial que apresenta as informações cartográficas náuticas a partir de um banco de dados. A representação dos elementos cartográficos nas ENC é feita por um "vetor" composto por coordenadas específicas, não perdendo a qualidade de resolução com o aumento ou diminuição da escala de apresentação. A imagem é, assim, uma apresentação das informações contidas no banco de dados, que pode ser alterada de acordo com a necessidade. Dessa forma, permitem ao utilizador interagir com os seus elementos, que podem ser, dentre outros fins, utilizados na programação para gerar alarmes visuais ou sonoros, a fim de evitar perigos à navegação. Por tais atributos, a ENC é considerada uma carta náutica "inteligente". Os dados dessas cartas seguem padrões de codificação e normalmente são criptografados, para garantir sua incorruptibilidade, conforme preconizado pela OHI. A ENC difere da IENC no que diz respeito a sua utilização. A ENC é utilizada para navegação sob a Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar (SOLAS) e a IENC para navegação em águas interiores, não contempladas pela SOLAS; e

b) **Carta Náutica Raster** / *Raster Navigational Chart* (**RNC**) – é a imagem digitalizada e georreferenciada de uma carta náutica em papel. Em outras palavras, são imagens formadas por uma matriz de pontos (*bitmap*), onde cada ponto ou pixel é associado a uma posição geográfica. As RNC são normalmente produzidas no formato BSB, padrão da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), ou ARCS, padrão do *United Kingdom Hydrographic*

Office (UKHO). Como a concepção da RNC consiste de um arquivo digital similar ao de uma carta náutica, na sua versão em papel, ela não é considerada uma "carta inteligente", como a ENC, não permitindo, por exemplo, o operador interagir com seus elementos. Além disso, para qualquer tipo de alteração, visando à sua atualização, é necessária a substituição do arquivo digital da RNC, como um todo, ou a alteração de parte da imagem no arquivo digital, através de instruções, envolvendo arquivos "pesados" e ações não muito simples de serem executadas.

Deve-se observar que as cartas náuticas digitais oficiais, seja ENC, IENC ou RNC, requerem a existência de um Sistema Eletrônico de Exibição de Cartas Náuticas, para que as informações nelas inseridas possam ser visualizadas. Assim, um Sistema Eletrônico de Exibição de Cartas Náuticas é um equipamento eletrônico que, basicamente, opera por meio da integração de diversas informações, entre as quais as recebidas por um sistema de posicionamento eletrônico (como os satelitais GPS e GLONASS) e as existentes nas cartas náuticas digitais, possibilitando a visualização da navegação, em tempo real, em um monitor (*display*).

Dentre os Sistemas Eletrônicos de Exibição de Cartas Náuticas existentes, destacam-se:

a) **Sistema Eletrônico de Apresentação de Cartas e Informações / *Electronic Chart Display and Information System* (ECDIS)** – é um sistema, certificado periodicamente, utilizado para integrar as informações necessárias à navegação às informações das ENC. O Sistema Eletrônico de Cartas Náuticas (*System Electronic Navigational Chart* - SENC) constitui-se no seu banco de dados interno, onde são armazenadas as ENC, suas atualizações e outras informações. Caso um trecho da derrota não disponha de ENC, o ECDIS poderá apresentar uma RNC, passando a operar no modo *Raster Chart Display System* (RCDS). O ECDIS cumpre especificações estabelecidas por resoluções da Organização Marítima Internacional – OMI (*Intenational Maritime Organization* – **IMO**) e seu emprego, conforme especificado na SOLAS[4]; e

b) **Sistemas de Cartas Eletrônicas / *Electronic Chart System* (ECS)** – são sistemas de navegação genéricos, que não cumprem as especificações estabelecidas pela IMO. Existem quatro classes de ECS, cujos requisitos são estabelecidos pela *Radio Technical Commission for Maritime Services* (RTCM): A, B, C e D. Os padrões RTCM para um ECS contemplam quatro classes, que variam de acordo com seus níveis de funcionalidade. São eles:

1. RTCM ECS classe A: destinam-se à operação como back-up de um ECDIS e como auxílio à navegação para navios que operam em áreas marítimas. Devem exibir informações de cartas náuticas digitais e possuir a capacidade de planejamento, monitoramento e gravação de uma viagem;

2. RTCM ECS classe B: destinam-se à operação como auxílio à navegação para navios que operam em áreas marítimas. Não são obrigados a ter todas as capacidades de navegação de um ECS classe A, mas devem exibir informações de cartas náuticas digitais e possuir a capacidade de planejamento, monitoramento e gravação de uma viagem;

3. RTCM ECS classe C: destinam-se à plotagem e ao monitoramento da posição dos navios que geralmente operam em águas interiores. Não são obrigados a ter todas as capacidades de um ECS classe B, como o planejamento e o monitoramento de uma viagem, mas devem exibir informações de cartas náuticas digitais; e

[4] **SOLAS -** ***International Convention for the Safety of Life at Sea,*** **1974/1988.** A Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar tem por propósito estabelecer os padrões mínimos para a construção de navios, para a dotação de equipamentos de segurança e proteção, para os procedimentos de emergência e para as inspeções e emissão de certificados.

4. RTCM ECS classe D: destinam-se à plotagem da posição dos navios que operam em águas interiores. Não são obrigados a ter todas as capacidades de um ECS classe C, ou ainda de planejar uma viagem e de monitorar a posição do navio. Por outro lado, devem exibir informações de cartas náuticas digitais e possuir a capacidade de plotar a posição do navio.

2.7 CONFIANÇA E PRECISÃO DA CARTA NÁUTICA

As cartas náuticas brasileiras publicadas pela DHN são um dos motivos de orgulho do nosso país, pela qualidade da tecnologia empregada, reconhecida pelos demais Serviços Hidrográficos de todo o mundo e pela Organização Hidrográfica Internacional (OHI). Mesmo assim, o navegante deve evitar confiar cegamente na carta náutica e ser capaz de avaliar a confiança que ela pode inspirar.

O valor de uma carta depende, principalmente, da precisão do levantamento hidrográfico em que é baseada, sendo esse fato tanto mais sensível quanto maior for a escala da carta. As datas dos levantamentos, que são sempre informadas nos Diagramas de Levantamentos, ou as categorias de confiança, contidas nos Diagramas ZOC, constituem um bom guia para se estimar a acurácia da posição e do valor da profundidade lançada na carta. Os primitivos levantamentos eram feitos, na maioria das vezes, em circunstâncias que impediam grande precisão de detalhes, pelo que as cartas neles baseadas devem ser utilizadas com precaução.

Em certas áreas, onde a qualidade predominante do fundo é areia ou lama, podem, com o passar dos anos, ocorrer sensíveis alterações. É mesmo possível afirmar que, exceto nos portos muito frequentados e em suas proximidades, em nenhum levantamento hidrográfico, até agora executado, o exame do fundo foi suficientemente minucioso para se poder ficar certo de que todos os perigos foram encontrados e delimitados.

Outra maneira de se avaliar a qualidade de uma carta é pelo exame da quantidade e da distribuição das sondagens nela mostradas. Quando as sondagens são esparsas e irregularmente distribuídas, pode-se considerar que o levantamento não foi feito com grande detalhe.

Deve-se ter sempre em mente que o principal método para conhecer o relevo do fundo do mar é o laborioso processo de sondagem, executado em um levantamento hidrográfico. Nesse processo, uma embarcação ou navio conserva-se sobre determinadas linhas planejadas e obtém a profundidade, por meio de uma sondagem (sonora) com ecobatímetro, sobre uma área diminuta, que representa o relevo submarino de uma faixa de pouca largura. Por vezes, não havendo indícios da existência de um alto-fundo, sua localização pode escapar quando se sondam duas linhas que o ladeiam, sendo essa possibilidade tanto maior quanto menor for a escala da carta.

As cartas costeiras, por serem de maior escala, não podem ser consideradas como infalíveis, não se devendo, em uma costa rochosa, navegar por dentro da linha de 20 metros de profundidade sem se tomar toda precaução para evitar um possível perigo. Mesmo em carta de grande escala, os navios devem evitar passar sobre fundos irregulares nelas representados, porque algumas pedras isoladas são tão escarpadas que, na sondagem, pode não ter sido encontrada a sua parte mais rasa. Espaços em branco entre as profundidades podem significar que nesses trechos não se fizeram sondagens. Quando há bastante fundo em torno de tais trechos, podem eles ser considerados como de profundidade grande e uniforme. Porém,

quando as sondagens indicam pouca água e o resto da carta mostra a existência de pedras e altos-fundos, esses espaços em branco devem ser considerados como suspeitos.

Por conseguinte, as linhas de sondagem devem sempre ser consideradas como representando o relevo submarino apenas nas suas proximidades imediatas, exceto nas cartas náuticas mais recentes, sondadas com o uso de ecobatímetro multifeixe ou sonar de varredura lateral, onde o fundo marinho pode chegar a ter 100% de ensonificação em toda a área sondada.

Qualquer nota inserida na Carta Náutica deve ser lida com atenção, pois traz informações relevantes, impossíveis de serem representadas graficamente. As notas de precaução são especialmente importantes, merecendo todo o cuidado.

Se houver uma derrota aconselhada traçada na carta, o navio deverá navegar sobre ela. As derrotas aconselhadas representadas em certas Cartas Náuticas de grande escala devem ser interpretadas conforme a definição adotada pela OHI, que estabelece: "derrota aconselhada é uma linha indicada na carta náutica, que foi especialmente investigada, para assegurar que está livre de perigos, e ao longo da qual se recomenda às embarcações navegar".

Finalmente, é oportuno recordar que, em qualquer tipo de navegação, deve-se utilizar sempre a carta náutica de maior escala disponível, que representará com maior grau de detalhe a topografia do fundo, os perigos existentes, os pontos notáveis e os auxílios à navegação.

2.8 ATUALIZAÇÃO DAS CARTAS NÁUTICAS

As cartas náuticas, assim como as demais publicações de auxílio à navegação, só podem inspirar confiança quando são mantidas atualizadas.

a. Correção das Cartas Náuticas em papel a bordo

Ao usar uma carta recém-adquirida, o navegante deve verificar se não há nenhum Aviso Permanente que a tenha alterado, após o último Aviso nela registrado, e deve anotar todos os Avisos-Rádio Temporários e Preliminares que a afetam e continuam em vigor, de acordo com o último Folheto Quinzenal de Avisos aos Navegantes.

Todas as alterações que afetam a segurança da navegação e podem ser introduzidas na carta, à mão ou por colagem de trecho, são divulgadas por Avisos aos Navegantes. Nestas correções é importante observar os seguintes critérios:

- devem ser usadas as convenções da carta 12.000 da DHN;
- os acréscimos devem ser feitos de maneira a não prejudicar qualquer informação já existente na carta;
- as informações canceladas ou corrigidas em caráter permanente devem ser riscadas à tinta vermelha, nunca rasuradas; e

- as notas de precaução, proibição, marés, correntes, etc., devem ser colocadas em local conveniente, de preferência próximo do título, quando o Aviso aos Navegantes não especificar a posição onde devem ser inseridas.

As alterações decorrentes de Aviso-Rádio, geralmente referentes a derrelitos perigosos à navegação, extinção temporária de luzes, retirada temporária de auxílios à navegação e outras informações de caráter urgente, devem ser inseridas a lápis na carta afetada e apagadas logo que novo aviso as cancelar ou na data que for determinada pelo Aviso que as divulgou. Estas alterações, enquanto em vigor, são repetidas no Folheto Quinzenal de Avisos aos Navegantes.

As alterações decorrentes de Aviso Temporário devem ser feitas a lápis, anotando-se junto a elas, também a lápis, o número e o ano do aviso (Ex. E40(T)/21). Se o Aviso entrar em vigor como Permanente em data prefixada e sem novo Aviso, seu número deve ser anotado a lápis no canto esquerdo da margem inferior da carta e ambos – correção e número/ano do aviso – devem ser cobertos com tinta vermelha na data de entrada em vigor como permanente.

As correções decorrentes de Aviso Permanente devem ser feitas a tinta vermelha, de maneira clara e sem rasuras. No canto esquerdo da margem inferior da carta devem ser registrados com tinta vermelha o ano, se ainda não estiver escrito, e o número do aviso.

b. Correção das ENC a Bordo

Como já apresentado, a ENC é um arquivo digital (ou um banco de dados), cujas informações da representação cartográfica contidas na carta náutica podem ser visualizadas por intermédio do ECDIS. Como a carta em papel, a ENC também precisa ser atualizada sempre que alguma alteração deva ser introduzida na carta, decorrente de uma modificação na representação cartográfica ou de interesse à segurança da navegação, divulgada por meio de Aviso aos Navegantes.

No entanto, diferentemente da carta em papel, a atualização não poderá ser feita sobre a ENC, mas sim atualizando o seu arquivo digital original, introduzido no ECDIS, por um novo arquivo, fornecido pelo Distribuidor de ENCs, do qual o navegante obteve a licença para o seu uso. Essa atualização é feita pelo navegante, de modo informatizado, por meio do ECDIS onde a ENC encontra-se instalada, e deve ser fornecida com a brevidade que se faça necessária, a fim de que a atualização da ENC seja num tempo compatível ao de uma carta em papel. Essa atualização poderá ser fornecida pelo Distribuidor de ENCs por meio de um arquivo digital, se viável, ou por meio da *World Wide Web* (internet) via satélite, sendo extremamente relevante se o navio dispuser dessa facilidade no mar.

O processo de atualização das ENCs obriga que todos os Serviços Hidrográficos (SH) que as produzem mantenham-nas constantemente atualizadas e que a cada modificação (ou atualização) elas sejam encaminhadas ao RENC associado ao SH, que as validará[5]. Após validadas, o RENC as encaminharão para distribuição aos seus respectivos Distribuidores, que serão os responsáveis últimos por fazer chegar aos navegantes essa atualização.

[5] Validação é o processo, baseado nos padrões de verificação estabelecidos pela S-58 (*ENC Validation Checks*), que tem por propósito garantir que os dados de uma célula ENC estejam em conformidade com as normas estabelecidas pela OHI para a construção da ENC, de acordo com o Apêndice B.1 (*Product Specifications*) da publicação S-57 (*IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data*), o qual permitirá que uma ENC validada tenha uma correta apresentação em um ECDIS.

Nota sobre o LA-RENC

Em parceria com o *International Centre for Electronic Navigational Charts* (IC-ENC), a DHN implementou o Escritório Regional de Coordenação de Cartas Náuticas Eletrônicas na América Latina (LA-RENC - *Latin American IC ENC Regional Office*) nas instalações da Base de Hidrografia da Marinha em Niterói, tendo sido inaugurado em 21 de junho de 2016.

A primeira etapa da implementação foi o treinamento pelo IC-ENC da equipe do LA-RENC nas práticas de qualidade de Cartas Náuticas Eletrônicas (ENC). Os requisitos rigorosos do IC-ENC, em termos de desempenho do pessoal e competência, foram alcançados durante os treinamentos, possibilitando o LA-RENC atingir uma plena capacidade operacional assim que efetivado.

A principal razão para o estabelecimento de um escritório na América Latina era a de prover suporte à produção e validação de ENC para os membros do IC-ENC nesta região. Os benefícios adicionais estavam relacionados com o fuso horário e a facilidade com o idioma espanhol. No entanto, em razão do elevado nível operacional que o LA-RENC atingiu logo nos seus primeiros anos, hoje, ele realiza a validação não só de ENCs da América Latina, bem como de todos os demais países associados ao IC-ENC, numa proporção próxima a de 50% de ENCs latino-americanas e 50% de outras áreas.

Quando da criação do LA-RENC, o IC-ENC dispunha somente de um Escritório Regional, o IC-ENC *Australia*, que foi estabelecido em 2005 e é hospedado pelo *Australian Hydrographic Service* (AHS).

Por sua vez, na mesma época da criação do LA-RENC, foi também criado o IC-ENC *North America* em parceria com a *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), dos Estados Unidos da América.

c. Atualização das Cartas pela DHN

Além das correções a bordo, as cartas náuticas são periodicamente atualizadas pela DHN, nas formas abaixo:

REIMPRESSÃO – a reimpressão de uma carta náutica em papel constitui uma nova impressão da edição em vigor, sem qualquer alteração significativa para a navegação, a não ser as já previamente divulgadas por Avisos aos Navegantes. A reimpressão pode incluir, também, outras pequenas alterações que não afetam a segurança da navegação e que, por conseguinte, não foram divulgadas por Avisos aos Navegantes. A reimpressão de uma carta não cancela a impressão anterior da mesma edição. As cartas náuticas impressas na condição de *Print-on-Demand* devem ser consideradas, no ato de sua aquisição, como uma reimpressão única daquela carta náutica e completamente atualizada com relação aos Avisos aos Navegantes anteriormente divulgados. Quanto às ENCs, o processo de reimpressão não se aplica, mas, como visto acima, a cada alteração que a ENC venha a sofrer, um novo arquivo digital é criado, validado e enviado ao navegante, em substituição ao arquivo anterior.

NOVA EDIÇÃO – uma nova edição é publicada quando uma carta náutica (em papel e/ou ENC) fica desatualizada, geralmente devido à realização de novos levantamentos, implicando importantes alterações nas informações essenciais à navegação, além das já divulgadas por Avisos aos Navegantes. Uma nova edição cancela a edição anterior. Na carta em papel, a data das edições subsequentes à 1ª edição é informada no lado direito da margem inferior da carta, em substituição à desta, permanecendo inalterada a data de publicação da 1ª edição, no centro da margem inferior. Na ENC, as informações sobre a edição são apresentadas no display do ECDIS quando consultadas.

2.9 O PLANO CARTOGRÁFICO NÁUTICO BRASILEIRO

A DHN é o órgão da Marinha do Brasil incumbido de executar e controlar todo e qualquer Levantamento Hidrográfico em águas interiores e em águas jurisdicionais brasileiras, sendo a edição de cartas náuticas e a execução dos levantamentos hidrográficos para este fim atribuições exclusivas da DHN.

O **Primeiro Plano Cartográfico Náutico Brasileiro** foi o mais antigo plano cartográfico do Brasil. Elaborado entre 1933 e 1935, ele correspondia às necessidades da navegação marítima ao longo e ao largo da costa brasileira. O projeto continha um esquema das cartas, onde sentia-se a importância do relacionamento entre o número da carta e a escala, no recobrimento da costa brasileira: as cartas de números 10, 20 e 30 teriam a escala pouco menor que 1:2.000.000; as do grupo de 40 a 90, escala próxima a 1:1.000.000; e as de 100 a 2200, em torno de 1:300.000. Este esquema é o que vigora até os dias de hoje, com a única diferença nas cartas 10, 20 e 30, que estão na escala de 1:3.500.000.

Iniciando os trabalhos ainda na década de 1930, a DHN conseguiu, em fevereiro de 1975, completar o seu Plano Básico Cartográfico. As Cartas Náuticas do I Plano Cartográfico obedeciam à seguinte classificação, em função do trecho abrangido:

- cartas gerais – abrangendo um extenso trecho, com escala menor que 1:3.000.000 e se destinando ao estudo de grandes derrotas oceânicas;

- cartas de grandes trechos – com escalas compreendidas entre 1:1.500.000 e 1:3.000.000 e se destinando à navegação fora do alcance de faróis e pontos de terra. Incluem-se nesta classificação as cartas de números 10, 20 e 30;

- cartas de médios trechos – com escalas compreendidas entre 1:500.000 e 1:1.500.000 e também se destinando à navegação fora do alcance de faróis e pontos de terra. Incluem-se nesta classificação as cartas da série de dezenas 40 a 90; e

- cartas de pequenos trechos – com escalas entre 1:150.000 e 1:500.000 e se destinando à navegação costeira. As cartas da série de centenas 100 a 2200, na escala básica 1:300.000, estão incluídas nesta divisão.

Além das cartas definidas no I Plano Cartográfico Náutico Brasileiro, a DHN publicava, também, as denominadas Cartas Particulares, abrangendo reduzidos trechos da costa ou destinadas à representação de portos, baías, enseadas, fundeadouros e suas proximidades.

As Cartas Particulares eram construídas em escala maior que 1:150.000 e subdivididas nos seguintes grupos:

- cartas de aproximação – geralmente com escalas entre 1:50.000 e 1:150.000 e destinadas à aterragem a determinados portos ou passagens por áreas críticas de perigos à navegação afastadas da costa; e

- cartas de porto – abrangendo a representação detalhada de portos, baías, enseadas e fundeadouros, em escala maior que 1:50.000, de acordo com a importância do porto, sendo consideradas também a quantidade e a natureza dos perigos da região (quando a escala é igual ou maior que 1:25.000 podendo ser denominadas de Planos).

Nos anos subsequentes à conclusão do I Plano Cartográfico Náutico Brasileiro, as mudanças nos parâmetros da navegação, tais como: o maior calado dos navios, a maior velocidade das embarcações e um aumento contínuo do tráfego marítimo, aliados aos anseios da comunidade marítima por uma padronização internacional dos documentos náuticos, pelos Serviços Hidrográficos, levou a DHN a reavaliar o seu Plano Cartográfico.

Paralelamente, em 1967, foi proposto pela primeira vez, durante a IX Conferência Hidrográfica Internacional, o conceito de Carta Internacional. Este conceito visava eliminar os esforços desnecessários no recobrimento global da Cartografia Náutica e tornar mais econômicas as atividades dos Serviços Hidrográficos.

Na Conferência Hidrográfica Internacional de 1982, foi adotado o trabalho desenvolvido pelo grupo criado em 1967, denominado "Especificações de Cartas da Organização Hidrográfica Internacional". Estas especificações são aplicáveis a todas as Cartas Internacionais e recomendadas, também, a todas as cartas das séries nacionais.

Um sistema de duas séries de cartas de pequena escala foi acordado: 1:10.000.000 (dezenove cartas) e 1:3.500.000 (sessenta cartas), provendo uma cobertura de cartas uniformes e modernas para a navegação marítima internacional em todas as passagens oceânicas.

Em 1982, a série de cartas INT estendeu seu conceito às cartas de média e grande escalas, abrangendo áreas costeiras e cartas de aproximação de portos. Coube ao Brasil coordenar o esquema do Atlântico Sudoeste, abrangendo a área do Atlântico que se estende da fronteira Venezuela-Guiana até a fronteira Chile-Argentina.

Condensando as duas tarefas, foi elaborado o **Segundo Plano Cartográfico Náutico Brasileiro**, cujo esquema que cobria a área da costa brasileira foi aprovado pela DHN, em 17 de julho de 1995. Esse esquema continha 8 cartas apresentando coberturas oceânicas mais abrangentes, na escala de 1:1.000.000, e uma outra série de 26 cartas na escala de 1:300.000, adotando-se a numeração das Cartas Internacionais (Cartas INT) em substituição ao modelo antigo de numeração na "série 100".

Com o surgimento de novas técnicas de posicionamento e com o intuito de aumentar a qualidade dos levantamentos, a OHI elaborou e publicou novas normas, dentre as quais exigia-se a adoção de posicionamento referenciado a um sistema geocêntrico compatível ao Sistema Internacional de Referência Terrestre (ITRS), como o WGS84 na atualidade.

Apesar dos Planos Cartográficos Náuticos pretéritos atenderem às demandas do país, houve a necessidade de atender às novas exigências, dentre as quais a adequação das cartas náuticas brasileiras aos padrões internacionais, além de disponibilizar as cartas náuticas eletrônicas (ENC) de toda a costa brasileira, incluindo a cobertura dos principais portos do país.

Dessa feita, surge o **Terceiro Plano Cartográfico Náutico Brasileiro**, aprovado pela DHN em 19 de julho de 2016, com o propósito de consolidar os planos cartográficos náuticos brasileiros existentes, de modo a orientar o processo de atualização cartográfica por meio de atribuição de prioridades e de um cronograma de trabalho plurianual, possibilitando o correto controle e aperfeiçoamento do planejamento, execução e coordenação das atividades hidrográficas e cartográficas.

A elaboração do Plano foi norteada por várias premissas, dentre as quais destacam--se:

a. segurança da navegação;

b. foco na navegação comercial;

c. padronização de escalas das cartas náuticas em papel;

d. redução da superposição entre as cartas náuticas em papel;

e. compatibilização entre as escalas das cartas náuticas em papel e as escalas de compilação das cartas náuticas eletrônicas (ENC); e

f. adequação às especificações técnicas da OHI para cartas náuticas.

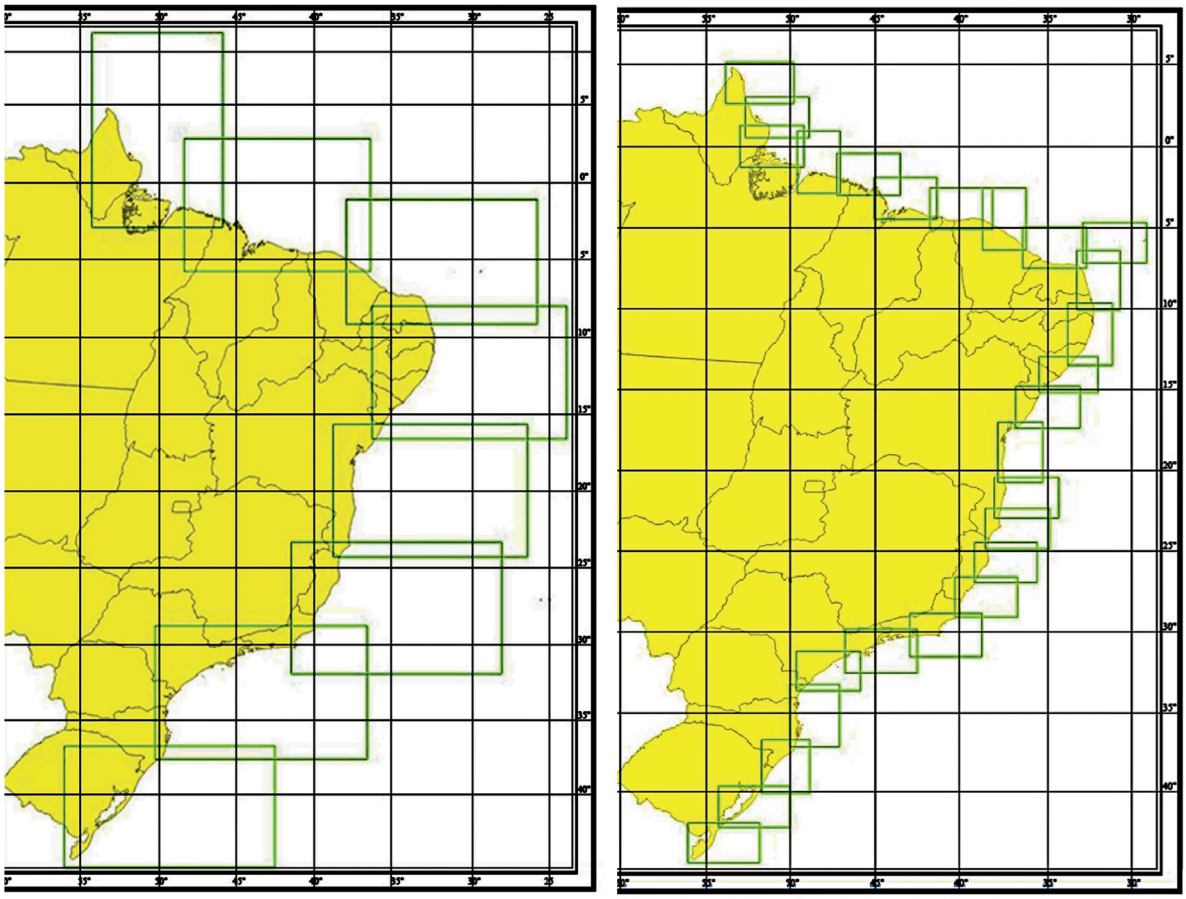
O III Plano Cartográfico Náutico Brasileiro é formado por dois subplanos: o Subplano Cartas Náuticas em Papel e o Subplano Cartas Náuticas Eletrônicas. O esquema de cartas apresenta a seguinte composição:

A) **Subplano Cartas Náuticas em Papel** – com 564 cartas distribuídas da seguinte forma:

- 7 cartas oceânicas (escalas de 1:3.500.000 a 1:10.000.000);
- 8 cartas gerais (escala 1:1.000.000);
- 26 cartas costeiras (escala 1:300.000);
- 1 carta da Bacia de Campos (escala 1:300.000);
- 36 cartas de aproximação (escalas de 1:75.000 a 1:100.000);
- 60 cartas de porto (escalas até 1:30.000);
- 4 cartas de ilhas oceânicas (escalas de 1:15.000 a 1:200.000);
- 175 cartas para a Bacia Amazônica;
- 143 cartas para a Bacia do Rio Paraguai;
- 86 cartas para a Hidrovia Tietê-Paraná;
- 12 cartas para a Hidrovia Uruguai-Brasil; e
- 6 cartas da Região Antártica (escalas de 1:40.000 a 1:200.000).

A Figura 2.35 apresenta os esquemas do Subplano de Cartas Náuticas em Papel para as cartas Gerais (à esquerda) e para as cartas Costeiras (à direita).

Figura 2.35 – Esquemas de cartas náuticas em papel – cartas Gerais e Costeiras (III PCNB)

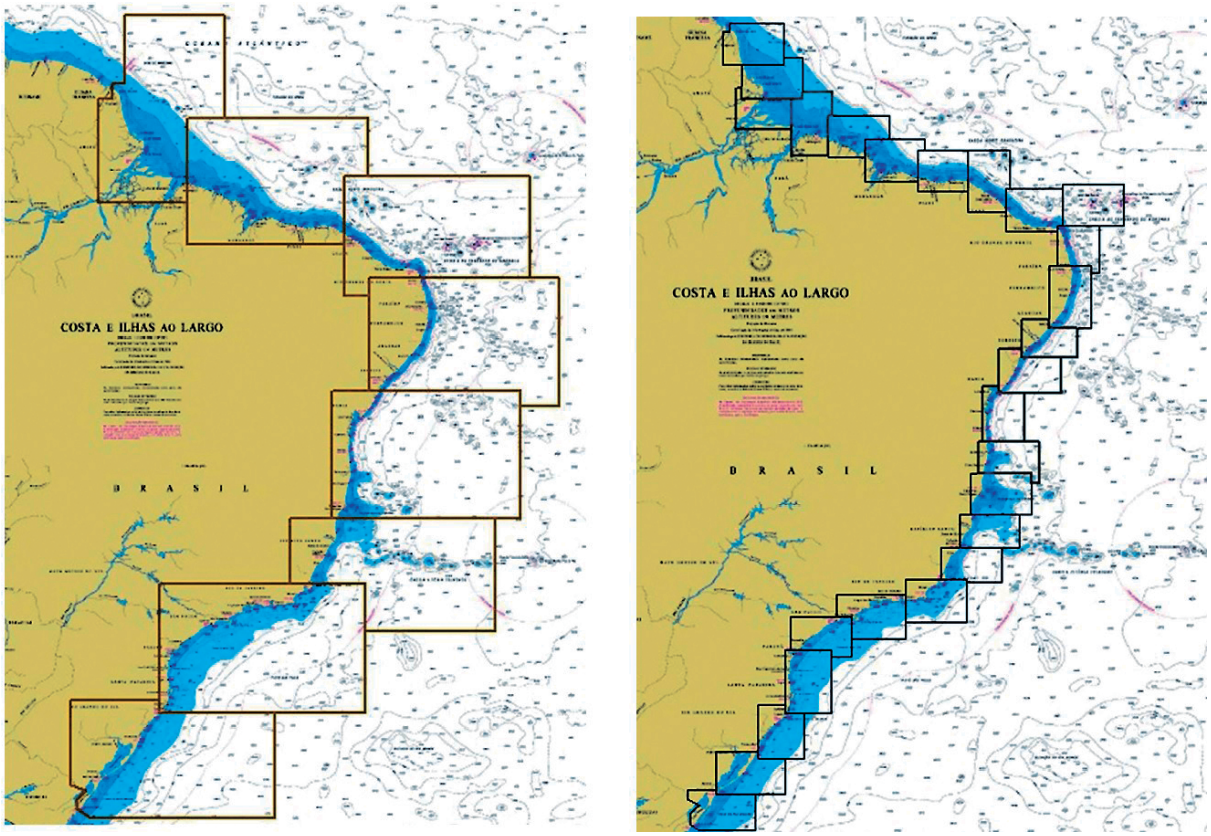


B) **Subplano Cartas Náuticas Eletrônicas** – com 198 ENC cobrindo áreas marítimas e fluviais, onde existe navegação SOLAS, e distribuídas da seguinte forma:

- 8 ENCs Gerais (BR2);
- 29 ENCs Costeiras (BR3);
- 78 ENCs de Aproximação (BR4);
- 73 ENCs de Porto (BR5); e
- 10 ENCs de Atracação (BR6).

A Figura 2.36 apresenta os esquemas do Subplano de ENCs para as cartas Gerais (à esquerda) e cartas Costeiras (à direita).

Figura 2.36 – Esquema de ENCs Gerais e Costeiras (III PCNB)



Em linhas gerais, a DHN tem editadas as seguintes cartas:

a. Cartas da Costa Brasileira

- cartas oceânicas;
- cartas gerais;
- cartas costeiras;
- cartas de aproximação;
- cartas de portos; e
- planos de atracação.

b. Cartas Náuticas Fluviais

Cartas da Bacia Amazônica, cartas da Bacia do Rio Paraguai, cartas da Hidrovia Tietê-Paraná e Cartas da Hidrovia Uruguai-Brasil.

c. Cartas Internacionais

Cumprindo resolução da OHI, no sentido de que os Estados-Membros que possuíssem maiores condições técnicas seriam responsáveis pela confecção de Cartas Internacionais na sua região, coube à DHN a preparação de 34 Cartas Internacionais, sendo 8 na escala de 1:1.000.000 e 26 na escala de 1:300.000, todas já publicadas.

d. Cartas da Antártica

Com a participação do Brasil como Membro Consultivo do Tratado Antártico e possuindo estação de pesquisa na região, fez-se necessário um planejamento de 6 cartas da área, todas prontificadas.

e. Cartas Náuticas de áreas estrangeiras

As atividades cartográficas da DHN não se têm limitado às cartas náuticas da costa brasileira. O desenvolvimento da navegação mercante nacional veio exigir a construção de cartas abrangendo águas estrangeiras. Assim sendo, a DHN já construiu e publicou cartas do Rio da Prata e da costa das Guianas.

A publicação de tais cartas não obedecia a qualquer plano específico, dependendo tão somente das necessidades do tráfego marítimo brasileiro em suas rotas internacionais. Por outro lado, elas não procediam totalmente de Levantamentos Hidrográficos brasileiros. Assim, a sua construção tinha por base a compilação de cartas estrangeiras, principalmente cartas americanas, britânicas, francesas, alemãs e argentinas. Atualmente, as cartas do Rio Paraguai no trecho paraguaio são produzidas pela DHN a partir de Levantamentos Hidrográficos brasileiros.

f. Outros documentos Cartográficos publicados pela DHN

Além das Cartas Náuticas acima citadas, a DHN também publica outros documentos cartográficos, tais como:

- Cartas Militares: preparadas com finalidades militares (Cartas de Bombardeio, de Minagem, para Desembarque Anfíbio, para Submarinos, etc.).
- Cartas Especiais;
- Cartas Meteorológicas;
- Cartas de Correntes de Maré;
- Cartas-Piloto; e
- Croquis de Navegação para diversos rios brasileiros.

Todas as Cartas publicadas pela DHN estão listadas no Catálogo de Cartas Náuticas e Publicações, o qual pode ser consultado por meio da página da DHN na internet, no endereço: https://www.marinha.mil.br/chm/sites/www.marinha.mil.br.chm/files/u1974/catalogo-completo.pdf.

Por fim, com o propósito de se permitir a comparação entre a representação cartográfica contida numa carta náutica em papel e numa carta náutica eletrônica (ENC), construídas sobre uma mesma base de dados hidrográfica, para uma mesma projeção (Mercator) e numa mesma escala, as Figuras 2.37, 2.38 e 2.39, mostradas nas páginas seguintes, contém trechos desses dois tipos de cartas para uma mesma área.

Os topônimos, que não estão apresentados nas ENC reproduzidas nas referidas Figuras, constam da base de dados das ENC, contidas no ECDIS/ECS, e surgirão para o navegante na medida que venham a ser consultados.

Figura 2.37 – Proximidades do Porto de Santos (1711 e BR401710)

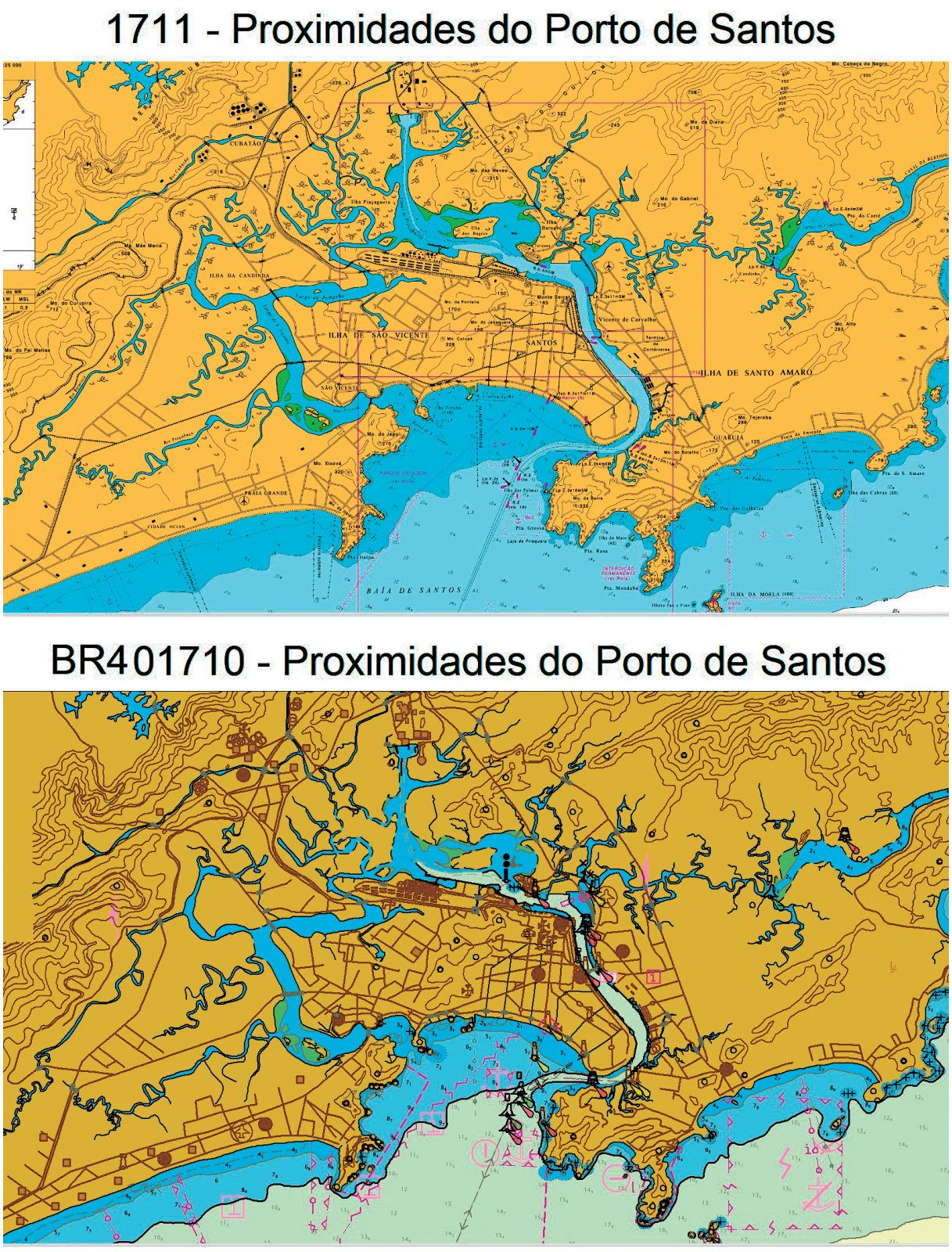


Figura 2.38 – Proximidades da Barra de Paranaguá (1820 e BR401820)

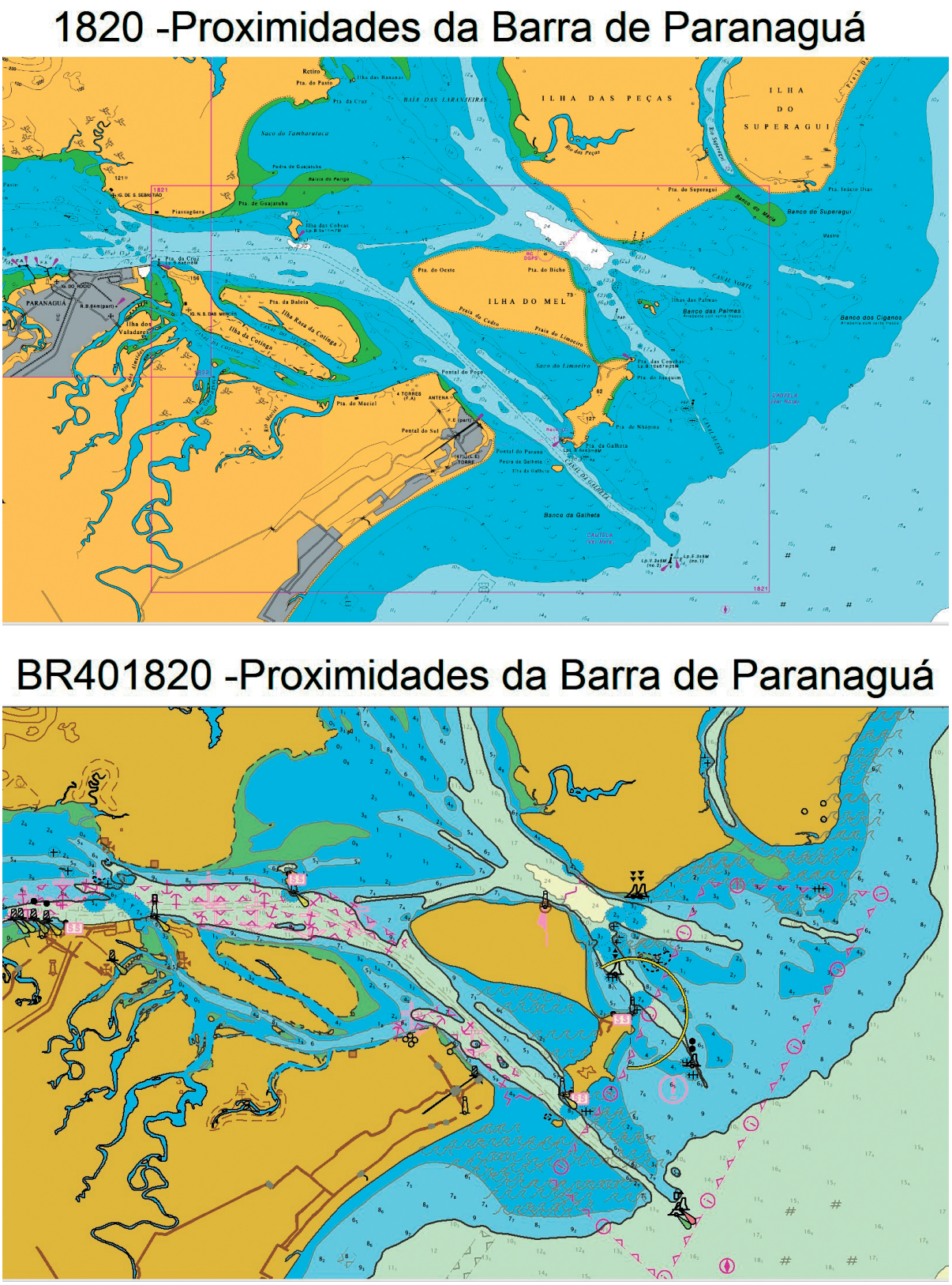
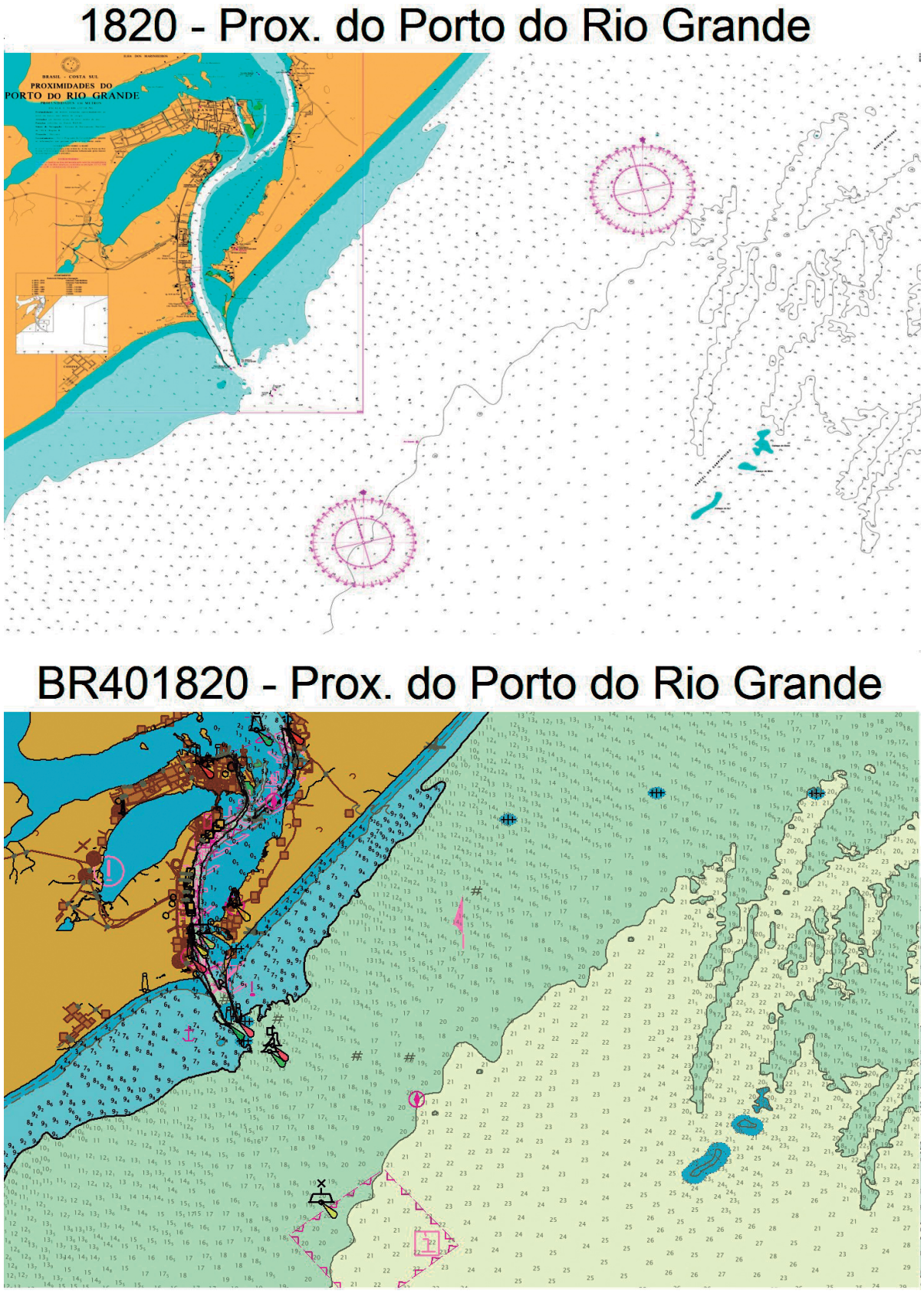


Figura 2.39 – Proximidades do Porto do Rio Grande (1820 e BR401820)



APÊNDICE "A" AO CAPÍTULO 2

RESOLUÇÃO GRÁFICA DE PROBLEMAS-TIPO

Notas Importantes:

1. Só se traçam na Carta RUMOS e MARCAÇÕES VERDADEIROS.

2. Trabalha-se na Carta apenas com lápis, nunca com caneta.

A. DADAS AS COORDENADAS DE UM PONTO, PLOTÁ-LO NA CARTA

Exemplo:

Plotar, na Carta de Instrução (Figura 2A.1 - Miniatura da Carta Nº 52 – Arquipélago de Fernando de Noronha), o ponto A, cujas coordenadas são: Lat. 03º 51,0' S; e Long. 032º 30,6' W.

Sequência de Operações:

1. Marcam-se os valores da Latitude e Longitude nas escalas respectivas (cuja menor divisão, neste caso, é de 1 décimo de minuto).

2. Com a RÉGUA PARALELA (ou o "PARALLEL PLOTTER") traça-se o PARALELO correspondente à LATITUDE DO PONTO.

3. Sobre este PARALELO, com o auxílio do COMPASSO DE NAVEGAÇÃO, marca-se a LONGITUDE DO PONTO a partir de um dos MERIDIANOS do RETICULADO da carta.

Observação:

Pode-se, também, traçar primeiramente o MERIDIANO correspondente à LONGITUDE do PONTO e depois marcar sobre ele, com um compasso, a LATITUDE DO PONTO a partir de um dos PARALELOS do RETICULADO da carta. Além disso, poder-se-ia, ainda, plotar o ponto A apenas com a régua paralela, traçando, com ela, seu paralelo e seu meridiano. O ponto A, então, estaria na interseção das linhas traçadas.

Perguntas sobre o ponto A:

1. Qual a profundidade do ponto A?

Resposta:

844 metros (lida na Carta)

2. Qual a Latitude Média (**Lat md**) do trecho abrangido pela Carta Náutica Nº 52?

Resposta:

Lat_1 = 3° 47,5' S

Lat_2 = 3° 54,5' S

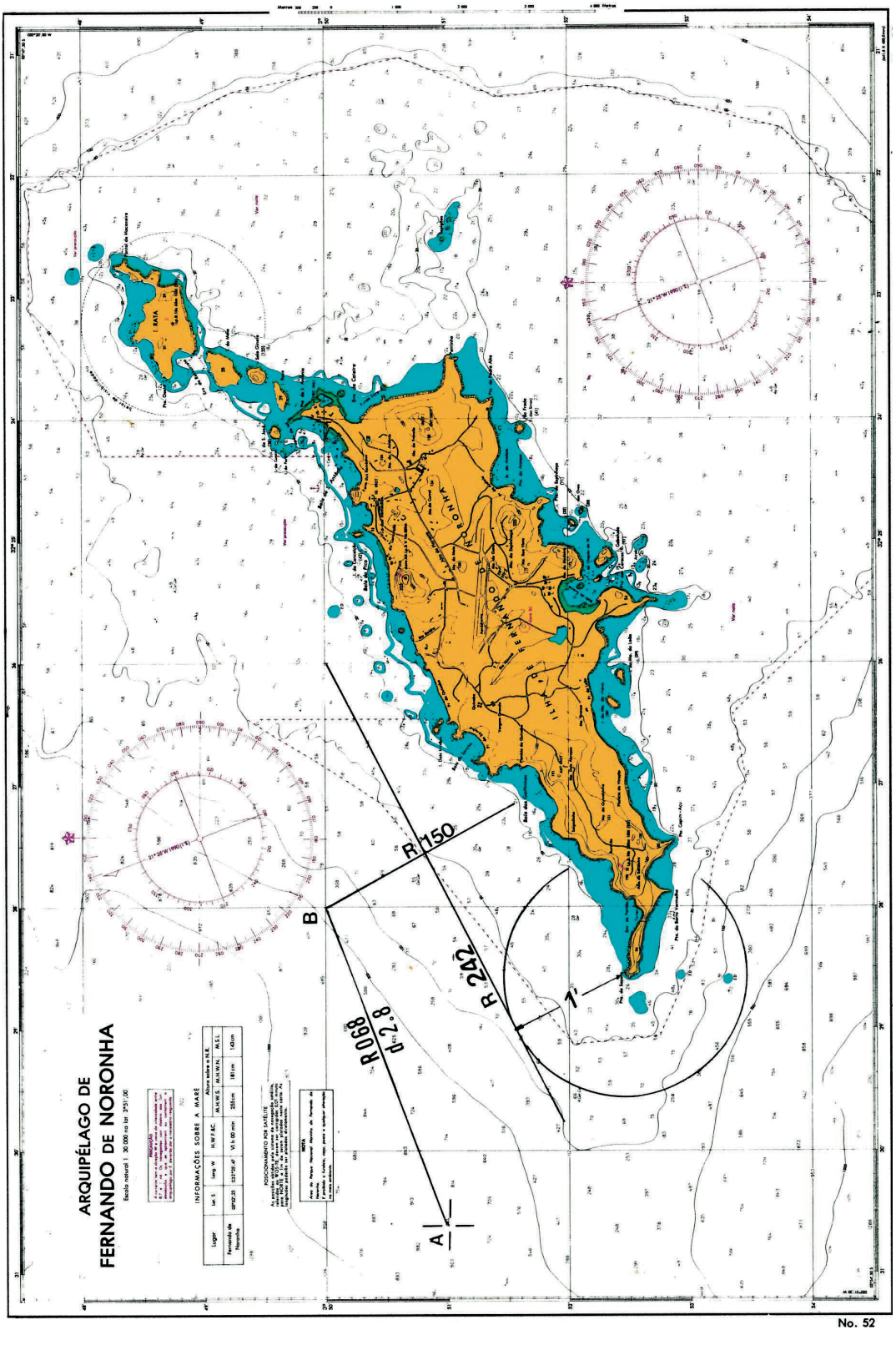
ΣLat_{1-2} = 7° 42,0' → Lat md = (ΣLat_{1-2}) /2 = 3° 51,0' S

3. Qual a Escala Natural da Carta Nº 52?

Resposta:

1:30.000 na Lat. 3º 51,0' S (lida no título da Carta).

Figura 2A.1 – Miniatura da Carta Nº 52 - Arquipélago de Fernando de Noronha



B. DADO UM PONTO NA CARTA, DETERMINAR AS SUAS COORDENADAS

Exemplo:

Determinar, na Carta Nº 52 (Figura 2A.1), as coordenadas geográficas (Latitude e Longitude) do farol Ilha Rata – Lp B 15s 63m 16M.

Sequência de Operações:

1. Com o auxílio da RÉGUA PARALELA, marca-se, sobre o paralelo do ponto em questão, o ponto em que este intercepta o MERIDIANO mais próximo traçado no RETICULADO da carta.

2. Então, com o auxílio do COMPASSO DE NAVEGAÇÃO, determinam-se as coordenadas do ponto, nas ESCALAS de LATITUDE e LONGITUDE da carta.

Observação:

O problema também pode ser resolvido apenas com um COMPASSO DE NAVEGAÇÃO, tangenciando-se, a partir do ponto em questão, o MERIDIANO e o PARALELO mais próximos traçados no RETICULADO da carta, usando-se as distâncias obtidas no compasso para determinar as coordenadas do ponto, nas escalas de Latitude e Longitude.

Coordenadas do farol Ilha Rata:

Lat. 03º 48,76' S; e Long. 032º 23,21' W

Perguntas correlatas:

1. Qual a cor da luz emitida pelo farol Ilha Rata?

Resposta:

Branca (B) – vide a Carta No 12.000 – INT1 – SÍMBOLOS E ABREVIATURAS (Seção IP).

2. Qual o ritmo da luz emitida pelo farol Ilha Rata?

Resposta:

Luz de Lampejos curtos (Lp.) – vide a Carta No 12.000 (INT1) – SÍMBOLOS E ABREVIATURAS (Seção IP).

3. Qual a altitude do foco e o alcance luminoso do farol Ilha Rata?

Resposta:

Altitude do foco: 63 metros

Alcance luminoso: 16 milhas náuticas

C. TRAÇAR UM RUMO A PARTIR DE UM PONTO PLOTADO NA CARTA

Exemplo:

A partir do ponto de coordenadas Lat. 03º 50,0' S, Long. 032º 28,0' W, traçar o Rumo Verdadeiro R = 150º.

Sequência de Operações:

1. Como visto, só se traçam na carta RUMOS VERDADEIROS. Então, transporta-se para o ponto de origem, a partir da ROSA DOS RUMOS VERDADEIROS mais próxima, com o auxílio da régua paralela, a direção 150º e traça-se o rumo.

2. Precaução: cuidado para não traçar a recíproca (neste caso, 330º).

3. Sobre a linha traçada, escreve-se: R 150 (vide a Figura 2A.1).

Perguntas correlatas:

1. Qual o valor da Declinação Magnética (Dec mg) e de sua variação anual na área de Fernando de Noronha?

Resposta:

Dec mg = 21º 25' W, em 1990 (vide Figura 2A.1).

Variação anual = 1' E.

2. Este valor da Dec mg significa que o Norte Magnético está a leste ou a oeste do Norte Verdadeiro?

Resposta:

O Norte Magnético está a Oeste (W) do Norte Verdadeiro.

3. Qual o valor do Rumo Magnético (R mg) correspondente ao Rumo Verdadeiro R = 150º?

Resposta:

R mg = 171,5º (lido na Rosa dos Rumos Magnéticos ou obtido pela soma de R com Dec mg).

D. DADOS DOIS PONTOS, DETERMINAR O RUMO VERDADEIRO ENTRE ELES

Exemplo:

Determinar o Rumo Verdadeiro entre os pontos de coordenadas:

A: Lat. 03º 51,0' S; e Long. 032º 30,6' W

B: Lat. 03º 50,0' S; e Long. 032º 28,0' W

Sequência de Operações:

1. Inicialmente, plotam-se os dois pontos na carta, conforme já explicado.

2. Em seguida, unem-se os dois pontos com a régua paralela (ou o "PARALLEL PLOTTER"), com o que fica determinada a direção a ser seguida entre os dois pontos.

3. Movendo adequadamente a régua paralela ao longo da carta, transporta-se a direção determinada para o centro da Rosa dos Rumos Verdadeiros mais próxima.

4. Lê-se, então, na graduação da Rosa, no sentido correto, o valor do Rumo Verdadeiro.

5. Finalmente, escreve-se o valor do Rumo sobre a linha traçada entre os dois pontos, precedido pela abreviatura R; no caso em questão, R 068 (Rumo Verdadeiro = 068º).

Perguntas:

1. Qual seria o Rumo Verdadeiro para navegar do ponto B para o ponto A?

Resposta:

R = 248º

2. Qual a Diferença de Latitude e Diferença de Longitude entre os pontos A e B?

Resposta:

Diferença de Latitude: 1,0' N

Diferença de Longitude: 2,6' E

3. Qual a Nota de Precaução inserida na Carta Nº 52 (Figura 2A.1) sobre as correntes na área do arquipélago de Fernando de Noronha?

Resposta:

A corrente tem a direção W e varia de intensidade entre 0,7 e 1 nó. Os navegantes com destino aos fundeadouros que se aproximem ou contornem o arquipélago por E deverão dar a necessária compensação de rumo.

E. DADOS DOIS PONTOS, DETERMINAR A DISTÂNCIA ENTRE ELES

Exemplo:

Determinar a distância entre os pontos A e B do exemplo anterior.

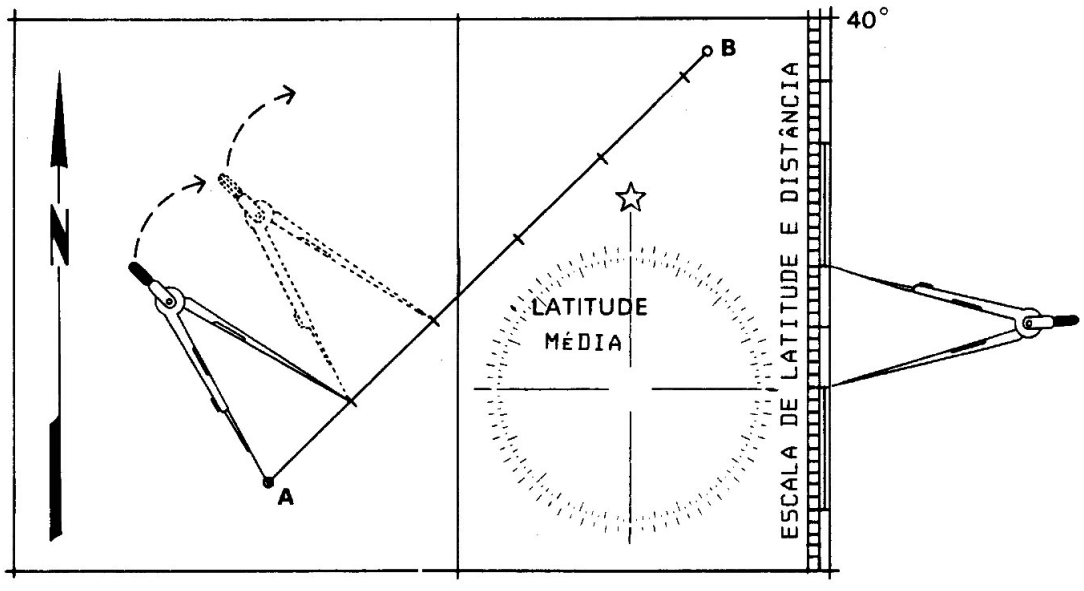
Sequência de Operações:

1. Após plotar os pontos na Carta (se for o caso), deve-se uni-los por uma linha reta, com o auxílio da régua de paralelas.

2. Em seguida, verifica-se a possibilidade de alcançá-los com uma única abertura do compasso de navegação. Neste caso, ajusta-se esta abertura no compasso e faz-se a medida da distância na escala de latitudes (nunca na escala de longitudes), em torno da Latitude Média entre os dois pontos (ou seja, na altura aproximada dos paralelos dos dois pontos).

3. Caso não seja possível medir a distância entre os dois pontos com uma só abertura do compasso, mede-se por somatório de várias aberturas, tendo o cuidado de usar sempre a escala de latitudes na altura da Latitude Média de cada segmento (Figura 2A.2).

Figura 2A.2 - Medição de Distância em uma Carta de Mercator



4. Após obter o valor da distância, registra-se o mesmo sob a linha que une os dois pontos, precedido da abreviatura d. Neste caso, d = 2,8 M.

Perguntas:

1. Qual o significado do símbolo constituído por um ferro tipo almirantado, representado na baía de Santo Antônio?

Resposta:

Fundeadouro recomendado – vide a Carta Nº 12.000 (INT1), Seção IN.

2. Qual a distância entre o farol Fernando de Noronha (Lat. 03º 52,48' S, Long. 032º 27,70' W) e o farol Ilha Rata?

Resposta:

d = 5,85 M.

3. Qual a altura do nível médio do mar (MSL: *Mean Sea Level*) sobre o nível de redução das sondagens (NR) na área da Carta Nº 52?

Resposta:

143 cm (obtida do quadro de INFORMAÇÕES SOBRE A MARÉ, inserido na Carta Nº 52).

F. OBTER O RUMO PARA, A PARTIR DE UM PONTO DADO, PASSAR A UMA DETERMINADA DISTÂNCIA DE OUTRO PONTO

Exemplo:

Obter o Rumo Verdadeiro (R) para, a partir do ponto de coordenadas Lat. 03º 50,0' S, Long. 032º 26,0' W, passar a 1,0 M da ponta da Sapata, na extremidade SW da ilha de Fernando de Noronha.

Sequência de Operações:

1. Plota-se na Carta o ponto de origem, conforme já explicado.

2. Toma-se a distância dada, com um compasso, na escala de latitudes, na altura do paralelo do ponto do qual se deseja passar distante.

3. Traça-se, com raio igual à distância dada, uma circunferência (ou trecho dela) em torno do ponto do qual se deseja passar distante.

4. Em seguida, traça-se do ponto de origem uma tangente à circunferência acima citada.

5. Então, com o auxílio de uma régua paralela, transporta-se a direção da tangente traçada para o centro da Rosa dos Rumos Verdadeiros mais próxima e lê-se o valor do Rumo, na graduação da Rosa.

6. Finalmente, escreve-se o valor do Rumo, sobre a linha traçada, precedido da abreviatura R.

No caso em questão, o RUMO VERDADEIRO para, partindo do ponto dado, passar a 1,0 milha da ponta da Sapata, é R = 242º.

APÊNDICE "B" AO CAPÍTULO 2

FUTURO DA CARTA NÁUTICA EM PAPEL

Embora as cartas náuticas em papel e Raster tenham coexistido com a carta vetorial por quase três décadas, o advento do GPS, da ENC e do ECDIS está tendo uma influência cada vez maior na forma como as cartas em papel são feitas e usadas. O conteúdo, formato, distribuição e até mesmo a existência contínua da carta em papel são tópicos que agora são comumente discutidos por navegadores profissionais e da área de lazer, Autoridades Marítimas, Serviços Hidrográficos (SHs) nacionais e outras partes interessadas. Para se preparar adequadamente para o futuro, a Organização Hidrográfica Internacional (OHI), por intermédio do *Nautical Cartography Working Group* (NCWG), pesquisou e produziu um Relatório sobre as questões mais significativas relacionadas ao "Futuro da Carta Náutica em Papel", onde também apresentou algumas recomendações a serem consideradas pela OHI.

Os componentes do NCWG consideram que o Relatório apresentado não é um estudo exaustivo das práticas globais de produção, distribuição e uso de cartas náuticas em papel, e que muitas das situações apresentadas são da perspectiva de apenas um ou de alguns poucos SHs. O Relatório também argumenta que, embora essa presente situação seja típica de muitos SHs, as condições e práticas em outros Serviços podem ser diferentes. O estudo conduzido pelo NCWG se baseou numa pesquisa, por meio de um questionário, o qual forneceu a oportunidade para que todos os Estados-Membros da OHI pudessem apontar as suas experiências e características individuais. O questionário foi respondido por 52 dos 89 Estados-Membros da OHI.

A seguir, são apresentados alguns aspectos e análises do estudo conduzido pelo NCWG, contidos no Relatório Final:

Ambiente Atual

As disposições da IMO determinam o uso obrigatório do ECDIS[6] para a maioria dos navios, enquadrados[7] pela Convenção SOLAS, como o principal dispositivo para a navegação marítima, apesar de prever, nessas mesmas disposições, que as cartas em papel possam ser usadas como *backup (*alternativas às ENC*)*. Por outro lado, alguns navios, que não estão sujeitos à Convenção SOLAS, continuam a usar exclusivamente cartas náuticas em papel. No entanto, há uma mistura crescente de usuários que navegam com cartas em papel e digitais, ou que planejam viagens sobre a carta em papel e navegam inteiramente com cartas digitais (mesmo usando sistemas digitais redundantes como seu único *backup*).

Cartas em papel, lápis, compassos, réguas paralelas e transferidores, bem como Avisos aos Navegantes, ainda são usados para traçar derrotas durante o planejamento de viagens e para plotar as posições do navio no decorrer da navegação. O navegante normalmente fixa a

[6] A Resolução nº MSC.282(86) do Comitê de Segurança Marítima (MSC) da IMO alterou a Regra 19 do Capítulo V da SOLAS - Requisitos de Dotação para os Equipamentos e Sistemas de Navegação de Bordo, recomendando a adoção do ECDIS nos navios enquadrados como SOLAS.

[7] Conforme a NORMAM-01/DPC, embarcações "SOLAS" são todas as embarcações mercantes empregadas em viagens marítimas internacionais ou empregadas no tráfego marítimo mercantil entre portos brasileiros, ilhas oceânicas, terminais e plataformas marítimas, com exceção de: embarcações de carga com arqueação bruta inferior a 500; embarcações de passageiros com arqueação bruta inferior a 500 e que não efetuam viagens internacionais; embarcações sem meios de propulsão mecânica; embarcações de madeira, de construção primitiva; embarcações de pesca; e embarcações com comprimento menor que 24 metros.

posição do navio a cada dez minutos, ou com menos frequência se em oceano aberto. E essa posição pode ser obtida por observações com um sextante, ou por marcações com uma alidade na repetidora da agulha giroscópica no passadiço, ou por navegação estimada, o que pode levar vários minutos. Assim, mesmo quando as cartas em papel estão sendo usadas, alguns navegantes passaram a obter as posições dos navios no ECDIS/ECS e depois fazem o registro da navegação (plotagem da posição obtida) na carta em papel correspondente.

Principal constatação

As vendas e o uso de cartas náuticas de papel diminuíram quase pela metade de 2008 a 2018, enquanto o uso das ENCs aumentou cerca de sete vezes durante o mesmo período. O esforço necessário para manter a carta em papel e as cartas rasterizadas está se tornando desproporcional quando comparado ao uso crescente de ENCs.

Alguns SHs estão buscando diferentes maneiras de reduzir a carga para a produção de cartas em papel, diminuindo o número de cartas em seu portifólio de cartas em papel/Raster ou desenvolvendo maneiras de criar cartas Raster diretamente a partir de dados ENC. Alguns esforços também estão sendo feitos para tornar o uso de ENC, ou produtos derivados de ENC, mais atraente para os navegantes profissionais e recreativos.

Regulamentações relacionadas ao uso das cartas em papel e cartas digitais

A Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar (SOLAS), Capítulo V, Regulamento 19, "Requisitos de Dotação para os Equipamentos e Sistemas de Navegação de Bordo", especifica que "Todos os navios, independentemente do tamanho, devem ter cartas náuticas e publicações náuticas para planejar e exibir a derrota do navio para a viagem pretendida e plotar e monitorar as posições ao longo da viagem. Um Sistema de Apresentação de Cartas Eletrônicas e Informações (ECDIS) também é aceito para atender aos requisitos de dotação de cartas deste subparágrafo. " O Regulamento 19 também afirma que "Um portifólio apropriado de cartas náuticas em papel pode ser usado como um arranjo de *backup* para o ECDIS."

Em julho de 2018, entrou em vigor a recomendação obrigatória da IMO para que a maioria dos navios comerciais em viagens internacionais fossem equipados com um ECDIS. Por sua vez, algumas Autoridades Marítimas nacionais, agora, também permitem que os navios comerciais em viagens domésticas (de cabotagem) naveguem inteiramente com ENC. É digno de nota que somente 7 Estados-Membros dos 52 que responderam à pesquisa do NCWG indicaram que apenas cartas em papel atenderiam aos requisitos para essa navegação em águas nacionais. A maioria indicou que ENCs ou cartas em papel eram aceitáveis.

Muitos navegantes recreativos também adotaram o uso de ENCs, embora muitos desses usuários ainda mantenham algumas cartas em papel como *backup* ou para cumprir as regulamentações locais.

Usuários de cartas náuticas

Além dos usuários de cartas náuticas convencionais, como navegantes profissionais em viagens internacionais ou domésticas, e barcos de recreio navegando em lagos, rios, baías e águas costeiras, há uma série de outros usuários de cartas náuticas que são mais difíceis de categorizar ou contabilizar. Na verdade, é até difícil determinar a proporção das vendas de cartas atribuídas a navegantes profissionais *versus* navegantes de recreio, bem como outros usuários que as utilizam para vários fins, como segurança do tráfego de embarcações, defesa, planejamento ambiental, delimitações marítimas e relacionadas ao gelo, planejamento de rotas de turismo, gestão da pesca e outros fins não-navegacionais.

Impactos em usuários não navegantes de cartas náuticas em papel

Para determinar o impacto do uso ou não das cartas náuticas em papel por usuários não navegantes, deve-se estabelecer quem são esses potenciais usuários afetados pela descontinuação de produção das cartas náuticas em papel.

Conforme o Anexo 20 do Relatório da 85ª Sessão do *Maritime Safety Committee* (MSC), da IMO, de 06/JAN2009, que publicou a "Estratégia para o Desenvolvimento e Implementação do *e-Navigation*[8]", são identificados como usuários potenciais de cartas náuticas, não navegantes, as seguintes entidades e organizações:

– Armadores e operadores, gerentes de segurança marítima e logística;

– Organizações de *Vessel Traffic Management* (VTM);

– Serviços de Tráfego de Embarcações (*Vessel Traffic Service* - VTS);

– Praticagem;

– Organizações de Guarda Costeira;

– Organizações de aplicação da lei;

– Administrações nacionais;

– Administrações costeiras;

– Autoridades portuárias;

– Organizações de segurança portuária;

– Autoridades de controle de *Port State;*

– Gerentes de incidentes marítimos;

– Organizações de combate à poluição;

– Organizações militares;

– Organizações de Auxílios à Navegação;

– Organizações de previsão meteorológica

– Agências e Serviços Hidrográficos;

– Autoridades de gerenciamento costeiro;

– Investigadores de acidentes marítimos;

– Organizações de saúde e segurança;

– Seguros e organizações financeiras;

– Administração e governos nacionais, regionais e locais;

– Autoridades portuárias;

[8] *O e-Navigation* é definido como a "coleta, integração, intercâmbio, apresentação e análise harmonizados de informações marítimas, a bordo e em terra, por meios eletrônicos, com o propósito de aprimorar a navegação de berço a berço do cais e serviços relacionados, para a proteção e a segurança no mar, bem como a preservação do ambiente marinho. " Assim, o *e-Navigation* se destina a atender às necessidades presentes e futuras dos usuários por meio da harmonização dos sistemas de navegação marítima e do apoio aos serviços em terra. O desenvolvimento e implementação da estratégia é regulado pela Organização Marítima Internacional (IMO).

– Gestores de ambiente marinho;

– Gerenciamento da pesca;

– Agências de turismo (logística);

– Fornecedores de energia;

– Institutos de pesquisa oceânica;

– Organizações de treinamento; e

– Fabricantes de equipamentos e sistemas.

Esses usuários baseados em terra são responsáveis pela segurança do tráfego marítimo e defesa, planejamento ambiental, delimitações marítimas, planejamento turístico, gestão de pescas, organizações militares e muitos outros assuntos. Esses usuários demandam ferramentas modernas, certificadas e eficientes, otimizadas para uma correta tomada de decisões, a fim de maximizar a confiabilidade e a facilidade de seus empregos na navegação marítima e nas comunicações.

Em muitos casos, essa necessidade foi baseada no emprego de cartas em papel, mas algumas organizações têm sido capazes de otimizar e evoluir para usar outros formatos, adaptando-se a novas tecnologias e ferramentas relacionadas, resultando numa minimização de erros. Muitos se adaptaram à navegação eletrônica por meio das ENCs e das cartas Raster (RNC), empregando um ECDIS, ou sua versão militar, o *Warfare-Electronic Chart Display and Information System* – WECDIS, bem como outros sistemas de tecnologia GIS ou Serviços WEB.

Banco de dados único para a produção de cartas

Vários SHs têm feito uma transição para um banco de dados único para a produção de cartas náuticas, o qual é usado tanto para produzir ENCs (no formato S-57[9]) quanto para cartas náuticas em papel. Essa transição vem sendo acompanhada, na maioria das vezes, na mesma proporção da obtenção das habilidades necessárias para a produção cartográfica. Atualmente, os cartógrafos estão mais envolvidos na operação de banco de dados, compilação e codificação das ENC do que apoiando a geração e a distribuição das cartas náuticas em papel.

O Brasil (por meio do Serviço Hidrográfico nacional, a DHN), atualmente, vem produzindo algumas células ENC e cartas em papel a partir de um único banco de dados, enquanto outras ainda são baseadas em arquivos únicos. No entanto, o Brasil (DHN) está buscando a migração de todos os seus dados hidrográficos para um único banco de dados voltado para toda a sua produção cartográfica.

Resultados da pesquisa (questionário enviado aos Estados-Membros da OHI)

Dos 52 Estados-Membros da IHO que forneceram respostas à pesquisa do NCWG, 38 declararam que não têm planos de criar um formato de carta náutica simplificada ou específica para uso como *backup* ao ECDIS[10], enquanto 14 declararam que estavam explorando algum aspecto para criação de cartas náuticas simplificadas.

---

[9] As ENC utilizam o formato de dados S-57 da OHI, normatizado pela publicação ***"IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data, Publication S-57"*** (Padrão de Transferência de Dados Hidrográficos Digitais da OHI), que descreve os padrões para utilização no intercâmbio de dados hidrográficos digitais entre Serviços Hidrográficos e para a distribuição de dados e produtos digitais para fabricantes, navegantes e outros usuários desses dados.

[10] O Brasil é um desses 38 Estados-Membros que não têm planos, bem como não é favorável, de criar um formato de carta náutica simplificada, por orientação da DHN.

Mudanças no portifólio de produção de cartas

As ENC podem demandar algum tempo para a codificação inicial de seus dados, mas podem ser facilmente publicadas a partir de um banco de dados específico para a sua produção com pouco esforço adicional. A produção das cartas em papel geralmente requer operações adicionais de "acabamento" cartográfico, de forma manual, antes de serem publicadas.

Alguns SHs também estão cancelando algumas cartas em papel, mas mantendo as ENCs correspondentes, ou criando uma nova cobertura de ENCs em escala maior sem criar cartas em papel equivalentes.

A dificuldade dos sistemas eletrônicos de navegação (ECDIS/ECS) em fornecer uma "visão ampla" de uma grande área pode ser mitigada pela introdução de telas maiores a bordo dos navios. Enquanto isso, há evidências de que a necessidade de cartas gerais e de navegação em pequena escala pode persistir. As vendas de cartas em papel, em todas as escalas, estão caindo, mas as vendas de cartas de menor escala estão diminuindo em um ritmo mais lento.

Imprimir sob demanda

Vários SHs agora estão usando uma combinação de métodos tradicionais de impressão (geralmente impressão *offset*) e "impressão sob demanda" (*print on demand* – POD). Muitos fizeram a transição completa para POD. Os métodos de impressão tradicionais requerem o armazenamento de um grande número de cartas pré-impressas que precisam sofrer correções quando são vendidas. Para os SHs que necessitam atualizar as suas cartas, em decorrência de correções críticas, como as disseminadas em Aviso aos Navegantes, entre novas edições de suas cartas náuticas, o processo POD[11] permite a impressão e a distribuição imediata de cartas totalmente atualizadas, conforme a necessidade de cada usuário, mesmo que a sua aquisição seja nesse período entre a publicação de duas edições consecutivas. O POD torna a distribuição das cartas mais eficiente, mas ainda está vinculado à produção tradicional das cartas náuticas em papel. O processo de "Carta (ou Produto) sob Demanda" tem o potencial de criar cartas em papel personalizadas (customizadas) diretamente a partir de um banco de dados único.

Um grande esforço tem sido feito para o desenvolvimento de sistemas que permitam que tanto uma ENC quanto uma carta em papel sejam atualizadas em paralelo e ao mesmo tempo. Mesmo que o processo POD tenha aumentado a eficiência, os esforços exigidos dos SHs para produzir e atualizar as cartas em papel não diminuíram. A manutenção de dois produtos oficiais continua a ser um desafio, devido à limitada disponibilidade de recursos humanos e tempo necessário para a produção de ambos os produtos (incluindo o acabamento final extra necessário para as cartas em papel).

As vantagens do processo POD não devem ser subestimadas. A impressão POD se tornou uma tecnologia comum, conforme apontou o relatório do NCWG, onde 36 dos Estados-Membros da OHI que responderam à pesquisa usam POD para pelo menos parte de seu esforço de produção de cartas em papel. Isso permite que cartas náuticas atualizadas cheguem aos navegantes de forma muito mais rápida.

No entanto, em um mundo que a tecnologia está mudando rapidamente, o POD deve ser considerado como uma "estratégia de transição" devido ao fato de que as cartas em papel continuam caras e demoradas para serem feitas. É também um produto cada vez mais desconsiderado

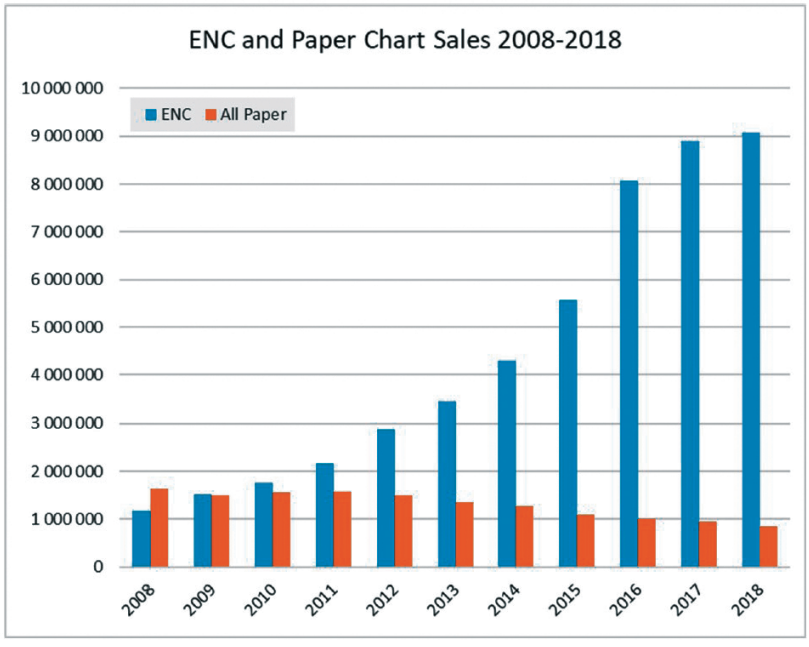
[11] Essa é a atual situação do Brasil/DHN, que iniciou a "impressão sob demanda" em JUL/2013 (e passou a produzir as cartas náuticas em papel, exclusivamente, por esse processo, a partir de AGO/2015), sob a responsabilidade da Empresa Gerencial de Projetos Navais - EMGEPRON, tanto pela impressão quanto pela distribuição comercial.

pela nova geração digital. Em pouco tempo, o POD pode abrir caminho para uma segunda geração mais flexível e viável de cartas em papel feitas pelo processo de "Produto sob Demanda".

Aumento da demanda por ENCs

A demanda por cartas náuticas eletrônicas tem aumentado constantemente desde sua introdução na década de 1990. Embora as ENCs tenham sido baseadas na experiência com as cartas náuticas em papel, agora elas estão cada vez mais divergindo do produto original em que se basearam. Esse é especialmente o caso em áreas onde a cobertura de ENCs foi re-esquematizada em um *layout* de grade sem levar em conta as configurações originais da carta em papel. Alguns SHs, como o dos EUA, estão criando uma cobertura de ENC em maior escala sem criar a carta em papel correspondente, diferenciando ainda mais os dois portifólios de cartas. Alguns dos fatores que tornam as ENCs tão atraentes para o cliente também estão contribuindo para a obsolescência das cartas em papel, como a facilidade de distribuição de atualizações. Prevê-se que a popularidade das ENCs aumentará à medida que a sua capacidade de interoperar com outros conjuntos de dados importantes para a navegação, como produtos baseados no padrão S-100[12] , for habilitada. As ENCs serão um componente central do conceito em evolução do *e-Navigation*, bem como parte dos aplicativos exigidos por muitos tipos diferentes de usuários.

Figura 2B.1 – Variação do volume de vendas de cartas náuticas em papel e ENCs



O desafio para a comunidade hidrográfica será o distanciamento contínuo das ENCs de seu legado de cartas em papel. Algumas partes envolvidas, tanto produtoras quanto usuárias, estão convencidas de que a única maneira de empregar todo o potencial das ENCs é se livrando totalmente das cartas de papel. No entanto, os SH devem perceber que as cartas em papel são parte da história da navegação e é improvável que o fim das cartas em papel ocorra em um futuro de curto prazo. Uma vez que quaisquer dependências que ENCs e cartas em papel tenham entre si estejam claras, e que sejam evidentes, cada produto será capaz de atingir o seu próprio nível natural de aceitação e uso.

[12] Prevê-se que, em 2024, o formato das ENC mudará do atual S-57 para o S-101. Esse novo formato baseado no modelo de dados hidrográficos S-100 será compatível com tecnologias mais modernas, permitindo uma maior interoperabilidade e interação das informações. A DHN acompanha a evolução desse formato por meio de representações nos GTs da OHI e está se preparando para, quando o formato for oficializado, produzir imediatamente os arquivos em S-101. Durante os anos de transição entre o S-57 e o S-101, onde os dois formatos conviverão nos passadiços dos navios, a produção de ENC deverá demandar um esforço ainda maior do que o atual em todos os Serviços Hidrográficos, inclusive a DHN.

Além da implementação mandatória, por parte da IMO, para o uso de ECDIS e de outros fatores apresentados anteriormente, existem algumas características do formato ENC e de seu modelo de distribuição que respondem pelas vendas mais altas de ENCs do que as cartas em papel. Uma dessas características é o limite de tamanho de 5 MB para cada célula[13] ENC. Se alguma ENC se aproximar desse limite, ela geralmente é dividida em duas ou mais partes (células), resultando em mais ENC para venda para a mesma extensão de área. Esforços recentes de alguns SHs para re-esquematizar ENCs em um *layout* em grade também normalmente aumentam o número de ENCs. No caso dos EUA, espera-se que o conjunto de ENCs da NOAA aumente de cerca de 1.200 para 9.000 células quando seu novo esquema de cartas estiver completo. Re-esquematização à parte, muitos SHs também estão adicionando regularmente novas células ENC (geralmente em uma escala maior) para melhorar sua cobertura ENC, às vezes sem criar uma carta em papel correspondente.

Finalmente, enquanto novas edições de cartas em papel raramente são publicadas, novas ENCs vem sendo publicadas e, por conseguinte, devem ser compradas (ou licenciadas) a cada ano. Assim, a tendência na redução das vendas de cartas em papel e no aumento das vendas de ENC é inevitável e não pode ser totalmente atribuída ao formato da ENC e das suas características de distribuição. A Figura 2B.1, contida no Relatório do NCWG, apresenta a variação do volume de vendas de cartas náuticas em papel e ENCs, no período de 2008 a 2018.

Cobertura apenas com ENC

Em 2018, a *US National Oceanographic and Atmospheric Administration* (NOAA) decidiu parar de fazer qualquer nova (primeira edição) carta náutica em papel. Onde uma nova cobertura de carta ou uma cobertura em maior escala for necessária, apenas novas ENCs em primeira edição serão criadas. Grande parte da nova cobertura "somente com ENC" está localizada em áreas remotas no Alaska.

***Chart on Demand* / Impressão de cartas em papel de dados ENC**

Alguns SHs estão desenvolvendo uma alternativa à produção tradicional de cartas em papel que permite aos usuários especificar a extensão, escala e tamanho do papel de seu próprio produto personalizado de carta em papel. Qualquer produto de C*hart on Demand* seria necessariamente diferente de uma carta náutica em papel padrão. A principal diferença é que os *layouts* das cartas se parecem mais com os *designs* padronizados usados em muitas séries de mapas topográficos nacionais. Alguns métodos, atualmente, criam um produto Raster pronto para impressão a partir de dados ENC usando a biblioteca de apresentação contida na Norma S-52[14] da OHI.

A tecnologia *Product on Demand* ou *Chart on Demand* permite ao usuário criar uma carta personalizada a partir de um banco de dados, selecionando um ponto central, escala e

[13] Uma célula ENC representa o tamanho mínimo de um conjunto de dados, contida em um retângulo com bordas definidas por paralelos e meridianos. As células não se sobrepõem. A escala (dimensão) dos dados contidos em uma célula depende do propósito da navegação (por exemplo: geral, costeira, aproximação, porto). Pela S-57, a célula possui um formato padrão, limitado à sua capacidade de 5MB e não ao tamanho de sua cobertura (extensão da área a ser representada).

[14] **S-52 - Specifications for Chart Content and Display Aspects of ECDIS.** Essa Norma da OHI destina-se a orientar a operação segura do ECDIS para: a) garantir uma base de exibição dos dados da ENC, de acordo com os padrões de símbolos, cores e atribuição; as limitações de escala de apresentação dos dados; e a compatibilidade apropriada com os símbolos das cartas em papel; b) garantir que a exibição seja clara e inequívoca, e que não haja incerteza sobre o significado das cores e símbolos no visor; e c) estabelecer um padrão aceito para a apresentação no ECDIS que se torne familiar aos navegantes e, portanto, possa ser reconhecido/interpretado, instantaneamente, sem confusão.

tamanho do papel. Algumas implementações podem permitir que os usuários selecionem o conjunto de simbologia a ser usado (INT1[15], S-52 tradicional, S-52 simplificado, etc.) e outras opções, como, por exemplo, unidades de profundidade em metros ou pés. Os Estados Unidos estão fazendo o protótipo dessa tecnologia, chamada "NOAA *Custom Chart*", usando seu conjunto de mais de 1.200 ENCs como banco de dados a partir do qual podem ser criadas cartas personalizadas em papel. Outros SHs estão explorando recursos semelhantes. No momento, o usuário pode baixar e imprimir o gráfico personalizado por conta própria, gratuitamente. No futuro, pode haver uma opção para o usuário definir seu produto personalizado e fazer com que um dos parceiros de impressão comercial da NOAA plote a carta de grande formato e a envie para ele.

Essa tecnologia funciona melhor quando os dados subjacentes são "contínuos". Portanto, ter dados ENC (ou dados em outro banco de dados) que sejam compilados numa mesma escala ou em escalas semelhantes, para cada propósito de navegação ENC (porto, aproximação, litoral, etc.), resultará na saída de uma "carta personalizada" sem quaisquer descontinuidades de grandes mudanças em escala. A criação e colocação de alguns elementos da carta, como rosas dos ventos, notas, diagramas de origem / ZOC, escalas gráficas, tabelas de marés, etc., exigirá um tratamento especial. Determinar quais desses elementos serão necessários em uma carta personalizada e como acomodar sua colocação na carta é um caminho aberto para pesquisa. O posicionamento inteligente de texto associado a recursos cartográficos, como os nomes de lugares (toponímia) e características das luzes (dos auxílios à navegação), por exemplo, também representam um desafio.

A tecnologia *Chart on Demand* tem várias vantagens potenciais quando comparada à produção tradicional de cartas em papel. O *Chart on Demand* pode:

• reduzir o custo associado à produção de cartas em papel → Como este tipo de processo usa dados diretamente da ENC S-57 e da Biblioteca de Apresentação S-52, a aplicação de símbolos e legendas é automática e padronizada;

• eliminar o atraso entre as atualizações da ENC e da carta em papel → Um produto *Chart on Demand* atualizado pode ser criado assim que uma revisão da ENC for publicada;

• tornar a "re-esquematização" irrelevante para as cartas em papel → Como o usuário define a extensão de sua própria carta, uma agência ou SH poderá planejar seus acervos de dados para maximizar sua própria eficiência operacional interna, sem se preocupar com os esquemas de cartas náuticas em papel pré-existentes[16]; e

• harmonizar a visualização entre a carta em papel e o ECDIS → Aproveitar a mesma visualização em produtos de navegação em papel e eletrônicos significaria que os navegantes não precisariam entender duas especificações de simbologia diferentes.

Para alcançar esses benefícios, a tecnologia *Chart on Demand* apresenta vantagens e desvantagens, naturalmente. No entanto, talvez o aspecto mais relevante, no presente momento, seja a resistência à mudança. Mesmo que o NCWG trabalhe com pessoal qualificado para

[15] A publicação INT 1 - *Symbols, Abbreviations and Terms used on Charts,* da OHI, é publicada no Brasil pela DHN, como **Carta 12000 - Símbolos, Abreviaturas e Termos usados nas Cartas Náuticas**. A Carta 12000 contém a coletânea completa de símbolos e abreviaturas que são utilizados nas cartas náuticas nacionais e internacionais, produzidas pelo Centro de Hidrografia da Marinha (CHM) e editadas pela DHN.

[16] Um processo como esse, implantado num SH, poderá acarretar a perda de importância do Plano Cartográfico existente e ter de "reconstruir" o seu Plano de Coleta de Dados Hidrográficos sob novos parâmetros, como intensidade do tráfego mercante, demanda operacional do comércio marítimo, áreas prioritárias de segurança e defesa, produtos cartográficos de interesse militar, etc.

garantir que os atributos cartográficos corretos estejam presentes no futuro formato S-101 das ENCs, e que as convenções cartográficas em que se baseiam as cartas em papel, no formato S-4[17], sejam aplicadas por meio de uma técnica de leitura informatizada, é improvável que a saída automatizada do produto final em papel forneça a qualidade (ou estética) precisa que pode ser alcançada por um cartógrafo humano habilidoso.

Isso pode resultar em uma resistência interna e externa à adoção de um novo tipo de produto. O *Chart on Demand* é apenas um exemplo do que é possível com a inovação tecnológica. Até que ponto e com que rapidez essas inovações podem ser adotadas ainda está para ser descoberto. O ritmo provavelmente dependerá, em parte, de quão próximo a tecnologia, em contínua mutação, atenderá as necessidades da comunidade marítima.

e-Navigation

A IMO define o *e-Navigation* como "a coleta, integração, troca, apresentação e análise harmonizadas de informações marítimas a bordo e em terra, por meios eletrônicos, para melhorar a navegação berço a berço e os serviços relacionados à segurança da navegação e à proteção meio ambiente marinho."

Em junho de 2019, o Comitê de Segurança Marítima (MSC) da IMO aprovou uma série de circulares relacionadas ao desenvolvimento da navegação eletrônica. Isto incluiu uma resolução sobre orientações para a definição e harmonização do formato e estrutura dos Serviços Marítimos no contexto da navegação eletrônica. O objetivo da orientação é garantir que as informações marítimas e os dados trocados como parte de diferentes serviços marítimos sejam implementados internacionalmente, em um formato harmonizado, padronizado e unificado. Todos os serviços marítimos devem estar em conformidade com o padrão da estrutura S-100 da OHI, que especifica o método para modelagem de dados e desenvolvimento de especificações de produto.

É importante observar que esta orientação fortalece ainda mais a importância futura da família de produtos S-100, e do S-101 ENC em particular, já que a ENC provavelmente servirá como o "mapa básico" para muitas outras camadas de produtos que irão ser integradas a um ECDIS ou outro sistema de exibição. A carta em papel, ao contrário dos produtos S-100, não pode ser integrada com camadas adicionais de informações de maneira prática. Conforme o desenvolvimento do *e-Navigation* amadureça e seus benefícios se tornem claros, as limitações do uso contínuo de cartas náuticas de papel se tornarão cada vez mais evidentes.

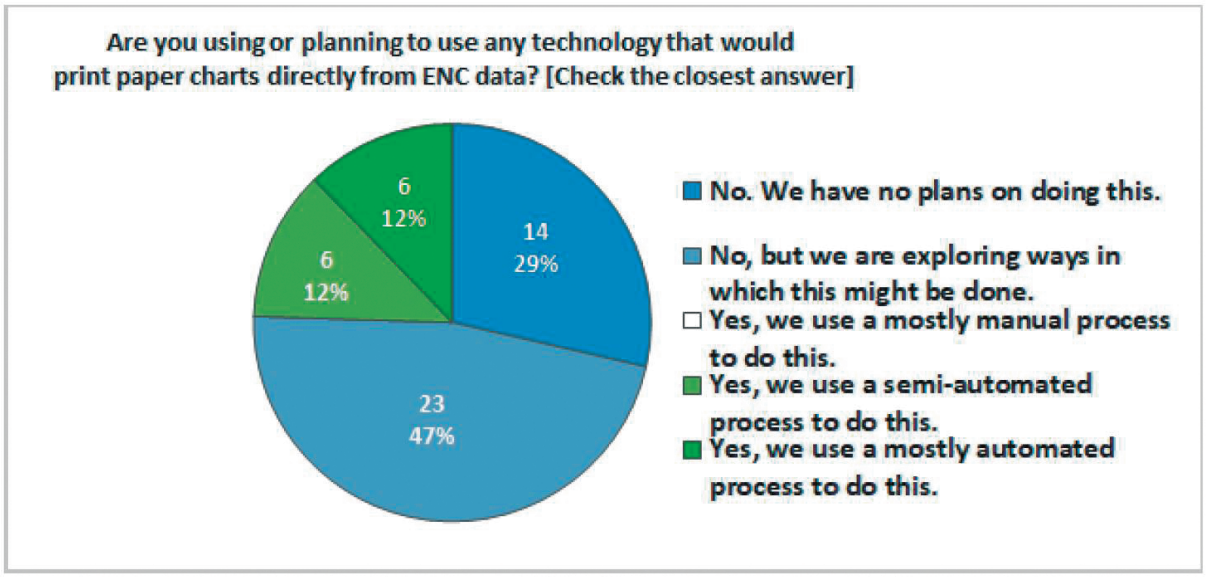
Observações finais do NCWG:

a. com relação à criação de cartas náuticas em papel a partir de dados ENC

O grupo de trabalho reconheceu que existem vários esforços relacionados que poderiam apoiar a criação de cartas em papel a partir de dados S-101, e que há apoio geral para este esforço por parte dos membros do grupo de trabalho no NCWG, bem como 71% dos entrevistados (35 Estados-Membros) que responderam a pesquisa do NCWG também afirmaram que seu SH estava ativamente perseguindo ou considerando tal esforço (ver Figura 2B.2, contida no Relatório do NCWG).

[17] A publicação ***S-4 - Regulations of the IHO for International (INT) Charts and Chart Specifications of the IHO*** estabelece o conceito e os padrões para a produção da carta internacional (INT) em papel e tem por objetivo facilitar o fornecimento de conjuntos (esquemas) mínimos de cartas náuticas adequadas aos requisitos da navegação voltada ao transporte marítimo internacional.

Figura 2B.2 – Gráfico



b. em relação à criação de um novo padrão para "cartas em papel simplificadas" ou "cartas para *backup*"

Embora alguns SHs estejam explorando a criação de cartas simplificadas ou cartas para *backup*, as respostas à pesquisa efetuada com os Estados-Membros e a discussão na reunião do NCWG não mostraram forte apoio para o desenvolvimento de uma especificação nesse momento. O NCWG também considerou que a existência de duas especificações de cartas (padrão e *backup*) provavelmente causaria confusão entre os navegantes.

c. em relação ao "congelamento" de futuras modificações na S-4 e INT1

Não houve apoio significativo no NCWG para o congelamento (não atualização) oficial das publicações S-4 e INT1, pois isso restringiria qualquer flexibilidade para fazer melhorias que possam ser necessárias no futuro.

d. em relação ao futuro do conceito da carta INT e sua produção

Foi acordado que a produção de cartas INT continua a ser importante em algumas regiões.

e. em relação ao fim da produção de cartas náuticas em papel por alguns SHs

O NCWG observou que a OHI deve reconhecer que alguns dos produtores de cartas náuticas em papel estão, neste momento, considerando seriamente cessar toda a produção tradicional de cartas náuticas padrão e Raster ou já estão tomando medidas para isso. Embora as cartas em papel possam continuar a ser produzidas por alguns SHs, é evidente que os esforços da OHI, IMO e outras agências relacionadas à navegação devem se concentrar principalmente na criação e uso de produtos digitais e, especialmente, produtos baseados na família S-100 da OHI (de total relevância à implantação do *e-Navigation*).

Outras observações e recomendações dos Estados-Membros da OHI, contidas nas respostas ao questionário encaminhado pelo NCWG, transcritas no Relatório

África do Sul – a África do Sul atualmente ainda considera a carta em papel como uma fonte primária de navegação. Muitos usuários de pequenas embarcações podem não ter a capacidade de usar dados ENC ou podem não ter recursos para a tecnologia e, portanto,

comprometer a segurança para a navegação. Nosso novo sistema permitirá a criação e impressão de cartas em papel diretamente de ENCs.

Alemanha – as cartas em papel não permitem batimetria detalhada. Os ciclos de atualização das cartas em papel são uma barreira na era dos *big data*. As cartas em papel não podem ser sobrepostas com outras informações, como AIS, radar ou correntes. Os jovens oficiais náuticos estão mais voltados para a informação digital. O *hardware* está ficando cada vez mais poderoso e pode gerar uma imagem de navegação, mesmo com a energia proveniente da bateria, por semanas.

Cartas de papel não oferecem segurança ideal. É questionável se uma carta náutica redundante melhorará a segurança no futuro. O uso de cartas em papel está diminuindo significativamente e os recursos de produção são desproporcionalmente altos em comparação com as ENC.

Argentina – no que diz respeito à impressão de cartas náuticas em papel, consideram bastante necessário continuar a criar novas edições, sem possibilidade de diminuição. Os usuários que navegam com fins recreativos ou que praticam a pesca artesanal são apenas um exemplo de utilizadores que, para o exercício das suas atividades, quer profissionais quer recreativas, contam com a produção de cartas em papel que são impressas pelo seu serviço. Outro usuário qualificado são os navios de guerra que devem levar cartas náuticas em papel como último recurso em caso de um colapso dos sistemas eletrônicos a bordo.

Brasil – 59% do esforço brasileiro de produção de cartas em papel está focado em áreas ribeirinhas não SOLAS. Portanto, no momento, o Brasil continuará produzindo cartas náuticas para atender a demanda dos navegantes por esse tipo de produto em águas interiores.

Canadá – como SH, precisam simplificar e agilizar a criação da carta em papel, ainda a tornando segura e precisa, mas com menos trabalho cartográfico manual.

Irã – considerando o grande número de *dhows*[18] de madeira que atuam na pesca e no comércio de mercadorias no mundo, especialmente no Oriente Médio e no Leste Asiático, que não tem acesso às cartas ENC, além dos navios de abastecimento, barcos-piloto, etc., as cartas náuticas de papel devem ser produzidas, impressas e distribuídas entre os usuários em potencial por alguns anos.

Noruega – a Noruega atualmente produz cartas em papel a partir de ENCs, mas isso não é totalmente automático. No curto prazo, não estão se concentrando em automatizar totalmente esse processo. Também não há planos para interromper a publicação de cartas em papel, pois ainda eles tem um número significativo de usuários e vendas.

Polônia – apesar do fato de que cada vez mais novas tecnologias e sistemas de exibição ENC estão sendo implantadas a bordo, as cartas em papel devem ser mantidas disponíveis e utilizadas. Essas cartas são o único meio de navegar quando, por exemplo, os circuitos de energia do navio falham.

[18] *Dhow* é o nome genérico dado aos tradicionais veleiros utilizados na região do Mar Vermelho e do Oceano Índico que possuem um ou mais mastros com velas latinas.

O Comitê de Coordenação Permanente para Assuntos da Organização Hidrográfica Internacional (CCP-OHI), órgão técnico assessor do Diretor da DHN, que tem o propósito de analisar todos os assuntos da OHI de interesse do Serviço Hidrográfico brasileiro, reunido em 10 de outubro de 2019, analisou o tema "Futuro da carta em papel" e estabeleceu a seguinte posição:

– *"não concordar com o fim da carta náutica em papel pela demanda existente aqui e em outros países, pelo seu valor para efeitos de planejamento e de contingência e por* não se considerar a «carta náutica (simplificada) em papel»*, obtida a partir de uma ENC, equivalente a uma carta náutica oficial em papel, porque haveria falta de elementos essenciais e, dessa forma, resultaria em comprometimento à segurança da navegação. Atualmente, não é possível gerar uma carta náutica em papel seguindo os padrões cartográficos da OHI a partir de uma ou mais ENCs".*

Em razão da posição acima, formulou a seguinte decisão, ratificada pelo Diretor de Hidrografia e Navegação:

– *"O Comitê decidiu que os representantes (da DHN) deverão se posicionar contra a proposta para o fim da carta náutica em papel no âmbito da OHI e contra a considerar que "a carta náutica (simplificada) em papel" gerada a partir de uma ou mais ENCs, seja equivalente ao atual padrão da OHI de carta náutica em papel".*

3

AGULHAS NÁUTICAS. CONVERSÃO DE RUMOS E MARCAÇÕES

3.1 OBTENÇÃO DE RUMOS E MARCAÇÕES A BORDO

Conforme visto, os navios (ou embarcações) para se dirigirem de um ponto a outro da superfície da Terra governam por Rumos, definidos como o ângulo horizontal entre uma **direção de referência** e a direção para a qual aponta a proa do navio (medido de 000º a 360º, no sentido horário, a partir da direção de referência).

Ademais, em Navegação Costeira ou em Águas Restritas, para determinar a posição do navio (ou embarcação) em relação a pontos de terra, durante a execução da derrota, o navegante periodicamente observa Marcações de pontos notáveis ou auxílios à navegação.

A bordo, os **Rumos e Marcações** são obtidos através do uso de **Agulhas Náuticas**.

Existem dois tipos de Agulhas Náuticas: **Agulhas Magnéticas** e **Agulhas Giroscópicas**.

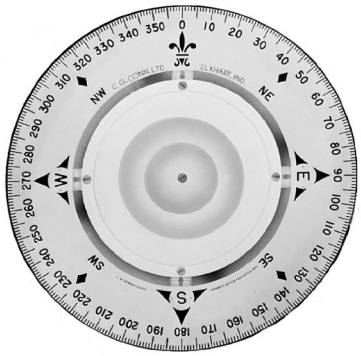
3.2 AGULHAS MAGNÉTICAS

3.2.1 Descrição e Partes Componentes

A Agulha Magnética (Bússola) é um dos mais antigos instrumentos de navegação e, com poucos melhoramentos, é usada ainda hoje em dia por todos os navegantes, qualquer que seja o tipo ou porte do navio ou embarcação. Embora atualmente nos navios a Agulha Giroscópica seja o instrumento normalmente utilizado como fonte primária para obtenção de direções (rumos e marcações), existirão sempre Agulhas Magnéticas a bordo, como *back-up*, para atender às situações de emergência.

Geralmente, os navios possuem duas Agulhas Magnéticas: uma localizada no Passadiço, denominada **Agulha de Governo**; outra no Tijupá (em local mais livre de influências magnéticas), denominada **Agulha Padrão**.

Figura 3.1 – Rosa Circular da Agulha

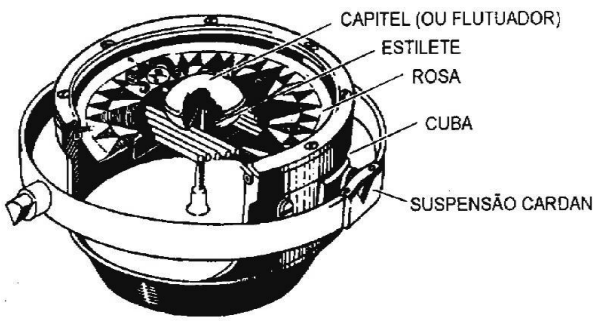


Uma Agulha Magnética, tradicional, consiste de uma Rosa Circular, graduada de 000º a 360º (Figura 3.1), apoiada no seu centro, livre para girar em torno de um eixo vertical (estilete), flutuando em uma cuba cheia de um líquido, que pode ser uma mistura de água e álcool (para não congelar) ou um destilado fino de petróleo, semelhante ao varsol.

Um conjunto de ímãs é fixado no lado inferior da Rosa, alinhado com o seu eixo norte–sul (Figura 3.2). A cuba é montada, através de suspensão cardan, em um pedestal denominado **bitácula**. A cuba é feita em material não-magnético e nela está gravada a **linha-de-fé** (referência para rumos), que deve ser rigorosamente alinhada com a linha proa–popa (eixo longitudinal do navio).

Em operação, os ímãs da agulha (e, portanto, sua linha norte–sul) tendem a se alinhar com as linhas de força do campo magnético da Terra existentes no local. Estas linhas de força, denominadas **Meridianos Magnéticos**, indicam a direção do **Norte Magnético** no local. Portanto, o ângulo indicado na Rosa da Agulha entre a linha-de-fé (alinhada com o eixo longitudinal do navio) e a linha norte–sul da Agulha será igual ao ângulo entre a proa do navio e o Norte Magnético, ou seja, o Rumo Magnético do navio (caso a Agulha não possua Desvio, como será visto a seguir).

Figura 3.2 – Agulha Magnética



Atualmente, é também empregada a bordo a bússola de fluxo magnético (**Fluxgate Compass**), que será apresentada no item 3.2.8.

3.2.2 Vantagens e Limitações

Em comparação com as Agulhas Giroscópicas, que serão estudadas adiante neste mesmo Capítulo, as Agulhas Magnéticas tradicionais apresentam as seguintes vantagens e limitações:

a. Vantagens:

- a Agulha Magnética é um instrumento comparativamente simples, que opera independente de qualquer fonte de energia elétrica;
- requer pouca (quase nenhuma) manutenção;
- é um equipamento robusto, que não sofre avarias com facilidade; e
- seu custo é relativamente baixo.

b. Limitações:

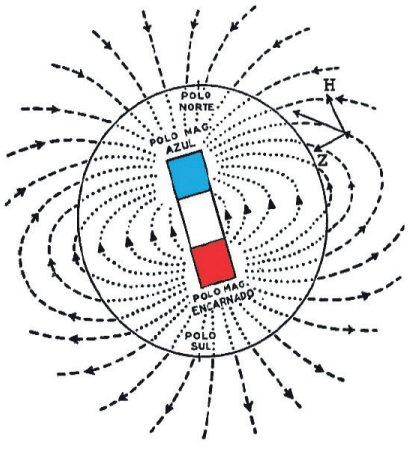
- a Agulha Magnética indica o Norte Magnético, em lugar do Norte Verdadeiro (ou Geográfico);
- é afetada por material magnético ou equipamentos elétricos;
- tem diferentes desvios, portanto diferentes compensações, conforme a orientação do navio (proa) dentro do campo magnético terrestre;
- não é tão precisa e fácil de usar como uma Agulha Giroscópica;
- normalmente, suas informações não podem ser transmitidas com facilidade para outros equipamentos e sistemas (e.g. radares ou ECDIS); e
- uma Agulha Magnética é mais afetada por altas latitudes que uma Agulha Giroscópica.

3.2.3 Declinação Magnética

a. Magnetismo Terrestre. O Campo Magnético Da Terra

A Terra pode ser considerada um grande ímã, tendo dois Polos Magnéticos de polaridades opostas (**Polo Norte Magnético** e **Polo Sul Magnético**). Os Polos Magnéticos não coincidem com os Polos Verdadeiros ou Geográficos (Figura 3.3). Eles se movimentam lentamente, no decorrer dos anos, bem como não são diametralmente opostos como os polos geográficos.

Figura 3.3 – Campo Magnético Terrestre



Se a Terra fosse composta de material magnético homogeneamente distribuído, as linhas de força de seu campo magnético seriam Círculos Máximos, que passariam pelos Polos Magnéticos (Meridianos Magnéticos).

Entretanto, isto não ocorre e, assim, as linhas segundo as quais a força magnética terrestre atua, embora denominadas de Meridianos Magnéticos, não são curvas regulares, diferindo da direção dos Círculos Máximos que passam pelos Polos Magnéticos.

Considerando o campo magnético terrestre em um determinado local decomposto segundo o horizonte e a vertical do lugar (Figura 3.3), obtêm-se as componentes horizontal (H) e vertical (Z) do magnetismo terrestre, variáveis de lugar para lugar e cujo valor vem indicado em cartas especiais. A componente horizontal (H) é zero nos polos magnéticos e alcança máximo valor no equador magnético. A componente vertical (Z) é zero no equador magnético e alcança máximo valor nos pólos magnéticos.

A componente horizontal (H) é a responsável pela orientação da Agulha Magnética. Como seu valor diminui à medida que a Latitude aumenta (tornando-se nulo no polo magnético), o desempenho da Agulha Magnética fica prejudicado nas altas Latitudes (maiores que 60º).

Uma agulha imantada, suspensa por seu centro de gravidade, livre de girar, em um local isento de outras influências magnéticas, orienta-se no campo magnético terrestre, como no caso geral de qualquer campo magnético, segundo as tangentes às linhas de força, tendo sempre um de seus polos apontados para um determinado polo magnético terrestre.

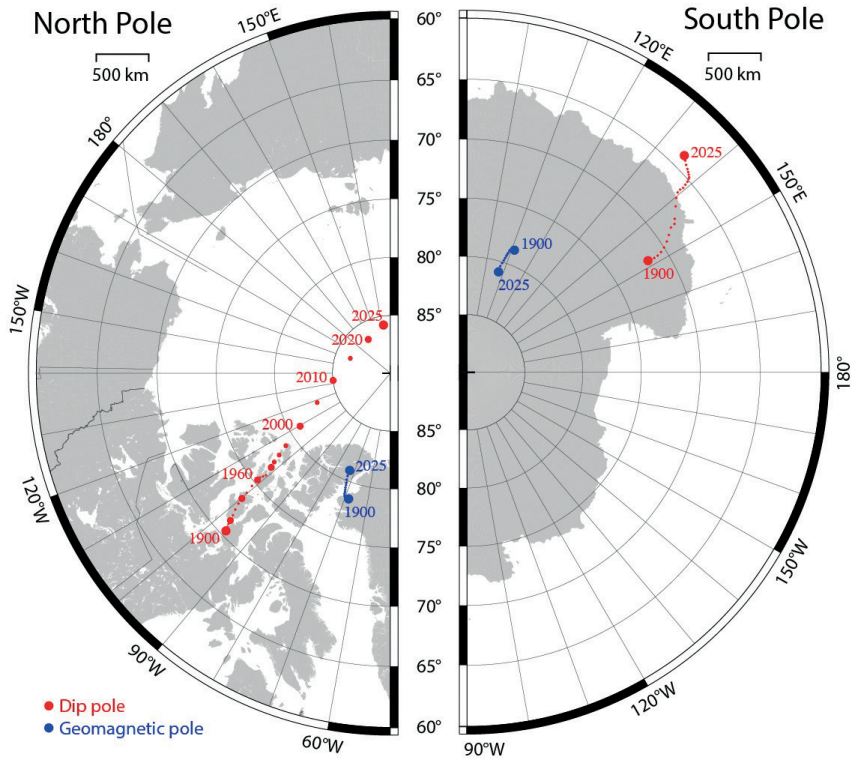
É costume pintar nas agulhas magnéticas (e nas barras magnéticas), também por convenção, de encarnado a metade que contém o Polo Norte (Polo Norte da Agulha) e de azul a que contém o Polo Sul (Polo Sul da Agulha). Uma vez que os polos opostos se atraem, a parte azul das agulhas será atraída pela parte correspondente ao Polo Norte Magnético da Terra. Assim, convencionou-se representar em azul a extremidade Norte do ímã simbólico do campo magnético terrestre e em encarnado a extremidade Sul.

A Figura 3.4 apresenta o "passeio" (deslocamento) dos Polos Magnéticos (*Dip poles*), para o período de 1900 a 2025. Na Figura, os Polos Magnéticos Norte e Sul estão representados na cor encarnada. O Polo Norte Magnético estava localizado em 2020, conforme o *Britsh Geological Survey*, na Lat. 86,5 N e Long. 162,8 W. O Polo Sul Magnético estava localizado sobre a Antártica, na posição Lat. 64,1° S e Long. 135,9° E.

Consta, também, da Figura 3.4 um outro dipolo magnético (teórico), baseado no modelo global denominado como *International Geomagnetic Reference Field* (IGRF), que passaria pelo centro da Terra, em sua representação do campo magnético, definindo um eixo que cruza a superfície da Terra em dois pontos antípodas. Esses pontos são chamados de Polos Geomagnéticos (*Geomagnetic poles*), representados na cor azul. Esses Polos Geomagnéticos não possuem relevância para a navegação marítima.

Informações complementares sobre o deslocamento dos Polos Magnéticos, bem como as coordenadas geográficas de suas posições, podem ser obtidas na página do *Britsh Geological Survey*, na internet, no endereço: www.geomag.bgs.ac.uk/education/poles.html.

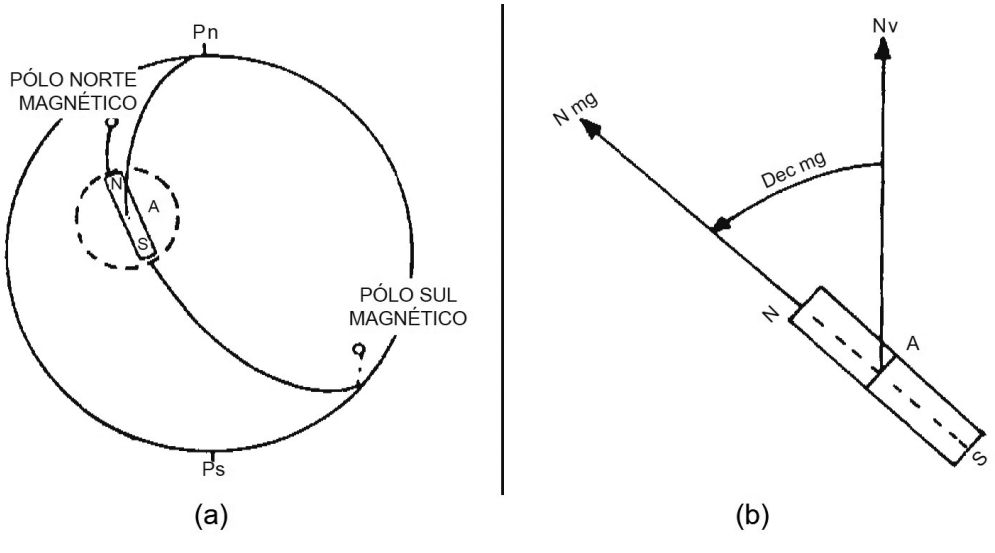
Figura 3.4 – Deslocamento dos Polos Magnéticos



b. Conceito de Declinação Magnética

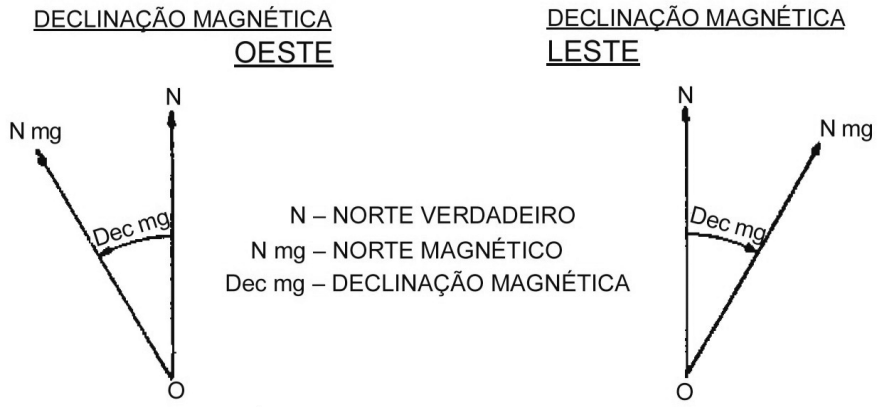
Em operação, uma Agulha Magnética tende a orientar-se segundo o Meridiano Magnético que passa pelo local (Figura 3.5a). A diferença em direção entre o Meridiano Magnético e o Meridiano Verdadeiro (ou Geográfico), em um determinado lugar, é denominada Declinação Magnética (Dec mg). Da mesma forma, pode-se dizer que a Declinação Magnética em um determinado local é o ângulo entre o Norte Verdadeiro e o Norte Magnético no local (Figura 3.5b).

Figura 3.5 – Declinação Magnética



A Declinação Magnética é expressa em graus e minutos, recebendo uma designação Leste ou Oeste, para indicar de que lado do Meridiano Verdadeiro está o Meridiano Magnético (Figura 3.6). A Declinação Magnética varia de local para local na superfície da Terra, em virtude das irregularidades das linhas de força do campo magnético terrestre. Ademais, enquanto os Polos Verdadeiros (ou Geográficos) são fixos, os Polos Magnéticos da Terra variam de posição. Desta forma, a Declinação Magnética de um local também varia ao longo do tempo.

Figura 3.6 – Conceito de Declinação Magnética



As Cartas Náuticas informam ao navegante, para as áreas nelas representadas, os valores da Declinação Magnética e de sua Variação Anual (Figura 3.7).

Além disso, existem cartas especiais, que apresentam as **linhas Isogônicas** (linhas que unem pontos de mesma Declinação Magnética) e **Agônicas** (linhas que unem pontos onde a Declinação Magnética é nula), como a mostrada na Figura 3.8, produzida em conjunto pela NOAA/NCEI e CIRES, publicada em 2019, podendo ser acessada no endereço: https://ngdc.noaa.gov/geomag/WMM

Figura 3.7 – Declinação Magnética e sua Variação Anual

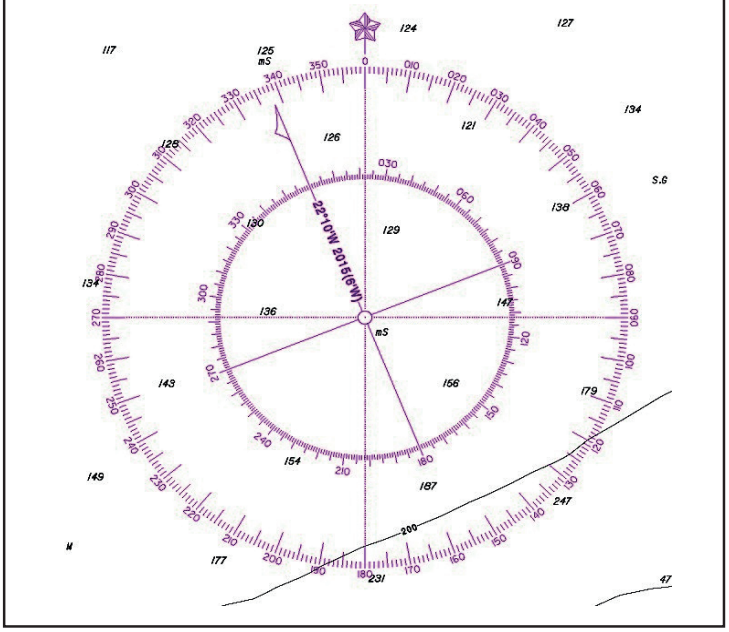
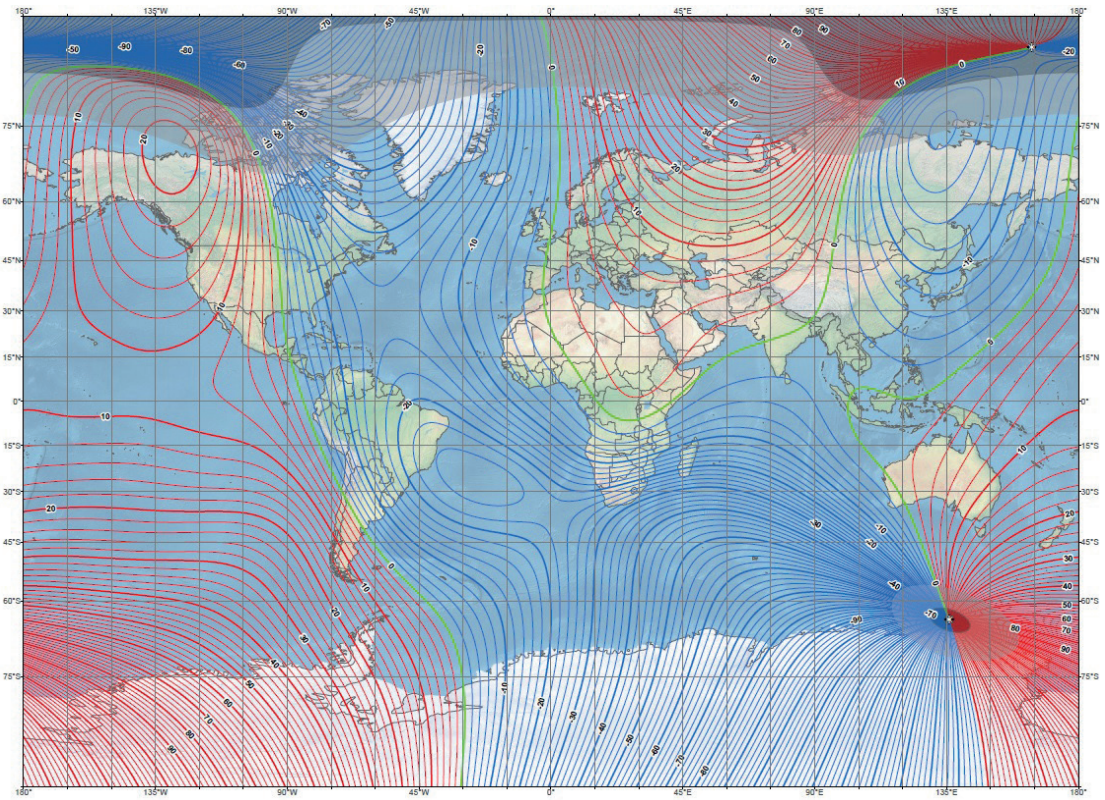


Figura 3.8 – Carta de Declinação Magnética



3.2.4 Desvio da Agulha

a. Condições que uma Agulha Magnética tradicional deve satisfazer

Uma boa agulha deve ser "sensível" e "estável". A agulha deve ser sensível, para que acuse qualquer variação da proa do navio, e deve ser estável para que indique firmemente a proa, mesmo nas guinadas rápidas, e não se desloque sob a ação do balanço, caturro, trepidação, etc. Estas duas condições, até certo ponto antagônicas, são conseguidas dando-se à agulha grande momento magnético, pequeno peso e diminuição do atrito, o que se consegue obter mais facilmente nas Agulhas Líquidas. As Agulhas Secas são muito sensíveis, mas pouco estáveis; por isso, praticamente não são usadas a bordo de navios ou embarcações.

b. Perturbações da Agulha. Desvios

Uma agulha magnética tradicional livremente suspensa, quando situada em terra, em local isento de outras influências magnéticas, permanece orientada na direção do meridiano magnético (linha de força do campo magnético terrestre). A bordo, porém, existem outros campos magnéticos, provenientes dos ferros e aços de que o navio é construído e dos equipamentos elétricos instalados.

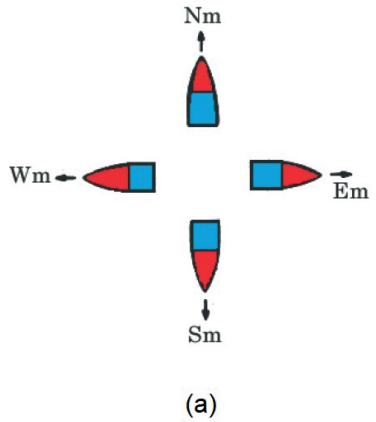
As massas de **ferro duro** (fortemente carburadas, tais como aços e ferros fundidos) adquirem, durante a construção dos navios, uma magnetização por influência do campo

magnético terrestre. Essa magnetização, acentuada durante a construção pelas vibrações e choques a que então as massas estão sujeitas, pouco se altera no futuro, evoluindo, salvo circunstâncias especiais, muito lentamente. É, assim, denominada magnetização permanente ou magnetismo permanente e depende fundamentalmente da proa em que foi construído o navio e do valor do campo magnético terrestre no local da construção (Figura 3.9a). Alterações no magnetismo permanente podem ocorrer sempre que o navio ficar muito tempo na mesma proa (como, por exemplo, durante um prolongado período de reparos), ou num local que provoque uma influência magnética bastante diferente da exercida durante a construção, ou ainda, quando o navio é sujeito a choques ou trepidações anormais.

Nas massas de **ferro doce** (não carburado), ao contrário, a magnetização induzida pelo campo terrestre é temporária e altera-se, sendo denominada magnetização induzida ou magnetismo induzido, que depende da proa do navio e do valor do campo magnético terrestre no local onde o navio se encontra, variando, assim, com o rumo e com o lugar onde se navega (Figura 3.9b).

Os efeitos provocados pelas correntes elétricas podem ser evitados desde que os equipamentos sejam afastados da agulha. Os efeitos dos ferros do navio podem ser muito atenuados pela "compensação", operação que consiste na colocação de "ímãs corretores" que criam campos magnéticos iguais e opostos aos provocados por aqueles ferros. Os corretores, ou compensadores, como também são chamados, estão instalados na bitácula e são, em geral, constituídos por ímãs permanentes, barras e esferas de ferro doce.

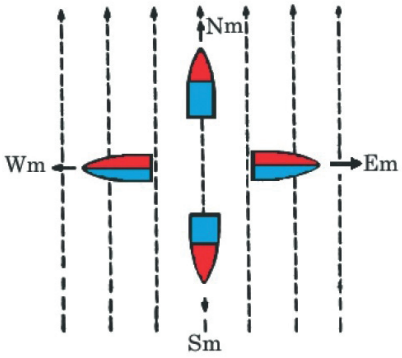
Figura 3.9 – Magnetismo Permanente e Magnetismo Induzido



(a)

MAGNETISMO PERMANENTE

Depende apenas da Proa em que foi construído e do valor do campo magnético da Terra no local da construção. A magnetização não se altera posteriormente com o Rumo do Navio.



(b)

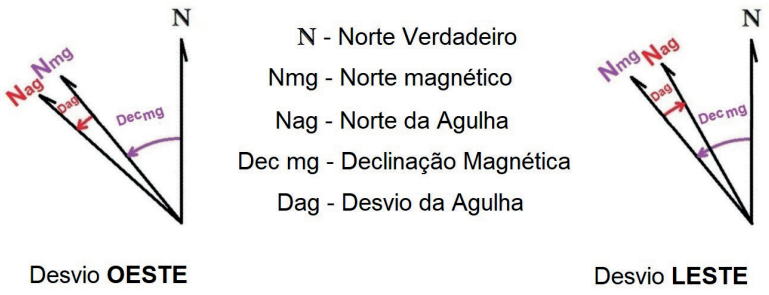
MAGNETISMO INDUZIDO

Depende da Proa do Navio e do local onde se encontra. A magnetização altera-se quase que instantaneamente com a mudança de Rumo do Navio.

Apesar da compensação da agulha ser prática corrente e obrigatória, não é, normalmente, possível anular por completo o campo magnético do navio. Nestas condições, a agulha não se orienta na direção do meridiano magnético (como sucede em terra), mas segundo uma outra direção, que se denomina "norte da agulha".

Assim, o **Desvio da Agulha** é definido como o ângulo entre o Norte Magnético e o Norte da Agulha, conforme mostrado na Figura 3.10.

Figura 3.10 – Conceito de Desvio da Agulha



O Desvio da Agulha, que depende dos ferros do navio, dos corretores instalados e, também, da orientação daqueles em relação ao campo magnético terrestre, é variável com a proa do navio.

Isto pode ser mais facilmente compreendido acompanhando-se a Figura 3.11, na qual se supõe todo o material magnético do navio concentrado em um bloco, colocado na proa (simbolizado por um quadrado na referida Figura).

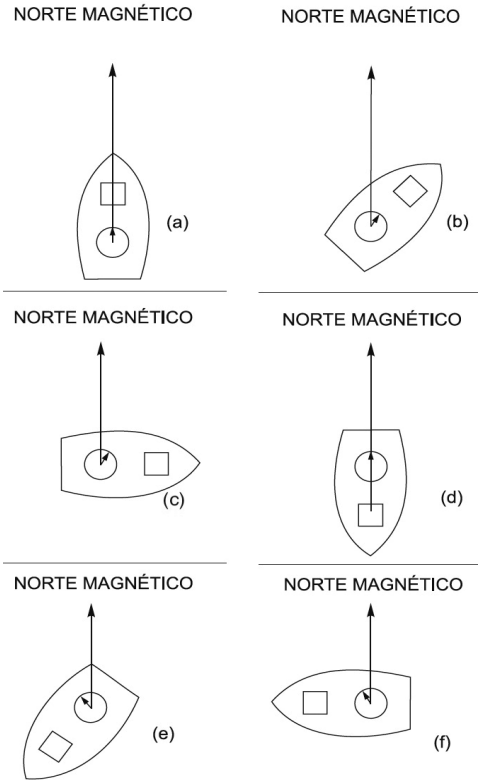
Na situação (a), o navio está aproado ao Norte Magnético (Rmg = 000º). A linha norte–sul da Agulha Magnética (representada por uma seta, no interior de um círculo, que simboliza a Rosa da Agulha) tende a orientar-se pelo meridiano magnético. Tal tendência, nessa proa, é reforçada pelo campo magnético do navio, o qual também atrai a agulha, que, assim, não apresentará desvio.

Na situação (b), com o navio no Rmg 045º, o Norte Magnético continua a atrair a linha norte–sul da Agulha, a qual, porém, passa a ser atraída também para a direção 045º mg, pelo campo magnético do navio. O resultado é que a linha norte–sul da Agulha não se orientará exatamente para o meridiano magnético, surgindo daí um pequeno Desvio da Agulha (Dag) para leste (E).

Na situação (c), com o navio no Rmg 090º, pelas mesmas razões o Desvio da Agulha para a direção leste aumenta, alcançando o valor máximo.

Em (d), com o navio no Rmg 180º, o Desvio da Agulha volta a ser nulo, embora a força de orientação

Figura 3.11 – Desvio da Agulha



da Agulha se reduza, pelo fato de a atração do campo magnético terrestre e a do campo magnético do navio serem exatamente opostas.

Nas situações (e) e (f), por razões semelhantes às já explicadas, surge um Desvio da Agulha para a direção oeste (W), que alcança o valor máximo em (f), com o navio no Rmg 270º.

Embora de uma forma bastante simplificada (principalmente porque o magnetismo do navio nunca está concentrado em um único ponto), a figura 3.11 demonstra que os Desvios da Agulha (Dag) variam com a direção da proa do navio, isto é, com o seu rumo.

Os desvios são fornecidos para cada Agulha e para cada navio, em função da proa, por uma **CURVA DE DESVIOS** e uma **TABELA DE DESVIOS**, cuja maneira de elaborar será indicada adiante.

c. Fatores que podem Alterar os Desvios da Agulha:

- Deslocamento ou alteração dos ferros de bordo;
- Alteração dos corretores ("ímãs compensadores");
- Colocação ou supressão de equipamentos elétricos nas proximidades da agulha;
- Ferros deixados acidentalmente perto da agulha ou chaves, canivetes, etc. usados pelo pessoal que trabalha junto da agulha;
- Atrito exagerado entre o estilete e o conjunto flutuador–Rosa;
- Trovoadas, quedas de raios, tempestades magnéticas;
- Proximidade de terra cujo solo contenha material magnético;
- Proximidade de outros navios;
- Aumento da temperatura dos ferros a bordo, especialmente da chaminé; e
- Choques violentos devidos a abalroamento, encalhe, tiros de artilharia, etc.

d. Compensação da Agulha Magnética

A operação de compensação da Agulha visa anular ou reduzir as influências dos ferros de bordo, anulando ou, mais comumente, reduzindo os Desvios, que passam a ser chamados Desvios Residuais (após a compensação).

Quando um novo navio é incorporado, o Desvio da Agulha Magnética, em qualquer proa, não deve ser superior a 3º. Após essa primeira compensação, a Agulha Magnética deve ser compensada a cada dois anos, no máximo, sendo que, a partir dessa segunda compensação, e assim em diante, o Desvio em qualquer proa não deverá exceder de 5º. O procedimento para compensação está detalhado no Apêndice a este Capítulo.

Na Marinha Mercante, a atividade de compensação das Agulhas Magnéticas e emissão dos respectivos Certificados é fiscalizada pela Diretoria de Portos e Costas (DPC). Conforme normatizado pela DPC, a compensação deve ser realizada por um Perito em Compensação de Agulhas Magnéticas, que tenha sido habilitado pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) para realizar este serviço.

e. Tabela e Curva de Desvios

Depois de compensada a Agulha Magnética, deve ser feita uma verificação dos Desvios Residuais e preenchida uma Tabela e Curva de Desvios. Estes dados são, então, transcritos no Certificado de Compensação da Agulha (modelo DHN - 0108), documento obrigatório a bordo dos navios e embarcações (Figura 3.12).

Figura 3.12 – Certificado de Compensação da Agulha Magnética

CERTIFICADO DE COMPENSAÇÃO DE AGULHA MAGNÉTICA

NAVIO GUARÁ AGULHA ☐ Padrão ☒ Governo

marca RITCHIE
modelo ES-1
número -

DATA: 12/07/1990

LOCAL RJ

Degaussing ☐ ligado ☒ desligado

Diâmetro 15 cm Rosa, 19 cm Cuba

EXAME EFETUADO NA AGULHA

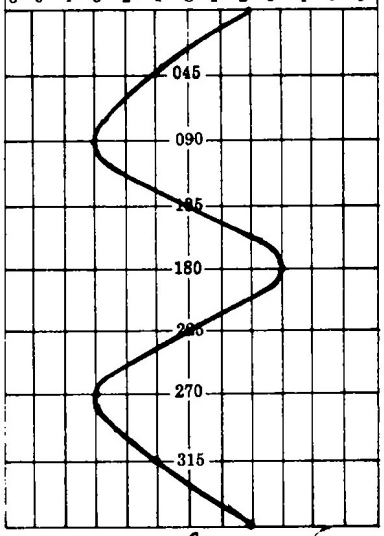
MÉTODO UTILIZADO
- ☐ Comparação com a Giro
- ☐ Azimute do Sol
- ☒ Alinhamentos
- ☐ Defletor

	SIM	NÃO
ESFERA DE BARLOW	X	
BARRA DE FLINDERS	X	
EXCENTRICIDADE		X
SENSIBILIDADE	X	
ESTABILIDADE	X	

TABELA DE DESVIOS

Rag<Rmg	Desvio E	Rmg	Desvio W	Rag>Rmg
		000	2°	
	1°	045		
	3°	090		
		135	0°	
		180	3°	
		225	0°	
	3°	270		
	1°	315		

CURVA DE DESVIOS



COMANDANTE

OFICIAL QUE COMPENSOU

DHN-0108

f. Métodos para determinação dos Desvios da Agulha e preparo da Tabela e da Curva de Desvios

A operação de determinação dos Desvios é denominada de "Regulamento da Agulha" ou "Calibragem da Agulha". Quando se conhecem perfeitamente os Desvios de uma Agulha, diz-se que ela está regulada ou calibrada. Os métodos mais frequentemente utilizados para determinação dos Desvios e preparo da Tabela e da Curva de Desvios são:

1. comparação com a Agulha Giroscópica;

2. alinhamentos;

3. marcação de um ponto distante; e

4. azimutes de astros.

Qualquer que seja o método utilizado, ao proceder à determinação dos Desvios, o navio deve estar compassado e nas condições normais de navegação. As observações efetuam-se em proas equidistantes (15º, 30º ou 45º), geralmente no decorrer de giros completos do navio. Os Desvios devem ser determinados com a precisão de 0,5º. Nas Tabelas de Desvios, porém, serão registrados apenas com a precisão de grau inteiro.

Os seguintes cuidados devem ser observados na operação de determinação dos Desvios da Agulha:

1. verificar se os ferros de bordo estão em suas posições usuais e se os circuitos elétricos da aparelhagem do Passadiço encontram-se em suas condições normais de operação;

2. se o navio possuir *Degaussing* (circuito de desmagnetização) deverão ser feitas duas determinações de Desvios e preparadas duas Tabelas e Curvas de Desvios, uma com o *Degaussing* ligado e outra com o *Degaussing* desligado;

3. o navio deverá permanecer 3 a 4 minutos em cada proa escolhida, antes da determinação dos Desvios (a fim de que o magnetismo induzido produza seus efeitos);

4. durante a operação de determinação dos Desvios, as guinadas devem ser feitas vagarosamente (com pouco ângulo de leme); e

5. após a determinação, devem ser construídas a Tabelas e a Curva de Desvios, das quais uma cópia deve ser fixada junto à Agulha para consulta imediata, quando da adoção de rumos e tomada de marcações.

g. Determinação dos Desvios por comparação com a Agulha Giroscópica

É o procedimento corrente utilizado nos navios para determinação dos Desvios, especialmente das Agulhas de Governo, cuja situação a bordo geralmente não permite a obtenção de marcações ou a observação de alinhamento.

É indispensável verificar, antes do início das comparações, se a Agulha Giroscópica apresenta Desvio (Desvio da Giro – Dgi), conforme será adiante explicado. Se houver Dgi, este deverá ser considerado. Além disso, depois de terminar as comparações, deve ser novamente verificado o Desvio da Giro.

Durante a determinação dos Desvios, em cada um dos Rumos da Giro correspondentes aos Rumos Magnéticos equidistantes escolhidos, anota-se o Rumo da Agulha e obtém-se o Desvio.

Exemplo:

1. Preparar uma Tabela da Rumos da Giro (Rgi) para determinação dos Desvios da Agulha, em Rumos Magnéticos (Rmg) equidistantes de 45º, sabendo-se que o valor da Declinação Magnética é Dec mg = 20ºW e que a Agulha Giroscópica não apresenta Desvio (Dgi = 0º).

Solução:

R mg	Dec mg	R gi
000º	20º W	340º
045º	20º W	025º
090º	20º W	070º
135º	20º W	115º
180º	20º W	160º
225º	20º W	205º
270º	20º W	250º
315º	20º W	295º

2. Durante a determinação dos Desvios da Agulha Magnética por comparação com a Agulha Giroscópica foram anotadas as seguintes proas:

AGULHA GIROSCÓPICA	AGULHA MAGNÉTICA
R gi = 340º	R ag = 002º
R gi = 025º	R ag = 044º
R gi = 070º	R ag = 087º
R gi = 115º	R ag = 135º
R gi = 160º	R ag = 183º
R gi = 205º	R ag = 225º
R gi = 250º	R ag = 267º
R gi = 295º	R ag = 314º

Calcular os Desvios da Agulha (D ag) para os Rumos Magnéticos escolhidos.

Solução:

R mg	R ag	D ag
000º	002º	2º W
045º	044º	1º E
090º	087º	3º E
135º	135º	0o
180º	183º	3º W
225º	225º	0o
270º	267º	3º E
315º	314º	1º E

h. Determinação dos Desvios por Alinhamentos

Nas Agulhas Magnéticas em que é possível tomar marcações (através do uso de um círculo azimutal ou alidade), basta apenas dispor de um alinhamento, que deve ser bem visível e definido e estar representado na Carta Náutica.

Obtém-se da carta o valor da Marcação Verdadeira (Mv) do alinhamento e, considerando a Declinação Magnética para o local e ano, transforma-se a Mv em Marcação Magnética.

Durante a determinação dos Desvios, faz-se o navio cruzar o alinhamento nas diferentes proas da agulha selecionadas (equidistantes de 15º, 30º ou 45º) e observam-se as Marcações da Agulha (Mag) no instante em que os objetos que constituem o alinhamento estão exatamente enfiados.

Os Desvios da Agulha (Dag) nas várias proas são obtidos pela comparação entre a Marcação Magnética (Mmg) do alinhamento e as Marcações da Agulha (Mag) registradas.

Quando não for possível observar marcações com a Agulha Magnética (como ocorre, normalmente, nos veleiros, iates e demais embarcações que utilizam bússolas de antepara, do tipo "bolha" ou de teto), serão necessários vários alinhamentos para determinação dos Desvios. Nestas condições, o ideal é dispor de alinhamentos cujos valores sejam próximos de:

- NORTE–SUL MAGNÉTICO;
- LESTE–OESTE MAGNÉTICO; ou
- RUMO QUADRANTAL (NE–SW MAGNÉTICO; NW–SE MAGNÉTICO).

Para determinar os Desvios da Agulha e organizar a Tabela e a Curva de Desvios, o navio deve governar rigorosamente nos alinhamentos e, então, comparar a leitura do Rumo da Agulha com a Direção Magnética do alinhamento (obtida utilizando-se as informações da Carta Náutica da região). As diferenças constituem os Desvios. Seus valores para os diversos rumos permitem preparar a Tabela e traçar a Curva de Desvios da Agulha.

i. Determinação dos Desvios por marcação de um ponto distante

Este método pode ser utilizado quando é possível observar marcações com a Agulha Magnética da qual se quer obter os Desvios (através do uso de um círculo azimutal ou alidade).

O ideal é que o navio esteja amarrado à boia ou fundeado e se conheça exatamente a sua posição (obtida por outros meios, como, por exemplo, por segmentos capazes ou pelo radar).

O objeto escolhido deve:

- Ser bem visível e definido;
- Estar representado na Carta; e
- Estar suficientemente afastado para que sua marcação possa ser considerada constante durante a operação de determinação dos Desvios (a distância mínima navio–objeto deve ser de 6 milhas, o que permitirá que o navio faça um giro de cerca de 100 metros de raio com a marcação do objeto variando menos de 0,5º).

A Marcação Magnética (Mmg) do objeto escolhido é obtida da seguinte maneira: a partir da posição conhecida do navio, determina-se, na Carta, a Marcação Verdadeira para o objeto, que se converte em Marcação Magnética, utilizando-se o valor da Declinação Magnética apresentado na Carta (corrigido para o ano, se for o caso). Durante a determinação dos Desvios, o navio gira em torno da bóia ou sobre o ferro e marca o objeto escolhido em cada uma das proas da agulha selecionada (equidistantes de 15º, 30º ou 45º). Os Desvios são obtidos por comparação das Marcações da Agulha (Mag) com a Marcação Magnética (Mmg) do objeto.

j. Determinação dos Desvios por Azimutes de Astros

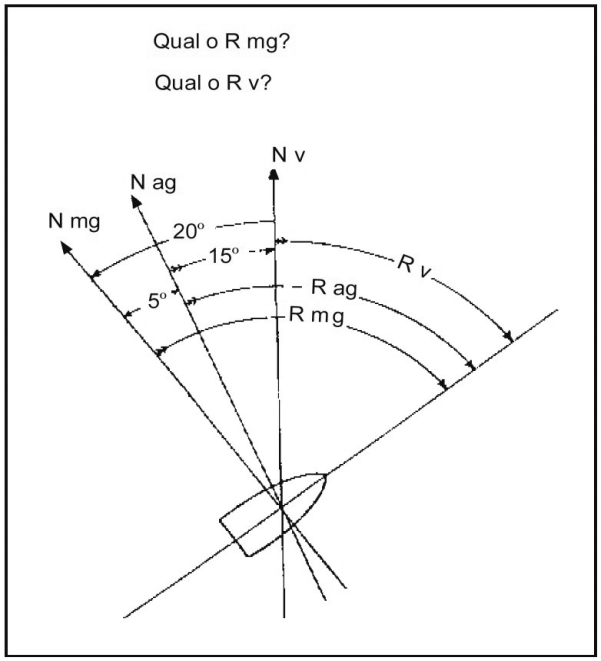
É um procedimento típico de Navegação Astronômica e será explicado posteriormente, no Capítulo 31 (VOLUME II).

3.2.5 Conversão de Rumos e Marcações

Quando da necessidade de conversão de Rumos e Marcações, é importante recordar sempre que:

- só se traçam na Carta Marcações e Rumos Verdadeiros;
- o valor da Declinação Magnética (para o local e ano) deve ser obtido da Carta Náutica da região;
- os Desvios da Agulha variam em função do rumo do navio e devem ser obtidos da Curva de Desvios da Agulha; e
- nas situações de conversão de Rumos e Marcações, os valores da Declinação Magnética, do Desvio da Agulha, dos Rumos e das Marcações devem ser aproximados a 0,5º (meio grau).

Figura 3.13 – Conversão de Rumos



A solução da conversão de Rumos e Marcações fica muito facilitada se for traçado, para cada caso, o diagrama correspondente ("calunga"), como ilustrado na Figura 3.13, que resolve a seguinte questão, como exemplo:

Em um local onde o valor da Declinação Magnética (Dec mg) é 20ºW, o navio governa no Rumo da Agulha (Rag) 085º. Sabendo-se que, para esta proa, o valor do Desvio da Agulha (Dag) é de 5º E, determinar o Rumo Magnético (Rmg) e o Rumo Verdadeiro (Rv).

Solução:

Rag = 085º

Rmg = Rag Dag = 085º + 5º (E) ∴
Rmg = 090º

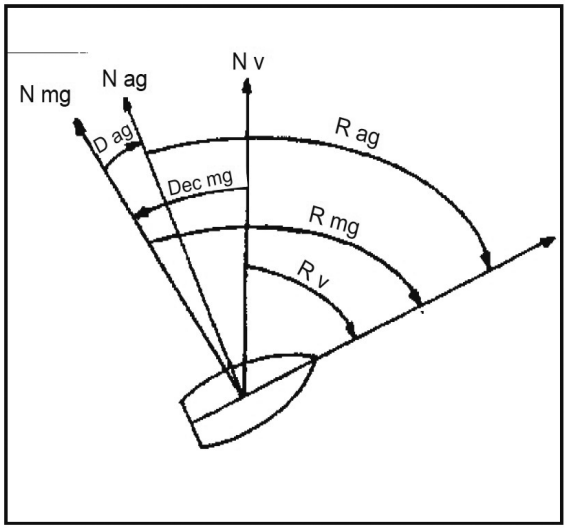
Rv = Rmg Dec mag = 090º - 20º (W) ∴
Rv = 070º

a. Conversão de Rumos

Para a solução dos exemplos a seguir, deve-se utilizar a Tabela e a Curva de Desvios contidas na Figura 3.12:

1. Em um local onde o valor da Declinação Magnética (Dec mg) é 15º W, o Rumo Verdadeiro para navegar entre dois pontos é 075º. Qual será o Rumo da Agulha correspondente?

Figura 3.14 – Conversão de Rumos



Solução:

Acompanhar a solução pela Figura 3.14.

a) Rv = 075º e Dec mag = 15º W

Rmg = Rv Dec mag = 075º + 15º (W) ∴

R mg = 090º

b) da Figura 3.12 tem-se Dag = 3º E

Rag = Rmg ± Dag = 090º - 3º (E) ∴

Rag = 087º

2. Em 2021, um veleiro navegando nas proximidades da costa do Rio de Janeiro governa no Rumo da Agulha (Rag) 160º. Sabe-se, pela carta náutica da área (Figura 3.7) que a Declinação Magnética é de 22º 10' W (2015) e a variação anual é de 6' W. Qual o Rumo Magnético (Rmg) correspondente? Qual o Rumo Verdadeiro (Rv) correspondente?

Solução:

a) entrando-se na Curva de Desvios (Figura 3.12) com o Rumo da Agulha (Rag) = 160º (como se fosse o Rumo Magnético), obtém-se Dag = 2ºW.

Rmg = Rag ± Dag = 160º - 2º (W) = 158º → **Rmg = 158º**

b) como obtido na carta, a Dec mg é 22º 10' W (2015) e a variação anual é 6' W.

O incremento anual de 2015 para 2021 é de 6 anos, onde tem-se: 6 (anos) x 6' W = 36' W.

Assim, a Dec mag em 2021 é:

Dec mag (2015) ± incremento (6 anos) = 22º 10' W + 36' W = 22º 46' W = 22,8º W 23º W
c) o Rv é igual a Rmg ± Dec mag (2021)
Rv = 158º - 23º (W) = 135º → **Rv = 135º**

3. Um navegante, em 2021, deseja partir das proximidades da costa do Rio de Janeiro e governar exatamente no Rumo Sul Magnético (180º mg). Qual o valor do Rumo Verdadeiro correspondente? Qual o valor do Desvio da Agulha? Qual o valor do Rumo da Agulha correspondente?

Solução:

a) o valor da Declinação Magnética, em 2021, das proximidades da costa do Rio de Janeiro foi obtido no exemplo anterior: Dec mg (2021) = 23º W.

b) Rv = Rmg ± Dec mg = 180º - 23º (W) = 157º → **Rv = 157º**

c) o valor do Dag é obtido a partir da Curva de Desvios (Figura 3.12), onde tem-se, para o Rmg igual a 180º, o valor de 3º W → **Dag = 3º W**

d) Rag = Rmg ± Dag = 180º + 3º W = 183º → **Rag = 183º**

4. Um navegante, em 2021, deseja governar do farol da Ilha Rasa para o farol de Maricás, ambos localizados nas proximidades da costa do Rio de Janeiro, e obtém na Carta Náutica o Rumo Verdadeiro entre os dois pontos: Rv = 078º. Qual o Rumo Magnético (Rmg) correspondente? Qual o valor do Desvio da Agulha (Dag) para essa proa? Qual o valor do Rumo da Agulha (Rag) em que se deve governar?

Solução:

a) o valor da Declinação Magnética, em 2021, das proximidades da costa do Rio de Janeiro foi obtido em exemplo anterior: Dec mg (2021) = 23º W.

b) Rmg = Rv ± Dec mg = 078º + 23º (W) = 101º → **Rmg = 101º**

c) o valor do Dag é obtido a partir da Curva de Desvios (Figura 3.12), onde tem-se, para o Rmg igual a 101º, o valor de 2,5º E → **Dag = 2,5º E**

d) Rag = Rmg ± Dag = 101º - 2,5º (E) = 98,5º → **Rag = 98,5º**

b. Conversão de Marcações observadas com a Agulha Magnética

Para conversão de Marcações da Agulha em Marcações Verdadeiras, é necessário conhecer o Rumo do navio, pois o Desvio da Agulha depende do Rumo Magnético.

É importante recordar que, para encontrar o Desvio da Agulha, deve-se usar como argumento de entrada na Curva de Desvios o Rumo e não as Marcações observadas.

Uma vez obtido o Desvio da Agulha para um determinado Rumo, este desvio pode ser aplicado para todas as Marcações da Agulha observadas enquanto o navio permanecer no mesmo rumo.

Quando o navio mudar de Rumo, um novo valor para o Desvio deve ser determinado.

Exemplos:

1. Uma embarcação, navegando nas proximidades da costa do Rio de Janeiro, em 2021, no Rumo da Agulha (Rag) 110º, marca o farol da Ilha Rasa na Marcação da Agulha (Mag) 327º. Qual o Desvio da Agulha a ser empregado na Conversão da Marcação? Qual a Marcação Magnética (Mmg) correspondente? Qual o valor da Declinação Magnética a ser utilizado no cálculo? Qual a Marcação Verdadeira (Mv) a ser traçada na carta? Qual o Rumo Verdadeiro (Rv) da embarcação?

Solução:

a) o valor do Dag é obtido a partir da Curva de Desvios (Figura 3.12), onde tem-se, para o Rmg igual a 110º, o valor de 2º E → **Dag = 2º E**

b) Mmg = Mag ± Dag = 327º + 2o (E) = 329º → **Mmg = 329º**

c) o valor da Declinação Magnética, em 2021, das proximidades da costa do Rio de Janeiro foi obtido em exemplo do item anterior: **Dec mg (2021) = 23º W**

d) Mv = Mmg ± Dec mg = 329º - 23º (W) = 306o → **Mv = 306o**

e) Rv = Rag ± Dec mg ± Dag = 110º - 23º (W) + 2º (E) = 89º → **Rv = 89º**

2. A Marcação Verdadeira do farol de Maricás é 075º. Considerando-se que a embarcação está no Rumo da Agulha (Rag) 180º, em 2021, qual a Marcação Magnética (Mmg) correspondente? Qual o Desvio da Agulha (Dag) a ser considerado? Qual é a Marcação da Agulha (Mag) correspondente? Qual o Rumo Verdadeiro (Rv) em que navega a embarcação?

Solução:

a) considerando-se que o valor da Declinação Magnética, em 2021, nas proximidades da costa do Rio de Janeiro, é 23º W, então: Mmg = Mv ± Dec mg = 075º + 23º (W) = 098º → **Mmg = 098º**

b) o valor do Dag é obtido a partir da Curva de Desvios (Figura 3.12), onde tem-se, para o Rag igual a 180º, o valor de 3º W → **Dag = 3º W**

c) Mag = Mmg ± Dag = 098º + 3o (W) = 101º → **Mag = 101º**

d) Rv = Rag ± Dec mg ± Dag = 180o - 23o (W) - 3º (W) = 154º → **Rv = 154º**

3. Um veleiro, navegando do Rio de Janeiro para Cabo Frio, em 10/01/2021, às 0940, no Rumo da Agulha (Rag) 110º, obtém as seguintes Marcações da Agulha:

- Farol da Ponta Negra: Mag = 072º; e
- Farol de Maricás: Mag = 345º

Qual o Rumo Verdadeiro da embarcação? Qual a Marcação Verdadeira do farol Ponta Negra? Qual a Marcação Verdadeira do farol Maricás?

Solução:

a) o valor do Dag é obtido a partir da Curva de Desvios (Figura 3.12), onde tem-se, para o Rag igual a 110º, o valor de 2º E.

b) o valor da Declinação Magnética, em 2021, nas proximidades da costa do Rio de Janeiro, é 23º W.

c) Rv = Rag ± Dec mg ± Dag = 110º - 23º (W) + 2º (E) = 89º → **Rv = 89º**

d) Mv (Farol da Ponta Negra) = Mag ± Dec mg ± Dag = 072º - 23º (W) + 2º (E) = 51º → **Mv = 51º**

e) Mv (Farol de Maricás) = Mag ± Dec mg ± Dag = 345º - 23º (W) + 2º (E) = 324º → **Mv = 324º**

3.2.6 Registro das Agulhas Magnéticas

Para registro de todos os elementos sobre as Agulhas Magnéticas do navio, a DHN publica o "Livro das Agulhas Magnéticas" (DN-12), onde devem ser escriturados os dados de placa das Agulhas (fabricante, modelo, número de série, diâmetro da Rosa e da cuba, etc.) e as informações sobre exames, reparos e compensações das Agulhas de bordo. O Certificado de Compensação da Agulha deve ficar arquivado nesse livro, com cópia fixada à bitácula da Agulha.

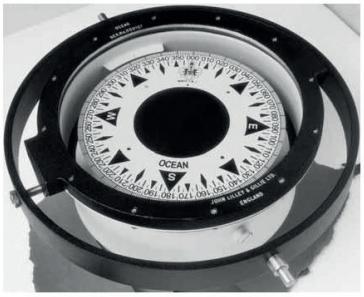
Ademais, em viagem, os Desvios das Agulhas devem ser periodicamente determinados (normalmente de hora em hora, por comparações com a Giro) e os resultados lançados no "Livro das Agulhas Magnéticas".

3.2.7 Agulhas Magnéticas de Bordo

Conforme mencionado, os navios usualmente possuem instaladas duas Agulhas Magnéticas: a Agulha de Governo, no Passadiço, e a Agulha Padrão, em um local mais livre de influências magnéticas (em geral, o Tijupá). A Agulha de Governo e a Agulha Padrão são, normalmente, do tipo mostrado na Figura 3.15a, sendo montadas em bitáculas semelhantes à apresentada na Figura 3.15b. Alguns navios têm a Agulha Magnética do tipo *fluxgate compass*, que será tratada adiante.

Em navios menores, por restrições de espaço no Passadiço, às vezes usa-se uma Agulha de Teto, na qual a Rosa é vista por baixo, através de um sistema ótico. Outros navios têm apenas uma Agulha Magnética no Tijupá e, para que ela possa ser lida da posição de governo no Passadiço, é instalado um periscópio.

Figura 3.15 – Agulha Magnética e Bitácula



(a)



(b)

Além destas, existem também a bordo Agulhas Magnéticas para as embarcações miúdas do navio (Figura 3.16a), que são geralmente portáteis.

Figura 3.16 – Agulha Magnética portátil e esférica (de "bolha")



(a)



(b)

Ademais, veleiros, lanchas e outras embarcações vêm usando cada vez mais as agulhas esféricas, ou de "bolha", que podem ser montadas horizontalmente, com braçadeira, ou embutidas na antepara (Figura 3.16b). Estas bússolas oferecem diversas vantagens em comparação com as agulhas convencionais, de Rosa plana. As agulhas esféricas têm suspensão interna e o ponto de apoio da Rosa está situado no centro da esfera, assegurando máxima estabilidade da bússola em todas as condições de caturro e balanço. Além disto, o domo esférico transparente atua como uma poderosa lente de aumento, ampliando bastante o tamanho aparente da Rosa graduada na área da linha-de-fé.

Quando montada com calços capazes de absorver choques, uma agulha esférica funciona muito bem em lanchas de alta velocidade, mesmo com vibrações e trepidações contínuas, em mar picado. O fluido utilizado nessas agulhas é um destilado fino de petróleo, semelhante ao varsol.

Outro tipo de Agulha Magnética é a agulha de mão, utilizada para tomar marcações, como algumas apresentadas na Figura 3.17. Como visto, a Agulha de Governo, por sua posição a bordo, normalmente não permite a observação de marcações. Além disto, se for uma agulha esférica, ela não possibilitará a utilização de um círculo azimutal ou alidade para obtenção de marcação.

Figura 3.17 – Exemplos de Agulhas Magnéticas de mão



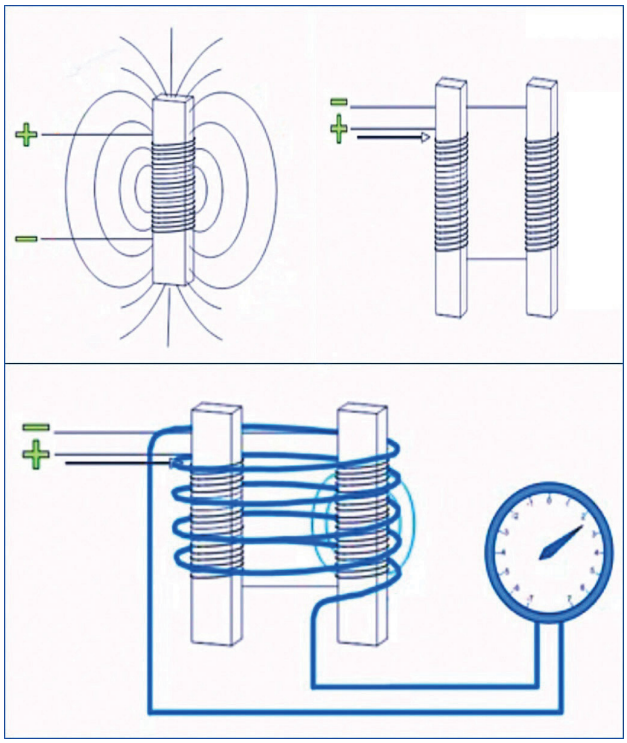
3.2.8 Bússolas de Fluxo Magnético

Uma das limitações das Agulhas Magnéticas, mencionada anteriormente, consiste na dificuldade de transmissão de seus sinais para outros utilizadores. Esta limitação foi superada com o desenvolvimento da bússola de fluxo magnético (*fluxgate compass*).

Os sensores do tipo *fluxgate* datam do final da década de 1930, porém seu desenvolvimento se deu durante o período da Segunda Guerra Mundial com sua utilização como detectores de submarinos.

O princípio do funcionamento das Bússolas de Fluxo Magnético pode ser descrito da seguinte forma (Figura 3.18):

Figura 3.18 - Bússola de Fluxo Magnético (*fluxgate compass*)



a) uma bobina de excitação, enrolada sobre o núcleo de material ferromagnético (na Figura 3.18 representado por duas barras) é alimentada com tensão alternada. Em cada uma das barras que constituem o núcleo são criados campos magnéticos que alternam suas polaridades com a mesma frequência de excitação e, uma vez que têm orientações opostas, cancelam-se. Em cada ciclo de excitação, o núcleo é levado à saturação magnética em uma e, posteriormente, noutra polaridade;

b) o núcleo, até atingir a saturação, isto é, alcançar o máximo de sua capacidade em se magnetizar, carreia o fluxo magnético gerado pela bobina e o eventual fluxo magnético externo (daí o nome portal de fluxo ou *fluxgate*); e

c) outra bobina (bobina de detecção), enrolada sobre o núcleo como um todo, traduz em oscilações de tensão as variações de campo magnético surgidas da excitação. Assim, as flutuações de tensão que não forem devido às variações do campo magnético induzido serão proporcionais à componente do campo externo naquela direção. O acréscimo de outros núcleos, colocados de forma ortogonal entre si, possibilita a detecção das demais componentes do campo magnético terrestre.

A apresentação das leituras das Bússolas de Fluxo Magnético é digital ou feita em um "mostrador analógico", eletronicamente reproduzido (Figura 3.19). As Agulhas de Fluxo Magnético são muito precisas (0.5°) e, além disso, o seu sinal digitalizado pode ser facilmente transmitido para outros equipamentos e sistemas (e.g. radar, Piloto Automático e ECDIS) ou para indicadores remotos (repetidoras).

Figura 3.19 – Bússola de Fluxo Magnético (mostradores analógico e digital)



"analógico" *"digital"*

Em contraste com os procedimentos envolvidos na compensação das Agulhas Magnéticas tradicionais, a Bússola de Fluxo Magnético demanda um procedimento bastante simples. De modo resumido, deve-se inicializar o equipamento no modo de auto compensação e efetuar dois giros completos com o navio, no sentido horário ou anti-horário.

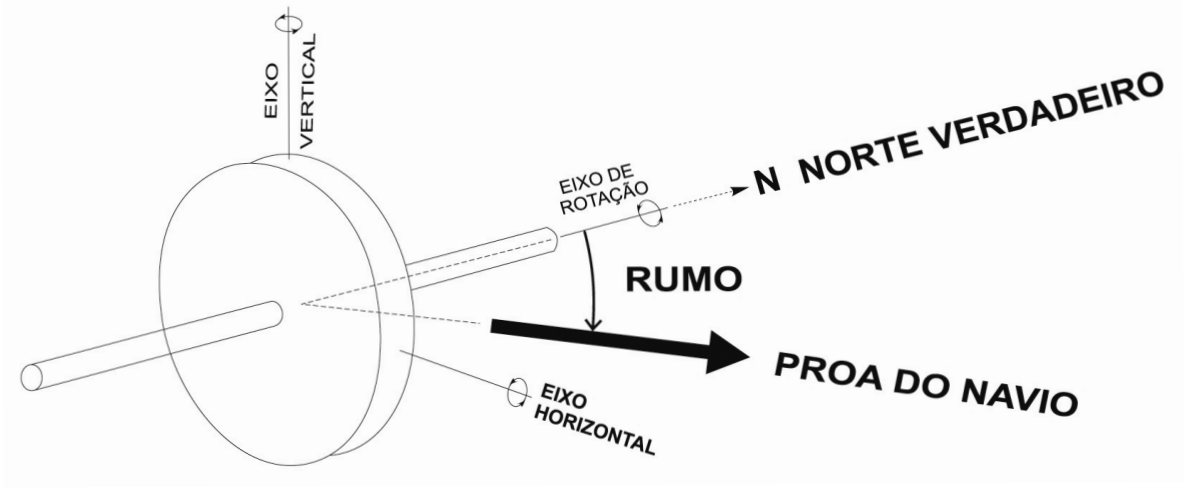
3.3 AGULHA GIROSCÓPICA

3.3.1 Introdução

Por muitos séculos, a Agulha Magnética foi o único instrumento disponível para determinação de direções (rumos e marcações, ou azimutes) no mar. Na busca de um equipamento que indicasse o Norte Verdadeiro em vez do Norte Magnético, a Agulha Giroscópica foi desenvolvida nas primeiras décadas do século XX. Avanços paralelos foram feitos nos Estados Unidos e na Europa, sendo que os norte-americanos desenvolveram uma Agulha Giroscópica tendo como base um único giroscópio, enquanto que os alemães utilizaram giroscópios múltiplos nas suas primeiras agulhas.

A Agulha Giroscópica é, essencialmente, um giroscópio "busca-meridiano", cujo eixo de rotação permanece alinhado com os meridianos terrestres, sendo capaz de oscilar em torno de seu eixo vertical (eixo de precessão ou eixo de indicação de azimute) e de medir o ângulo entre a proa do navio e o eixo de rotação do giroscópio, isto é, o Rumo Verdadeiro do navio (Figura 3.20).

Figura 3.20 – Fundamento da Agulha Giroscópica



As Agulhas Giroscópicas são utilizadas a bordo, não apenas como referência para obtenção de rumos e marcações (para governo e observação de Linhas de Posição para navegação), mas também para prover dados de direção para Sistemas de Armas e Sistemas Integrados de Navegação.

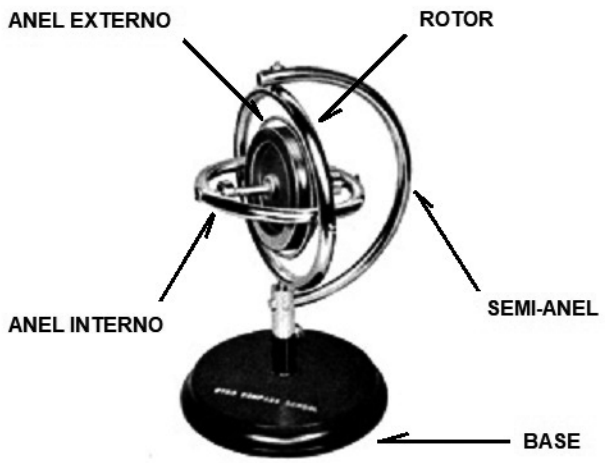
Os princípios dos quais depende a operação das Agulhas Giroscópicas são brevemente explicados neste Capítulo, apenas para capacitar o navegante a entender o conceito básico

deste tipo de agulha e, ainda mais importante, habilitá-lo a compreender os limites de precisão das Agulhas Giroscópicas e as fontes de erro inerentes ao giroscópio, quando usado como agulha a bordo de navios.

3.3.2 Giroscópio Básico

Um giroscópio básico, cujas partes principais estão mostradas na Figura 3.21, consiste de um rotor (volante ou toro) perfeitamente balanceado, livre para girar em torno de três eixos perpendiculares entre si, que se interceptam no seu centro de gravidade.

Figura 3.21 – Giroscópios e suas Partes Principais

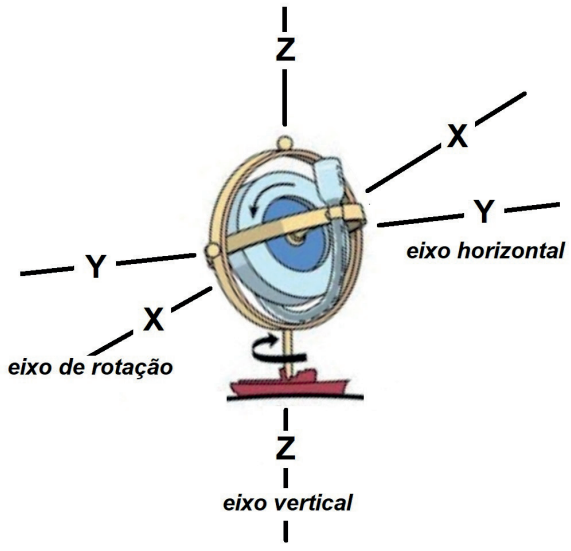


Diz-se, assim, que o giroscópio tem **três graus de liberdade**, constituídos pela possibilidade de girar em torno dos três eixos (Figura 3.22), denominados respectivamente de:

- eixo de rotação;
- eixo horizontal (ou eixo de torque); e
- eixo vertical (ou eixo de precessão).

O eixo do rotor possui rolamentos praticamente livres de atrito, que lhe permitem girar com completa liberdade em torno do **eixo de rotação** X–X. O anel interno é montado com rolamentos no anel externo, de modo que tenha completa liberdade de movimento em torno do **eixo horizontal** Y–Y. O anel externo, por sua vez, é montado no semi-anel, sendo provido de rolamentos que lhe permitem girar em torno do **eixo vertical** Z–Z.

Figura 3.22 – Graus de Liberdade do Giroscópio

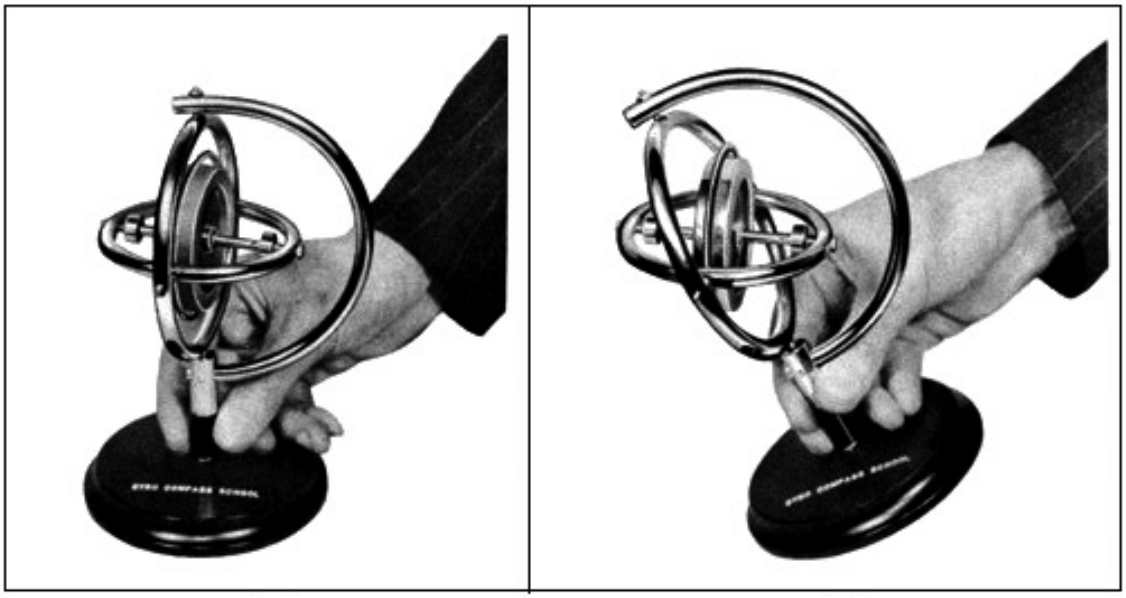


Quando o rotor gira em alta velocidade, o giroscópio desenvolve duas propriedades que não apresenta enquanto o rotor está em repouso. Estas duas propriedades são conhecidas como inércia giroscópica (ou rigidez no espaço) e precessão.

A **inércia giroscópica** faz com que o rotor tenda a conservar sua direção no espaço, por mais variados que sejam os movimentos impostos à sua base. Em outras palavras, a inércia giroscópica (ou rigidez no espaço) é a propriedade que o giroscópio livre tem em manter seu eixo apontado sempre para um mesmo ponto no espaço, a despeito dos movimentos de

sua base. Na Figura 3.23a, o eixo de rotação está horizontalizado e apontando em uma determinada direção. Na Figura 3.23b, inclinou-se a base do giroscópio, mas o eixo continua apontando na mesma direção e na horizontal.

Figura 3.23 – Inércia Giroscópica

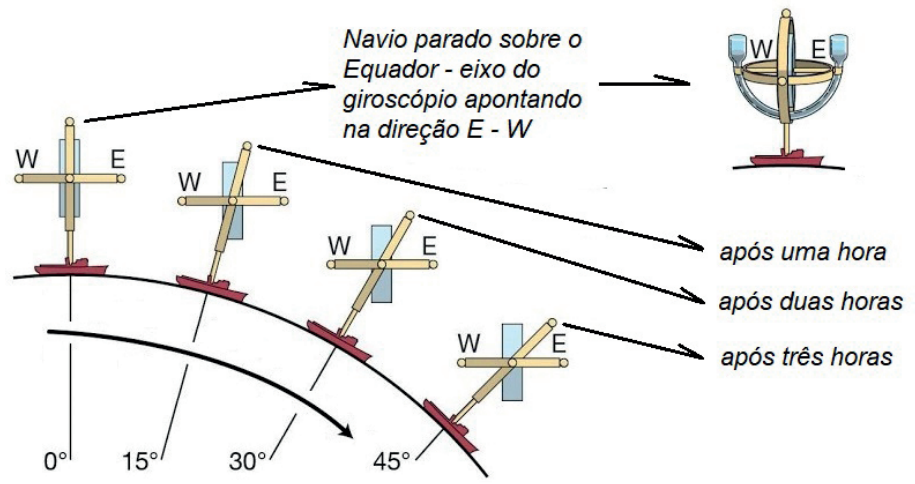


Os dois principais fatores que afetam a inércia giroscópica são o peso do rotor e a velocidade de rotação. Quanto maior a velocidade de rotação e o peso do rotor, maior será a inércia giroscópica (ou rigidez no espaço). Em virtude disto, o rotor do giroscópio tem, geralmente, a forma de uma roda, com a maioria do peso concentrada próximo das bordas. Este formato proporciona uma boa distribuição de peso para a operação do rotor em alta velocidade, o que resulta em uma inércia giroscópica elevada.

A Figura 3.24 fornece outra ilustração da inércia giroscópica: não importa de que maneira a base é movimentada, o rotor do giroscópio mantém-se fixo no espaço. Mesmo que a base dê um giro completo, o eixo de rotação manterá sua direção com relação a um determinado ponto no espaço.

À medida que a Terra gira e o eixo de rotação do giroscópio permanece fixo, apontando para um determinado ponto no espaço, surge uma condição denominada de "rotação aparente do giroscópio". Assim, por exemplo, se o eixo de rotação estiver apontando para uma estrela, ele continuará apontando para a estrela durante todo o movimento aparente do astro através do céu, descrevendo, também, um movimento aparente. Na verdade, porém, a estrela está fixa e é a Terra (e, portanto, a base do giroscópio) que está girando. Desta forma, a rotação aparente do giroscópio é um resultado da inércia combinada à rotação da Terra.

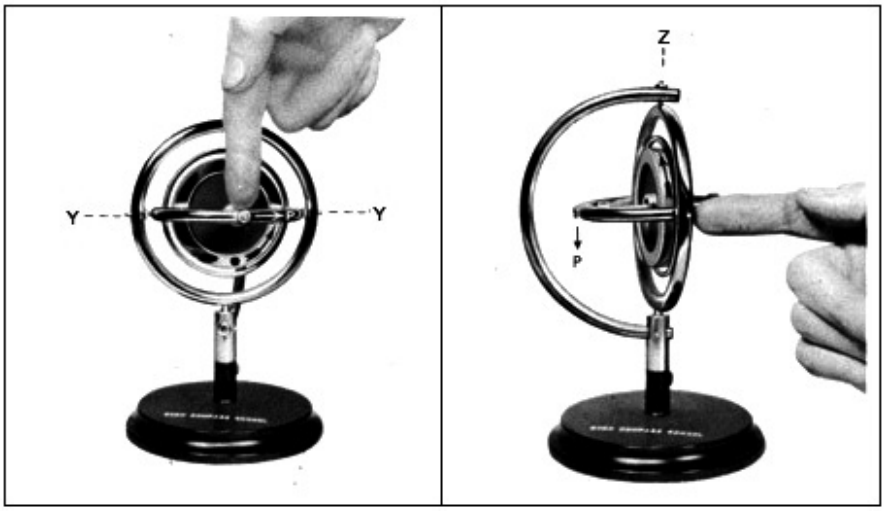
Figura 3.24 – Inércia Giroscópica (Rigidez no Espaço)



Terra girando de Oeste (W) para Leste (E) numa variação de 15 graus por hora

Precessão pode ser definida como o movimento resultante do rotor, quando é aplicada uma força que tende a alterar a direção do seu eixo de rotação. Em virtude desta propriedade, quando é aplicada ao rotor uma força tendendo a deslocar o eixo de rotação de sua direção no espaço, em vez de o eixo se mover na direção da força, ele o fará num plano perpendicular à direção da força aplicada.

Figura 3.25 – Precessão



Na Figura 3.25a, é aplicada uma força verticalmente de cima para baixo sobre a extremidade do eixo de rotação (tendendo a fazer esse eixo se inclinar em torno do eixo horizontal marcado Y–Y). Porém, o eixo não se inclina e sim se movimenta para a direita, na direção da seta marcada P. Essa é a precessão em torno do eixo vertical. Na Figura 3.25b, uma força é aplicada no anel vertical, tendendo a movimentar o eixo de rotação para a esquerda; porém, em vez de se conseguir esse movimento, o eixo se inclina na direção da seta marcada P. Essa é a precessão em torno do eixo horizontal.

A direção do movimento de precessão é obtida girando-se a direção da força de 90º no sentido de rotação do rotor.

A precessão é uma propriedade útil dos giroscópios. Muitos sistemas (inclusive as Agulhas Giroscópicas) são projetados para aproveitar esta característica. Entretanto, há um tipo de precessão que é indesejável, comumente denominada de "deriva mecânica" (*mechanical drift*), que tende a afastar o giroscópio de uma direção determinada. As duas principais causas deste problema são atrito nos mancais (rolamentos) e desbalanceamento do rotor. Embora estes problemas sejam minimizados nos giroscópios modernos, ainda podem constituir fontes de erros nas Agulhas Giroscópicas.

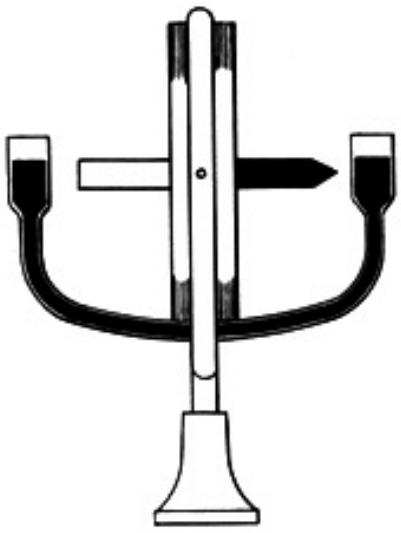
3.3.3 Agulhas Giroscópicas

Um giroscópio livre não serve como agulha, mas, aproveitando as duas propriedades acima descritas e aplicando forças convenientes nos locais apropriados, consegue-se estabilizar o eixo de rotação no meridiano e na horizontal.

As agulhas de diversos tipos diferem quanto ao modo de efetuar essa estabilização.

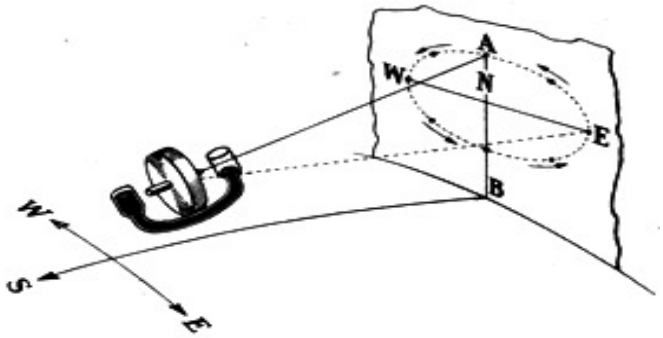
Nas agulhas SPERRY, a estabilização é feita por meio do balístico de mercúrio, sendo os reservatórios de cada par ligados por tubos comunicantes que ficam orientados com o Norte–Sul da agulha. A Figura 3.26 mostra um esquema do balístico de mercúrio (que, na figura, é apresentado como um único par) e a ponta negra sendo a ponta norte. O centro de gravidade do mercúrio fica abaixo do centro de rotação e, assim, todo o sistema passa a ter seu centro de gravidade abaixo do eixo geométrico, tornando-se, portanto, pendular: o giroscópio pendular não amortecido. Quando, por motivo de rotação da Terra, o eixo do giroscópio começa a se elevar sobre o horizonte, o mercúrio desloca-se de um reservatório para o outro, forçando a horizontalização e, assim, aplicando uma precessão.

Figura 3.26 – Balístico de Mercúrio



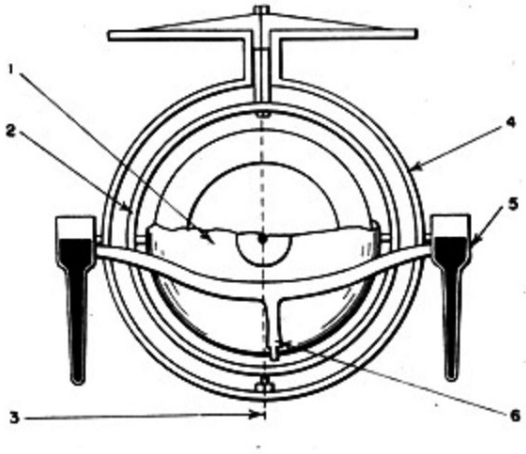
Desta maneira, o movimento da ponta norte não será mais uma circunferência e sim uma elipse bastante alongada (Figura 3.27) e o tempo para descrevê-la será de somente 84 minutos (este é o período que um pêndulo simples teria se o seu comprimento fosse igual ao raio da Terra). O giroscópio pendular ainda não serve como agulha porque não se estabiliza no meridiano.

Figura 3.27 – Giroscópio Pendular não Amortecido



Para que a ponta norte do giroscópio com balístico de mercúrio se estabilize no meridiano e no horizonte, é feita uma ligação excêntrica entre os vasos comunicantes e a caixa do rotor (Figura 3.28).

Figura 3.28 – Elementos da Agulha Giroscópica

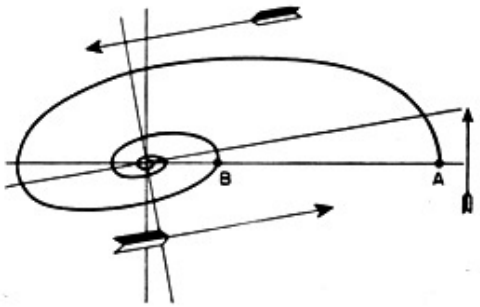


1. Caixa do rotor
2. Anel vertical
3. Eixo vertical de suspensão
4. Anel exterior (anel fantasma)
5. Balístico de mercúrio
6. Ligação excêntrica (entre o balístico de mercúrio e a caixa do rotor)

Para obter um conjunto simétrico, o sistema balístico é formado por dois jogos de dois reservatórios de mercúrio, cada jogo formando vasos comunicantes.

Assim, o movimento pendular é amortecido, conseguindo-se um **giroscópio pendular amortecido**. Neste caso, a ponta norte não descreverá mais a elipse, e sim uma espiral logarítmica convergente (Figura 3.29). O período de oscilação é um pouco maior do que o do movimento pendular não amortecido: cerca de 86 minutos. Como a ponta norte leva três períodos para se estabilizar, a agulha deve ser ligada 5 horas (86 x 3 = 268 minutos 4,5 horas, aproximadamente) antes de o navio suspender.

Figura 3.29 – Espiral do Eixo de Rotação com Amortecimento



Devido ao sistema usado para amortecer o movimento pendular, a ponta norte do eixo do rotor não se estabiliza no meridiano nem no horizonte: ela fica um pouco elevada sobre o horizonte e a leste do meridiano no Hemisfério Norte, e um pouco abaixada e a oeste do meridiano no Hemisfério Sul. Esses ângulos de inclinação e afastamento são pequenos e perfeitamente determinados. O afastamento do meridiano é compensado por meio de um corretor, denominado **corretor de latitude**, que gira a Rosa da agulha em sentido oposto ao erro, anulando-o. A agulha sofre influência do movimento do navio (rumo e velocidade), motivo pelo qual existe um outro corretor, denominado **corretor de velocidade**. O rumo é introduzido automaticamente, pela própria agulha.

As agulhas de origem alemã (Anschutz, Plath, Atlas) possuem dois giroscópios encerrados em uma esfera denominada esfera giroscópica (ou giroesfera). É a resultante dos dois giroscópios a indicadora do norte. A giroesfera fica dentro de outra, denominada esfera envolvente. A esfera envolvente é colocada num recipiente com uma mistura de água destilada e outro líquido (geralmente glicerina). Como o centro de gravidade do elemento sensível (esfera giroscópica) fica abaixo do centro geométrico (centro da esfera), o sistema é pendular e, portanto, direcional. É como se um pêndulo estivesse ligado ao rotor, fazendo com que seu eixo de rotação abaixasse logo que iniciasse a elevação sobre o horizonte, criando assim uma precessão. Da mesma maneira que descrita para a agulha de balístico de mercúrio, a ponta norte não descreverá uma circunferência em vinte e quatro horas siderais e sim uma pequena elipse, em cerca de 84 minutos. O amortecimento desse movimento pendular, para que a resultante aponte para o norte, é feito por meio de um líquido viscoso em vasos comunicantes. Neste caso, não há erro de amortecimento e a resultante dos dois giroscópios aponta para o meridiano e na horizontal.

Essas agulhas só possuem o erro de rumo e velocidade. Em alguns modelos ele é corrigido por meio de botões, e em outros é computado numa tabela fornecida pelo fabricante do equipamento.

Quando o equipamento está parado, a esfera giroscópica assenta levemente na esfera envolvente, mas quando operando, devido a bobinas de repulsão, as duas ficam concêntricas. A esfera giroscópica orienta-se no meridiano e, por meio de circuitos elétricos, através do líquido, carrega a envolvente que, por sua vez, traz a Rosa.

Conforme visto, ao giroscópio livre foram aplicadas forças que o obrigaram a "precessar" no sentido e na quantidade convenientes, de modo que o seu eixo se mantenha sempre horizontal e apontado na direção do meridiano geográfico do lugar, isto é, na direção da linha Norte–Sul. A forma como são criadas e aplicadas as forças de precessão varia de acordo com os tipos e fabricantes de Agulhas Giroscópicas.

Quando uma Agulha Giroscópica (Giro) é alimentada, isto é, quando o seu rotor é posto a girar e atinge a velocidade normal de operação (6.000 RPM em média), ela começa automaticamente a se "orientar" em busca do Norte verdadeiro, qualquer que seja a direção em que se encontra quando parada. Quanto mais próxima estiver do Norte verdadeiro, mais rápida será sua orientação.

Na Agulha Giroscópica orientada, o eixo de rotação do giroscópio é mantido alinhado com o meridiano geográfico do lugar, isto é, na direção da linha Norte–Sul, em um plano tangente à superfície da Terra (plano horizontal). Quando o navio guina, forças externas obrigam o giroscópio a "precessar", no sentido e na quantidade convenientes, de modo que o seu eixo de rotação torne a apontar para a direção do meridiano do lugar (linha N–S) e se mantenha sempre horizontal.

A força diretiva que mantém o eixo de rotação do giroscópio horizontal e alinhado com o meridiano geográfico do lugar é derivada da componente tangencial da velocidade de rotação da Terra. Esta velocidade tangencial é máxima no Equador e diminui até zero nos Polos. Assim, a força que mantém o eixo de rotação do giroscópio alinhado com os meridianos terrestres é grande em latitudes baixas e médias, mas diminui nas altas latitudes, à medida que se aproxima dos Polos.

Em latitudes além de 70º Norte ou Sul, a velocidade do navio pode tornar-se tão grande em relação à velocidade tangencial da Terra que grandes erros podem ser introduzidos na Agulha Giroscópica. Por esta razão, o erro da Agulha Giroscópica deve ser continuamente verificado em latitudes de 70º (Norte ou Sul). Em latitudes da ordem de 75º a 80º, a maioria das Agulhas Giroscópicas apresenta grandes erros. A cerca de 85º de latitude, a Agulha Giroscópica torna-se virtualmente inútil.

3.3.4 Vantagens e Limitações das Agulhas Giroscópicas

Comparando com uma Agulha Magnética, a Agulha Giroscópica apresenta as seguintes vantagens e limitações.

VANTAGENS:

- Aponta na direção do Meridiano Verdadeiro, em vez do Meridiano Magnético. É, portanto, independente do magnetismo terrestre e mais simples na sua utilização.
- Permite maior precisão de governo / observação de marcações que a Agulha Magnética.
- Pode ser usada em latitudes mais altas que a Agulha Magnética.
- Não é afetada pela presença de material magnético ou equipamentos elétricos.
- Pela facilidade e precisão na transmissão de dados, em comparação com as Agulhas Magnéticas, o sinal da Agulha Giroscópica pode ser utilizado em repetidoras, equipamento radar, piloto automático, Sistemas Integrados de Navegação (e.g. ECDIS e ECS) e Sistemas de Armas.

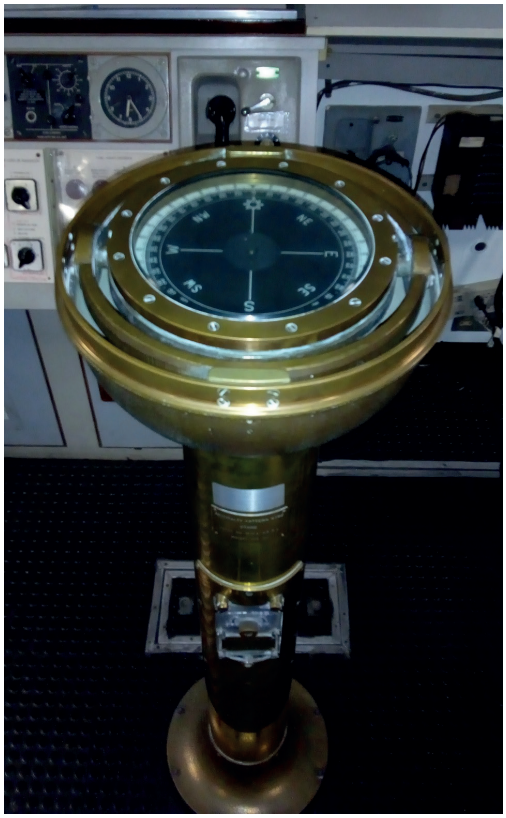
LIMITAÇÕES:

- Exige uma fonte constante de energia elétrica e é sensível às flutuações de energia.
- Está sujeita a avarias próprias de equipamentos complexos e requer manutenção adequada, feita por técnicos especializados.
- Ocorrência de erros de desvio do Meridiano Verdadeiro a partir de latitudes maiores que 70° (Norte ou Sul).

3.3.5 Utilização da Agulha Giroscópica

Normalmente, a Agulha Giroscópica dispõe de Repetidoras convenientemente instaladas a bordo, para leitura de rumos e marcações. Uma Repetidora é, basicamente, uma Rosa Graduada de 000º a 360º, que, por meio de 3 servomecanismos eletrônicos, reproduz exatamente as leituras da Mestra da Agulha Giroscópica. Na Repetidora, o rumo é indicado por uma marca denominada Linha-de-Fé, existente em sua borda e paralela à linha de centro do navio.

Figura 3.30 - Repetidora da Agulha Giroscópica (NHo TAURUS)



A Repetidora da Giro é montada em um pedestal denominado Peloro (Figura 3.30). Para a obtenção de Marcações, instala-se um Círculo Azimutal sobre a Repetidora. Para visar objetos distantes, pode ser usada na Repetidora, em vez do Círculo Azimutal, uma Alidade Telescópica.

O Círculo Azimutal (Figura 3.31) é instalado sobre a Repetidora, livre para girar em torno do centro da Rosa graduada. Possui um par de visores, a fenda de visada e a mira com retículo. Para obtenção de marcações, o observador olha através da fenda de visada e gira o Círculo Azimutal até que o objeto visado apareça alinhado com o retículo vertical da mira, tendo a preocupação de manter a Rosa nivelada, pelo nível de bolha existente na base da mira. A marcação é lida na Rosa graduada através de um prisma de reflexão provido de um índice alinhado com o retículo vertical da mira.

Figura 3.31 – Círculo Azimutal



O Círculo Azimutal pode também dispor de um conjunto adicional de observação, destinado à obtenção de azimutes do Sol. Este conjunto consiste de um espelho, capaz de girar em torno de um eixo horizontal, diametralmente oposto no círculo a uma fenda de leitura provida de um prisma refletor e um nível de bolha. Para observar o azimute do Sol, gira-se o Círculo Azimutal de modo que os raios solares incidam sobre o espelho, que é, então, orientado para dirigir os raios refletidos para a fenda de leitura, onde o prisma refletor direciona a luz diretamente na Rosa graduada, permitindo assim a obtenção do azimute (marcação) do astro. Da mesma forma que ocorre na tomada de marcações, deve-se manter a Rosa nivelada, por meio do nível de bolha existente na base da fenda de leitura, durante a observação do azimute do Sol.

Figura 3.32 – Alidade Telescópica



A Alidade Telescópica (Figura 3.32) é semelhante a um Círculo Azimutal, porém dispõe de uma luneta telescópica com retículo, em vez do conjunto fenda de visada/mira. Assim, a imagem é ampliada, melhorando a definição de objetos distantes para o observador. Um prisma refletor permite que sejam observados, simultaneamente, o objeto visado e a marcação correspondente.

3.3.6 Desvio da Giro

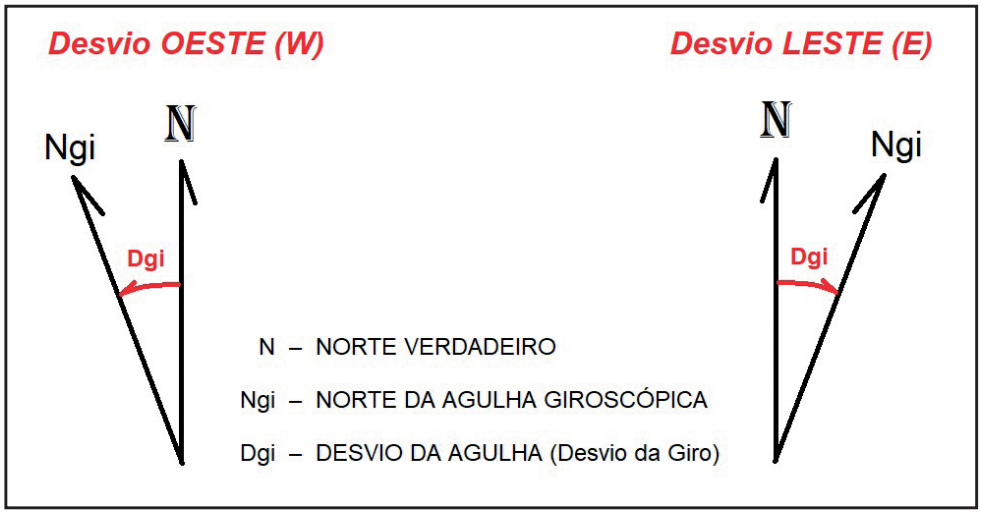
a. Corretores de Latitude, Velocidade e Rumo

Acelerações, angulares (mudanças de rumo e de latitude) ou não (mudanças de velocidade), provocam como resposta o surgimento de forças de precessão que, devidamente amortecidas, levam a agulha a alinhar-se com o meridiano. No entanto, essas forças são variáveis conforme a latitude do lugar. Por esta razão, a Agulha Giroscópica tem um corretor de latitude. Adicionalmente, há o corretor de velocidade, uma vez que esta velocidade também provoca erro na Giro, parametrizado pela mesma velocidade, latitude e rumo (este introduzido automaticamente pelo próprio equipamento).

b. Desvios da Giro

É possível que os erros não sejam anulados completamente ou que a agulha não esteja funcionando em perfeitas condições; o Rumo indicado, então, não é o Verdadeiro e sim o Rumo da Giroscópica (R gi). Nesse caso, a linha 000º–180º da agulha formaria, com a direção do meridiano verdadeiro, um ângulo chamado de Desvio da Giroscópica (Dgi). O Dgi é leste (E) quando o zero da Rosa (Norte da Giro) fica a leste (E) do meridiano verdadeiro e oeste (W) quando o zero da Rosa fica a oeste (W) do referido meridiano. Note-se que as causas do Dgi nada têm em comum com as do Desvio da Agulha Magnética. O Dgi é constante para todos os Rumos, ao passo que os Desvios da Magnética variam com o Rumo Magnético. Se a causa do Dgi não for o erro de latitude, ele será o mesmo em pontos diferentes da superfície da Terra, o que não ocorre com os Desvios da Magnética. O Desvio é determinado comparando-se uma Marcação da Giro com uma Marcação Verdadeira conhecida, como a de um alinhamento, ou pelo Azimute do Sol (ou de outro astro).

Figura 3.33 – Desvio da Agulha Giroscópica

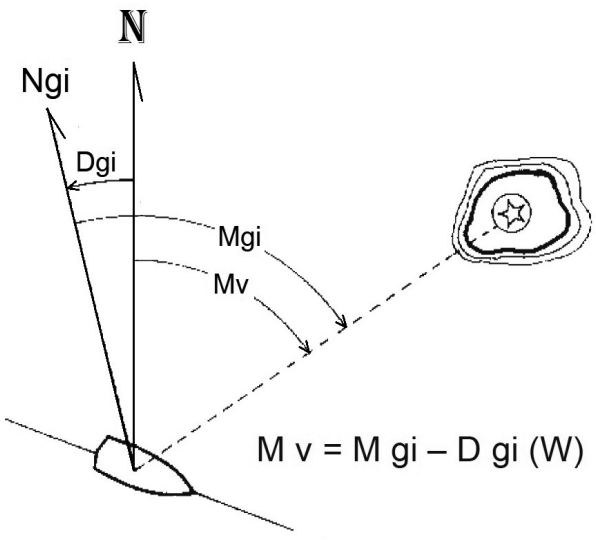


Assim sendo, quando se usa uma Agulha Giroscópica, o Desvio (Dgi) é definido como o Ângulo entre o Norte Verdadeiro (ou Geográfico) e o Norte da Giro, como mostrado na Figura 3.33.

Conforme explicado, o Desvio da Giro (expressão normalmente usada para designar o Desvio da Agulha Giroscópica) é constante em todos os Rumos (deriva de pequenos erros induzidos no equipamento pela velocidade do navio, latitude do lugar e outros fatores).

É importante conhecer o Dgi e levá-lo em consideração durante a navegação, ao observar e plotar Rumos e Marcações (Figura 3.34).

Figura 3.34 - Marcação Verdadeira e Marcação da Giro



c. Determinação do Desvio da Giro

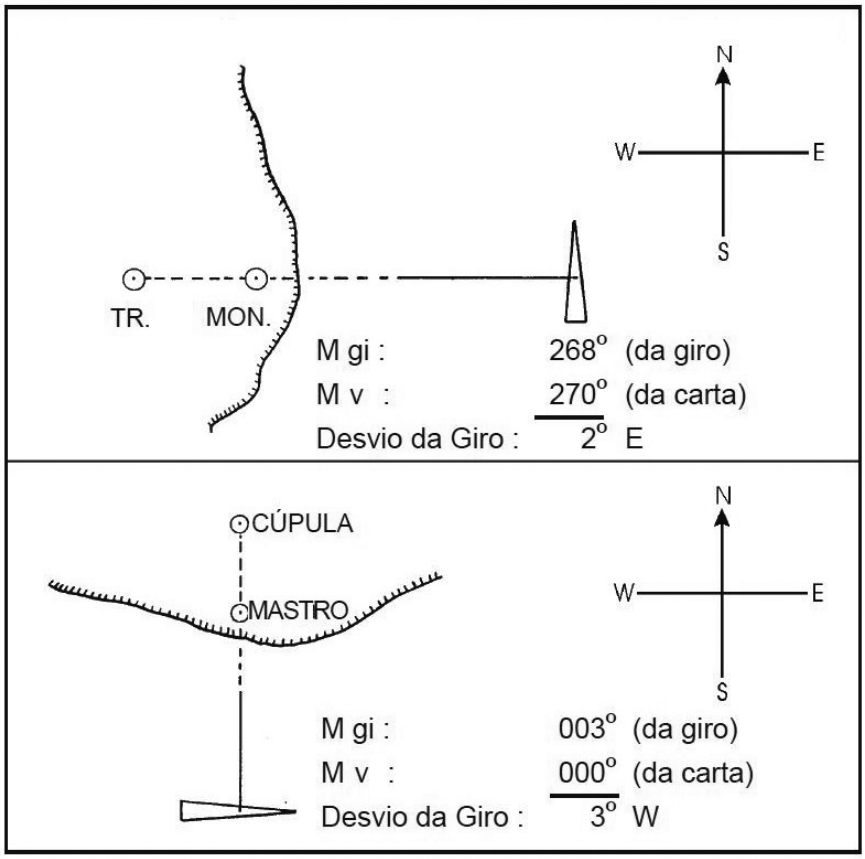
O Desvio da Giro deve ser determinado com a maior frequência possível, durante a execução da navegação.

d. Métodos de Determinação do Desvio da Giro

Quando o navio estiver navegando **em águas costeiras** (com visualização dos pontos conspícuos da costa) ou **em águas restritas**, a determinação do Desvio da Giro pode ser realizada por:

1. Alinhamento (comparação da Marcação da Giro, observada na Agulha, com a Marcação Verdadeira de um alinhamento, obtida da Carta Náutica). É um método muito simples e preciso. Condição essencial: os pontos que constituem o alinhamento devem estar representados na Carta Náutica (Figura 3.35).

Figura 3.35 – Determinação do Desvio da Giro por Alinhamento



2. Marcação de um ponto distante (representado na Carta) a partir de uma posição conhecida.

3. Comparação do Rumo da Giro com o navio amarrado paralelo a um píer ou cais, com a direção da representação daqueles na Carta (método aproximado).

4. "Redução do triângulo", por marcação de 3 objetos representados na Carta (vide subitem 3.3.8, adiante).

5. Comparação com outra Agulha do navio, de Desvio conhecido.

Quando o navio estiver realizando **navegação astronômica**, o Desvio da Giro é determinado através da observação do Azimute do Sol ou de outro astro, conforme será apresentado no Capítulo 31 (Volume II).

3.3.7 Instalação da Agulha Giroscópica a Bordo.

Como o funcionamento da Agulha Giroscópica não sofre influência dos ferros de bordo, nos navios de guerra ela é geralmente instalada em compartimentos internos, para maior proteção em caso de combate.

Nos navios mercantes e auxiliares, a Agulha Giroscópica também era instalada em compartimento próprio. Hoje, devido às pequenas dimensões do equipamento, ela é instalada no Passadiço. Alguns navios possuem duas Agulhas Giroscópicas, uma servindo como *back-up* da outra.

No que se refere aos acessórios da Agulha Giroscópica, além das já citadas Repetidoras, convenientemente distribuídas a bordo, quando existentes, merece citar-se o **piloto automático ou giro-piloto**.

O piloto automático, ou giro-piloto, é um dispositivo elétrico ou eletrônico no qual ajusta-se o valor do rumo que se quer seguir, passando o navio a ser governado automaticamente. Uma observação importante é que, estando o navio governado pelo piloto automático, deve-se exercer uma vigilância permanente sobre a navegação e sobre o desempenho do equipamento, que é susceptível de falhas, capazes de tirar o navio do rumo ajustado, provocando situações perigosas. Mesmo com o piloto automático operando corretamente, uma forte corrente inesperada pode fazer com que o navio abata e se afaste da derrota planejada. Ademais, o piloto automático também não reconhece a aproximação de outros navios em rumo de colisão.

3.3.8 Determinação do Desvio da Giro por "Redução do Triângulo"

Se não se dispõe de um alinhamento para comparação ou não é possível determinar a posição do navio por outro método para obter o Dgi, pode-se usar o método de "redução do triângulo", após obter-se a marcação de três pontos conspícuos representados na Carta.

Para emprego desse método, observa-se, a partir de um mesmo ponto do navio estacionário, três ou mais pontos de terra. Se as 3 (ou mais) LDP obtidas cruzam-se em um ponto quando inicialmente plotadas, o desvio da agulha giroscópica é zero. Se formam um triângulo, existe desvio. Então, somam-se (ou subtraem-se, conforme o caso) incrementos de 1º a todas as marcações e repete-se a plotagem, até que se "reduza o triângulo" e as marcações se cruzem em um ponto. A correção total assim aplicada a cada uma das LDP é o Desvio da Giro. Se a correção teve que ser subtraída, o desvio é OESTE (W); se teve que ser somada, o desvio é LESTE (E).

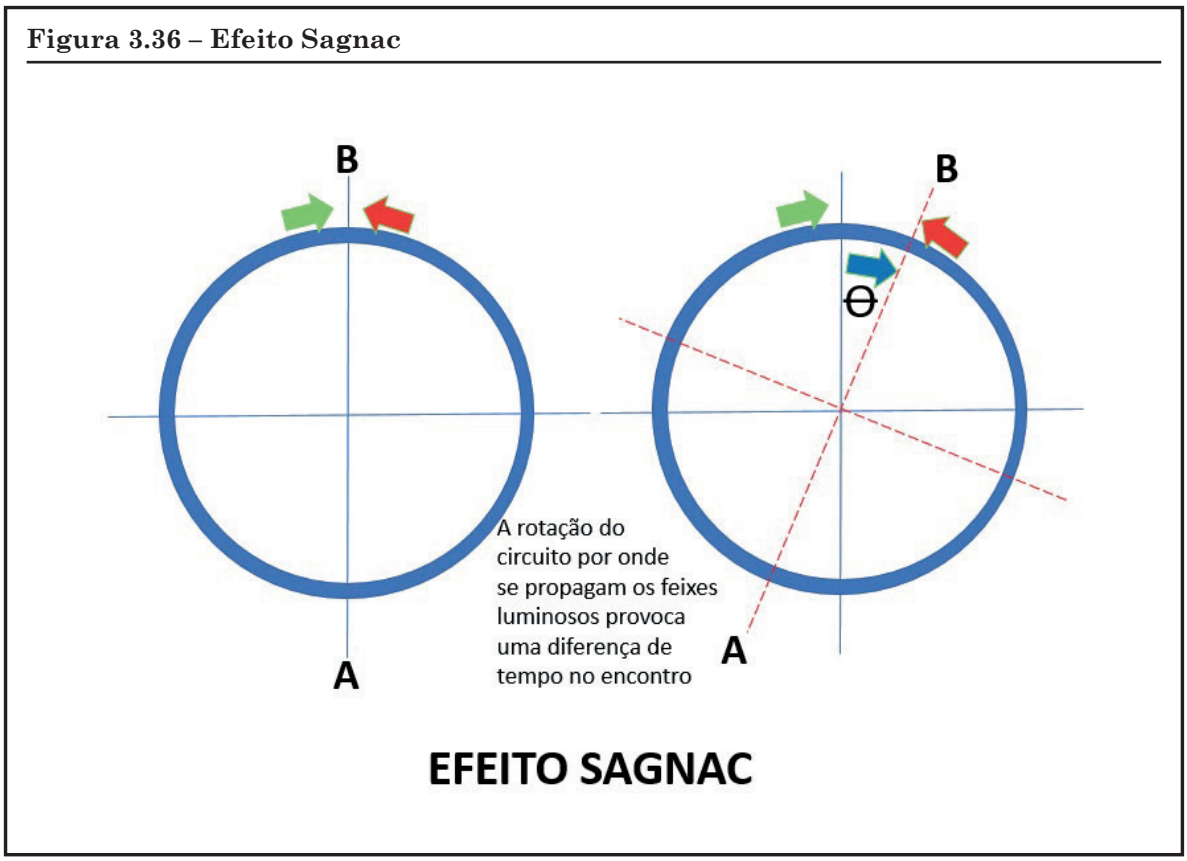
3.3.9 Novas Tecnologias Empregadas em Giroscópios

Como visto, as Agulhas Giroscópicas são equipamentos baseadas nos giroscópios e, portanto, nos seus princípios físicos. O giroscópio mecânico, tal como descrito, foi inventado por Léon Foucault (físico e astrônomo francês) em 1852. Está baseado na conservação do momento angular de um rotor, que se mantém apontado numa direção, desde que esteja montado em quadros (suspensão cardan) que garantam seus graus de liberdade.

Outros princípios, além da conservação do momento angular, permitem a construção de diferentes tipos de giroscópios, destinados principalmente a uma maior precisão, excluindo as perdas por atrito que atrapalham o desempenho dos mecânicos, e à sua miniaturização.

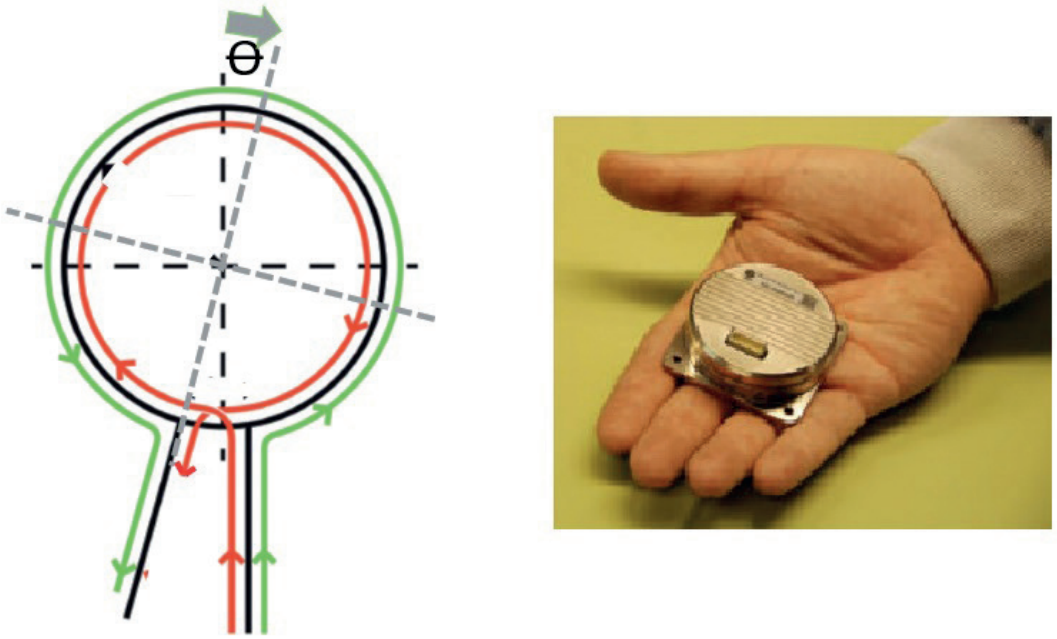
Um dos fenômenos em que se baseiam as novas tecnologias é o "efeito Sagnac", que é uma interferência ondulatória causada pela rotação (mudança de direção), descoberto pelo físico francês Georges Sagnac, em 1913. Esse fenômeno prevê que duas partes de um raio de luz, postas a percorrer círculos idênticos, em direções opostas e ao mesmo tempo, chegarão ao final em instantes diferentes, caso os círculos sofram alguma rotação, sendo o tempo proporcional à rotação sofrida (Figura 3.36).

Figura 3.36 – Efeito Sagnac



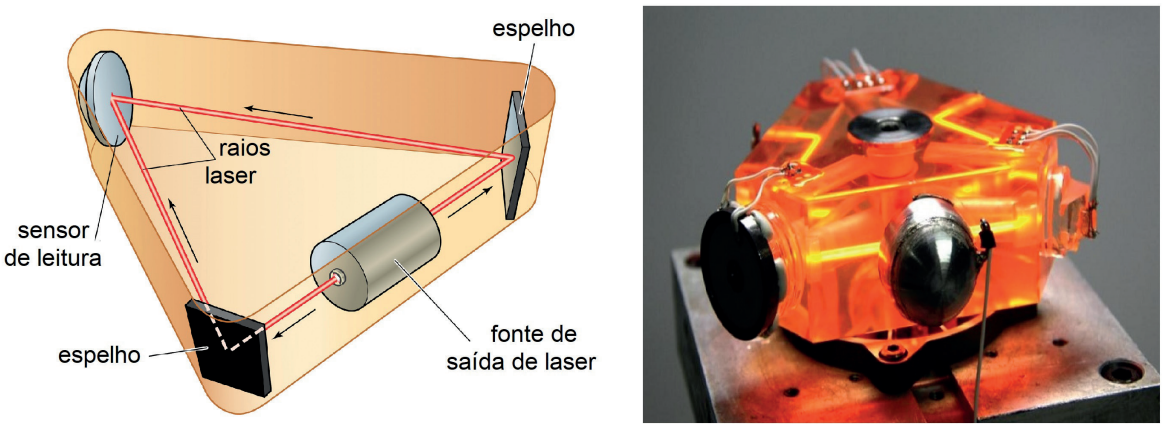
O efeito Sagnac deu origem a dois tipos de giroscópios, o Giroscópio de Fibra Ótica (*Fiber Optic Gyroscope* – FOG) e o Giroscópio de Anel de Laser (*Ring Laser Gyroscope* – RLG), conforme apresentados nas Figuras 3.37 e 3.38, respectivamente. Ambos, baseados no mesmo princípio, trabalham com a diferença de fase (FOG) e com a frequência de batimento, resultante da interferência entre os raios Laser que, divididos em dois, se reencontram depois de percorrerem caminhos opostos ao longo de espelhos (RLG).

Figura 3.37 – Giroscópio de Fibra Ótica (Fiber Optic Gyroscope - FOG)



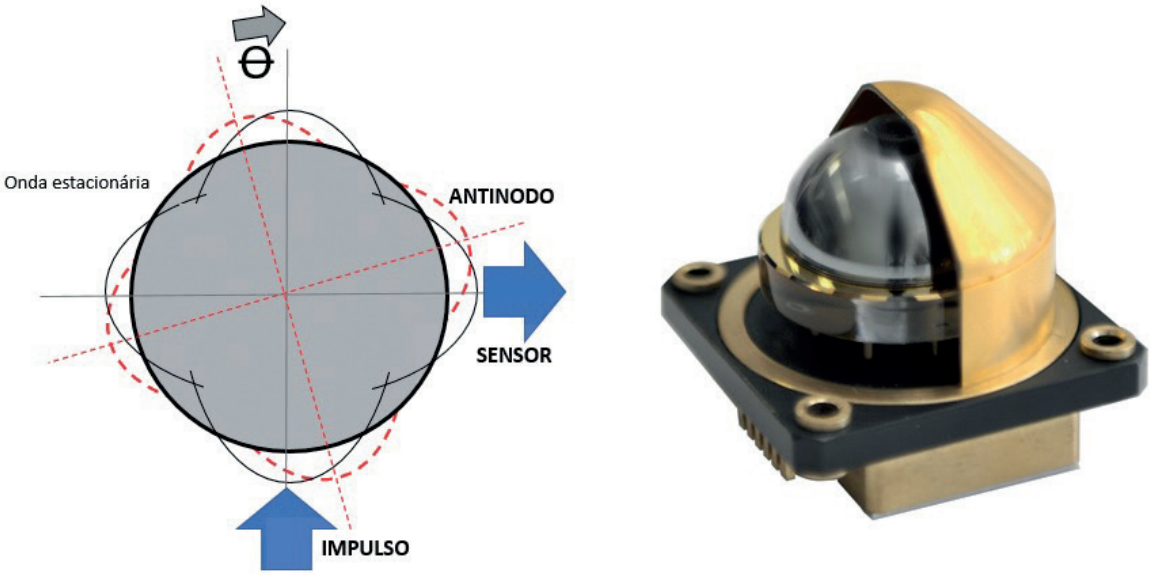
Tanto o FOG quanto o RLG não têm partes móveis em contraste com o giroscópio mecânico, o que indica a possibilidade de menos perdas e, portanto, maior precisão.

Figura 3.38 – Giroscópio de Anel de Laser (Ring Laser Gyroscope - RLG)



Outro efeito, em que se baseiam novas tecnologias, é o descoberto pelo físico britânico George Hartley Bryan, em 1890. Ele observou que os antinodos (pontos onde a amplitude varia) da onda estacionária formada em uma taça de vidro a partir de um impulso mecânico (na Figura 3.39, a onda estacionária está representada pela linha escura), fixos num primeiro instante, se deslocavam (na Figura 3.39, a onda estacionária, agora deslocada, está representada pela linha tracejada encarnada) no sentido de uma eventual rotação experimentada pela taça (na Figura 3.39, está representada pelo ângulo teta). Esse efeito, portanto, poderia ser mensurado e assim, obter a rotação sofrida.

Figura 3.39 - Giroscópio de Ressonância Hemisférica (Hemispherical Resonator Gyroscope - HRG)



Esse efeito descoberto por George Hartley ensejou os Giroscópios de Ressonância Hemisférica (*Hemispherical Resonator Gyroscope* – HRG). Esse instrumento constitui-se de uma pequena cúpula, semelhante a uma taça de vinho colocada de ponta cabeça, que recebe um impulso em determinado ponto e em outro é verificado o eventual deslocamento do antinodo da posição conhecida quando a mesma onda é gerada em condições onde não haja rotação.

APÊNDICE AO CAPÍTULO 3

COMPENSAÇÃO DA AGULHA MAGNÉTICA

1. CONCEITO. FREQUÊNCIA DE COMPENSAÇÃO

Compensação é a operação que tem por fim anular ou reduzir a valores muito pequenos (geralmente inferiores a 2º ou 3º), os Desvios da Agulha.

De acordo com as Normas da Autoridade Marítima para Cadastramento de Empresas de Navegação, Peritos e Sociedades Classificadoras (NORMAM 14/DPC), uma agulha magnética deve ser compensada sempre que seus desvios excederem a 3 graus. Basicamente, a compensação consiste em aproar o navio aos rumos magnéticos, usualmente defasados de 45 graus, fazendo por meio dos corretores com que a agulha magnética indique os rumos sem desvios ou apresente valores aceitáveis (menor ou igual a 3 graus).

Uma Agulha não compensada apresenta graves inconvenientes:

a. Desvios grandes e muito diferentes de proa para proa;

b. Desvios muito variáveis com o adernamento do navio e a latitude magnética; e

c. Fracas estabilidade e sensibilidade.

A compensação é levada a efeito pela introdução na agulha de corretores, constituídos por:

a. Ímãs permanentes (barras) com as extremidades pintadas de vermelho (polo norte) e azul (polo sul), que se introduzem no interior da bitácula;

b. Compensadores do desvio quadrantal, constituídos por esferas (muito raramente placas e cilindros) de ferro doce, que são fixadas externamente a ambos os lados da bitácula; e

c. Barra de Flinders, cilindro de ferro doce introduzido em um tubo de latão fixado verticalmente à bitácula.

Ao longo da vida de um navio é necessário realizar numerosas operações de compensação. A evolução destas operações pode resumir-se da seguinte forma:

a. As agulhas são sujeitas a uma primeira operação de compensação, após o término da construção do navio. Nessa ocasião, não existem ainda elementos que permitam calcular o comprimento da barra de Flinders e, por isso, se recorre a um valor aproximado ou se efetua em momento posterior a introdução deste corretor. A compensação é, então, levada a efeito usando apenas ímãs permanentes e compensadores do desvio quadrantal. Efetua-se, assim, uma **compensação provisória**.

b. Logo que o navio fizer uma viagem em que se desloque francamente em Latitude, é possível levar a efeito observações de desvios que permitem calcular o comprimento da barra

de Flinders. Estas observações são geralmente efetuadas no mar, mas a introdução ou a retificação do comprimento da barra de Flinders tem quase sempre lugar em um porto; quando se introduzir ou retificar este comprimento, é necessário alterar a posição dos corretores restantes. Diz-se, então, que se levou a efeito uma **compensação definitiva**.

Enquanto não tiver sido realizada a compensação definitiva, os desvios, sobretudo nas proas E e W, variam muito com a latitude magnética e as Agulhas não oferecem, por isso, grande confiança. Se um navio navegar, em toda a sua vida útil sem se deslocar substancialmente em latitude, nunca chega a ser possível efetuar a compensação definitiva, o que não tem, aliás, em tais condições, qualquer inconveniente.

Quer uma Agulha tenha sido sujeita à compensação definitiva, quer à compensação provisória, é necessário verificar frequentemente os Desvios e repetir a compensação logo que eles atinjam valores excessivos (maiores que 3º). Determinadas circunstâncias podem alterar profunda e rapidamente a magnetização dos navios, tornando premente a necessidade de determinar novas Tabelas e Curvas de Desvios e repetir a compensação. Apontam-se as mais frequentes:

a. Grandes reparos ou alterações na estrutura do navio;

b. Instalação ou alteração de instrumentos elétricos ou de ferro nas imediações da Agulha;

c. Transporte de carga de natureza magnética;

d. Prolongada permanência na mesma proa (em diques, carreiras, atracado ou mesmo navegando);

e. Navio atingido por granadas, bombas, torpedos ou descargas elétricas atmosféricas;

f. Tiro de artilharia; e

g. Tratamento de desmagnetização como defesa contra minas magnéticas.

A compensação de uma agulha compreende, na prática, as seguintes operações:

Cálculo da barra de Flinders;

Calibragem, em terra, da balança de inclinação;

Inspeção da agulha e dos corretores; e

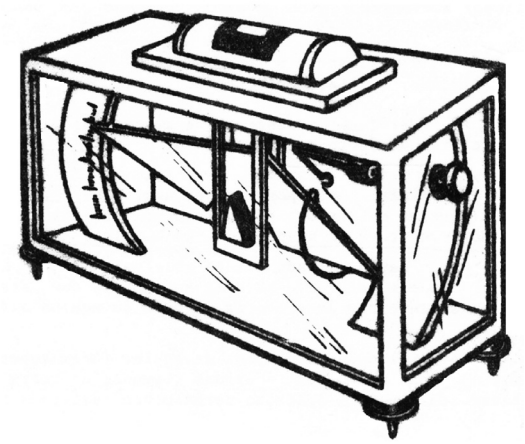
Rotação do navio e colocação das barras e dos corretores do desvio quadrantal.

2. CALIBRAGEM EM TERRA DA BALANÇA DE INCLINAÇÃO

A balança de inclinação é um instrumento constituído por uma pequena caixa (Figura 3A.1) que contém uma agulha magnética, suscetível de se mover livremente no plano vertical, tendo geralmente indicadas, em azul e vermelho, as polaridades dos seus extremos. Em um dos braços da agulha está montado um pequeno peso, capaz de ser deslocado e cuja distância ao centro é indicada por uma escala.

Em terra, em um local livre de influências magnéticas e em altura do solo não inferior a 1m, o instrumento é colocado de forma que a agulha fique orientada segundo o meridiano magnético, com a caixa bem nivelada e com o polo vermelho apontado para o norte. Desloca-se o contrapeso sobre o braço da agulha até que ela fique em equilíbrio em uma posição sensivelmente horizontal, anotando-se a distância a que o contrapeso ficou do centro. Nesta operação, eliminou-se, então, o efeito da inclinação magnética sobre a agulha, por intermédio do contrapeso. A balança, então, está calibrada e pronta para ser levada para bordo.

Figura 3A.1 – Balança de Inclinação



3. INSPEÇÃO DA AGULHA E DOS CORRETORES

a. Verificar a estabilidade e sensibilidade da Agulha. Obrigar a Agulha a girar, aproximando e afastando logo a seguir, um ímã corretor; verificar se a Agulha se desloca livremente e se retoma rapidamente à posição inicial. Se tal não suceder, a Agulha necessita ser reparada em uma oficina especializada (na Marinha do Brasil, deve ser encaminhada à Base de Hidrografia da Marinha em Niterói – BHMN).

b. Verificar se a cuba está completamente cheia e se não existem bolhas de ar. Caso contrário, retirar a agulha da bitácula, abrir o orifício de enchimento e injetar líquido (45% de álcool e 55% de água destilada) até atestar. Nas agulhas esféricas, o fluido é constituído por um destilado fino de petróleo, semelhante ao varsol.

c. Verificar se a linha-de-fé está rigorosamente apontada para a proa. Proceder à rotação da cuba ou da bitácula, se for necessário.

d. Verificar a ausência de magnetização residual permanente nos corretores de ferro doce: aproximar o mais possível da Agulha os corretores do desvio quadrantal (esferas de Barlow) e rodar sucessivamente cada um deles; essa rotação não deve provocar na proa da Agulha alteração superior a 2º. Com o navio aproado, tanto quanto possível, a E ou W magnético, inverter a posição da barra de Flinders (passando para baixo a parte que estava em cima); essa inversão não deve também provocar na proa da Agulha alteração superior a 2º. Se as alterações forem superiores ao valor indicado, as peças devem ser recozidas (aquecidas até ficarem rubras e deixadas depois arrefecer lentamente), operação normalmente realizada na BHMN.

4. MANOBRAS COM O NAVIO

4.1. Advertências

Ao efetuar as manobras com o navio, para efeitos de compensação da Agulha, é necessário ter em mente que:

a. Não é conveniente realizar as manobras imediatamente depois de o navio ter estado durante muito tempo na mesma proa. Caso isto ocorra, é recomendável que o navio permaneça 24 horas amarrado à bóia ou fundeado, antes da compensação.

b. Os ímãs da Agulha e os corretores exercem entre si influências muito complexas; por esta e por outras razões não é geralmente possível, na prática, conseguir com uma única operação obter Desvios muito pequenos, se eles eram inicialmente muito grandes, como acontece em um navio novo ou em uma Agulha em que a posição dos corretores esteja, por qualquer razão, muito errada. Quando os Desvios são muito grandes, é geralmente necessário proceder por aproximações sucessivas, executando primeiro uma compensação aproximada, para, posteriormente, levar a efeito outra mais rigorosa.

c. É sempre preferível usar corretores maiores ou em maior número, bem afastados da agulha, do que menos potentes, porém mais próximos.

d. As guinadas devem ser feitas vagarosamente e as determinações de desvios só serão efetuadas depois de o navio permanecer 3 a 4 minutos na mesma proa.

e. As determinações de desvios não devem ser feitas muito próximo de outros navios (menos de 500 metros).

f. A chaminé deve estar à temperatura habitual.

4.2. Operações Preliminares

Antes de iniciar as manobras com o navio, é necessário:

a. Assegurar-se de que todos os ferros de bordo estão nas posições que normalmente ocupam em regime de viagem e que o navio está sem banda e sem trim (compassado).

b. Abrir as portas da bitácula e aprontar o material necessário (corretores, modelo DHN-0108, etc.).

c. Em se tratando da primeira compensação, colocar os corretores do desvio quadrantal a meia distância; caso contrário, mantê-los nas posições em que tinham ficado na compensação anterior.

d. Ao iniciar as rotações do navio, içar o sinal OQ do Código Internacional de Sinais (cujo significado é "estou compensando as Agulhas ou calibrando o Radiogoniômetro") e o sinal visual previsto no RIPEAM para embarcação com manobra restrita (ver o Capítulo 15).

4.3. Governo do Navio durante as Manobras

Para proceder à compensação é necessário aproar o navio a vários Rumos da Agulha, operação que é dificultada pelos movimentos da Rosa resultantes do deslocamento dos corretores.

Os métodos mais empregados são:

a. Sendo possível governar pela Giroscópica, admite-se que os Rumos da Agulha e os Rumos Magnéticos são praticamente coincidentes depois de efetuada a compensação e governa-se o navio nos Rumos da Giro correspondentes aos Magnéticos:

R = R mg ± Dec mg

b. Não sendo possível governar pela giro, vai-se levando o navio ao Rumo da Agulha por aproximações sucessivas. Aproa-se a determinado Rumo da Agulha; determina-se o Desvio e introduzem-se ou deslocam-se os corretores; a Rosa desloca-se; o navio guina para acompanhar esse deslocamento, o que provoca alteração no Desvio. Efetua-se nova determinação de Desvio e, consequentemente, o deslocamento dos corretores e a guinada do navio. E assim sucessivamente (mesmo que se trate de uma Agulha que apresente inicialmente grandes desvios, em duas ou, quando muito, três operações, obtém-se o rigor desejado).

5. COMPENSAÇÃO DA AGULHA MAGNÉTICA POR COMPARAÇÃO COM A GIRO

Para descrever a compensação propriamente dita será detalhado apenas este processo, por ser o mais utilizado a bordo dos navios.

Basicamente, a compensação consiste em aproar o navio aos Rumos Magnéticos N, S, E e W, e aos rumos magnéticos quadrantais (intercardeais), mantendo os Rumos pela Giroscópica e fazendo, por meio dos corretores, com que a Agulha Magnética indique os Rumos N, S, E e W magnéticos, e os rumos quadrantais, ficando, portanto, sem Desvios.

A DHN edita um modelo (DHN-0104) que apresenta todo o procedimento para compensação da Agulha Magnética por comparação com a Giro.

É aconselhável que o quadro "RUMOS" já esteja pronto antes de se iniciar as manobras com o navio e que seja numerada a sequência de proas a adotar durante as manobras.

5.1. Compensação do Desvio de Banda – 1ª Proa

Compensação do **Desvio de Banda** (Rmg E ou W).

a. Desloca-se o contrapeso da balança de inclinação para uma distância do centro igual a 0,9 d (ou 0,8 d, no caso de tratar-se de uma Agulha instalada dentro de compartimento de aço), sendo "d" a distância que fora determinada em terra (ver o item 2 – Calibragem em terra da balança de inclinação).

b. Aproa-se o navio ao E ou W magnético (**1ª Proa**). Mantendo o rumo, remove-se a Agulha da bitácula e leva-se a balança, orientada segundo o meridiano magnético e com o polo vermelho apontado para o N, à posição que era ocupada pela Agulha na bitácula.

Geralmente a agulha da balança tomará uma posição inclinada; introduzem-se ou deslocam-se os ímãs corretores verticais (instalados no balde) até conseguir que a agulha da balança se mantenha equilibrada na posição horizontal. Esta movimentação do balde poderá ser feita por tentativas. Entretanto, caso se deseje uma orientação prévia, pode-se consultar o item 5.4 adiante, onde uma tabela indica a movimentação dos corretores para as situações que podem ocorrer.

Com a agulha da balança de inclinação horizontalizada, está compensado o Desvio de Banda. Retira-se a balança e recoloca-se a cuba em seu lugar.

5.2. Compensação do Desvio Semicircular

2ª Proa – Vai-se ao R mg N e com os ímãs transversais (e somente com eles), anula-se o Desvio (encontrando dificuldades, consulte a tabela do item 5.4 adiante).

3ª Proa – Vai-se ao E mg (ou W mg) e com os ímãs longitudinais, anula-se o Desvio encontrado (a tabela do item 5.4 também pode ajudar, se necessário).

4ª Proa – Vai-se ao S mg e com os ímãs transversais, tira-se apenas a metade do Desvio.

5ª Proa – Vai-se ao W mg (rumo oposto ao adotado na 3ª Proa) e com os ímãs longitudinais, tira-se a metade do Desvio encontrado.

5.3. Compensação do Desvio Quadrantal

6ª Proa – Vai-se a uma proa intercardeal (NE, SE, SW ou NW magnético) qualquer e movimentando os corretores do desvio quadrantal (esferas de Barlow), anula-se o Desvio encontrado.

7ª Proa – Vai-se a uma proa intercardeal afastada de 90º da anterior e por meio ainda dos corretores do desvio quadrantal, tira-se a metade de Desvio.

ESTÁ TERMINADA A COMPENSAÇÃO DA AGULHA.

A figura 3A.2 apresenta as partes do modelo DHN-0104 que foram preenchidas nas manobras do navio.

Figura 3A.2 – Modelo DHN-0104

DHN–0104

COMPENSAÇÃO DE AGULHA MAGNÉTICA POR COMPARAÇÃO COM A GIRO

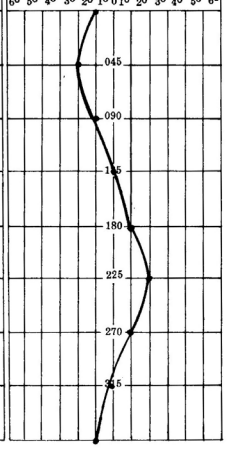
NAVIO Itaim
DATA 06 / 07 / 93
LOCAL Belém

AGULHA ☐ PADRÃO ☒ GOVERNO

Marca N.S.
Modelo 3
Número 0879

DEGAUSSING ☐ LIGADO ☒ DESLIGADO

	RUMOS		COMPENSAÇÃO				TABELA DE DESVIOS				CURVA DE DESVIOS
	E ☐ somar Dec mag W 10 ☐ subtrair	E ☐ subtrair Dgi W 1° ☐ somar	DESVIO DE BANDA	DESVIO SEMI-CIRCULAR		DESVIO QUADRANTAL	Rag < Rmg	DESVIO E	Rmg	DESVIO W	Rag > Rmg
Rmg	Rv	Rgi	BALDE	TRANSVERSAL	LONGITUDINAL	Esferas, Cilindros, Placas					
000	350	351		ANULAR ☒ METADE ☐				1°	000		
045	035	036				ANULAR ☒ METADE ☐		2°	045		
090	080	081	HORIZONTALIZAR A BALANÇA ☒		ANULAR ☒ METADE ☐			1°	090		
135	125	126				ANULAR ☐ METADE ☒		0	135		
180	170	171		ANULAR ☐ METADE ☒					180	1°	
225	215	216				ANULAR ☐ METADE ☐			225	2°	
270	260	261	HORIZONTALIZAR A BALANÇA ☐		ANULAR ☐ METADE ☒				270	1°	
315	305	306				ANULAR ☐ METADE ☐			315	0	



5.4. Operações a realizar com os Corretores

a. Desvio de Banda – 1ª Proa

Balança de inclinação com o extremo vermelho	Agulha sem corretores	Agulha com corretores já colocados	
	colocar o polo vermelho para:	com o vermelho para:	deslocamento a efetuar:
ELEVADO	baixo	baixo	aproximar
		cima	afastar
ABAIXADO	cima	baixo	afastar
		cima	aproximar

Se a operação de arriar o balde com os corretores não for suficiente para anular o desvio, estes serão total ou parcialmente retirados. Se o desvio ainda subsistir, terão de ser invertidos.

Não é conveniente que o balde fique muito próximo da agulha; é preferível carregá-lo com maior número de corretores, para que seja possível mantê-lo mais afastado.

b. Desvio Semicircular – 2ª, 3ª, 4ª e 5ª Proas

Ímãs	Proa Rmg	Desvio observado	Agulha sem corretores – colocar o polo vermelho para:	Agulha com corretores já colocados			
TRANSVERSAIS	N	E	BE	vermelho para BB	afastar	vermelho para BE	aproximar
		W	BB		aproximar		afastar
	S	E	BB		aproximar		afastar
		W	BE		afastar		aproximar
LONGITUDINAIS	E	E	VANTE	vermelho p/ VANTE	aproximar	vermelho para RÉ	afastar
		W	RÉ		afastar		aproximar
	W	E	RÉ		afastar		aproximar
		W	VANTE		aproximar		afastar

Se a operação de movimentar os corretores já existentes não for suficiente para anular ou reduzir o desvio, será necessário aumentar ou diminuir o seu número, ou, ainda, inverter a sua posição.

Não é conveniente que os corretores fiquem muito próximos da agulha; é preferível aumentar o seu número para que seja possível mantê-los mais afastados. Também não devem ser colocados a uma distância inferior ao dobro do seu comprimento.

Os ímãs longitudinais são quase sempre instalados em ambos os lados da bitácula, sendo muito conveniente que fiquem simetricamente dispostos.

c. Desvio Quadrantal – 6ª e 7ª Proas

PROAS (Rmg)	Desvio observado	Deslocamento dos corretores
NE e SW	E W	aproximar afastar
NW e SE	E W	afastar aproximar

É conveniente que os corretores fiquem o mais afastado possível da agulha, sendo preferível substituí-los por outros de maiores dimensões do que aproximá-los excessivamente.

Por outro lado, se os corretores ao fim da compensação estiverem nas extremidades dos braços, provavelmente na próxima compensação deverão ser substituídos por outros menores.

6. CURVA DE DESVIOS RESIDUAIS

Já compensada a Agulha, faz-se um giro completo, parando nos Rumos cardeais e intercardeais e, comparando os valores dos Rmg com os Rag, determinam-se os Dag, operação esta denominada Regulamento da Agulha ou Calibragem da Agulha.

Caso o navio possua equipamento Degaussing, faz-se também o regulamento com o Degaussing ligado.

7. BARRA DE FLINDERS

O comprimento e a posição da barra de Flinders devem ser determinados por cálculo. Para efetuar este cálculo é necessário que tenha sido possível determinar desvios nas proas E e W magnéticos em latitudes bastante diferentes.

Este problema afeta principalmente os navios novos, quando se usa o comprimento já obtido por cálculo para outro navio da mesma classe ou, na falta de quaisquer elementos, deixa-se de usar a barra de Flinders até que haja condições de efetuar os cálculos.

4

A POSIÇÃO NO MAR. NAVEGAÇÃO COSTEIRA

4.1 PLANEJAMENTO E TRAÇADO DA DERROTA

Normalmente, não se suspende para uma viagem sem antes proceder-se a um detalhado estudo da área em que se vai navegar. Neste estudo, denominado Planejamento da Derrota, utilizam-se, entre outros documentos, os seguintes:

a) Cartas Náuticas (de escalas variadas, desde Cartas Gerais até Cartas de Pequenos Trechos ou Cartas Particulares, de portos ou aproximações);

b) Roteiros, Lista de Faróis e Lista de Auxílios-Rádio;

c) Tábuas das Marés, Cartas ou Tábuas de Correntes de Maré;

d) Cartas-piloto;

e) Cartas Especiais (Cartas de Derrotas, Cartas para Navegação Ortodrômica);

f) Almanaque Náutico e outras Tábuas Astronômicas;

g) Catálogos de Cartas e Publicações; e

h) Avisos aos Navegantes.

As Publicações Náuticas (ou Publicações de Auxílio à Navegação) citadas serão apresentadas detalhadamente no Capítulo 12.

Definida a Derrota, esta é, então, traçada nas Cartas Náuticas (tanto nas Cartas de pequena escala como nas de grande escala). Após o Traçado da Derrota, registram-se os valores dos Rumos Verdadeiros e Distâncias a navegar entre os pontos de inflexão. Ademais, é conveniente anotar ao lado de cada ponto o **ETD** e/ou o **ETA**[1] previstos, calculado com base na velocidade de avanço, ou **SOA**[2], estabelecida na fase de Planejamento da Derrota. Com isto, pode-se verificar, durante a execução da derrota, se o navio está adiantado ou atrasado em relação ao planejamento.

Além disso, o Encarregado de Navegação deve preparar uma Tabela com os dados da derrota planejada (coordenadas dos pontos da derrota, rumos e distâncias, ETD / ETA, duração das singraduras e outras observações relevantes) e submetê-la à aprovação do Comandante, junto com as Cartas Náuticas mostrando o traçado da Derrota, antes da realização do *briefing* para todos os membros da tripulação envolvidos.

A Figura 4.1 apresenta, como exemplo, uma tabela com os dados de uma derrota costeira, do Rio de Janeiro a Natal; e a Figura 4.2 apresenta o traçado dessa derrota, em uma Carta de Grande Trecho.

Figura 4.1 – Planejamento da Derrota

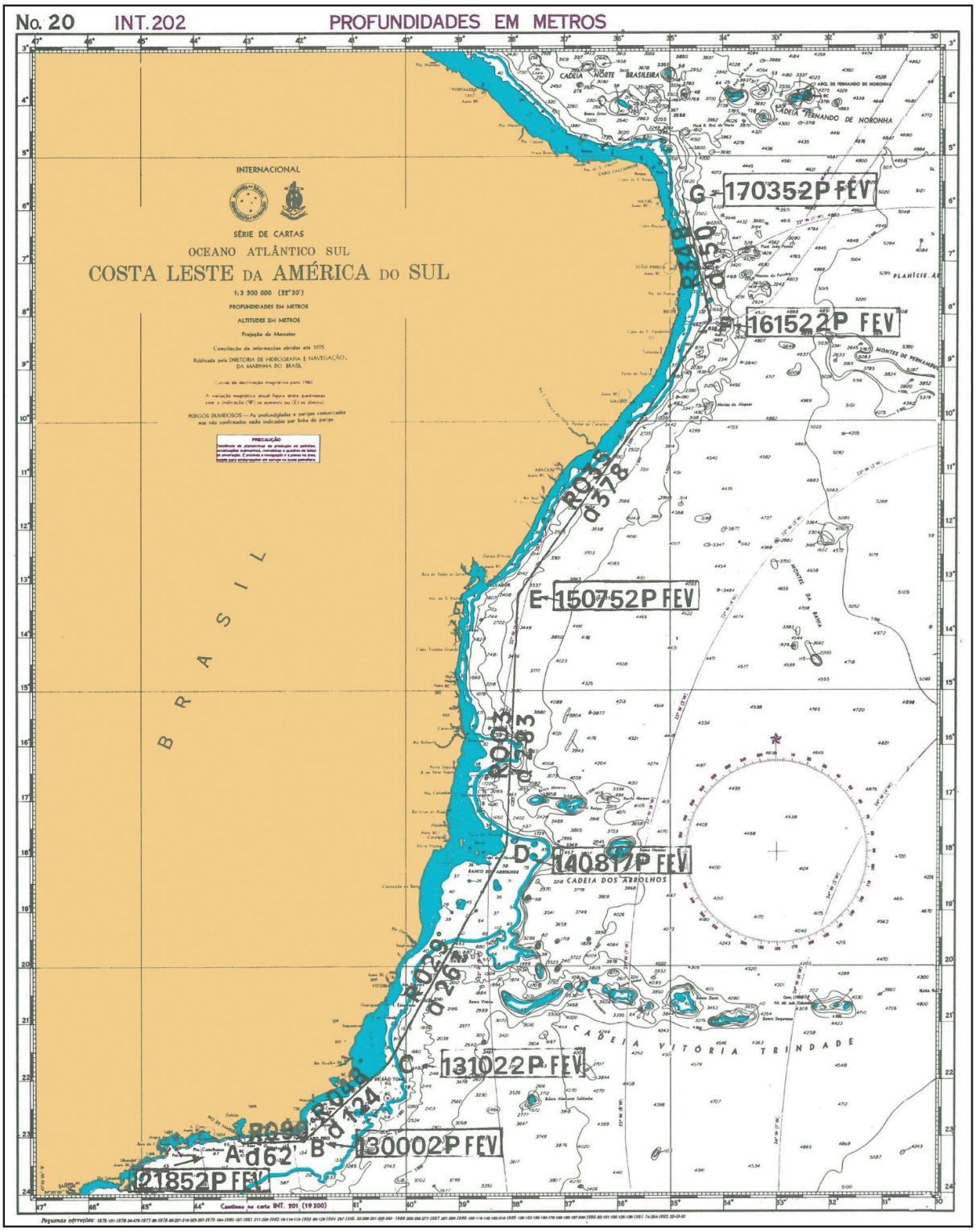
DERROTA DE: RIO DE JANEIRO			PARA: NATAL			SOA: 12 NÓS	
PONTO	COORDENADAS		P/PROX. PONTO		ETD/ETA	ETE (DURAÇÃO DO TRAJETO)	OBSERVAÇÕES
	LAT. (S)	LONG. (W)	RUMO	DIST.			
RIO	xxx	xxx	RP	17,2'	121600P FEV	02h 52m	SOA = 6 NÓS
ALFA	23° 10,0'	043° 06,0'	090°	62,0'	121852P FEV	05h 10m	PARTIDA
BRAVO	23° 10,0'	041° 58,0'	048°	124,0'	130002P FEV	10h 20m	TRAVÉS CABO FRIO
CHARLIE	21° 45,0'	040° 19,0'	029°	263,0'	131022P FEV	21h 55m	NORTE SÃO TOMÉ
DELTA	17° 55,0'	038° 06,0'	003°	283,0'	140817P FEV	23h 35m	TRAVÉS ABROLHOS
ECHO	13° 16,0'	037° 51,0'	035°	378,0'	150752P FEV	31h 30m	PROX. SALVADOR
FOXTROT	08° 14,0'	034° 13,0'	348°	150,0'	161522P FEV	12h 30m	PROX. RECIFE
GOLF	05° 43,0'	034° 45,0'	RP	20,0'	170352P FEV	03h 20m	SOA = 6 NÓS
NATAL	xxx	xxx	xxx	xxx	170712P FEV	xxx	xxx
			TOTAL: 1297,2'		TOTAL:	111h 12m	04d 15h 12m

Notas: ETE → *Estimated Time Enroute* (duração do trajeto); e

RP → Rumos Práticos.

[1] Conforme já apresentado no Capítulo 1, subitem 1.2.3: Hora Estimada de Partida (**Estimated Time of Departure –ETD**) e Hora Estimada de Chegada (**Estimated Time of Arrival – ETA**).
[2] Idem, no subitem 1.9: Velocidade de Avanço (**Speed of Advance – SOA**).

Figura 4.2 – Traçado da Derrota



4.2 CONCEITO DE LINHA DE POSIÇÃO (LDP). LDP UTILIZADAS NA NAVEGAÇÃO COSTEIRA E NA NAVEGAÇÃO EM ÁGUAS RESTRITAS

Durante a execução da derrota, o navegante está constantemente fazendo-se as seguintes perguntas: "Qual é minha posição atual? Para onde estou indo? Qual será minha posição num determinado tempo futuro? ". A determinação de sua posição e a plotagem desta na Carta Náutica constituem, normalmente, os principais problemas do navegante, advindo daí uma série de raciocínios e cálculos que dizem respeito ao caminho percorrido ou a percorrer pelo navio e à decisão sobre os rumos e velocidades a adotar.

Para determinar a sua posição, o navegante recorre ao emprego das Linhas de Posição.

Chama-se **Linha de Posição (LDP)** ao lugar geométrico de todas as posições que o navio pode ocupar, tendo efetuado uma certa observação, em um determinado instante.

As LDP são denominadas de acordo com o tipo de observação que as originam. Sendo assim, podem ser:

- Retas de Marcação;
- Retas de Alinhamento;
- Retas de Altura (observação astronômica);
- Circunferências de Igual Distância;
- Circunferências dos Segmentos Capazes; e
- Linhas de Igual Profundidade (Isóbatas).

Uma só linha de posição indicará ao navegante o lugar geométrico das múltiplas posições que o navio poderá assumir em um determinado instante, fruto da observação que efetuou, mas não a sua posição. Por exemplo, se for observado que, às 1032, o navio está à distância de 5 milhas de uma certa ilha, o navegante saberá que, nesse instante, o navio se encontra em algum ponto da circunferência com centro na ilha e raio de 5 milhas.

As LDP têm formas geométricas diferentes, de acordo com as observações que lhes deram origem. À exceção das isóbatas, que podem assumir as curvas mais caprichosas, as LDP habituais têm, geralmente, as formas de retas ou circunferências, o que torna o seu traçado sobre a carta rápido e simples.

Em navegação costeira costuma-se identificar a LPD obtida, registrando-se sobre a linha de posição a hora correspondente à observação (escrita com 4 dígitos: os dois primeiros indicativos da hora e os dois últimos representativos dos minutos) e abaixo da LPD o valor da marcação (ou distância) determinada.

As principais LDP utilizadas na navegação costeira e em águas restritas são as seguintes:

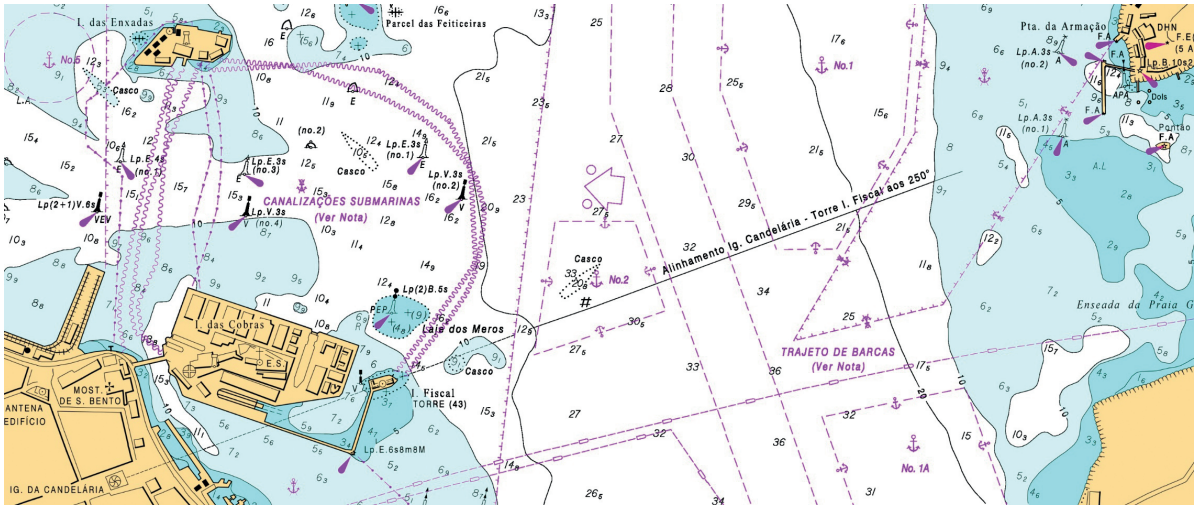
a. LDP ALINHAMENTO (Figuras 4.3 e 4.4)

É a LDP de maior precisão e não necessita de qualquer instrumento para ser obtida, sendo determinada por observação visual direta, a olho nu.

Condições essenciais que devem ser observadas, nesse caso:

- os dois pontos que materializam o alinhamento devem ser bem definidos, corretamente identificados e estar representados na Carta Náutica; e
- a altitude do ponto posterior deve ser maior que a do ponto anterior.

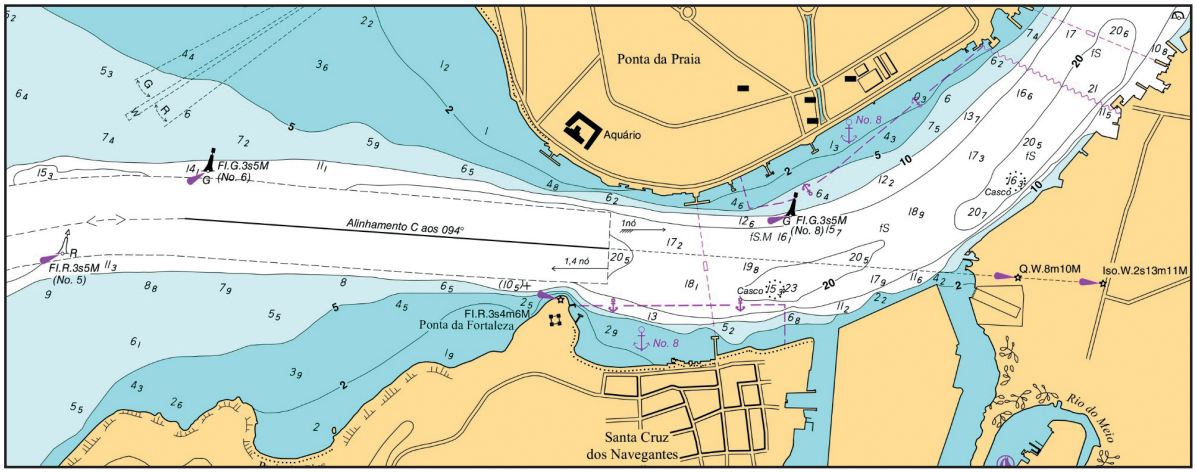
Figura 4.3 – Linha de Posição: Alinhamento Ig. Candelária – Torre I. Fiscal (Carta 1511)



A Figura 4.3 apresenta o Alinhamento Candelária – Ilha Fiscal, representado na Carta Náutica 1511 – Barra do Rio de Janeiro.

Além do seu uso normal na navegação, os alinhamentos são muito utilizados em sinalização náutica, para indicar ao navegante onde governar, mantendo-se a salvo dos perigos, especialmente em canais estreitos. A Figura 4.4 apresenta um exemplo bem característico dessa situação, como o Alinhamento "C" representado na Carta Náutica 1713 – Porto de Santos (Parte Sul).

Figura 4.4 – Linha de Posição: Alinhamento "C" – Carta Náutica 1713 – Porto de Santos (Parte Sul)

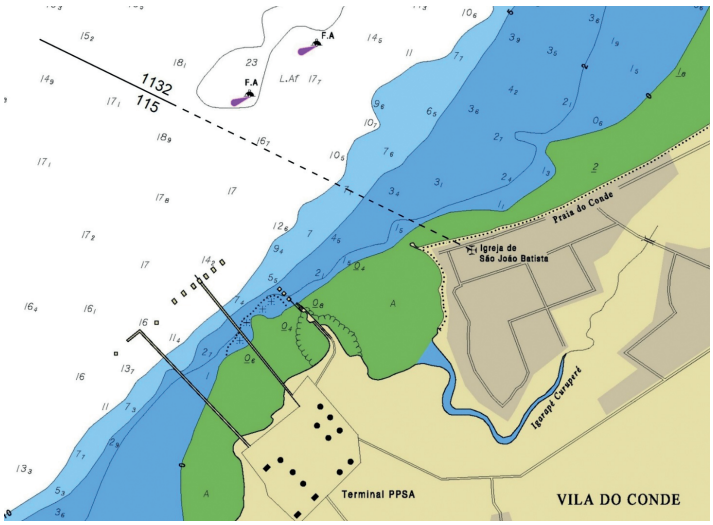


Os dois alinhamentos (Figuras 4.3 e 4.4), como muitos outros aqui não citados, por serem de amplo conhecimento e emprego dos navegantes, são comumente representados nas cartas náuticas. Outros alinhamentos, no entanto, que atendem plenamente às condições essenciais acima apontadas, e que não estão traçados nas cartas, podem e devem ser usados como uma LDP, sem qualquer restrição.

b. LDP MARCAÇÃO VISUAL (Figura 4.5)

É, talvez, a LDP mais utilizada em navegação costeira e em águas restritas.

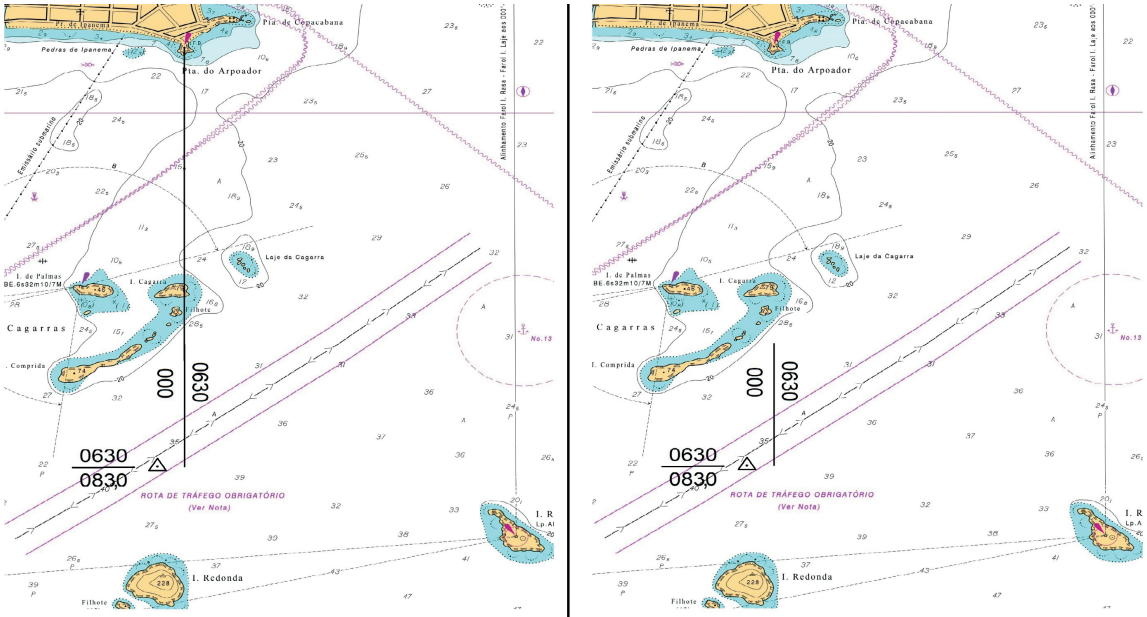
Figura 4.5 – Linha de Posição: Reta de Marcação (trecho da Carta 321 - Vila do Conde)



Precaução: só se traçam na Carta marcações verdadeiras. Como as marcações são observadas através do uso de Agulhas, é necessário considerar sempre o Desvio da Agulha e a Declinação Magnética, no caso de ser utilizada Agulha Magnética, ou o Desvio da Giro, quando as marcações são obtidas na repetidora da Agulha Giroscópica.

Recomenda-se que a Reta de Marcação seja traçada apenas nas proximidades da posição estimada do navio, a fim de não "congestionar visualmente" a Carta Náutica. Se todas as marcações observadas fossem prolongadas até o objeto marcado, a Carta ficaria confusa, com um emaranhado de traçados, podendo confundir o navegante. A Figura 4.6 apresenta exemplos de lançamentos correto e incorreto de uma LDP de Marcação na carta náutica.

Figura 4.6 – Traçado da LDP na Carta Náutica



Os dados obtidos pelo Navio, no momento da observação, representados no exemplo contido na Figura 4.6, são:

Hora	Ponto observado	LDP	Odômetro
0630	Farolete da Ponta do Arpoador	Mv = 000o	083,0

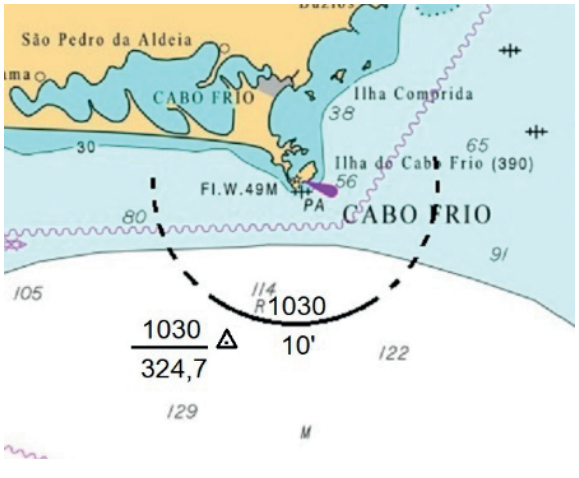
c. LDP CIRCUNFERÊNCIA DE IGUAL DISTÂNCIA (Figura 4.7)

Traça-se na Carta Náutica a LDP Circunferência de Igual Distância com o compasso (ajustado na Escala de Latitudes da Carta, com uma abertura igual à distância medida), com centro no objeto para o qual se determinou a distância.

Tal como ocorre no caso da Reta de Marcação, normalmente traça-se apenas o trecho da Circunferência de Igual Distância situado nas proximidades da Posição Estimada do navio.

Os dados obtidos pelo Navio, no momento da observação, representados no exemplo contido na Figura 4.7, são:

Figura 4.7 – Linha de Posição: Circunferência de Igual Distância



Hora	Ponto observado	LDP	Odômetro
1030	Ponta de Cabo Frio	Dist. = 10’	324,7

d. LDP LINHA DE IGUAL PROFUNDIDADE (ISÓBATA)

Quando se mede uma profundidade a bordo, define-se uma linha de posição, pois pode-se dizer que o navio estará em algum ponto da **ISÓBATA** (Linha de Igual Profundidade) correspondente à profundidade obtida.

A Isóbata é uma LDP aproximada, mas que tem grande emprego como **LDP DE SEGURANÇA**, para se evitar áreas perigosas (a profundidade limite pode, inclusive, ser ajustada no alarme do ecobatímetro ou do ECDIS, por exemplo).

O emprego da isóbata como LDP só tem valor real em áreas onde o relevo submarino é bem definido, apresentando uma variação regular, além de que, obrigatoriamente, deve-se levar em consideração as informações contidas no Diagrama de Levantamentos ou de Confiabilidade, constante da Carta Náutica em papel, ou no Diagrama de Zona de Confiança, constante da Carta Náutica Eletrônica (ENC), conforme apresentados no Capítulo 2.

Quando se utiliza uma Linha de Igual Profundidade como LDP, convém usar sempre uma que conste da Carta Náutica na qual se navega.

Além disso, ao utilizar a isóbata, é indispensável ter em mente que os ecobatímetros indicam, muitas vezes, o fundo abaixo da quilha. Portanto, para se obter a profundidade real, nesse caso, é necessário somar o calado do navio ao valor indicado pelo equipamento.

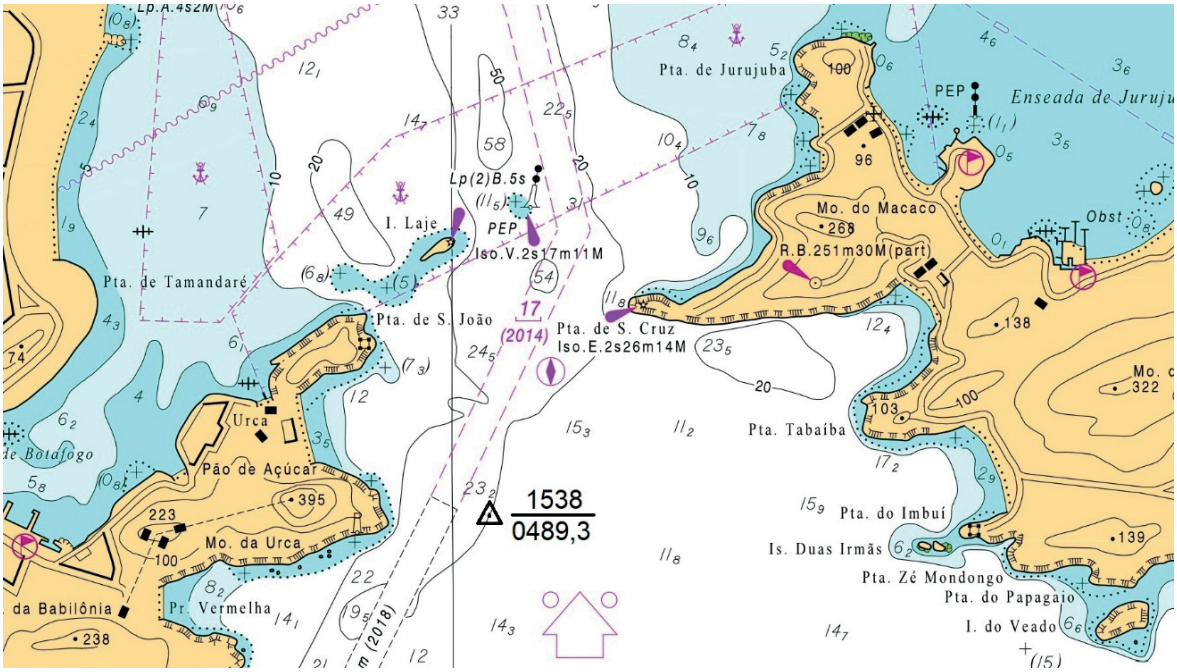
Por sua vez, se for desejada uma maior precisão, será necessário reduzir a profundidade obtida ao Nível de Redução da Carta, subtraindo dessa profundidade a altura da maré, no instante de sua medição (para um melhor entendimento, vide o Capítulo 10).

Na Figura 4.8, por exemplo, que apresenta um trecho da Carta 1501 – Baía de Guanabara, se o navio sondou 20 metros (valor já corrigido do calado e da altura da maré no instante observado), ele estará, nesse instante, sobre a **isóbata de 20 metros** representada na Carta Náutica da área, em área próxima à sua posição estimada.

Os dados obtidos pelo Navio, no momento da observação, representados no exemplo contido na Figura 4.8, são:

Hora	Elemento Observado	LDP	Odômetro
1538	**Profundidade de 20m**	**Isobatimétrica 20**	**489,3**

Figura 4.8 – Linha de Posição: Linha de Igual Profundidade (Isóbata)

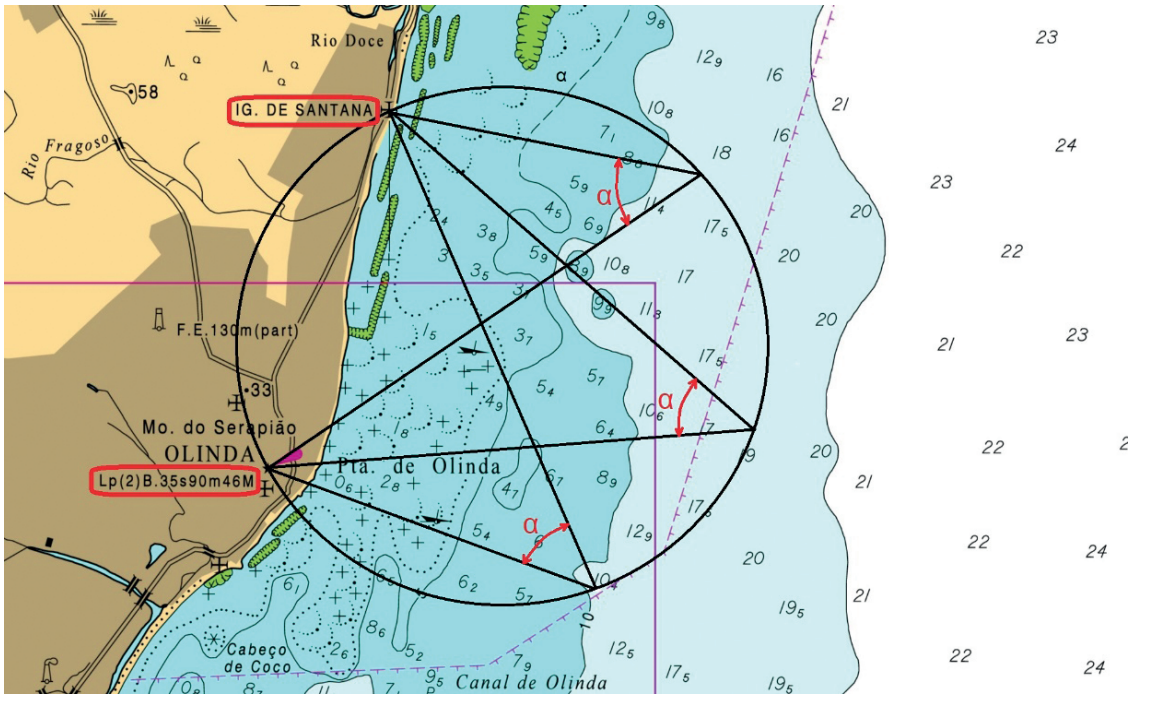


e. LDP SEGMENTO CAPAZ (Figura 4.9)

A observação do **ÂNGULO HORIZONTAL** entre dois pontos notáveis representados na Carta Náutica permite o traçado de uma LDP, que será uma circunferência (**SEGMENTO CAPAZ**) que passa pelos dois pontos e sobre a qual se encontra o Navio.

O traçado do segmento capaz e a determinação e plotagem da posição por segmentos capazes serão estudados adiante, neste mesmo Capítulo.

Figura 4.9 – Linha de Posição: Segmento Capaz



4.3 DETERMINAÇÃO DA POSIÇÃO NO MAR

Uma única Linha de Posição contém a posição do navio, porém não a define. Para determinar a posição, é necessário cruzar duas ou mais linhas de posição do mesmo tipo ou de naturezas diferentes.

As duas ou mais LDP podem ser obtidas de observações simultâneas de dois ou mais pontos de terra bem definidos na carta náutica, de observações sucessivas de um mesmo ponto, ou de pontos distintos.

A bordo, as observações são feitas, geralmente, por um só observador. Desse modo, observações de dois ou mais pontos não podem, teoricamente, ser consideradas simultâneas. Contudo, na prática, tais observações são aceitas como simultâneas e, por isso, todo esforço deve ser feito para que o intervalo de tempo entre elas seja o mínimo possível.

O posicionamento do navio em navegação costeira ou em águas restritas é normalmente obtido por um dos métodos indicados a seguir. A escolha do método mais conveniente depende, entre outros, dos seguintes fatores:

a) meios de que o navio (ou embarcação) dispõe;

b) precisão requerida (que depende, por sua vez, da distância da costa ou do perigo mais próximo); e

c) número de pontos notáveis disponíveis (e representados na carta náutica) para observação visual ou identificáveis pelo radar.

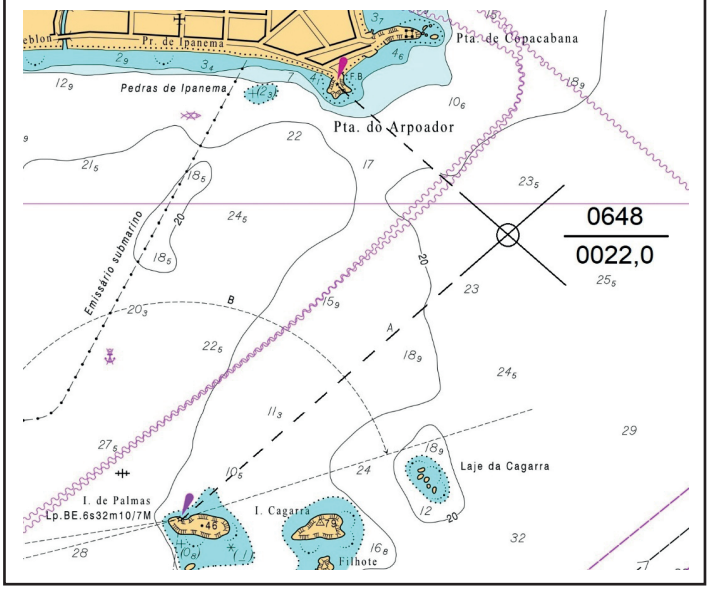
4.3.1 Métodos para Determinação da Posição

a. Posição por Duas Marcações Visuais (Simultâneas)

Mesmo que seja apenas um observador determinando as duas LDP, elas poderão ser consideradas "simultâneas", desde que o intervalo de tempo entre as observações seja o mínimo possível.

Quando uma posição é determinada por LDP simultâneas, as Linhas de Posição não necessitam ser individualmente identificadas, rotulando-se apenas a posição, com a hora da observação e o odômetro, conforme mostrado na Figura 4.10.

Figura 4.10 – Posição por Duas Marcações Visuais



O símbolo adotado para representar uma posição determinada é uma pequena circunferência, centrada no ponto obtido, ou seja, na interseção (cruzamento) das LDP, como apresentado na Figura 4.10.

Os dados obtidos pelo Navio no momento da observação, representados no exemplo da Figura 4.10, são:

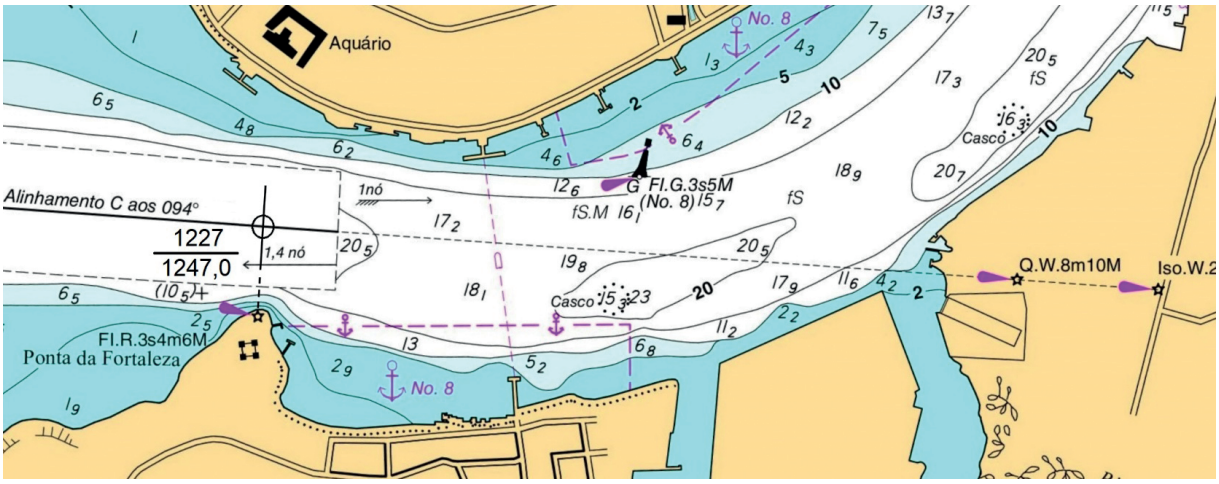
Hora	Objeto Visado	Marcação	Odômetro
0648	Fte. Pta. do Arpoador	311º	0022,0
	Farol I. de Palmas	229º	

b. Posição por Alinhamento e Marcação Visual

É, também, uma combinação de LDP bastante empregada na prática da navegação costeira ou em águas restritas, como apresentada na Figura 4.11.

Oferece algumas vantagens especiais, tais como: boa precisão e o fato de o alinhamento não necessitar de qualquer instrumento para sua observação. Nesse caso, o navegante deve estudar a Carta Náutica e o Roteiro da região, buscando identificar os alinhamentos que podem ser utilizados para o posicionamento do seu navio.

Figura 4.11 – Posição por Alinhamento e Marcação Visual



Os dados obtidos pelo Navio, demandando o Porto de Santos (SP), no momento da observação, representados no exemplo da Figura 4.11, são:

Hora	Objeto Visado	Marcação	Odômetro
1227	Alinhamento C	094º	1247,0
	Fte. Pta. da Fortaleza	184º (través BE)	

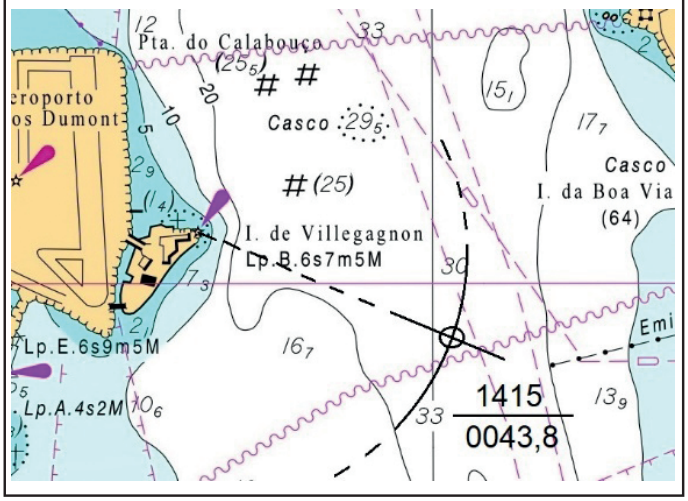
c. Posição por Marcação e Distância de um Mesmo Objeto

Método que produz bons resultados, pois as duas LDP cortam-se num ângulo de 90°, o que constitui condição favorável.

É especialmente indicado quando se combinam uma marcação visual e uma distância-radar a um mesmo objeto, pois ambos os tipos de LDP apresentam boa precisão.

Os dados obtidos pelo Navio, demandando o Porto do Rio de Janeiro (RJ) no momento da observação, representados no exemplo da Figura 4.12, são:

Figura 4.12 – Posição por Marcação e Distância de um Mesmo Objeto



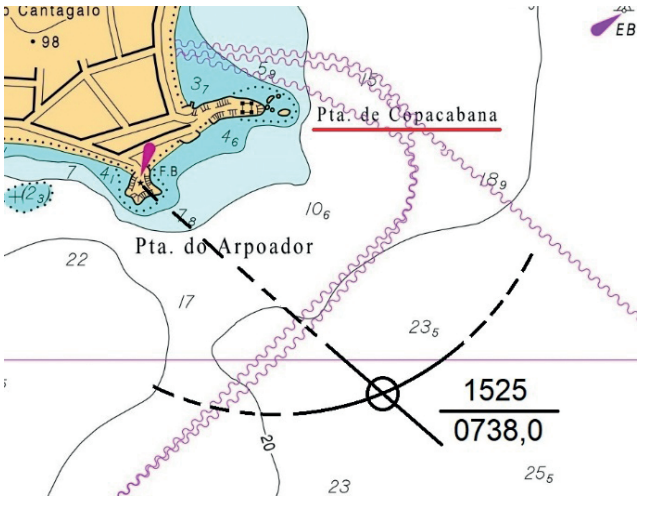
Hora	Objeto Visado	Marcação	Distância	Odômetro
1415	Fte. Ilha de Villegagnon	293º	0,75 MN	0043,8

d. Posição por Marcação de um Objeto e Distância de Outro

Método empregado quando não é possível obter a marcação e a distância de um mesmo objeto. Na Figura 4.13, por exemplo, o Farolete da Ponta do Arpoador, embora notável e bem definido para uma marcação visual, está interiorizado e situado em um local que não produziria uma boa distância-radar, o que se obtém, então, da Ponta de Copacabana (a pedra mais a Leste).

O ponto obtido por marcação de um objeto e distância de outro tem menor consistência que a posição por marcação e distância de um mesmo objeto, pois as LDP não são perpendiculares. No entanto, escolhendo-se pontos próximos, como apresentados na Figura 4.13, o possível erro poderá ser mitigado.

Figura 4.13 – Posição por Marcação de um Objeto e Distância de Outro



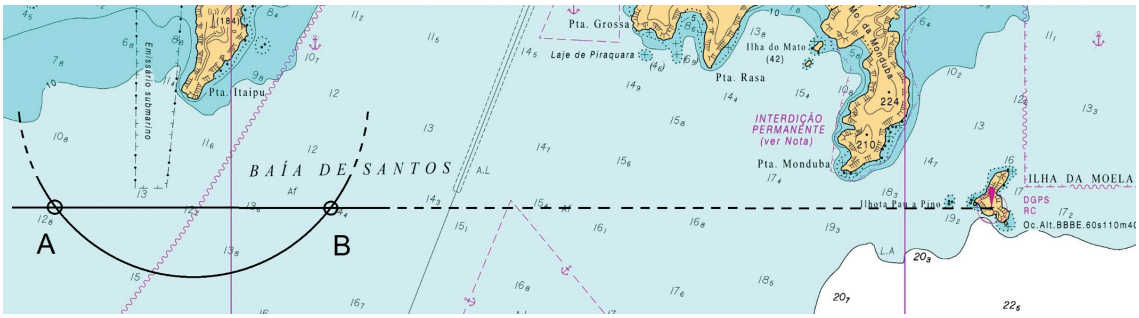
Os dados obtidos pelo Navio, representados no exemplo da Figura 4.13, são:

Hora	Objeto Visado	Marcação	Distância	Odômetro
1525	Fte. Pta. do Arpoador	311º	-	0738,0
	Pta. de Copacabana (pedra + E)	-	1,0 MN	

4.3.2 Posição por duas LDP – Possibilidade de Ambiguidade

A posição determinada por apenas duas LDP pode conduzir a uma ambiguidade, como apresentada na Figura 4.14. O Navio está na posição A ou B?

Figura 4.14 – Posição por Interseção de Duas LDP - Possibilidade de Ambiguidade



Os dados obtidos pelo Navio, representados no exemplo da Figura 4.14, são:

Hora	Objeto Visado	Marcação	Distância	Odômetro
0845	Farol da Ilha da Moela	090º	-	0104,5
	Ponta Itaipu	-	1,6 MN	

Por isso, sempre que possível, é conveniente obter uma terceira LDP, que eliminará qualquer possibilidade de ambiguidade, como mostrado nas Figuras 4.15 e 4.16.

Figura 4.15 – Posição por Três Marcações Visuais

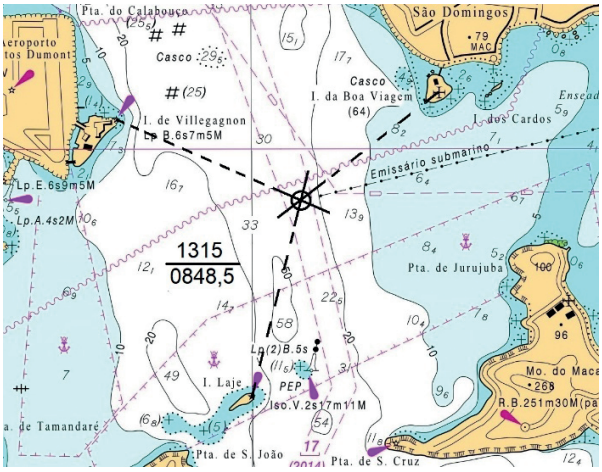
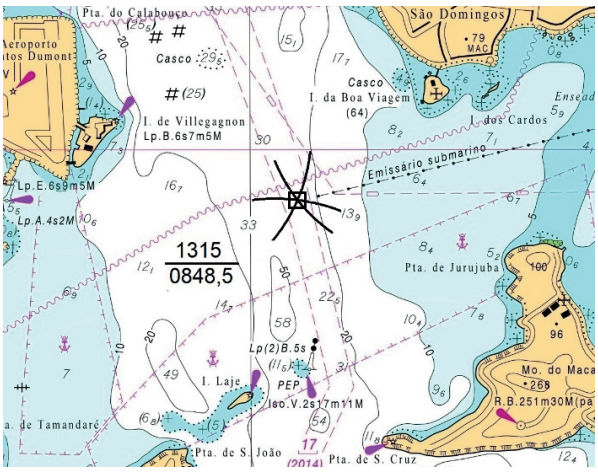


Figura 4.16 – Posição por Três Distâncias



Os dados obtidos pelo Navio, representados no exemplo das Figura 4.15 e 4.16, são:

Hora	Objeto Visado	Marcação	Distância	Odômetro
1315	Fte. Ilha de Villegagnon	295º	0,95 MN	0848,5
	I. da Boa Viagem (Igreja)	052º	-	
	I. Da Boa Viagem (pta SW)	-	0,83 MN	
	Fte. I. Laje	193º	0,97 MN	

Conforme mencionado, nas posições determinadas por interseções de LDP consideradas simultâneas, as Linhas de Posição não são individualmente rotuladas, identificando-se apenas a posição, com a hora e o odômetro correspondentes, como apresentadas nas Figuras 4.15 e 4.16.

4.3.3 Outros Métodos de Determinação da Posição

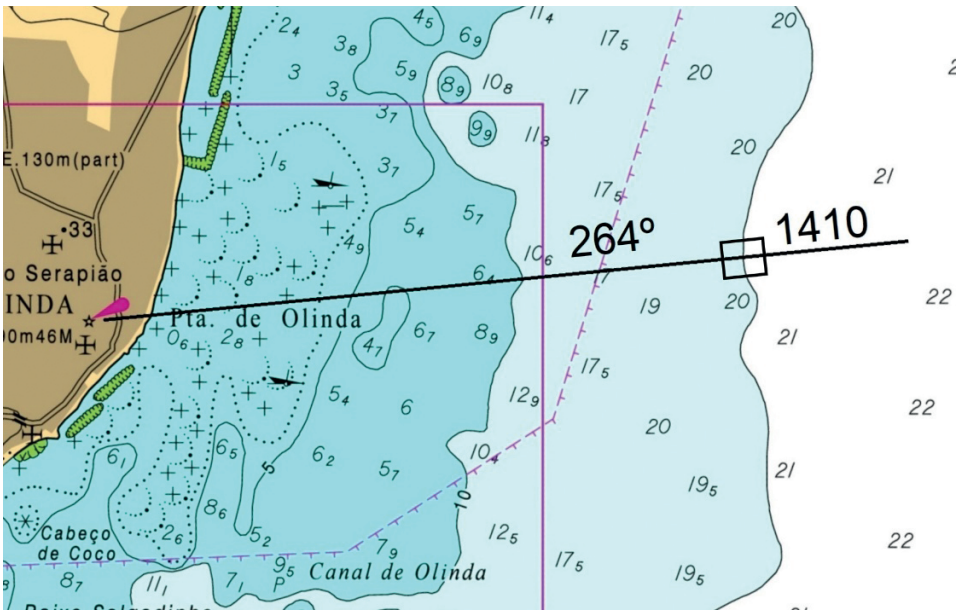
Além dos métodos anteriores que são mais comuns, outros podem ser utilizados para determinação da posição em navegação costeira, tais como:

a. Posição por Marcação e Profundidade

Embora pouco preciso, pode fornecer um ponto razoável, na falta de alternativas. Para este método, é conveniente escolher uma profundidade correspondente a uma das isóbatas representadas na Carta. Além disso, melhores resultados são obtidos quando a marcação corta a isóbata o mais perpendicularmente possível.

Na Figura 4.17, o navio marcou o farol aos 264° e, simultaneamente, sondou 20 metros com o ecobatímetro. A posição estará na interseção da reta de marcação com a isóbata de 20 metros, representada na carta.

Figura 4.17 – Posição por Marcação e Profundidade



b. Posicionamento Eletrônico

Há diversos sistemas de posicionamento eletrônico capazes de fornecer ao navegante o rigor e a rapidez exigidos pela navegação costeira, como por exemplo, o *enhanced* LORAN (e-LORAN) e o Sistema Global de Navegação por Satélite (*Global Navigation Satellite System* – GNSS).

GNSS é o termo amplo para sistemas de navegação por satélite, que têm por objetivo fornecer posicionamento geoespacial com cobertura global. Atualmente fazem parte do sistema GNSS os sistemas: GPS (EUA); GLONASS (Rússia); GALILEO (Comunidade Européia); e BEIDOU/COMPASS (China).

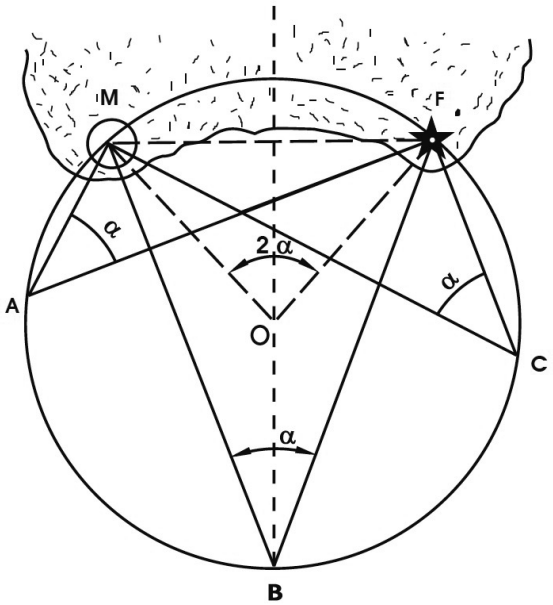
Esses sistemas são estudados no Volume III deste Manual.

4.4 POSIÇÃO POR SEGMENTOS CAPAZES

4.4.1 Observação e Traçado da LDP Segmento Capaz

Observando-se com o sextante o ângulo horizontal (α) entre dois pontos (M e F na Figura 4.18), fica definida uma LDP que é o lugar geométrico dos pontos que observam o segmento MF segundo o angulo α. Essa LDP é o segmento capaz desse ângulo, ou seja, a circunferência de centro O, situado na perpendicular a meio de MF (mediatriz do segmento MF) e de raio OF, de modo que o ângulo MOF seja igual a 2α.

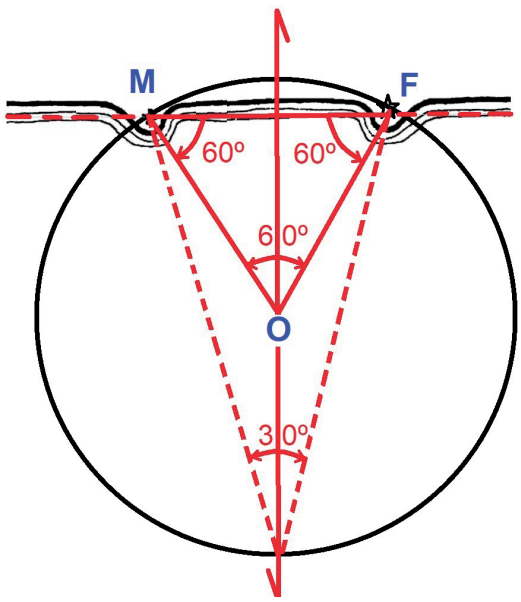
Figura 4.18 – LDP Segmento Capaz



Desse modo, se, num determinado instante, o navegante observar o ângulo horizontal α entre os pontos M e F (bem definidos e representados na Carta Náutica), o navio poderá ocupar qualquer posição sobre o segmento capaz determinado (por exemplo, A, B ou C na Figura 4.18).

O traçado de um segmento capaz é relativamente simples. Suponha-se que foi observado um ângulo de 30° entre os pontos M e F (Figura 4.19). Para traçar a LDP (segmento capaz), segue-se o procedimento abaixo:

Figura 4.19 – Traçado do Segmento Capaz



a) traçar a perpendicular a meio, entre M e F (mediatriz do segmento MF);

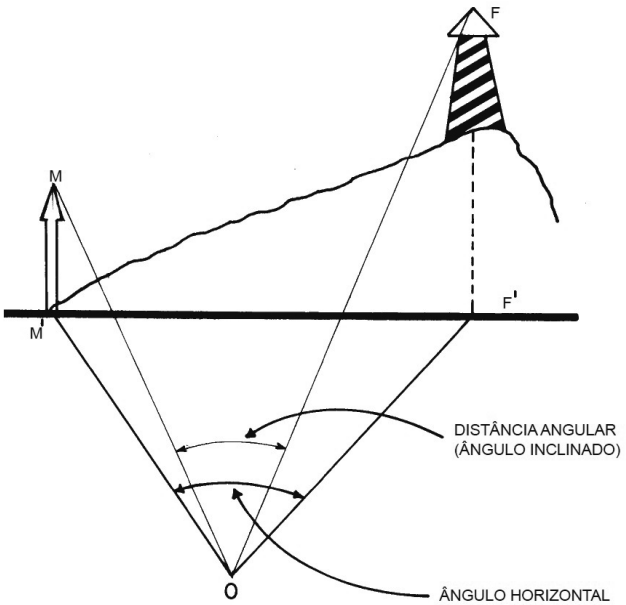
b) marcar, com um transferidor, a partir de M (ou de F), um ângulo de 60° (90° – α) e prolongar a linha obtida até interceptar a perpendicular a meio de MF. Se o ângulo medido fosse maior que 90°, o ângulo marcado a partir de M (ou de F) seria (α – 90°); e

c) o ponto O, assim obtido, será o centro do segmento capaz de 30°, e a circunferência do segmento capaz poderá ser traçada na Carta.

O segmento capaz é uma LDP muito rigorosa, desde que sejam guardados certos cuidados na observação, quais sejam:

a) os pontos visados devem ser próximos ao horizonte (baixa altitude) e não deve existir diferença de altitude apreciável entre eles. Na realidade, o que se mede com o sextante não é o ângulo horizontal, mas sim a distância angular (ângulo inclinado) entre os pontos (Figura 4.20). Entretanto, nesse caso, a plotagem na carta náutica é feita como se o ângulo medido tivesse sido o ângulo horizontal. Se os pontos visados forem de grande altitude, ou se diferirem muito em altitude, a diferença entre o ângulo inclinado e o ângulo horizontal será relevante, introduzindo um erro significativo na LDP plotada (vide a Figura 4.21);

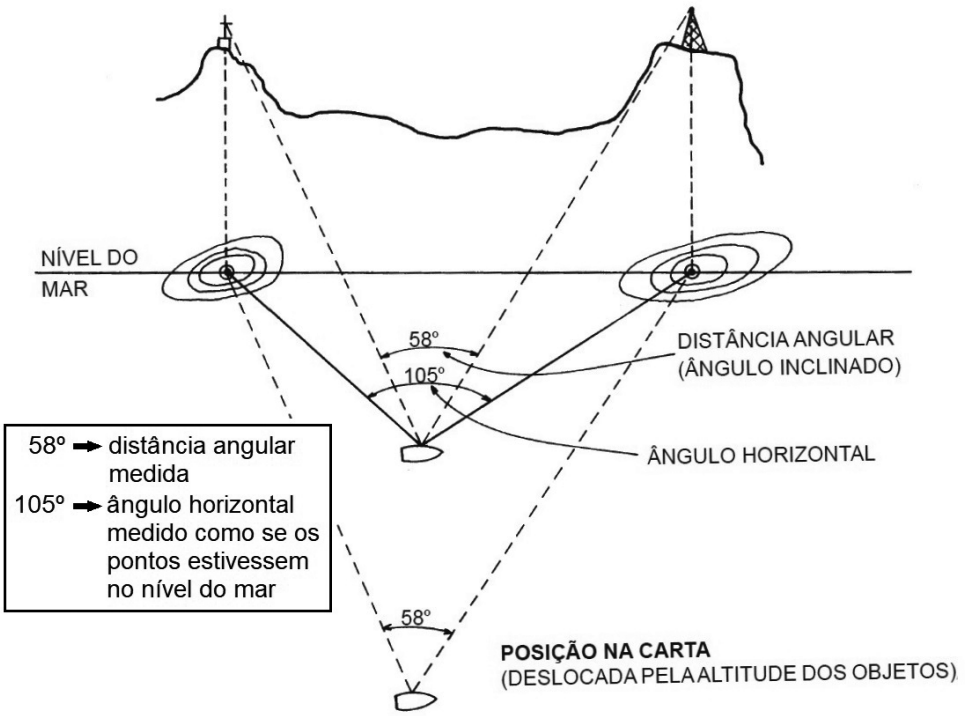
Figura 4.20 – Medição de Segmento Capaz: Erro Causado pela Diferença de Altitude dos Pontos



b) o ângulo medido não deve ser inferior a 30°. Ângulos menores conduzem a erros (na plotagem da LDP), que são tanto maiores quanto menor for o ângulo medido. Como regra, não se deve observar ângulos horizontais a uma distância superior a cerca de 2,5 vezes a distância entre os pontos visados. Se esta regra for seguida, o ângulo não será inferior a 30°; e

c) o erro instrumental do sextante deve ser aplicado às leituras obtidas (vide o Capítulo 23, Volume II).

Figura 4.21 – Medição de Segmento Capaz: Erro Causado pela Altitude dos Pontos



4.4.2 Determinação e Plotagem da Posição por Segmentos Capazes

A combinação de dois segmentos capazes, medidos entre três pontos, sendo um deles (ponto central) comum aos dois ângulos observados, fornece a posição do navio com elevado grau de precisão.

A técnica é a seguinte: a bordo, do mesmo ponto no navio, devem ser medidos (simultaneamente ou, na impossibilidade de fazê-lo, com o menor intervalo de tempo possível entre as observações) dois ângulos horizontais (com o sextante), entre três pontos, sendo o ponto central comum aos dois ângulos observados, como apresentado na Figura 4.22.

Ficam, então, definidos 2 segmentos capazes, que se cruzam no ponto central e em outro ponto, que define a posição do navio (ou embarcação), conforme mostrado na Figura 4.23.

Figura 4.22 – Uso do Sextante na Medição dos Segmentos Capazes

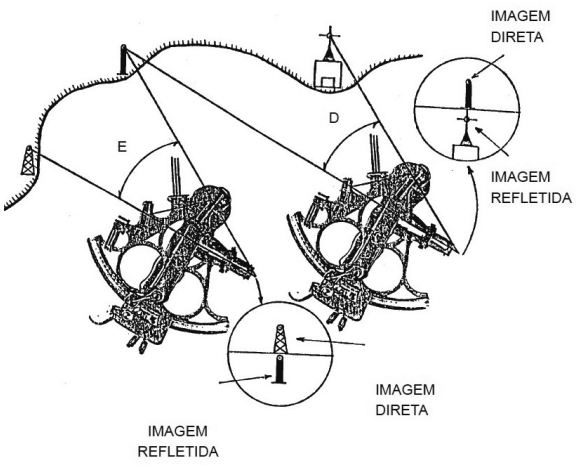
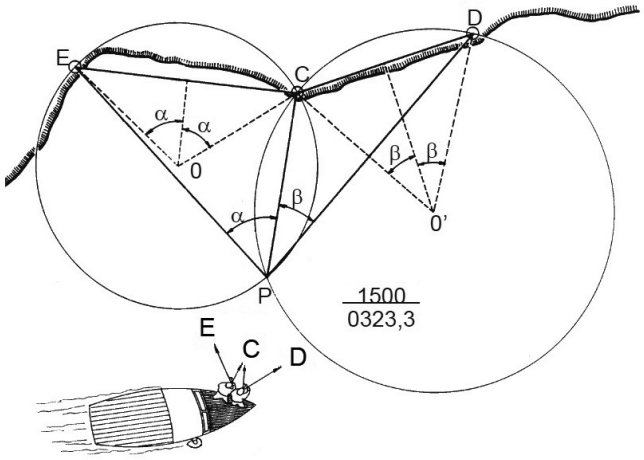


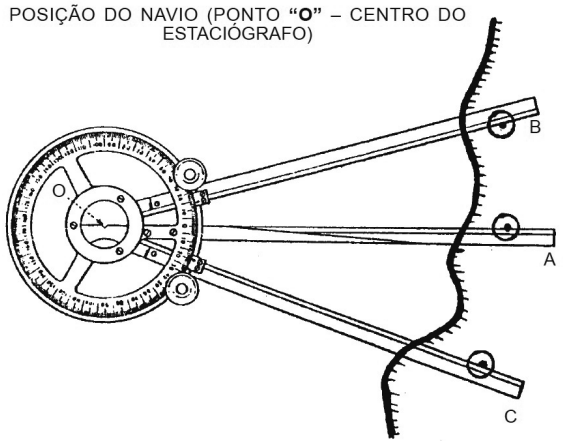
Figura 4.23 - Posição por Segmentos Capazes



Para plotagem da posição por segmentos capazes, podem ser utilizados três processos.

O primeiro deles, muito pouco empregado, consiste em traçar os segmentos capazes pelo método gráfico anteriormente exposto.

Figura 4.24 – Plotagem com Estaciógrafo de Tambor



O segundo processo, mais rápido e normalmente o preferido a bordo, utiliza o estaciógrafo, instrumento específico para esta finalidade. O estaciógrafo, como mostram as Figuras 4.24 e 4.25, consiste, sucintamente, de um círculo graduado que dispõe de três réguas irradiando-se do centro. A régua central é fixa, a qual determina o centro do círculo e passa pelo zero da graduação do mesmo. Essa graduação é, geralmente, marcada de 1/2 em 1/2 grau, de 0 a 180° para cada lado dessa régua. As outras duas réguas são móveis, podendo dispor, caso sejam de metal (Figura 4.24), de botões de pressão para travá-las em qualquer graduação do círculo, sendo munidas, ainda, de verniês ou parafusos micrométricos. Introduzidos os ângulos medidos, coloca-se o instrumento sobre a carta náutica e, por tentativas, procura-se tangenciar com as réguas os pontos A, B e C, como mostrado na Figura 4.24. Feito isso, marca-se com um lápis, no centro do círculo, o ponto O, que representa a posição do navio. A plotagem com outro tipo de estaciógrafo (de plástico) é mostrada na Figura 4.25.

Figura 4.25 – Plotagem com Estaciógrafo de Plástico

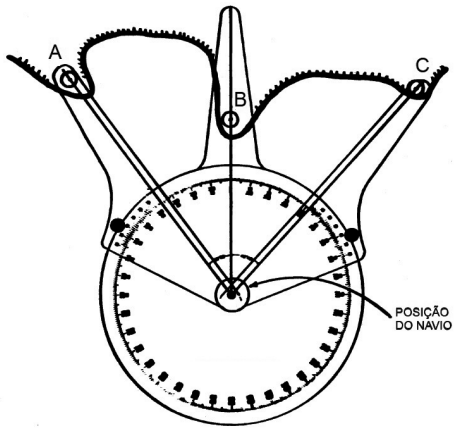
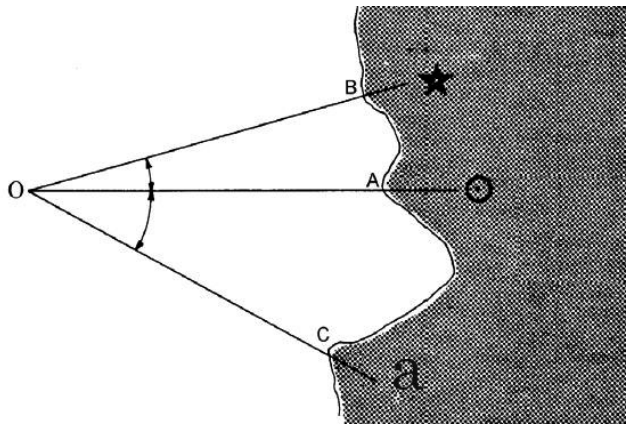


Figura 4.26 – Estaciógrafo de Fortuna

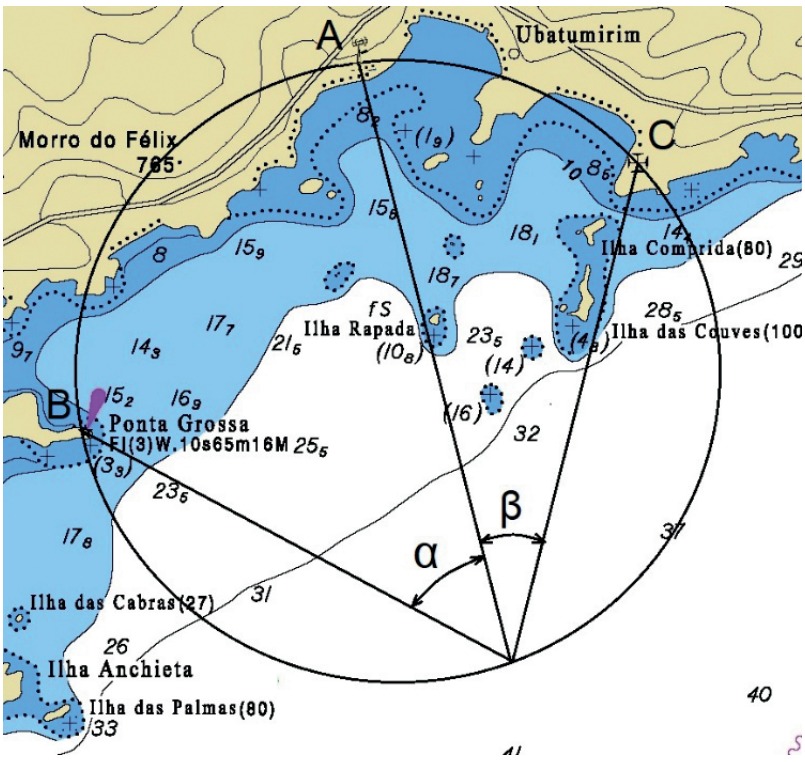


O terceiro processo, adotado quando não se dispõe de um estaciógrafo e não se deseja usar o método gráfico, é improvisar o chamado **Estaciógrafo de Fortuna**, que consiste de uma folha de papel transparente onde se traçam os dois ângulos medidos (com um transferidor ou usando a rosa de rumos da Carta) e, colocando a folha transparente com os dois ângulos traçados sobre a Carta, procura-se fazer a coincidência das três visadas com os três objetos observados, à semelhança do que é feito com o estaciógrafo propriamente dito. A posição do navio estará no vértice comum aos dois ângulos traçados (ponto "O", na Figura 4.26).

4.4.3 Cuidados na Escolha dos Objetos Visados

Ao selecionar quais os objetos que serão visados para a navegação por segmentos capazes, o navegante deve precaver-se para evitar a escolha de três pontos que estejam sobre uma circunferência que passe também pela posição do navio, pois, nesse caso, a posição será indeterminada, isto é, qualquer ponto da circunferência atenderá aos dois ângulos observados, como apresentado na Figura 4.27.

Figura 4.27 – Circunferência de Indeterminação

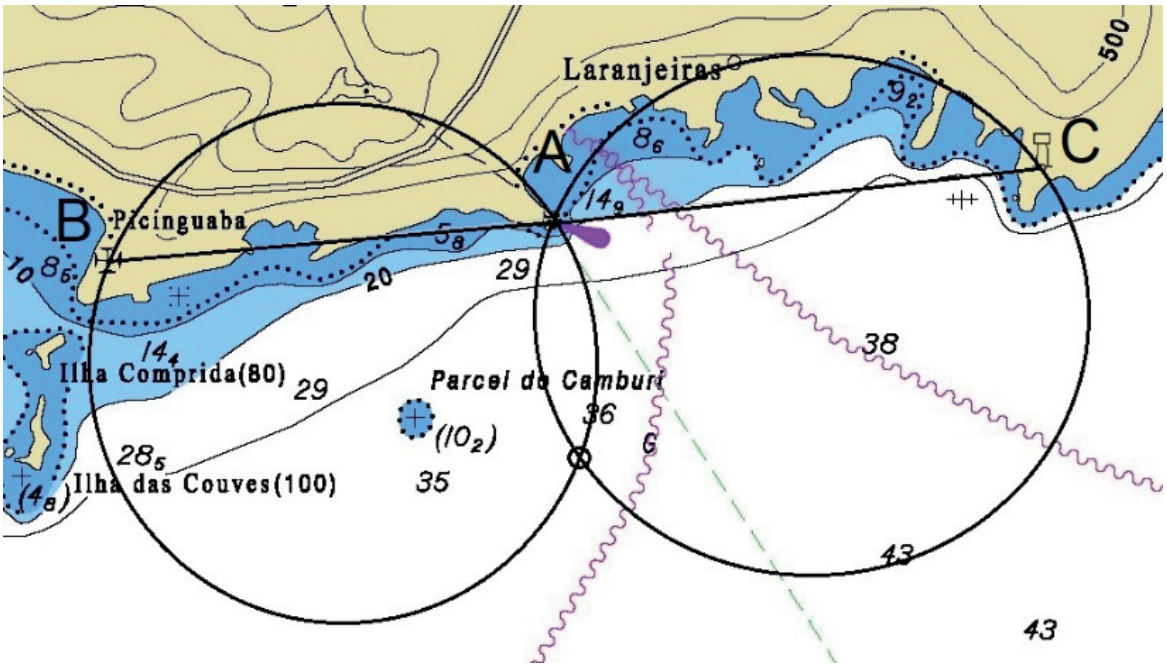


Assim, o Navio poderá estar em qualquer ponto da circunferência com os mesmos ângulos α e β.

As **condições favoráveis** para evitar que isto aconteça são:

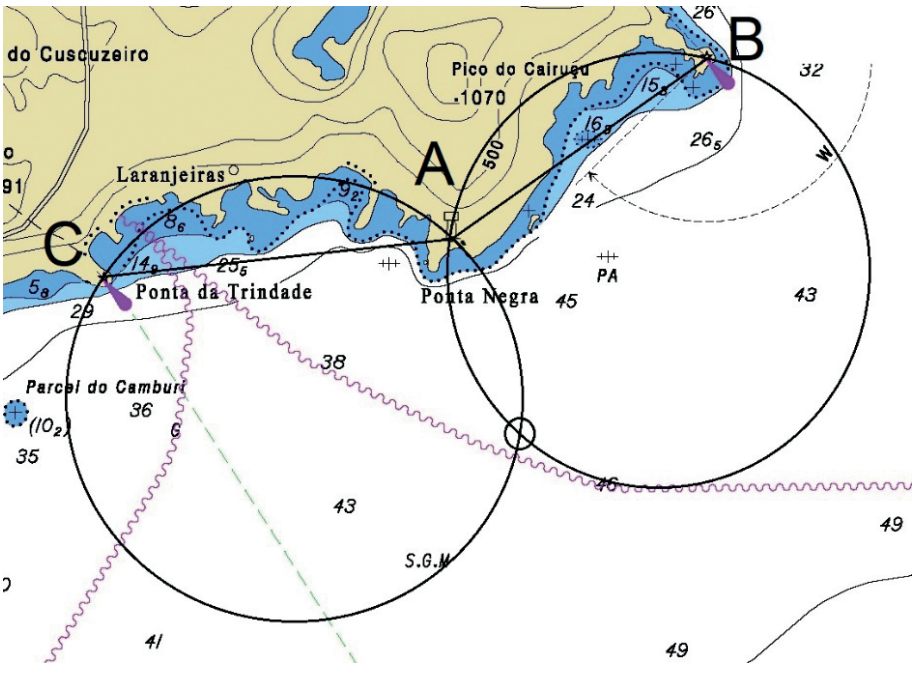
a. os três pontos estarem em linha reta ou próximo disso, como apresentado na Figura 4.28. Nesse caso, a circunferência de indeterminação tem raio infinito e a posição do Navio será sempre definível;

Figura 4.28 – Três pontos em linha reta



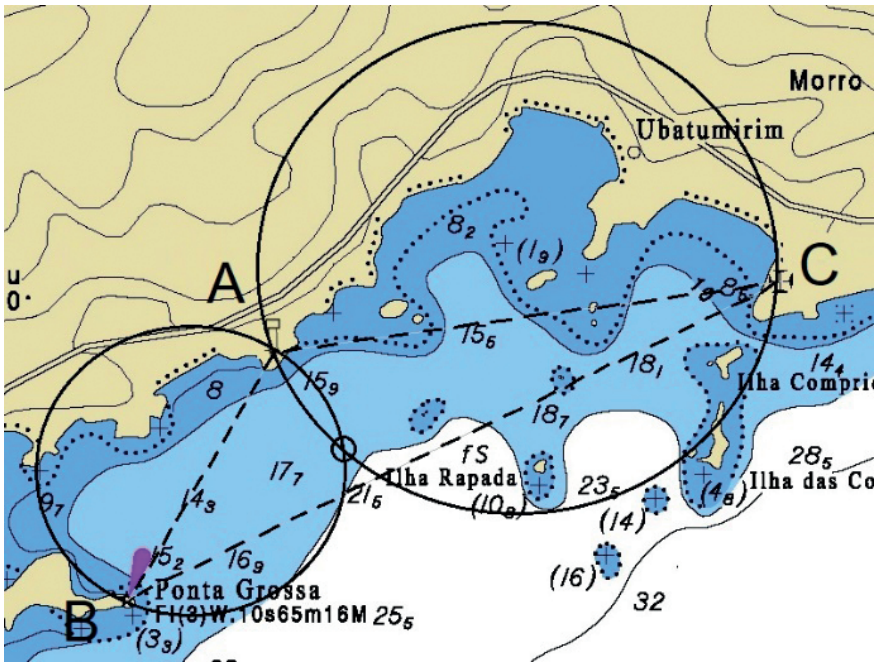
b. o ponto central estar mais próximo ao Navio que os demais, como apresentado na Figura 4.29. Nesse caso, a circunferência de indeterminação fica com a convexidade voltada para a área em que se navega e as posições também serão sempre bem definidas; e

Figura 4.29 – Ponto central mais próximo ao Navio



c. o Navio encontrar-se no interior do triângulo formado pelos três pontos, como apresentado na Figura 4.30. Nessa situação, qualquer posição do Navio também será bem definida, pois estará distante da circunferência de indeterminação.

Figura 4.30 – Observador no Interior do Triângulo



4.4.4 Observações finais sobre Navegação por Segmentos Capazes

A combinação de dois segmentos capazes fornece uma das posições mais precisas que se pode obter por processos visuais, possuindo, ainda, a vantagem de prescindir de agulhas, dispensando os subsequentes cuidados quanto a desvios, declinação magnética, etc.

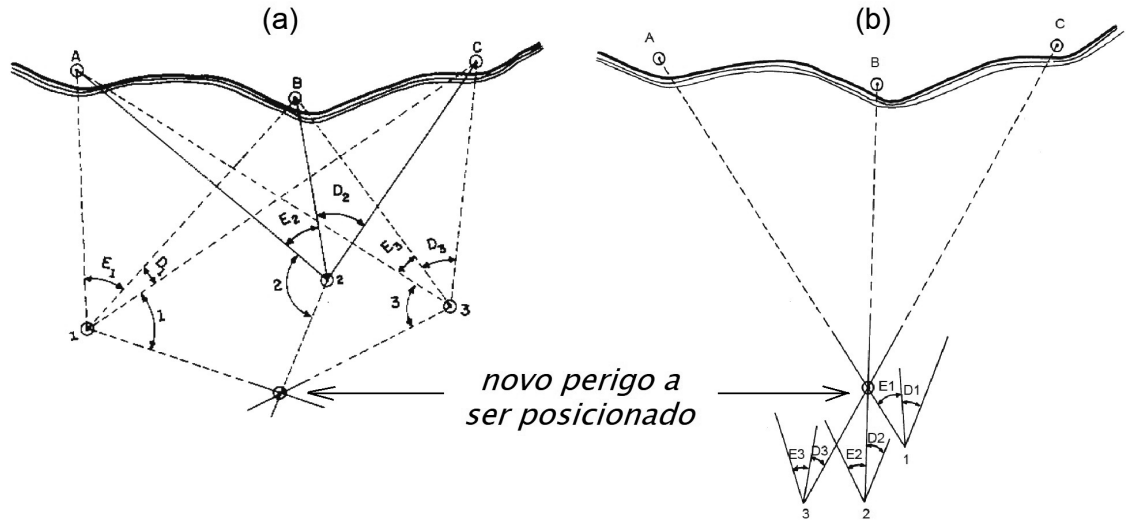
Em virtude de sua precisão, a posição por segmentos capazes pode ser empregada no posicionamento de sinais de auxílio à navegação, em levantamentos hidrográficos, em minagem e varredura e em quaisquer outros serviços onde se pretenda o máximo rigor na posição observada.

Em contrapartida, com o navio em movimento, o método exige dois observadores (para obter a perfeita simultaneidade na medição dos ângulos), a plotagem da posição requer alguma prática e necessita sempre de três objetos dispostos dentro das condições essenciais acima enumeradas (além de serem bem definidos e estarem representados na carta náutica da área). Estes inconvenientes tornam a navegação por segmentos capazes pouco utilizada na prática.

Entretanto, o método de segmentos capazes tem algumas aplicações especiais na navegação costeira e em águas restritas que merecem ser citadas:

- pode ser usado com o navio fundeado, para obter a posição rigorosa (independente do uso de agulhas) e assim servir como base para determinação dos desvios da agulha, calibragem do radar ou outras verificações instrumentais;
- pode ser usado para posicionar novos perigos visíveis ainda não cartografados (como cascos soçobrados ou outros obstáculos à navegação), conforme mostrado nas Figuras 4.31a e 4.31b, ou pontos notáveis à navegação ainda não representados nas cartas náuticas; e
- pode ser usado em navegação de segurança, na definição de ângulos horizontais de segurança, assunto que será estudado no Capítulo 7.

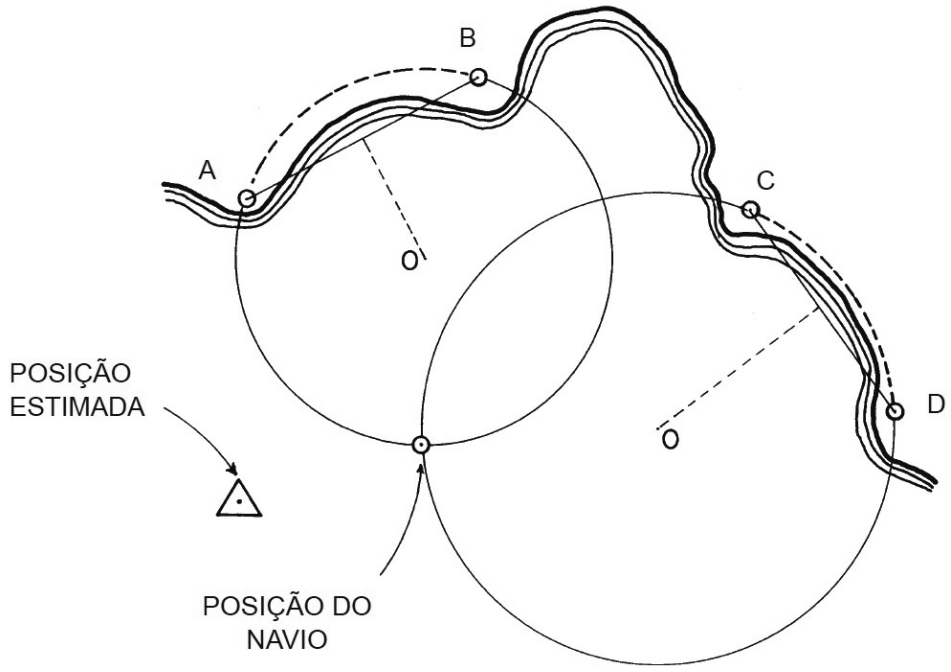
Figura 4.31 – Uso de Segmentos Capazes e Alinhamentos para determinar a posição de perigo visível não cartografado



Finalmente, restam mencionar dois empregos particulares do conceito de segmentos capazes.

O primeiro deles consiste na determinação da posição por segmentos capazes quando há impossibilidade de estabelecer um ponto central comum. Nesse caso, como ilustrado na Figura 4.32, visam-se 4 pontos, medindo-se 2 ângulos horizontais não adjacentes. Ao traçar os segmentos capazes pelo método gráfico, estes se cruzarão em 2 pontos. O navio estará na interseção mais próxima de sua posição estimada, conforme mostrado na figura.

Figura 4.32 – Posição por Segmentos Capazes sem um Ponto Central comum, utilizando quatro pontos



O outro emprego do conceito de posicionamento por segmentos capazes é útil quando não se conhece o valor real do desvio da agulha. Nessa situação, podem ser tomadas as marcações da agulha de três pontos adjacentes. Em seguida, diminuem-se os seus valores, dois a dois, para obter os ângulos horizontais entre os pontos. Desta forma, fica eliminado o desvio da agulha desconhecido. Então, introduzem-se os valores dos ângulos horizontais no estaciógrafo e plota-se a posição, como se esta fosse obtida por segmentos capazes.

4.5 TÉCNICAS DA NAVEGAÇÃO COSTEIRA

4.5.1 Sequência de Operações da Navegação Costeira

a. Planejamento e traçado da derrota

Este trabalho deve ser feito no porto, onde o tempo disponível e a facilidade de obter qualquer tipo de informação são muito maiores que no mar.

Nos navios de guerra, sujeitos, muitas vezes, a mudanças de derrotas em viagem, o estudo e o preparo da derrota assumem grande importância, pois proporcionam condições para fazer face a qualquer imprevisto.

Uma vez que na fase anterior, quando da **obtenção dos parâmetros da derrota**, foram estipuladas as margens de segurança da derrota, inclusive as decorrentes das decisões do Comandante (por exemplo, distâncias a manter da linha de costa e dos eventuais perigos cartografados), o planejamento da derrota consiste, basicamente, em:

I. seleção das Cartas Náuticas e Publicações de Auxílio à Navegação necessárias;

II. seleção das Cartas-Piloto necessárias;

III. verificação, pelos "Avisos aos Navegantes", se as Cartas Náuticas estão atualizadas, assim como as Publicações de Auxílio à Navegação;

IV. estudo detalhado da área em que se vai navegar, enfocando, principalmente:

- recursos e auxílios à navegação disponíveis (balizamento, auxílios eletrônicos à navegação, pontos notáveis);
- perigos à navegação existentes;
- correntes marítimas e condições meteorológicas prováveis;
- marés e correntes de maré predominantes; e
- estudo do porto de destino e dos portos e abrigos alternativos, para uma possível arribada (devendo também serem selecionadas as Cartas Náuticas destes locais).

V. traçado da derrota nas Cartas Gerais ou de Grandes Trechos e transferência, por pontos (por marcação e distância de pontos de terra), para as Cartas de Maior Escala, onde será conduzida a navegação.

VI. determinação e registro nas Cartas dos Rumos, Distâncias, Velocidades de Avanço e ETA (hora estimada de chegada) relativos aos diversos pontos de inflexão da derrota;

VII. cálculo das horas do nascer e do pôr-do-Sol e das horas do nascer e do pôr da Lua, para as noites em que deverá ser avistada terra ou navegar costeiro (a Lua às vezes ajuda, outras vezes prejudica a visibilidade); e

VIII. observar se o afastamento da costa e dos perigos estão de acordo com o estipulado na fase anterior, ou se precisam ser reestudados, devido, por exemplo, à interdição de áreas ou adensamento tráfego.

b. Execução da derrota costeira

I. determinação periódica da posição do navio, a intervalos de tempo pequenos (de 10 a 30 minutos, em média):

- posições obtidas por interseção de duas ou mais LDP obtidas por sistemas visuais ou eletrônicos;
- no caso de sistemas visuais, as LDP mais comuns serão os alinhamentos, as marcações visuais (obtidas normalmente através do uso de Repetidora da Giro ou de Agulha Magnética), as distâncias por ângulo vertical (obtidas pelo uso do sextante ou estadímetro) e a navegação por segmentos capazes (ângulos horizontais);
- no caso de sistemas eletrônicos, usam-se principalmente na navegação costeira as distâncias e marcações radar e sistemas de navegação por satélite GPS;
- as posições podem ser determinadas por LDP simultâneas ou sucessivas; e
- uso eventual da LDP "profundidade", obtida através do ecobatímetro.

II. previsão da posição futura do navio, recorrendo-se às técnicas da navegação estimada, seguindo as "regras para navegação estimada" (vide o Capítulo 5);

III. nova determinação da posição do navio; e

IV. confronto do Ponto Observado e do Ponto Estimado para um mesmo instante, a fim de:

- determinar os elementos da corrente (rumo e velocidade); e
- corrigir o Rumo e a velocidade, para seguir a derrota previamente estabelecida, com a velocidade de avanço planejada, compensando a corrente.

V. repetição das operações anteriores com a frequência necessária à segurança da navegação.

4.5.2 Escolha das Cartas Náuticas para a Navegação Costeira

Diretamente associada à condução da navegação costeira está a escolha das respectivas Cartas Náuticas. Dada a importância desta seleção na segurança da navegação, é oportuno recordar que não se devem utilizar neste tipo de navegação Cartas Gerais ou de Grandes

Trechos, uma vez que elas não contêm a riqueza de informação indispensável à obtenção precisa de posições e à condução da derrota, tais como detalhes sobre a topografia do fundo, perigos à navegação, auxílios à navegação, contornos da costa, pontos notáveis, etc. Assim, como norma, devem ser utilizadas sempre as cartas de maior escala existentes, na medida em que elas estão sujeitas a deformações menos expressivas e apresentam a riqueza de detalhes essencial para a Navegação Costeira.

Ademais, é necessário lembrar que a interpretação das cartas costeiras (grande e média escala) deve ser sempre complementada com a leitura do Roteiro, bem como de outras publicações náuticas, como a Carta 12.000 (INT1 – Símbolos, Abreviaturas e Termos), Cartas-Piloto, Cartas de Correntes de Maré, Lista de Faróis, Lista de Auxílios-Rádio e Tábuas das Marés.

4.5.3 Seleção dos Pontos de Apoio à Navegação Costeira

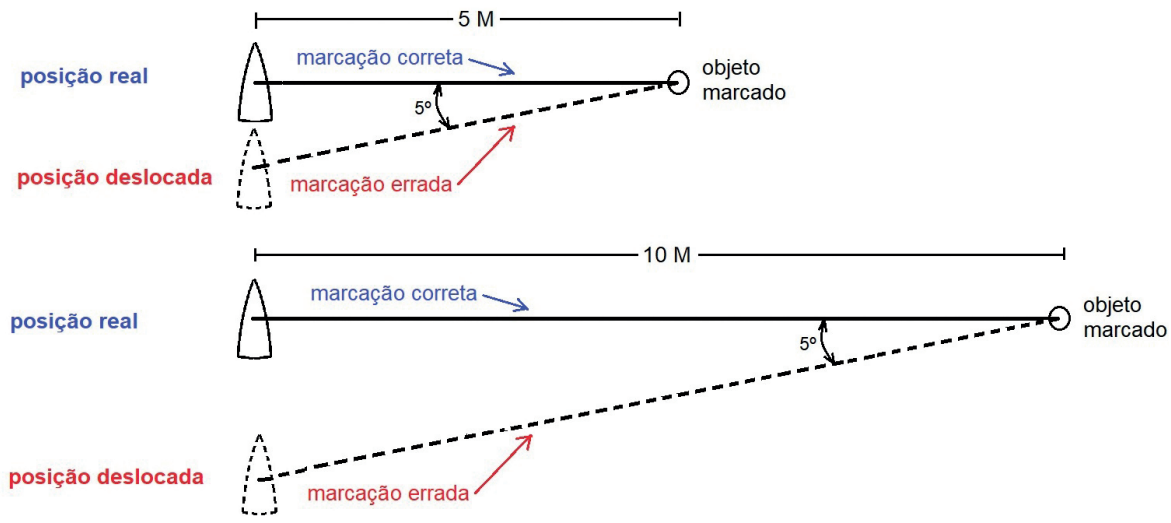
Ao ser obtida uma posição pelo cruzamento de LDP (marcações, alinhamentos ou distâncias), é necessário que o navegante avalie a **precisão** e a **confiança** que pode depositar no **ponto observado**. Para garantir bons resultados, é necessário, entre outras precauções, tomar alguns cuidados na escolha dos pontos de apoio à navegação utilizados.

Os principais cuidados a serem observados são:

a. identificar corretamente os pontos visados, tanto no terreno como na carta náutica. É necessário cuidado, principalmente, com construções recentes, que, apesar de notáveis à navegação e constituírem excelentes marcas, podem não ter sido, ainda, incluídas na carta.

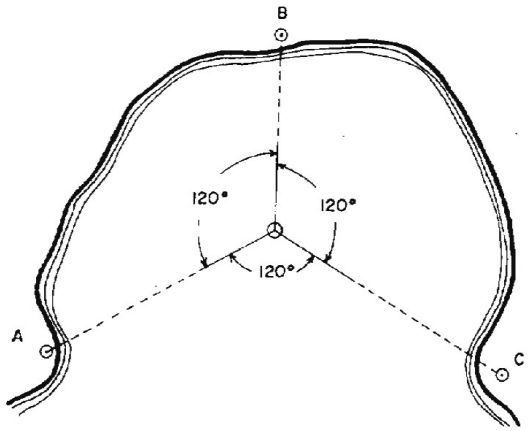
b. evitar pontos muito distantes, em face do aumento do erro linear em função do erro angular. Realmente, deve-se dar preferência a pontos mais próximos, a fim de minimizar os efeitos de erros nas LDP, conforme mostrado na Figura 4.33. Um mesmo erro de observação, por exemplo, irá provocar um erro na posição tanto maior quanto mais distante estiver o objeto marcado.

Figura 4.33 – Técnica da Navegação Costeira: Cuidados na Escolha dos Pontos



c. selecionar os pontos de modo a obter um ângulo de cruzamento favorável entre as LDP (Figura 4.34). De fato, a precisão do ponto depende diretamente do ângulo de cruzamento das LDP. De modo geral, pode-se afirmar que o ângulo de cruzamento ideal das retas deve ser de 180°/n, sendo n o número de LDP (ou de pontos visados, quando as LDP são retas de marcação ou alinhamentos).

Figura 4.34 – Cuidados na Escolha dos Pontos



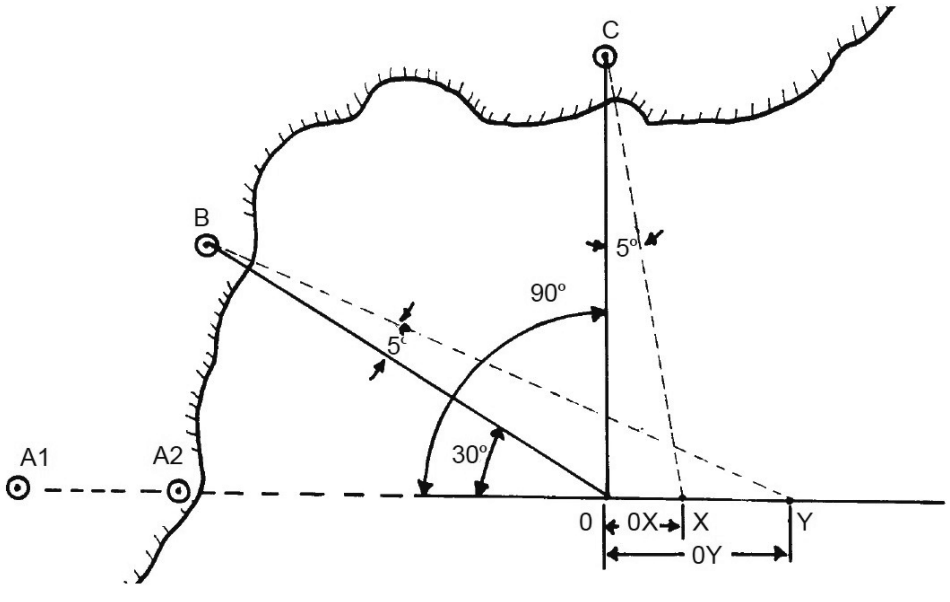
Selecionar os pontos de modo a obter ângulos de cruzamento favoráveis.

a. Utilizando dois pontos, o ângulo de cruzamento ideal entre as LDP é de 90°.

b. No caso de interseção de três LDP, o ângulo de cruzamento ideal é de 120° (quando se visam pontos por ambos os bordos) ou 60° (quando todos os pontos estão situados dentro de um arco de 180°, como no caso em que um navio se desloca ao longo de uma costa).

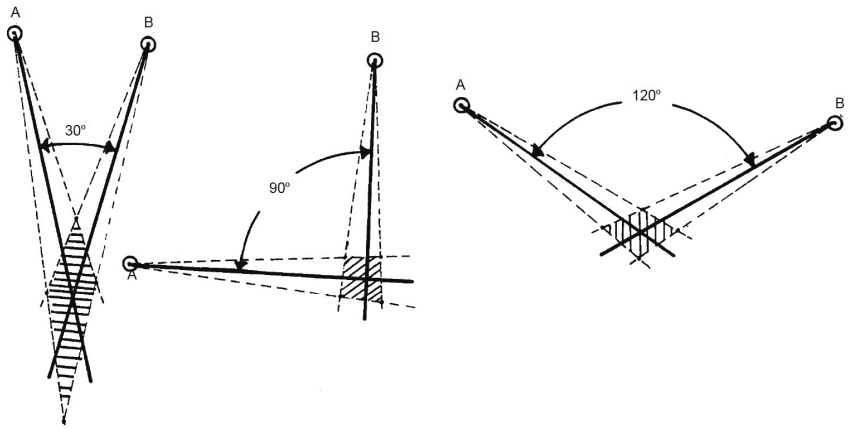
O efeito do ângulo de cruzamento das LDP na precisão da posição está ilustrado na Figura 4.35. Nessa figura, o navio encontra-se sobre o ALINHAMENTO A1–A2 (portanto, não há erro nesta LDP, que não necessita de qualquer instrumento para observação) e sua posição real é o ponto O. Se, para determinar a posição, o navegante marca o ponto B, 30° defasado do alinhamento, e se existe um erro não detectado de –5° na marcação, a posição do navio será deslocada para Y e o erro da posição será igual a OY. Se, entretanto, o navegante marcar o ponto C, 90° defasado do alinhamento, e cometer o mesmo erro de –5° na marcação, a posição do navio será deslocada de O para X e o erro resultante será OX, bem menor que OY.

Figura 4.35 – Posição por Interseção de Duas LDP



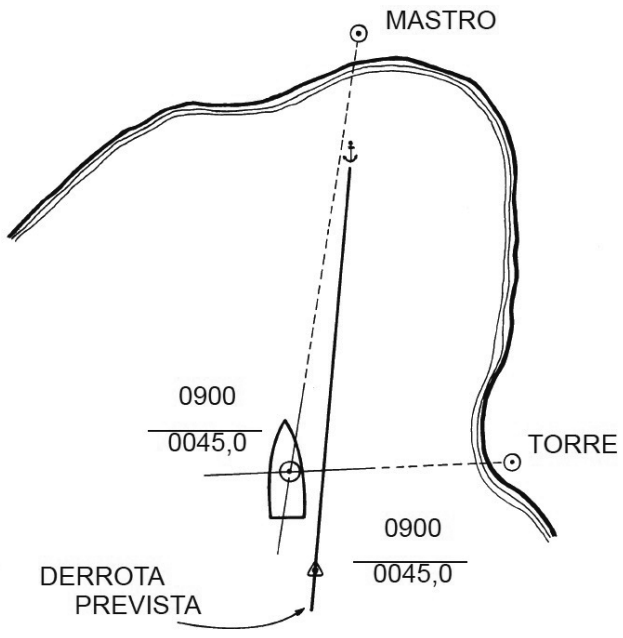
Na Figura 4.36, observa-se que a área de incerteza da posição torna-se maior à medida que o ângulo de cruzamento entre as LDP cresce ou decresce em relação ao ângulo ótimo de 90°. Com um ângulo de cruzamento de 90°, o efeito de um erro de 5° nas LDP é minimizado. Em termos numéricos, pode-se afirmar que, quando se determina a posição por interseção de duas LDP, devem ser evitados ângulos de cruzamento menores que 30° ou maiores que 150°. Na Figura 4.36, são apresentados, graficamente, os efeitos de um possível erro de ± 5° nas marcações de dois objetos com ângulos de cruzamento de 30°, 90° e 120°.

Figura 4.36 – Área de Incerteza da Posição



d. utilizando duas retas de marcação, visar, sempre que possível, um ponto pela proa (ou pela popa) e outro pelo través, para melhor definir o caimento e o avanço (ou atraso), conforme mostrado na Figura 4.37, onde o navio está adiantado (isto é, com avanço) e com caimento para bombordo, em relação à derrota prevista e à navegação estimada.

Figura 4.37 – Posição por Interseção de Duas Retas de Marcação: Definição de Caimento e Avanço (ou Atraso)



e. para evitar erros de identificação, sempre que um novo ponto começar a ser utilizado, cruze-o com outros dois pontos já anteriormente marcados. Caso não haja outros dois pontos para a verificação, deve ser observado se o caminho percorrido na carta náutica (entre a posição anterior e a posição obtida com o novo ponto) corresponde efetivamente à distância navegada entre as posições (procurando detectar saltos ou recuos).

f. conforme visto, um cruzamento de apenas duas LDP dificilmente denuncia um erro cometido e, assim, não inspira muita confiança. Então, sempre que possível, devem ser cruzadas, pelo menos, três LDP, que indicam, visualmente, a precisão obtida na posição.

4.5.4 Triângulo de Incerteza

Quando se tomam três retas, elas nem sempre se cruzam em um ponto, podendo gerar um triângulo de incerteza (Figura 4.38), cujas principais causas são:

- não simultaneidade das marcações;
- erros na observação de uma ou mais marcações;
- desvio da giro ou da agulha não detectado ou de valor errado;
- erro na identificação dos objetos marcados;
- erros de plotagem; ou
- erro na carta (erro na representação cartográfica: pontos mal posicionados).

Se o **triângulo de incerteza**:

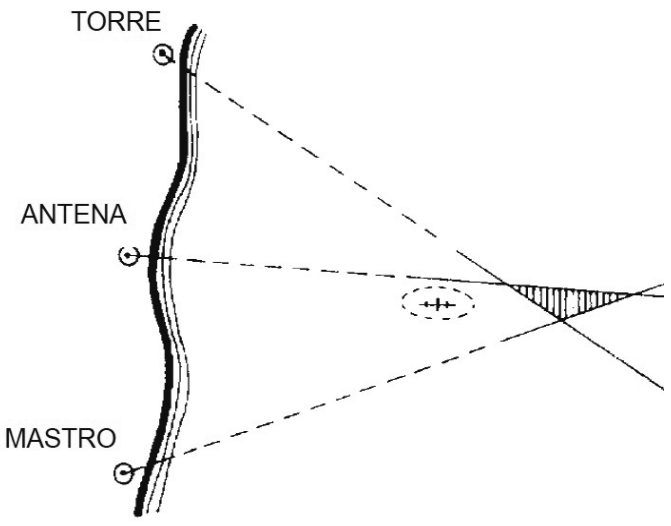
a) for **pequeno**, adota-se o seu centro para a posição do navio;

b) for **próximo de um perigo**, adota-se para a posição do navio a interseção (vértice do triângulo) mais próxima do perigo e obtém-se outra posição imediatamente, para confirmação; e

c) for **grande**, abandona-se a posição e determina-se outra imediatamente.

Se a posição for obtida por interseção de quatro LDP, poderá ser gerado um **quadrilátero de incerteza**, e o procedimento adotado deve ser idêntico ao acima descrito.

Figura 4.38 – Posição pela Interseção de Três Linhas de Posição: Triângulo de Incerteza

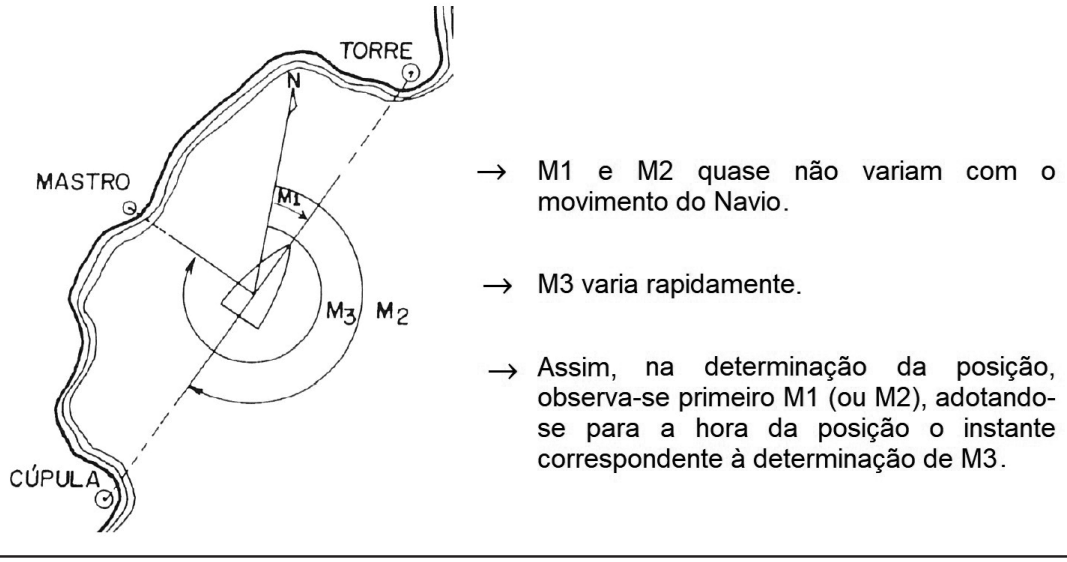


4.5.5 Sequência de Observação de Marcações e Distâncias na Navegação Costeira

Para que as LDP possam ser consideradas simultâneas, é essencial que seja mínimo o intervalo de tempo decorrido entre as observações.

Ademais, é necessário que seja obedecida uma sequência adequada de obtenção de marcações. A mais usual recomenda observar-se, primeiramente, os pontos próximos da proa ou da popa e, por último, os próximos do través, cujos valores das marcações variam mais rapidamente. Neste caso, a hora da observação deve corresponder ao instante da última visada, tal como ilustrado na Figura 4.39.

Figura 4.39 – Sequência de Observação de Marcações



Entretanto, pode-se, também, observar primeiro as marcas pelo través e, por último, as próximas à proa e popa. Neste caso, adota-se para a posição a hora da primeira observação. Ou seja, a hora da posição deve corresponder ao instante da observação da LDP que varia mais rapidamente.

Quando o instante de determinação da posição não for comandado por quem obtém as marcações, o procedimento correto é, no momento do "top", marcar primeiro os objetos ou pontos notáveis próximos ao través (pois suas marcações variam mais rapidamente) e depois os objetos ou pontos mais próximos à proa ou popa (cujas marcações variam mais lentamente), adotando para a posição a hora e o odômetro correspondentes à primeira marcação.

No caso de determinação da posição por interseção de distâncias, é necessário observar que as distâncias a objetos ou pontos situados próximos à proa ou popa variam mais rapidamente que as distâncias a pontos situados próximos ao través. Desta forma, dois procedimentos podem ser adotados:

a) determinar primeiro as distâncias a pontos situados próximos ao través (que variam mais lentamente) e depois as distâncias a pontos na proa ou popa, adotando para a posição a hora e o odômetro correspondentes à última determinação, conforme mostrado na Figura 4.40; ou

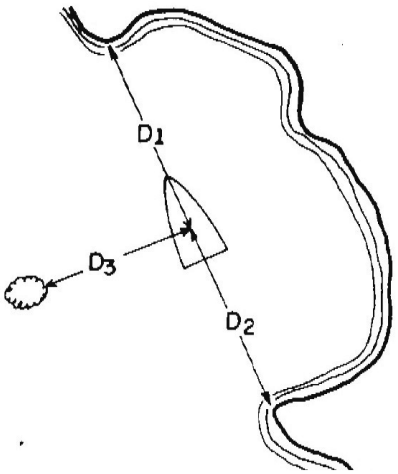
b) determinar primeiro as distâncias a pontos situados próximos da proa (ou popa) e depois as distâncias para pontos próximos ao través, adotando para a posição a hora e o odômetro correspondentes à primeira distância medida.

Figura 4.40 – Sequência de Observação de Distâncias

→ D3 varia lentamente com o movimento do Navio.

→ D1 e D2 variam rapidamente.

→ Assim, na determinação da posição, observa-se primeiro D3 e por último D1 (ou D2), adotando-se para a hora da posição o instante correspondente à determinação de D1 (ou D2).



Como regra geral, a hora e o odômetro adotados para a posição devem corresponder à LDP que varia mais rapidamente.

4.5.6 Registro das Observações

Todas as LDP observadas devem ser cuidadosamente anotadas, para permitir uma plotagem correta das posições na carta e, até mesmo, uma avaliação posterior da navegação realizada.

Na Marinha, as observações que originam LDP e outras informações relativas à navegação são registradas em um modelo apropriado, o impresso DHN-0622-4 – Registro de Ocorrências da Navegação, também conhecido como "Folha N-2", conforme o exemplo mostrado na Figura 4.41. Estes registros constituem um documento legal do navio.

O modelo pode ser acessado para impressão na página da intranet do CHM, no endereço:

"https://www.chm.mb/dados-do-segnav-publicacoes/carta-sar-e-impressos".

Figura 4.41 – Registro de Ocorrências da Navegação (Folha N-2)

REGISTRO DE OCORRÊNCIAS DA NAVEGAÇÃO

NAVIO : NHo BARÃO DE TEFFÉ Cruzeiro : . RIO - CAPE TOWN . . . Ano . 2021 . . Fuso . - 3 (P) . .

DIA / MÊS	HORA	RUMOS Verd.	Giro	Pad.	Gov.	Odômetro	Objeto marcado ou observado	Marcação ou azimute verdadeiro	Dist. ou Δ a	COORDENADAS	Sondagem / Tensa	OBSERVAÇÕES
09/05	1900	280	281	301	297	0940.0	ALINHAMENTO	354			100 m	
							RASA - P. AÇÚCAR					
	2030	280	281	301	297	0962.5	I. REDONDA (TOPE)		15.7'			
							I. RASA GUARATIBA		15.0'			
	2233	261	262	282	279	0985.5	CASTELHANOS	279				
							LAJE MARAMBAIA	323				
							RASA GUARATIBA	052				
	2327	236	237	257	255	1000.8	LAJE MARAMBAIA	031				
							CASTELHANOS	294				
10/05	0002	236	237	257	255	1007.9	CASTELHANOS	326				
	0028	236	237	257	255	1012.5	CASTELHANOS	353		Φ = 23º 23,0' S		
										λ = 044º 08,3' W		

DHN-0622-4
300 - IV - 2021 (Reimpressão)

CT von Hoonholtz
Enc. de Navegação

APÊNDICE AO CAPÍTULO 4

ERROS DA POSIÇÃO OBSERVADA

1. INTRODUÇÃO

O navegante, à maneira tradicional, recorre a observações que lhe permitem obter sua posição. Quando lançadas na carta náutica, essas observações consubstanciam uma posição que o navio ocupava no momento da observação, que não é a que ora ocupa.

Em outras situações, usando os meios de navegação satelital, por exemplo, obtém o posicionamento direto, real ou praticamente em tempo real.

Uma vez que a imperfeição é inerente a quaisquer um dos processos, faz-se importante compreender, ao menos em termos de ordem de grandeza, tanto numa como noutra das possibilidades apontadas, com vistas a buscar melhor consciência situacional, o quão imperfeito é o posicionamento obtido e se o risco assumido entre os instantes de obtenção de posição é aceitável.

É, porém, essencial que o navegante tenha plena consciência da grandeza dos erros que possa cometer, pois, dessa forma, estará alerta para tomar as precauções que as circunstâncias exigirem. O que é realmente perigoso é ignorar as limitações ou supervalorizar a confiança que uma posição possa inspirar.

O navegador deverá sempre manter as condições de ajuste, calibração e verificação de seus equipamentos, a fim de evitar medições fora do padrão necessário para a manutenção do seu posicionamento no mar. A metodologia de aquisição de coordenadas por observações de marcações e distâncias ou, ainda, por algum método eletrônico ou por satélites, deve ser sempre alvo de avaliações e críticas quanto ao seu desempenho.

2. CONCEITOS

Na solução dos problemas da navegação, o conhecimento e a experiência do navegador não podem ser deixados de lado e, por seu turno, o rendimento dos equipamentos de apoio deve ser sempre questionado e qualquer alteração do método de sua condução deve ser previamente testada.

A incerteza do posicionamento pode servir como base para garantir o máximo afastamento de algum perigo à plataforma flutuante, não tendo, a princípio, nenhuma fórmula a ser empregada para a sua determinação. Cada situação, cada ambiente e cada critério empregado devem vir da competência de quem navega, que pode avaliar e definir as melhores medidas a serem tomadas.

2.1 Incerteza

A incerteza é a lacuna sobre o conhecimento exato de uma grandeza que se busca medir, é a dúvida acerca da validade do resultado de uma medição. Quão boa pode ser minha medida? Quão próxima do valor médio, que supostamente pode ser considerado a posição verdadeira, pode chegar a minha medida?

A incerteza é uma característica dos equipamentos, denotando quão próxima do valor verdadeiro podem ser a suas medidas. A combinação das incertezas dos equipamentos envolvidos, e considerando os métodos aplicados, resultará na incerteza do resultado final, ou seja, da posição na navegação. Será expressa como um intervalo, associado a um grau de confiança estatístico de que, nesse intervalo, estará contido o valor correto.

A incerteza expressa uma medição em termos quantitativos e qualitativos, obedecendo a uma lógica de que quanto menor o seu valor, maior tenderá a ser a qualidade da observação que se expressará em termos de resultado.

As duas maneiras de obtenção da incerteza são classificadas, tradicionalmente, como tipo A e B. A avaliação de incerteza tipo A é, na maioria dos casos, a estimativa mais confiável quando obedecidas as condições de repetitividade no valor médio calculado. Baseia-se em métodos estatísticos em que, obtida a média, o desvio padrão, variância, covariância e a sua correlação, permitem seu cálculo e suas eventuais propagações. A determinação da incerteza tipo B pode ser obtida por medições prévias, especificações técnicas oferecidas pelo fabricante, manuais do equipamento, certificados de calibração, etc.

Equipamentos e posicionamentos têm incertezas. Na prática da navegação, é bastante comum o emprego de equipamentos e acessórios que apresentam na medição o uso de leitura de escala, tais como: régua, transferidor, ábaco, compasso e medidor analógico. Para esses casos, sua incerteza pode ser definida como a metade da menor fração da divisão da escala que pode ser estimada visualmente. Uma régua milimétrica, por exemplo, terá 0,5 mm de incerteza.

2.2 Erro

Quando se busca determinar o valor de uma grandeza, cometem-se, inevitavelmente, erros. Por definição, o **Erro Verdadeiro** é a diferença entre o valor real de uma grandeza e o seu valor obtido em uma determinada observação.

De acordo com as causas que os determinam, os erros podem ser divididos em três tipos fundamentais:

a) **Erros Sistemáticos**, que são aqueles que se reproduzem identicamente toda vez que uma observação é repetida nas mesmas circunstâncias, isto é, afetam todas as medidas da mesma forma. É importante ressaltar que esse tipo de erro transmite uma tendência sistemática às medições. Estes erros podem ser motivados, por exemplo, por defeitos particulares de um instrumento, imperfeições de uma tabela ou tendência de um observador (equação pessoal do observador). É o caso, por exemplo, dos erros instrumentais dos sextantes e radares.

b) **Erros Grosseiros**, que nada mais são do que **enganos** do observador (leituras erradas dos instrumentos, entradas erradas em tábuas, inversões de sinais, erros nas operações, etc.) ou **avarias** eventuais dos instrumentos. São mais facilmente detectáveis, pelo presumível absurdo dos resultados a que conduzem. Já os de pequenas dimensões são, por vezes, de muito difícil detecção. O conhecimento da existência deste tipo de erros impõe ao navegante **cuidado** nas observações ou cálculos, em tempo real, que efetue e espírito crítico na análise dos resultados obtidos.

c) **Erros Acidentais**, que são erros de grandeza e sinal imprevisíveis, sempre presentes em qualquer observação. Estes erros são aleatórios, que não se podem evitar, mas cujas leis são razoavelmente conhecidas e das quais passaremos a nos ocupar. Os erros acidentais são normalmente indetectáveis, mas a análise estatística das medições efetuadas pode indicar o grau de probabilidade de não excederem determinados valores. Além disso, os efeitos dos erros acidentais podem ser reduzidos, efetuando-se várias medições nas mesmas condições e adotando-se para o valor da grandeza a média entre as medidas efetuadas.

De uma forma geral, é correto afirmar que o **erro grosseiro** pode ser eliminado (descartando-se as medições cujos valores isolados destoam das demais), o **erro sistemático** pode ser corrigido (interpondo "sinal" contrário à tendência que introduz), e o **erro acidental** pode ser processado estatisticamente de maneira a garantir, em determinado percentual, que seu valor fique confinado a um intervalo de confiança considerado aceitável àquela medição.

2.3 Precisão e Acurácia

A Precisão refere-se à distribuição da amostra, isto é, possui apenas uma componente aleatória, que mede, fundamentalmente, a grandeza do desvio-padrão da referida amostragem. A distribuição dos valores está, portanto, associada à distância de cada uma delas à média estabelecida, que, a princípio, pode ser empregada como valor de referência das medidas obtidas. **Precisão é concentração das medições em torno do valor correto**.

A Acurácia ou Exatidão refere-se não só à distribuição da amostra, como também à tendência de afastamento de sua distribuição da média obtida da própria amostragem. Acurácia é, dessa forma, o grau de aproximação de uma variável de seu real valor. Será tanto maior quanto mais uniforme estiverem distribuídas as medidas em torno do valor correto. Observa-se que, afastados os erros grosseiros, para haver acurácia, deve haver mínima contribuição do erro sistemático e distribuição uniforme do erro acidental. **Acurácia é a distribuição uniforme das medidas em torno do valor correto**.

3. ERROS ACIDENTAIS

3.1 Erro Médio Quadrático

Definiu-se anteriormente o erro como sendo a diferença entre o valor real de uma grandeza e o seu valor obtido em uma determinada observação.

Pondo de lado os erros sistemáticos e os erros grosseiros, pode-se dizer que o verdadeiro valor do erro será, em geral, impossível de determinar, uma vez que não haverá, normalmente, conhecimento do valor real da grandeza medida. O único elemento de que, na realidade, se dispõe é a comparação entre cada medição realizada e o valor adotado para a grandeza medida. A diferença entre esses dois valores chama-se **Erro Aparente, Resíduo ou Desvio**.

Suponha-se, por exemplo, que se pretende medir, com o Radar, a distância do navio a um ponto da costa. O navio está fundeado e sabe-se que o erro instrumental é zero. Como se pretende ter rigor na medição indicada, efetuou-se a seguinte série de observações:

D1 = 1,5 milha

D2 = 1,3 milha

D3 = 1,0 milha

D4 = 1,7 milha

D5 = 1,5 milha

O valor mais provável da distância medida é a média aritmética dos vários valores obtidos, isto é:

$$D = \frac{\Sigma\, Dn}{n} = \frac{1,5 + 1,3 + 1,0 + 1,7 + 1,5}{5} = \frac{7,0}{5} = 1,4 \text{ milha}$$

Pode-se, então, construir um quadro elucidativo, conforme o apresentado na Figura 4A.1.

Figura 4 A.1 – Quadro de Desvios

Observação	Valor Medido	Valor Adotado (Média Aritmética)	Desvio	Quadrado dos Desvios
1	1,5	1,4	+ 0,1	0,01
2	1,3	1,4	– 0,1	0,01
3	1,0	1,4	– 0,4	0,16
4	1,7	1,4	+ 0,3	0,09
5	1,5	1,4	+ 0,1	0,01
		SOMA DOS DESVIOS ($\Sigma\Delta$)	0,0	
		SOMA DOS QUADRADOS DOS DESVIOS ($\Sigma\Delta^2$)		0,28

Adotando o critério da média aritmética, verifica-se que **a soma algébrica dos desvios é nula**. Logo, **a soma dos quadrados dos desvios é mínima**.

Sendo a soma dos quadrados dos resíduos um mínimo para o valor mais provável da grandeza a medir, é natural utilizar-se dessa soma para avaliar a precisão de uma medição.

Desse modo, chama-se **Erro Médio Quadrático** a grandeza definida por:

$$e = \pm \sqrt{\frac{\sum \Delta^2}{n-1}}$$

→ em que **n** é o número de observações efetuadas.

No caso deste exemplo, haveria um erro médio quadrático de:

$$e = \pm \sqrt{\frac{0{,}28}{4}} = \sqrt{0{,}7} = \pm \ 0{,}26 \text{ milha}$$

Assim, o erro médio quadrático mostra que a precisão de uma medição feita, aplicando-se a lei das médias (procedimento normalmente adotado na prática da navegação), cresce (melhora) proporcionalmente à raiz quadrada do número de observações e não proporcionalmente ao número dessas observações, como se poderia supor intuitivamente. Pode-se demonstrar que o erro médio quadrático tem 67% de probabilidade de não ser excedido.

4. ERRO PROVÁVEL

Chama-se **Erro Provável** de uma observação aquele cuja probabilidade de ocorrer é de 50%. Em outras palavras, se for efetuada uma nova observação nas mesmas condições das anteriores, existe igual probabilidade de que o erro desta nova observação seja maior ou menor do que o erro provável.

Pode-se demonstrar que o erro provável (**E**) é aproximadamente igual a 2/3 do erro médio quadrático, isto é:

$$E = 2/3\ e = \pm 2/3 \sqrt{\frac{\sum \Delta^2}{n-1}}$$

No caso do exemplo anterior, a adoção do valor de 1,4 milha conduz a um erro provável de:

E = ± (2/3 x 0,26) = ± 0,17 milha

Assim, haveria uma probabilidade de 50% de que o erro cometido na medição não excedesse 0,17 milha.

Na prática da navegação, pretende-se conhecer com maior segurança a grandeza do erro cometido em uma observação. Ou melhor, deseja-se saber que, para a LDP adotada, existe uma probabilidade elevada de não se exceder um determinado erro. Nestas circunstâncias, é evidente que a margem de 50% é pequena, pretendendo-se, via de regra, uma margem de 95%.

Pode-se demonstrar que, caso só existam erros acidentais, a probabilidade de não ocorrer um erro superior a um determinado valor na execução de uma observação é, aproximadamente, fornecido na tabela apresentada na Figura 4A.2.

Figura 4A.2 – Tabela de Probabilidades

Valor do Erro		Probabilidade de Não Ser Excedido
(erro provável)	E	50%
(erro médio quadrático)	3/2 E	67%
(dobro do erro médio quadrático)	3 E	95%
	4 E	99%

Voltando ao exemplo dado, pode-se, então, afirmar que, ausentes os erros sistemáticos e os lapsos grosseiros, a medição efetuada tem 95% de probabilidade de não exceder um erro de:

E(95%) = 3E(50%) = 3E = 3 x 0,17 = 0,51 milha

No caso de uma medição ser influenciada por erros de mais de uma espécie, demonstra-se que o erro provável total é dado pela raiz quadrada da soma dos quadrados dos erros prováveis de cada espécie, isto é:

$$E_t = \pm \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + E_3^2 + \cdots E_n^2}$$

Por exemplo, quando o navegante determina uma marcação com uma Agulha Magnética, a LDP correspondente vem eivada dos seguintes erros:

a) erro acidental cometido pelo navegador durante a observação;

b) erro da agulha proveniente da diferença entre o valor do desvio calculado e o seu valor real nesse local e nessa proa; e

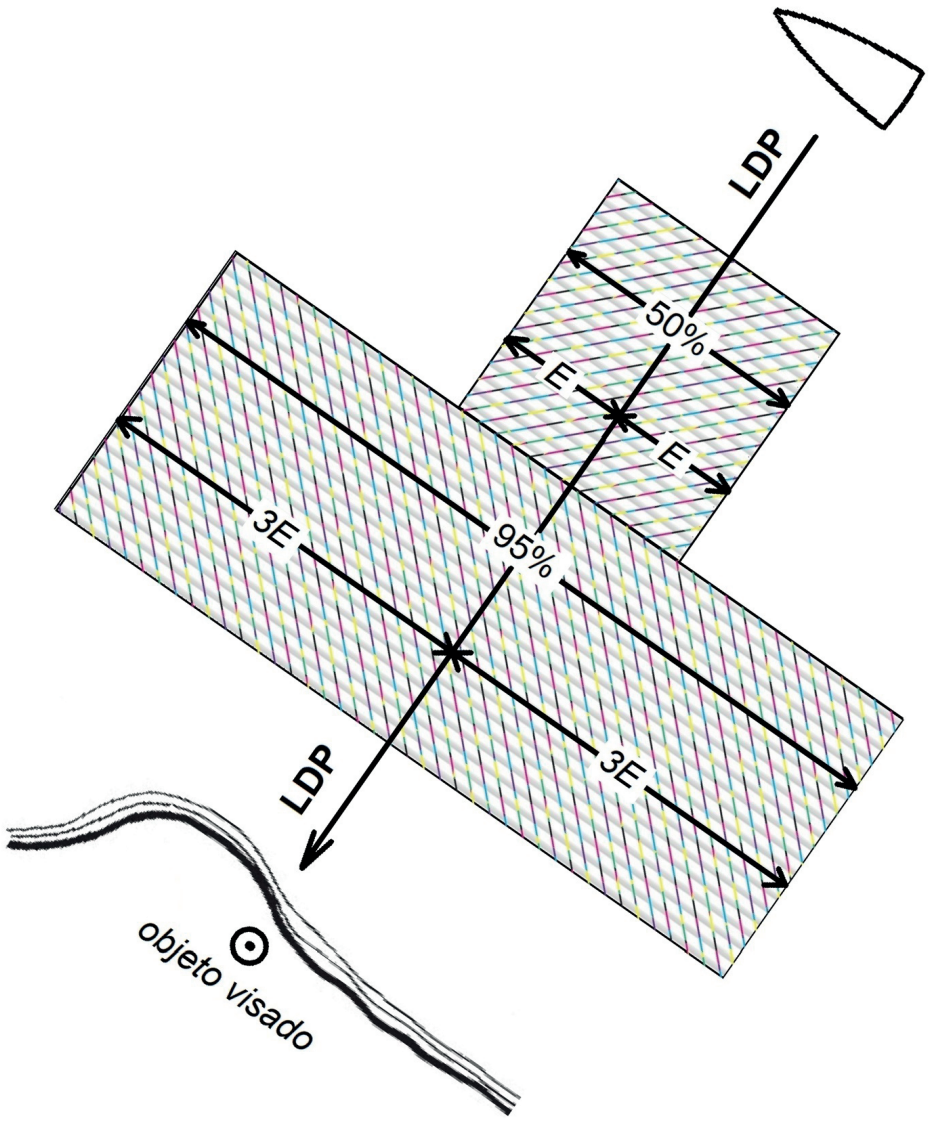
c) erro resultante da aproximação cometida na avaliação da declinação magnética.

O erro provável total será, então:

$$E_t = \pm \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + E_3^2}$$

Nestas circunstâncias, o navegante deve ter sempre presente que a posição mais provável do navio é sobre a LDP observada, mas que o navio tem 50% de probabilidade de se encontrar numa faixa compreendida entre a (LDP + E) e a (LDP – E), denominada zona de confiança de 50% de probabilidade. Por sua vez, a zona de confiança de 95% de probabilidade será uma faixa centrada na LDP, mas com uma largura tripla da zona dos 50%, conforme apresentado na Figura 4A.3.

Figura 4A.3 – Zona de Confiança da LDP



5. ERROS NOS CRUZAMENTOS DE LINHAS DE POSIÇÃO

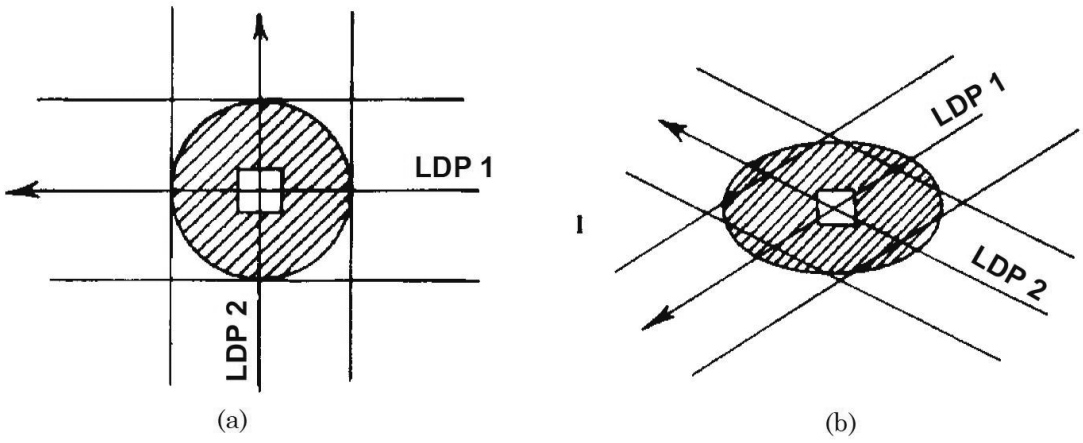
5.1 Zonas de Confiança. A Elipse de Erro

Conforme visto, a determinação da posição do navio resulta sempre do cruzamento de duas ou mais Linhas de Posição.

No caso do cruzamento de duas LDP, a posição mais provável do navio é o ponto de interseção dessas linhas, uma vez que cada uma delas representa, por seu turno, o lugar geométrico das posições mais prováveis do navio no instante da observação.

Rigorosamente, porém, atendendo ao fato de que qualquer LDP está sempre afetada por erros, o cruzamento de duas LDP vai definir uma área. Se, como a Figura 4A.4a ilustra, for obtido um ponto por duas LDP perpendiculares e com erros prováveis iguais, essa área (zona de confiança de 50% de probabilidade) será um círculo. Se, mesmo no caso de as LDP serem perpendiculares, uma LDP é mais precisa do que a outra, a área é uma elipse.

Figura 4A.4 - Zona de Confiança



Como representado na Figura 4A.4b, a zona de confiança é também uma elipse se o erro provável de cada uma das linhas for igual, mas elas se cruzam obliquamente. É evidente que as dimensões da elipse dependem dos valores dos erros que se admita terem sido cometidos. Se ela for traçada tendo-se em consideração certa probabilidade de não ocorrer um erro superior a um determinado valor em cada uma das LDP, ela contornará uma área onde existe uma probabilidade bem definida de o navio se encontrar (zona de confiança correspondente a essa probabilidade). Desse modo, se para o seu traçado for considerado um erro 3E em cada uma das LDP (que corresponde, como visto, uma probabilidade de 95% de não ser excedido), a posição do navio terá 95% de probabilidade de estar dentro dessa elipse.

5.2 Erro Radial

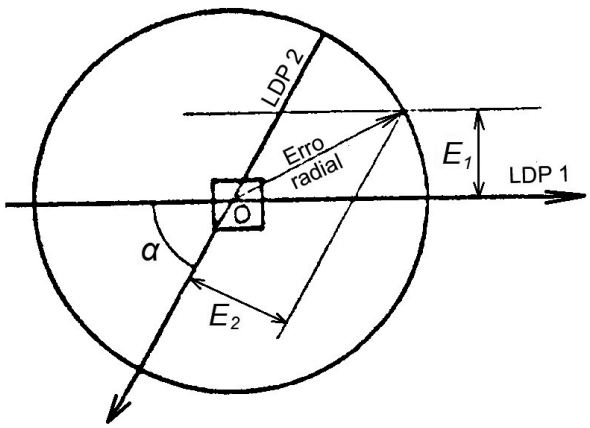
O traçado da elipse que define a zona de confiança é pouco cômodo. Além disso, torna-se conveniente definir essa zona de confiança como um círculo, com centro no ponto de interseção das LDP observadas e com um raio que exprima a grandeza do erro. Esse raio se chama **Erro Radial**.

Pode-se demonstrar que o erro radial é dado pela expressão:

$$r = \pm \frac{3}{2}\sqrt{E_1^2 + E_2^2}.\ cosec\ \alpha$$

em que $\mathbf{E_1}$ e $\mathbf{E_2}$ são os erros prováveis acidentais de cada uma das LDP consideradas e **α** o ângulo de cruzamento entre elas (vide Figura 4A.5). A probabilidade que o navio tem de se encontrar dentro de um círculo de raio igual ao erro radial é de cerca de 65% a 68%.

Figura 4A.5 – Erro Radial



Apresenta-se, na tabela a seguir (contida na Figura 4A.6), os valores dos raios dos círculos a que correspondem determinados valores de probabilidade.

Figura 4A.6 – Probabilidade da Zona de Confiança

Raio do Círculo	Probabilidade da Zona de Confiança
0,8 r	50 a 55%
(Erro radial) r	65 a 68%
2 r	95 a 98%

Assim, pode-se afirmar, por exemplo, que um navio tem 95% a 98% de probabilidade de se encontrar dentro de um círculo de raio igual a 2r, isto é:

$E95\% = 2.r = 2.\frac{3}{2}\sqrt{E_1^2+E_2^2}.\ \text{cosec}\ \alpha$

$E95\% = 3.\sqrt{E_1^2+E_2^2}.\ \text{cosec}\ \alpha$

As expressões anteriores levam às conclusões lógicas de que a precisão do ponto resultante da interseção de duas LDP é tanto maior quanto:

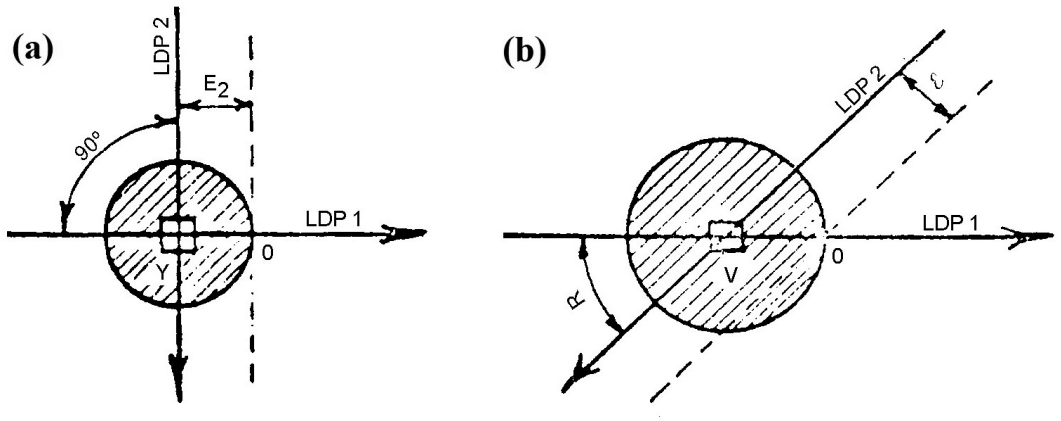
- menor for o erro cometido na determinação de cada uma das LDP; e
- mais próximo de 90º se encontrar o ângulo de interseção entre as LDP.

A Figura 4A.7 ilustra graficamente o que se disse.

Assim, suponha-se, a título de exemplo, que a LDP1 está isenta de erro (E1 = 0) e que o erro provável da LDP2 tem o valor E2.

Se o ângulo entre elas é de 90º, como apresentado na Figura 4A.7a, a diferença entre V (posição verdadeira) e O (posição resultante da interseção da LDP1 com a LDP2 afetada pelo erro E2) é exatamente igual a E2.

Figura 4A.7 – Influência do Ângulo de Interseção das LDP na Zona de Confiança da Posição



Se, porém, o ângulo entre a LDP1 e a LDP2 é diferente de 90º, a diferença VO (erro radial) é maior que o valor de E2, como se vê na Figura 4A.7b.

Na realidade, ela será tanto maior quanto menor for o valor do ângulo de cruzamento α.

5.3 Cruzamento de mais de duas Linhas de Posição

O ponto obtido por cruzamento de duas LDP não permite revelar graficamente, com rapidez, a grandeza do erro cometido. Conforme visto, por esta razão é de boa norma recorrer à observação de pelo menos três objetos, pois este procedimento permite avaliar, imediatamente após o traçado, a ordem de grandeza do erro em jogo, pela dimensão do triângulo formado pelas três LDP (vide a Figura 4A.8) ou da figura formada quando se observa um número maior de LDP.

Na realidade, quando se determinam 3 LDP, devido aos erros a que estão sujeitas, elas não concorrem geralmente em um ponto, definindo, pelo contrário, um pequeno triângulo, denominado **triângulo de incerteza**.

Como se afirmou, a grande vantagem da introdução de uma terceira LDP consiste em permitir, pela análise do triângulo de erro, verificar a consistência das 3 observações.

As causas do triângulo de erro no ponto por cruzamento de três retas de marcações podem ser as seguintes:

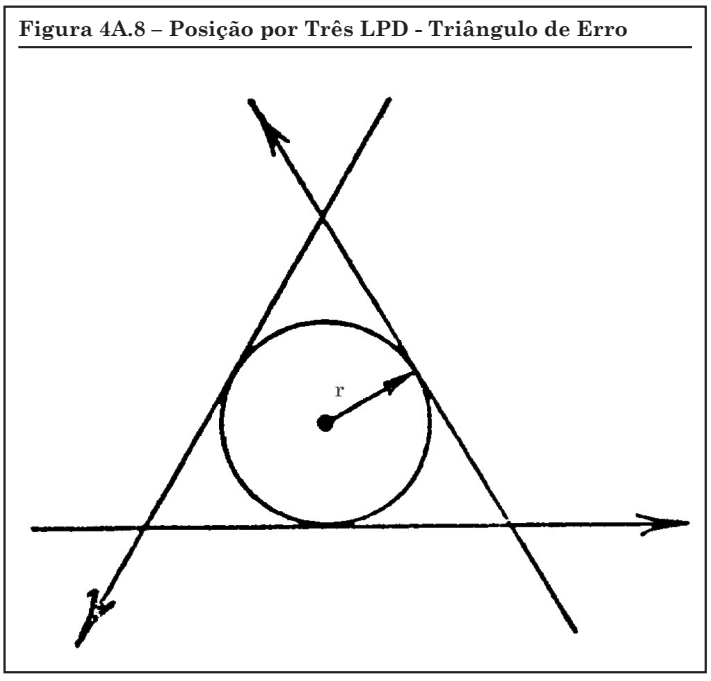
- erro na identificação de um objeto;
- erro no traçado da linha de marcação;
- falta de rigor nas observações, resultante de limitações da agulha ou das condições de observação;
- erro da giro (ou desvio da agulha) desconhecido ou incorretamente aplicado;
- intervalo de tempo excessivo entre as observações extremas; e
- erros da própria Carta, como, por exemplo, incorreta representação dos objetos observados.

Se o navegante constatar que o triângulo de incerteza tem dimensões excessivas, deverá analisar o seu trabalho, tendo em mente as causas de erro indicadas acima.

Quando o triângulo é de pequenas dimensões, toma-se, normalmente, como posição, o seu centro geométrico.

Se houver um perigo nas proximidades, adota-se como posição o vértice do triângulo mais próximo do perigo.

Figura 4A.8 – Posição por Três LPD - Triângulo de Erro



5 NAVEGAÇÃO ESTIMADA

5.1 CONCEITO DE NAVEGAÇÃO ESTIMADA

Navegação estimada é o método para determinar a posição provável do navio, recorrendo-se somente às características do seu movimento, a partir de uma posição conhecida, ou seja, ela consiste na aplicação da equação que relaciona distância, velocidade e tempo ao movimento do navio. No método convencional, o movimento do navio é caracterizado pelo rumo verdadeiro e pela distância percorrida, obtidos através das informações da agulha e do odômetro, respectivamente. Na língua inglesa, esse tipo de navegação, limitada ao conhecimento do rumo e velocidade (sobre a água) do navio é chamada *Dead Reckoning* (DR) e as posições assim obtidas DR *Positions*.

O **ponto estimado** é, quando obtido deste modo, uma posição aproximada, porque, inclusive, não leva em consideração os efeitos da corrente (que será vista adiante como a resultante de diversas causas) sobre o movimento do navio.

Se for considerado o efeito da corrente, obter-se-á uma posição mais precisa, denominada **estimada corrigida**. Embora de maior precisão, a posição assim obtida ainda é aproximada.

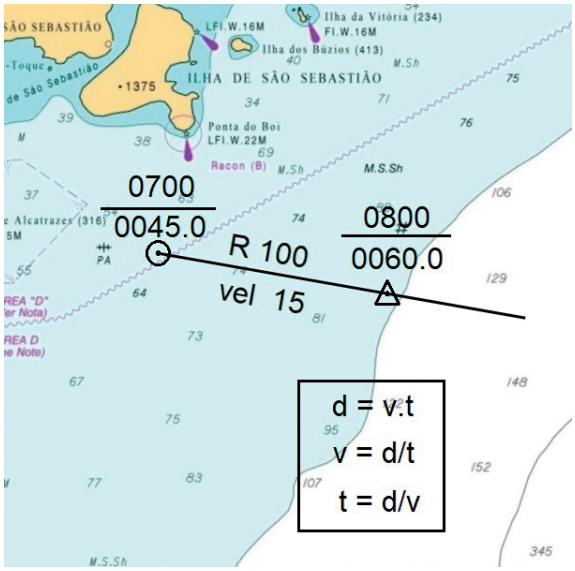
Um erro muito comum aos que têm pouca vivência no mar é minimizar a importância da navegação estimada convencional, diante da simplicidade de seus cálculos. Na verdade, se o mar fosse um meio líquido estático, ela seria muito simples. Como não é, a prática da estima exige muito mais do navegante que os demais métodos pois inclui o "sentimento" sobre o

movimento real do navio, diante dos ambientes em que se desloca, ou seja, o ar e o mar. Usar a navegação estimada, mesmo paralelamente a outros tipos de navegação, auxilia na prevenção de erros grosseiros, propiciando a permanente crítica e contribuindo para a manutenção da consciência situacional.

Por outro lado, o fato de a navegação estimada não depender de meios exteriores ao navio confere-lhe uma especial relevância, na medida em que independe de condições atmosféricas favoráveis (indispensáveis, por exemplo, para a navegação astronômica, navegação por métodos visuais ou, até mesmo, para o bom funcionamento de alguns sistemas de radionavegação) e de informações provenientes de fontes externas.

5.2 PLOTAGEM DO PONTO ESTIMADO

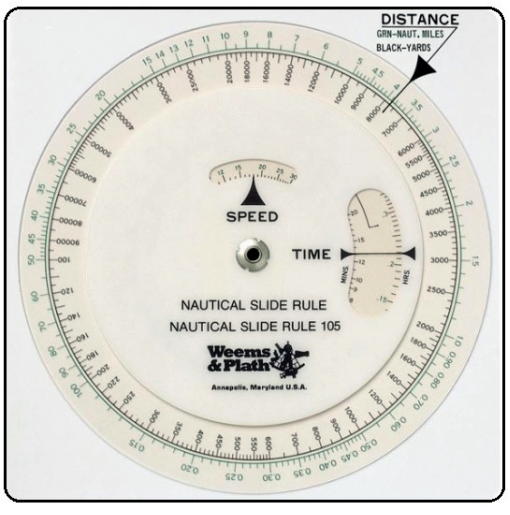
Figura 5.1 – Navegação Estimada



Conforme visto, navegação estimada é o processo de determinar graficamente a posição aproximada do navio, recorrendo-se somente às características do seu movimento, aplicando-se à última posição conhecida plotada na carta um vetor ou uma série de vetores representando todos os rumos verdadeiros e velocidades, ordenados.

Na Figura 5.1, vê-se um exemplo de plotagem do ponto estimado, pela aplicação da equação que relaciona distância, velocidade e tempo ao movimento do navio, a partir de uma posição conhecida inicial. Nessa figura, partindo de uma posição inicial conhecida (posição observada de 0700 horas), o navio governou no rumo verdadeiro R = 100º, com velocidade de 15 nós. Às 0800 horas, a posição estimada do navio estará sobre a linha de rumo = 100º e a uma distância de 15 milhas da posição de 0700 horas (pois, em 1 hora, um navio a 15 nós navega 15 milhas). Observe que a velocidade de 15 nós usada no exemplo é uma velocidade que não leva em conta o que se convencionou chamar de efeito da corrente (desconhecido no exemplo); portanto, é a velocidade à superfície, que é usada como velocidade no fundo à guisa de aproximação.

Figura 5.2 – Régua de Cálculo Náutica



Para resolver os problemas que envolvem distância, velocidade e tempo, o navegante pode utilizar calculadoras e ábacos, a exemplo do mostrado na Figura 5.2 (Régua de Cálculo Náutica), nos quais, entrando-se com dois elementos entre os três acima citados (distância, velocidade e tempo), obtém-se o valor do terceiro elemento.

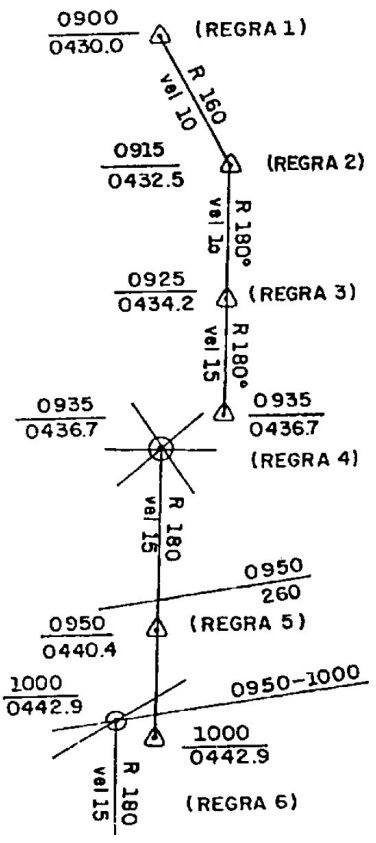
Além disso, devem ser ainda mencionadas as seguintes práticas empregadas na resolução dos problemas que envolvem velocidade, tempo e distância:

a. a "**regra dos três minutos**", pela qual "a distância percorrida pelo navio, em jardas, em três minutos, é igual à sua velocidade, em nós, multiplicada por 100"; e

b. a "**regra dos seis minutos**", pela qual "a distância percorrida pelo navio, em milhas, em seis minutos, é igual à sua velocidade, em nós, dividida por 10".

5.3 REGRAS PARA A NAVEGAÇÃO ESTIMADA

Figura 5.3 - As seis regras da Navegação Estimada



São seis as regras para a navegação estimada, conforme indicadas a seguir e ilustradas na Figura 5.3:

1. uma posição estimada deve ser plotada nas horas inteiras (e nas meias horas);

2. uma posição estimada deve ser plotada a cada mudança de rumo;

3. uma posição estimada deve ser plotada a cada mudança de velocidade;

4. uma posição estimada deve ser plotada para o instante em que se obtém uma posição determinada;

5. uma posição estimada deve ser plotada para o instante em que se obtém uma única linha de posição; e

6. uma nova linha de rumo e uma nova plotagem estimada devem ser originadas de cada posição determinada obtida e plotada na carta.

NOTAS:

a. Não se ajusta uma plotagem estimada com uma única linha de posição.

b. Uma LDP cruzando uma linha de rumo não constitui uma posição determinada, pois uma linha de rumo não é LDP.

Uma observação importante, referente à regra 1, é que a frequência de plotagem de uma posição estimada é função da escala da carta náutica que estiver sendo utilizada e das peculiaridades da navegação que se pratica. Os intervalos de tempo citados na Figura 5.3 (1 hora ou 1/2 hora) são os normais para a navegação oceânica e para a navegação costeira. Entretanto, intervalos de tempo menores serão adotados na navegação em águas restritas, ou mesmo em navegação costeira, caso a escala da carta náutica em uso e o tipo de navegação praticado assim o exigirem.

A Figura 5.4 mostra o exemplo de plotagem de uma navegação estimada efetuada por um navio entre 0800 horas e 1200 horas, cumprindo as regras anteriormente enunciadas, conforme o seguinte registro de ocorrências da navegação do navio:

0800 – Farol ALFA 270º/6M – Suspendeu, no rumo 090º. Velocidade 15 nós.

0900 – Velocidade reduzida para 10 nós, a fim de evitar um barco à vela.

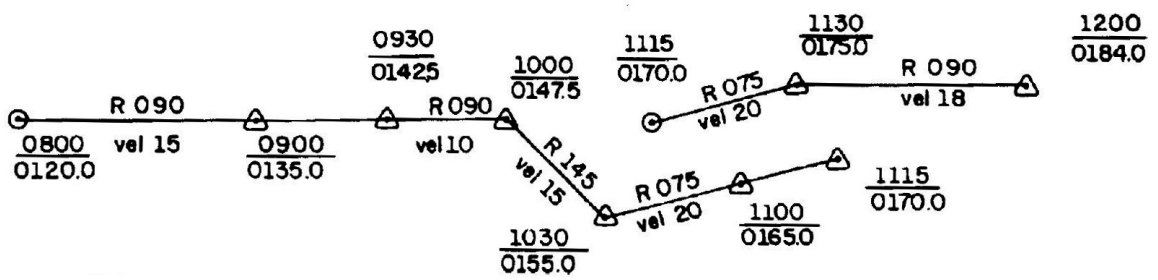
1000 – Rumo alterado para 145º, velocidade aumentada para 15 nós.

1030 – Rumo alterado para 075º, velocidade aumentada para 20 nós.

1115 – Posição determinada – Farol BRAVO 020º/7M.

1130 – Rumo alterado para 090º, velocidade reduzida para 18 nós.

Figura 5.4 – Exemplo de plotagem na navegação estimada



5.4 FATORES QUE INFLUENCIAM A POSIÇÃO ESTIMADA

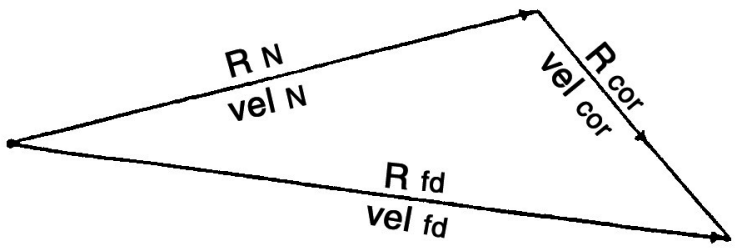
Até agora considerou-se que o navio percorreu exatamente o rumo verdadeiro traçado, mantendo rigorosamente a mesma velocidade, e, também, a velocidade na superfície foi a mesma que a efetivamente desempenhada no fundo. Assim, não foram levados em conta vários fatores que podem ter alterado o movimento do navio, tais como:

- correntes marítimas;
- correntes de maré;

- efeito do vento;
- estado do mar (ação das vagas, fazendo a proa tomar direções diferentes do rumo desejado);
- mau governo (efeito das guinadas exageradas na frequência ou na amplitude, que o timoneiro inábil eventualmente possa fazer para manter o rumo);
- pequenas diferenças de RPM entre os eixos (para navios com mais de um eixo);
- pequenas diferenças de velocidade;
- banda e trim; e
- desvio da agulha não detectado ou mal determinado.

Na prática da navegação costeira, emprega-se o termo "corrente" como a resultante de todos estes fatores sobre o movimento do navio (Figura 5.5).

Figura 5.5 – O Triângulo de Corrente



5.5 TERMOS EMPREGADOS NA NAVEGAÇÃO ESTIMADA

Velocidade do navio (**vel_N**) – ou, simplesmente, **velocidade** (**vel**), é a distância percorrida em 1 hora na superfície.

Velocidade no fundo (**vel_{fd}**) – é a distância percorrida pelo navio, em 1 hora, em relação ao fundo. É, então, a resultante da velocidade do navio com a velocidade da corrente.

Velocidade da corrente (**vel_{cor}**) – é o efeito combinado provocado pelos fatores mencionados no item anterior, durante cada hora, sobre o caminho percorrido pelo navio. O termo também é empregado para indicar, isoladamente, o deslocamento da massa líquida por ação exclusiva das correntes marítimas ou, em águas restritas, pela ação conjunta das correntes marítimas e correntes de maré.

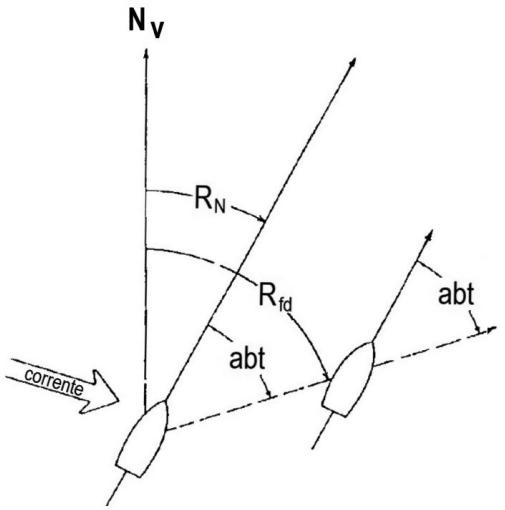
Rumo na superfície (**R_N**) – ou, simplesmente, **Rumo** (**R**) é, conforme já visto, o ângulo entre o Norte Verdadeiro e a direção na qual se governa o navio (em relação à superfície), contado de 000º a 360º, no sentido horário, a partir do Norte Verdadeiro.

Rumo no fundo ($\mathbf{R_{fd}}$) – é o ângulo entre o caminho efetivamente percorrido pelo navio (projetado sobre o fundo do mar) e o Norte Verdadeiro, contado de 000º a 360º, a partir do Norte Verdadeiro, no sentido horário.

Rumo da corrente ($\mathbf{R_{cor}}$) – é a direção do movimento resultante do efeito combinado de todos os fatores mencionados no item 5.4, medida com relação ao Norte Verdadeiro, no sentido horário. O termo é, também, empregado para indicar, isoladamente, a direção do deslocamento da massa líquida por efeito da corrente marítima (ou pela ação conjunta desta com as correntes de maré). O rumo da corrente é a direção para onde flui a corrente, contada a partir do Norte Verdadeiro, de 000º a 360º, no sentido horário.

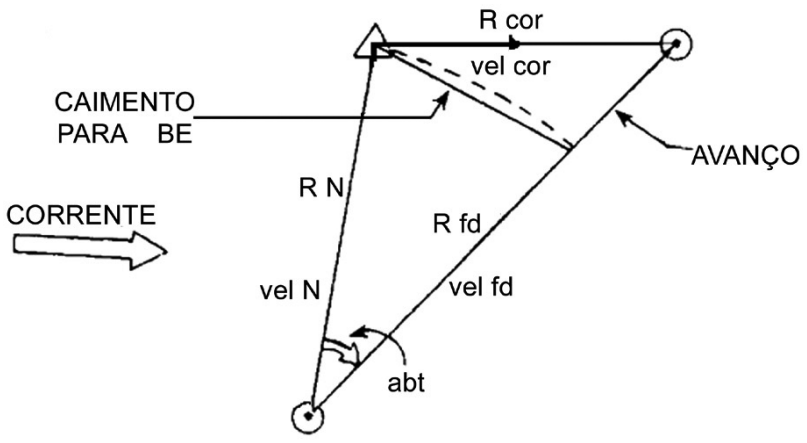
Abatimento (**abt**) – é o ângulo entre o rumo na superfície ($\mathbf{R_N}$) e o rumo no fundo ($\mathbf{R_{fd}}$). É contado para BE ou para BB, a partir do rumo na superfície (Figura 5.6).

Figura 5.6 – Abatimento (abt)



Caimento, avanço e atraso – quando se compara uma posição observada com a estimada para um mesmo momento, a distância entre os dois pontos é o efeito da corrente. Esta distância pode ser decomposta em duas componentes: a primeira, denominada avanço (ou atraso), é obtida pelo rebatimento do ponto estimado sobre o rumo no fundo e, consequentemente, igual à diferença das distâncias percorridas no fundo e na superfície; e a segunda, denominada caimento, é igual à corda compreendida pelo arco do rebatimento (Figura 5.7).

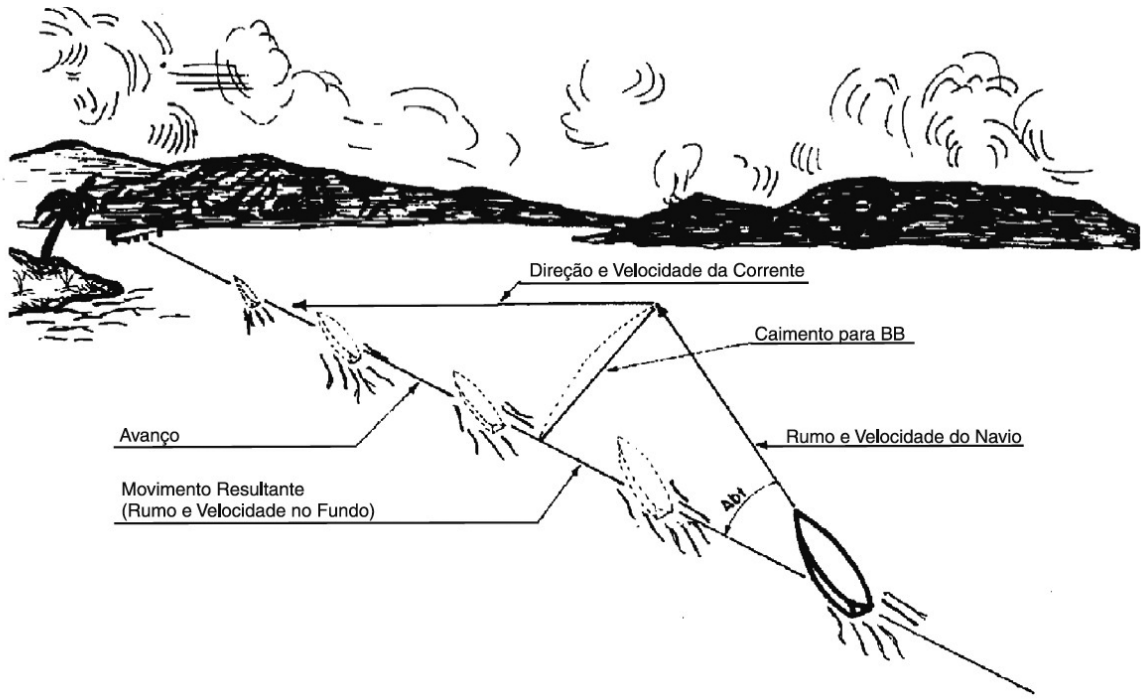
Figura 5.7 – Caimento e Avanço



Há **avanço** quando a distância percorrida no fundo é maior que a distância percorrida na superfície, ou seja, quando $vel_{fd} > vel_N$, e **atraso** quando $vel_{fd} < vel_N$. Evidentemente que, em termos vetoriais, ter-se-á sempre $vel_{cor} = vel_{caimento} + vel_{avanço}$.

Os conceitos acima definidos estão apresentados na Figura 5.8.

Figura 5.8 – Triângulo de Corrente e Termos Correlatos



Posição estimada – posição (presente) obtida pela aplicação, a partir de uma posição observada, de vetores definidos pelo rumo do navio e pela distância em relação à superfície.

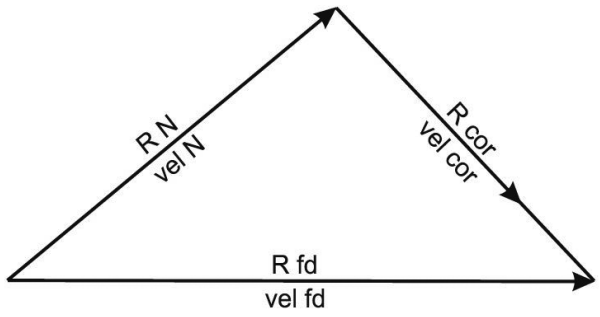
Posição estimada corrigida – posição (presente) obtida pela aplicação, a partir de uma posição observada, de vetores definidos pelo rumo no fundo e pela distância percorrida em relação ao fundo, supondo que o vetor de corrente obtido permanecerá idêntico após a sua observação.

Posição carteada – é a posição (futura) que se prevê que o navio ocupará em horas futuras. Dependendo da navegação em curso, poderá tomar como base uma posição observada, estimada ou estimada corrigida. Para ser plotada, poderá ser considerada ou não a corrente, dependendo dos elementos que o navegante dispuser. Se a corrente foi determinada com critério, o navegante não deverá omiti-la na carteação dos próximos pontos, adotando, então, a premissa de que o navio irá se deslocar com o rumo e a velocidade, em relação ao fundo, obtidos considerando, portanto, que se manterão os efeitos do vetor corrente previamente calculado. A posição carteada é bastante útil como antecipação dos eventos que deverão ocorrer nas próximas horas, para alertar o pessoal de serviço (faróis que irão "boiar", variações sensíveis nas isóbatas, proximidades de perigo, etc.). É representada por um pequeno traço cortando o rumo, com a indicação da hora.

5.6 O TRIÂNGULO DE CORRENTE

O triângulo de corrente e seus elementos podem ser visualizados na Figura 5.9.

Figura 5.9 – O Triângulo de Corrente: Real e Estimado



Assim, a partir do triângulo de corrente, pode-se ter:

a. TRIÂNGULO DE CORRENTE (REAL):

Conhecidos:

- rumo e velocidade do navio (R_N, vel_N).
- rumo e velocidade no fundo (R_{fd}, vel_{fd}), obtidos por duas posições determinadas.

Determinados:

- rumo e velocidade da corrente (R_{cor}, vel_{cor}).

b. TRIÂNGULO DE CORRENTE (ESTIMADO):

Conhecidos:

- rumo e velocidade do navio (R_N, vel_N).
- rumo e velocidade estimados da corrente (R_{cor}, vel_{cor}), obtidos de Cartas-Piloto, de Tábuas ou Cartas de Correntes de Maré, de outros documentos náuticos ou de observação direta, no período imediatamente anterior.

Determinados:

- rumo e velocidade no fundo (R_{fd}, vel_{fd}) previstos.

O Triângulo Estimado de corrente admite também outras variações, tais como:

a) conhecendo-se o rumo e a velocidade estimados da corrente (R_{cor}, vel_{cor}) e o rumo e a velocidade no fundo (R_{fd}, vel_{fd}) desejados, podem ser determinados o rumo e a velocidade na superfície (R_N, vel_N) a serem usados; e

b) conhecendo-se o rumo e a velocidade estimados da corrente (R_{cor}, vel_{cor}), o rumo no fundo desejado (Rfd) e a velocidade na superfície a ser adotada (vel_N), podem ser determinados o rumo do navio (R_N) a ser adotado e a velocidade de avanço resultante no fundo (vel_{fd}).

Para resolver graficamente o problema da corrente, empregam-se três vetores representativos, quais sejam:

Vetor fundo – definido, em direção, pelo **rumo no fundo** e, em grandeza, pela **velocidade em relação ao fundo** ($\mathbf{R_{fd}}$, $\mathbf{vel_{fd}}$).

Vetor superfície – definido, em direção, pelo **rumo verdadeiro** e, em grandeza, pela **velocidade em relação à superfície** ($\mathbf{R_N}$, $\mathbf{vel_N}$).

Vetor corrente – definido pela **direção para onde flui a corrente** e pela sua **velocidade** ($\mathbf{R_{cor}}$, $\mathbf{vel_{cor}}$).

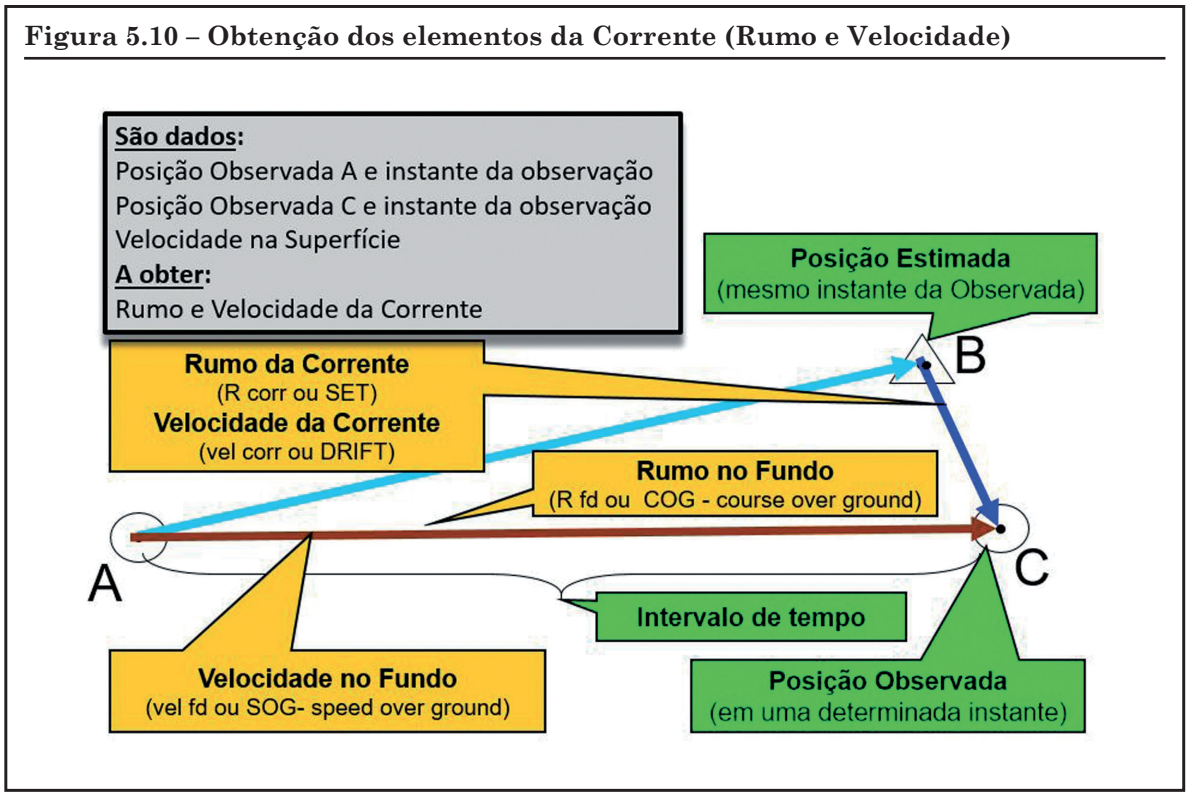
5.7 RESOLUÇÃO GRÁFICA DOS PRINCIPAIS PROBLEMAS DO TRIÂNGULO DE CORRENTE

Sendo três os vetores e, portanto, seis os elementos que os constituem, os problemas consistem em determinar dois elementos, diante de quatro conhecidos.

Os tipos de problemas mais usuais apresentam-se sob as seguintes formas:

a. determinação do rumo da corrente ($\mathbf{R_{cor}}$) e da velocidade da corrente ($\mathbf{vel_{cor}}$), tendo-se duas posições observadas (Figura 5.10).

Figura 5.10 – Obtenção dos elementos da Corrente (Rumo e Velocidade)



Exemplo (Figura 5.11):

Investindo a barra do Rio de Janeiro, vindo de SW, sua posição observada de 0300 é Lat 23º 05,0'S Long 043º 19,0'W. O rumo verdadeiro é R_N = 055º, velocidade vel_N = 9,0 nós. Às 0400, a posição é novamente determinada, obtendo-se Lat 23º 00,0'S Long 043º 10,0'W. Determinar os elementos da corrente (R_{cor} e vel_{cor}), o rumo no fundo (R_{fd}) e a velocidade no fundo (vel_{fd}).

Solução:

1. Plota-se a posição observada de 0300.

2. Da posição plotada traça-se o rumo verdadeiro (Rumo na Superfície) 055º.

3. Plota-se a posição estimada de 0400, sobre a linha de rumo traçada (055º) e à distância de 9 milhas da posição de 0300, pois a velocidade (na superfície) é de 9 nós e o intervalo de tempo é de 1 hora.

4. Plota-se a posição observada de 0400.

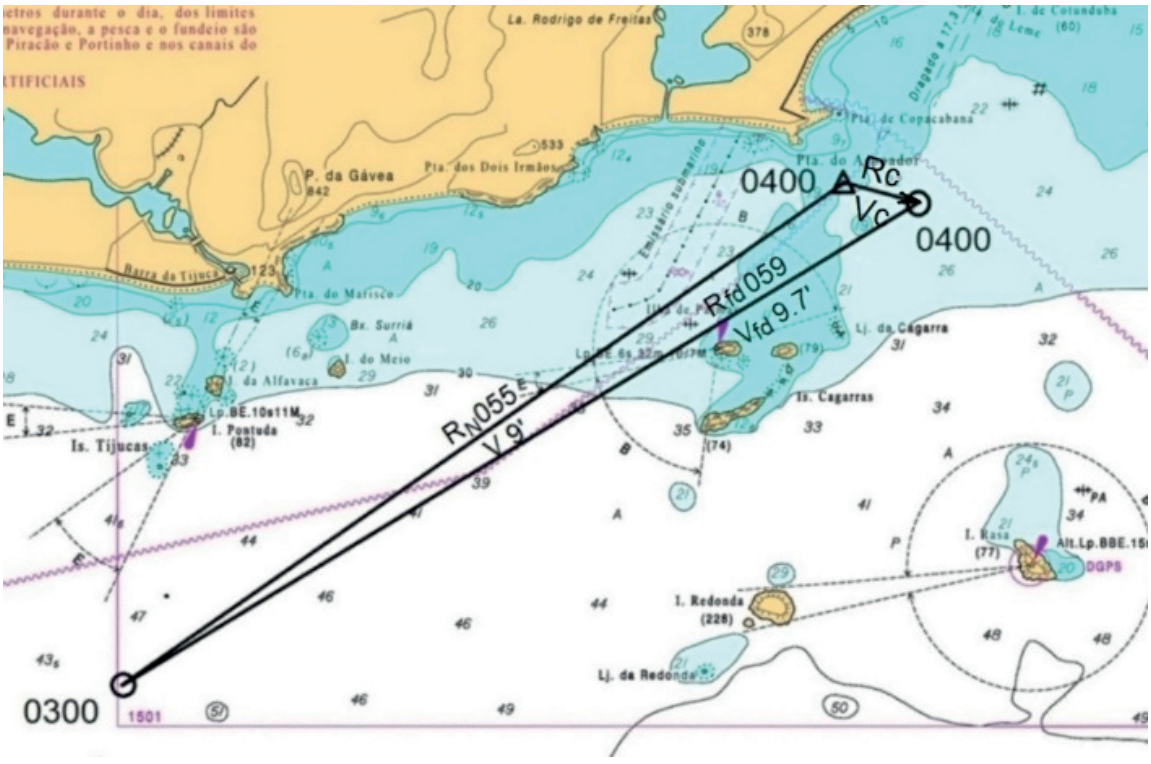
5. O vetor que une as posições estimada e observada de 0400 representa o efeito da corrente no período 0300–0400.

6. O rumo da corrente (R_{cor}) é a própria direção do vetor, no sentido posição estimada – posição observada (R_{cor} = 101º).

7. A velocidade da corrente (vel_{cor}) é a distância entre as posições estimada e observada (vel_{cor} = 1 nó), pois o intervalo de tempo entre as posições observadas foi de 1 hora.

8. O rumo no fundo é dado pela direção do vetor que interliga as posições observadas de 0300 e 0400: R_{fd} = 059º. A velocidade no fundo é obtida pela distância entre as duas posições observadas, já que o intervalo de tempo entre elas foi de 1 hora: vel_{fd} = 9,7 nós.

Figura 5.11 – Exemplo: Obtenção dos elementos da Corrente (Rumo e Velocidade)



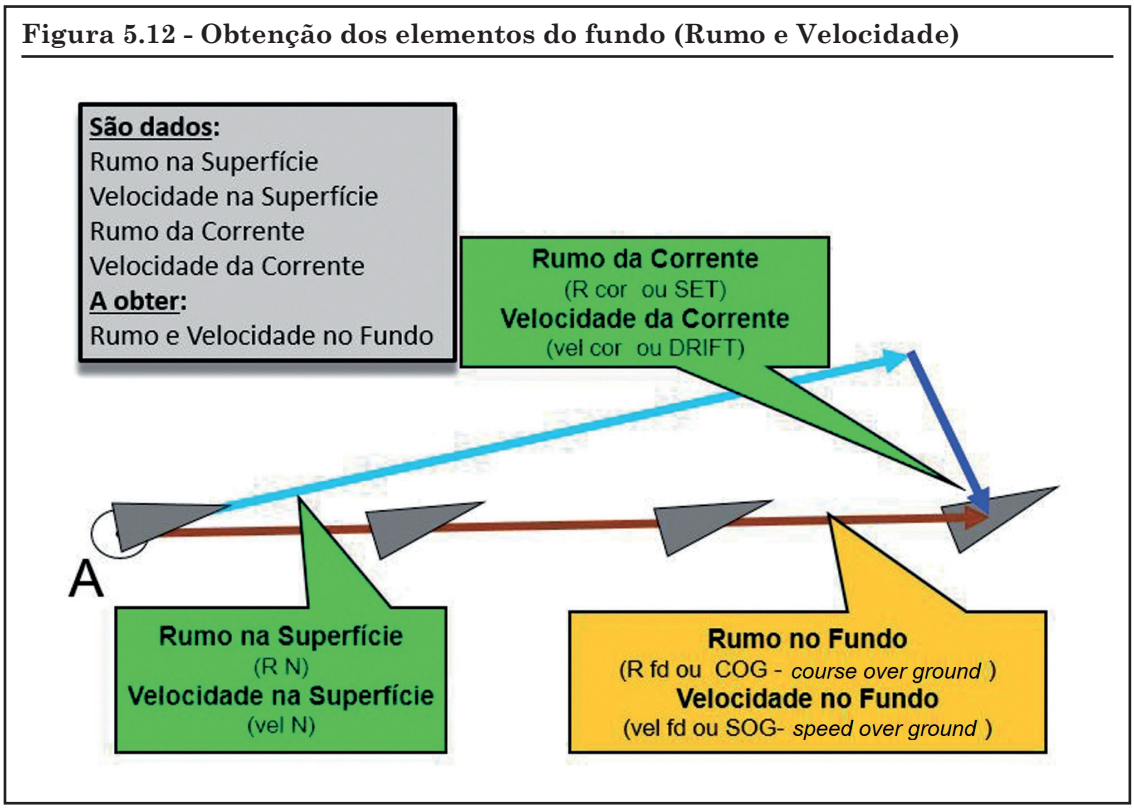
9. Pode-se afirmar, ainda, que, no intervalo 0300–0400, houve:

- um ABATIMENTO de 4º BE;
- um AVANÇO de 0,7 milha; e
- um CAIMENTO PARA BE de 0,7 milha.

No exemplo acima, o intervalo de tempo considerado foi de exatamente 1 hora (0300–0400). Se fosse maior, ou fracionário, a resolução seria a mesma, apenas acrescida do cuidado de dividir a distância entre as posições pelo intervalo de tempo, para obter a velocidade (v = e/t).

b. determinação do rumo no fundo (R_{fd}) e da velocidade no fundo (vel_{fd}), conhecendo-se o rumo e a velocidade na superfície e os elementos da corrente (Figura 5.12).

Figura 5.12 - Obtenção dos elementos do fundo (Rumo e Velocidade)



Exemplo (Figura 5.13):

Às 1300, na posição observada Lat. 23º 06,0'S Long. 043º 03,0'W, o navio assume o rumo verdadeiro R_N = 315º, velocidade vel_N = 8 nós. Sabe-se que existe na área uma corrente cujos elementos são: R_{cor} = 270º, vel_{cor} = 1,0 nó. Determinar o rumo no fundo (R_{fd}) e a velocidade no fundo (vel_{fd}) em que se estima que o navio vai se deslocar.

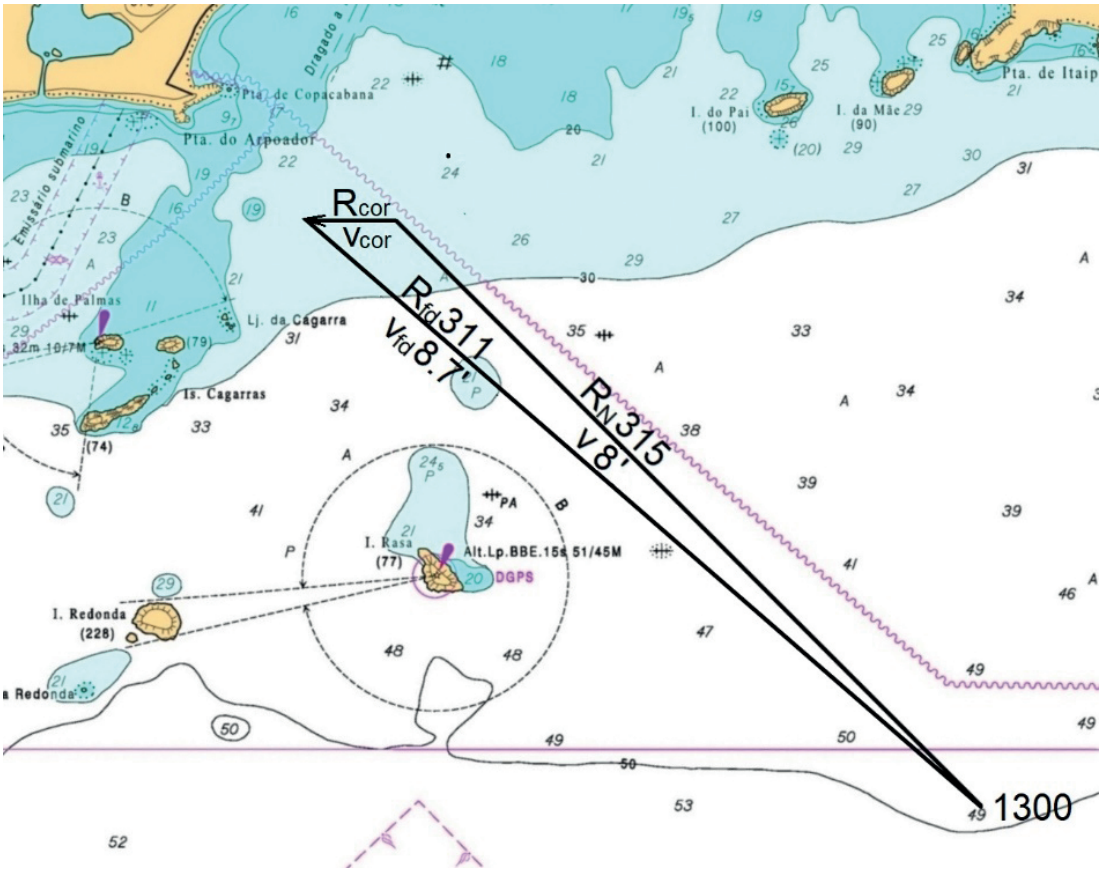
Solução:

1. Plota-se a posição de 1300 e traça-se o rumo verdadeiro R_N = 315º. Sobre o rumo traçado, marca-se a velocidade na superfície (vel_N = 8 nós).

2. Da extremidade deste vetor, traça-se o vetor corrente (R_{cor} = 270º, vel_{cor} = 1 nó).

3. Unindo-se a posição de 1300 ao ponto assim obtido, determinam-se o R_{fd} = 311º e a vel_{fd} = 8,7 nós (rumo e velocidade no fundo estimados).

Figura 5.13 - Exemplo: Obtenção dos elementos no fundo (Rumo e Velocidade)



As informações sobre a corrente poderão ter sido determinadas pelo próprio navio, no período imediatamente anterior ou, então, serem oriundas de Cartas-Piloto ou outros documentos náuticos.

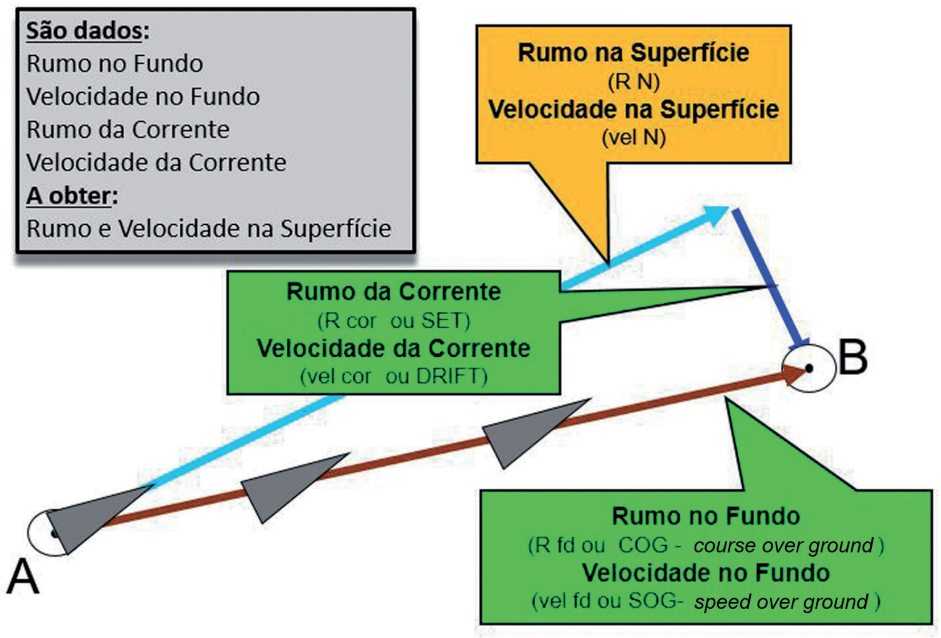
A necessidade de previsão do R_{fd} e da vel_{fd} é bastante encontrada na prática, pois é rotineiro os navios informarem com antecedência o seu ETA (*estimated time of arrival* ou hora estimada de chegada), baseado no qual as autoridades do porto de destino tomarão uma série de providências, como prático, rebocadores para as manobras de atracação, cais, etc. Poucas situações são mais constrangedoras a um navegante do que estar a várias milhas do porto de destino na hora em que estabeleceu o seu ETA, sabendo que diversas providências já foram tomadas, confiando na precisão de seus cálculos.

c. determinação do rumo e da velocidade na superfície, conhecendo-se os elementos da corrente e o rumo e a velocidade no fundo desejados (Figura 5.14).

Exemplo (Figura 5.15):

A posição observada do navio às 1500 é Lat. 23º 05,0'S Long. 043º 02,0'W. O navio deseja estar na posição Lat. 22º 59,0'S Long. 043º 10,0'W, onde receberá o prático, exatamente às 1600. Sabendo-se que existe na área uma corrente cujos elementos são R_{cor} = 270º, vel_{cor} = 1,0 nó, determinar o rumo verdadeiro (R_N) e a velocidade (vel_N) que o navio deve assumir.

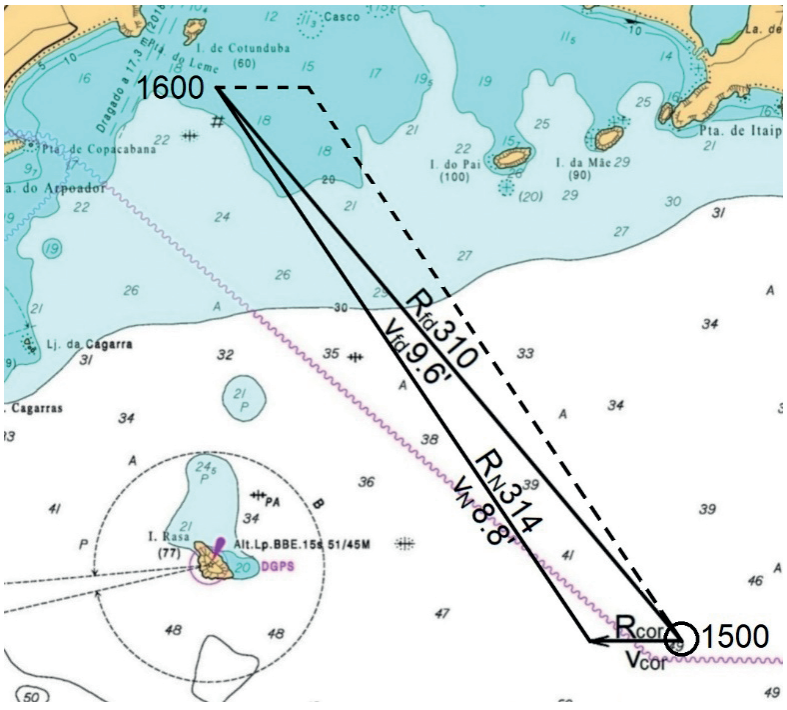
Figura 5.14 - Obtenção dos elementos na superfície (Rumo e Velocidade)



Solução:

1. Plotam-se na Carta Náutica a posição observada de 1500 e a posição que se deseja alcançar às 1600. Determina-se, graficamente, que, para chegar ao ponto desejado às 1600, o rumo no fundo e a velocidade no fundo devem ser, respectivamente, R_{fd} = 310º, vel_{fd} = 9,6 nós.

Figura 5.15 - Exemplo: Obtenção dos elementos na superfície (Rumo e Velocidade)

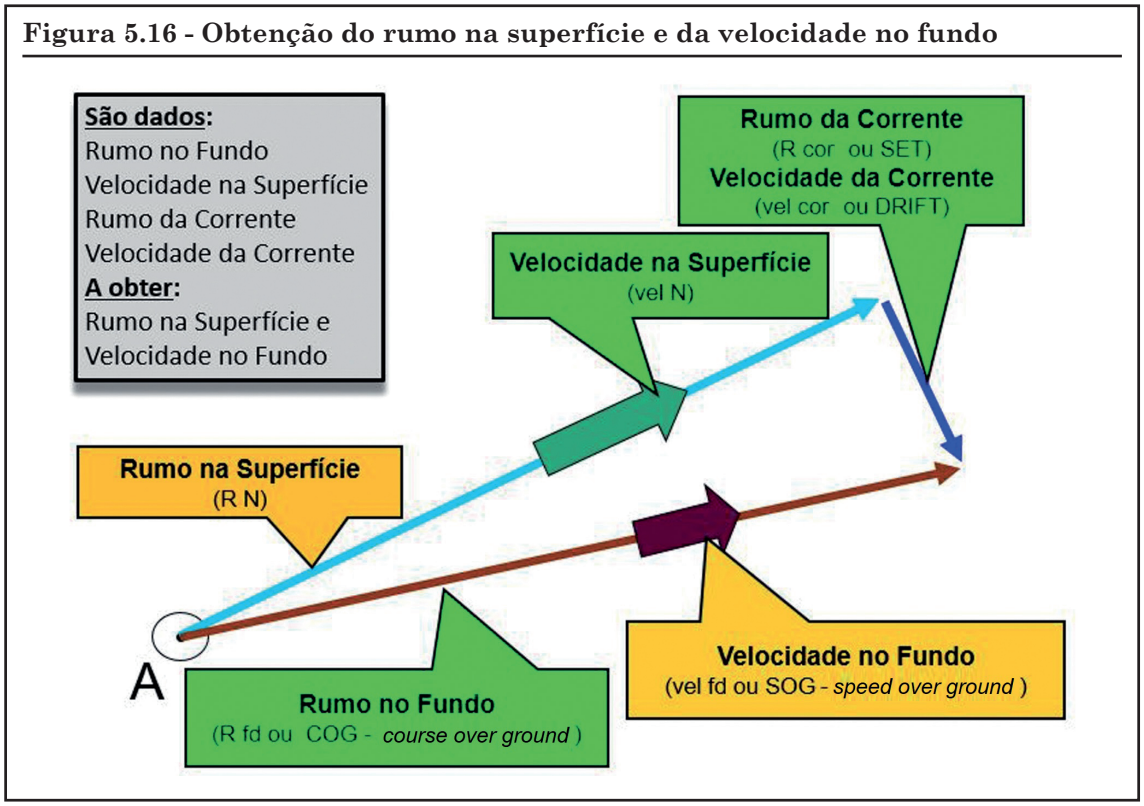


2. Aplica-se, ao ponto inicial, o vetor corrente, no sentido R_{cor} = 270º e com grandeza igual a 1,0 milha (pois a vel_{cor} = 1,0 nó e o intervalo de tempo é de 1 hora), e arma-se o triângulo da estima (ou triângulo de corrente).

3. Lê-se, então, na Carta, o vetor superfície, que interliga a extremidade do vetor corrente ao ponto desejado, obtendo-se R_N = 314º, vel_N = 8,8 nós.

d. determinação do rumo na superfície e da velocidade no fundo, conhecendo-se as características da corrente, a velocidade na superfície e o rumo no fundo (Figura 5.16).

Figura 5.16 - Obtenção do rumo na superfície e da velocidade no fundo



Esta situação ilustra o caso em que apenas um dos vetores tem os seus dois elementos conhecidos, ao passo que, dos outros dois vetores, conhece-se apenas um dos elementos de cada.

Exemplo (Figura 5.17):

Às 1000, a posição observada do navio (ponto A) é Lat. 23º 05,0'S Long. 043º 18,0'W. A velocidade do navio é de 6 nós e não pode ser alterada, em virtude de uma avaria de máquinas. O navio deseja alcançar o ponto B, mostrado na Figura 5.17, situado no alinhamento farol Rasa–farol Laje. Sabendo-se que existe na área uma corrente cujos elementos são:

R_{cor} = 100º, vel_{cor} = 1,5 nó, determinar:

- o rumo verdadeiro (R_N) em que o navio deve governar;
- a velocidade no fundo (vel_{fd}) com que o navio deve deslocar-se; e
- o ETA (hora estimada de chegada) no ponto B.

Solução:

1. Unindo a posição observada de 1000 (ponto A) ao ponto B, obtém-se o rumo no fundo desejado: R fd = 072º.

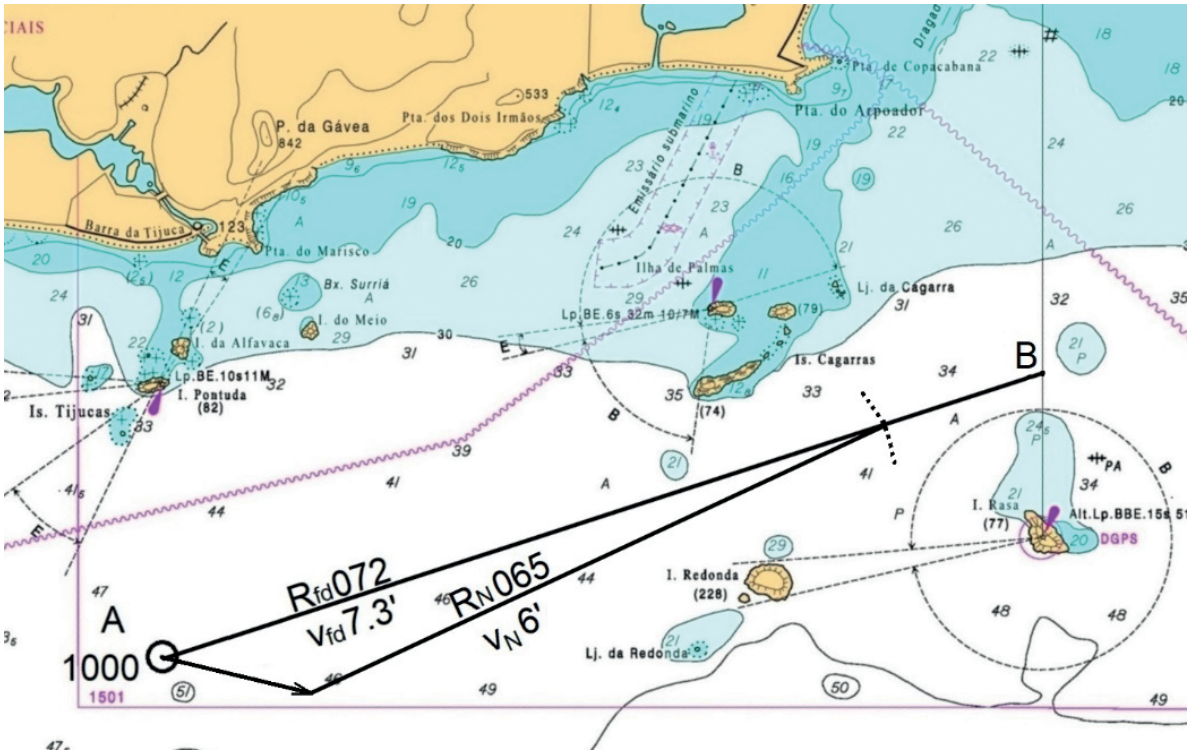
2. Ainda na posição observada de 1000, traça-se o vetor corrente (R_{cor} = 100º, vel_{cor} = 1,5 nó). Da extremidade do vetor corrente, aplica-se a grandeza do vetor superfície, isto é, vel_N = 6 nós e, com esta abertura no compasso, corta-se o R_{fd} obtendo-se, assim, o último vértice do triângulo de corrente.

3. O R_N e a vel_{fd} são lidos diretamente na carta, obtendo-se: R_N = 065º; e vel_{fd} = 7,3 nós. O R_N será a ordem a ser dada ao Timoneiro, e a vel_{fd} permitirá cumprir a previsão do ETA no ponto B.

4. Para isto, mede-se na carta náutica a distância AB = 9 milhas. Tendo-se vel_{fd} = 7,3 nós, determina-se a duração do trajeto entre A e B, que é de 74 minutos (01 hora e 14 minutos).

5. Portanto, o ETA no ponto B será às 1114.

Figura 5.17 – Exemplo: Obtenção do rumo na superfície e da velocidade no fundo

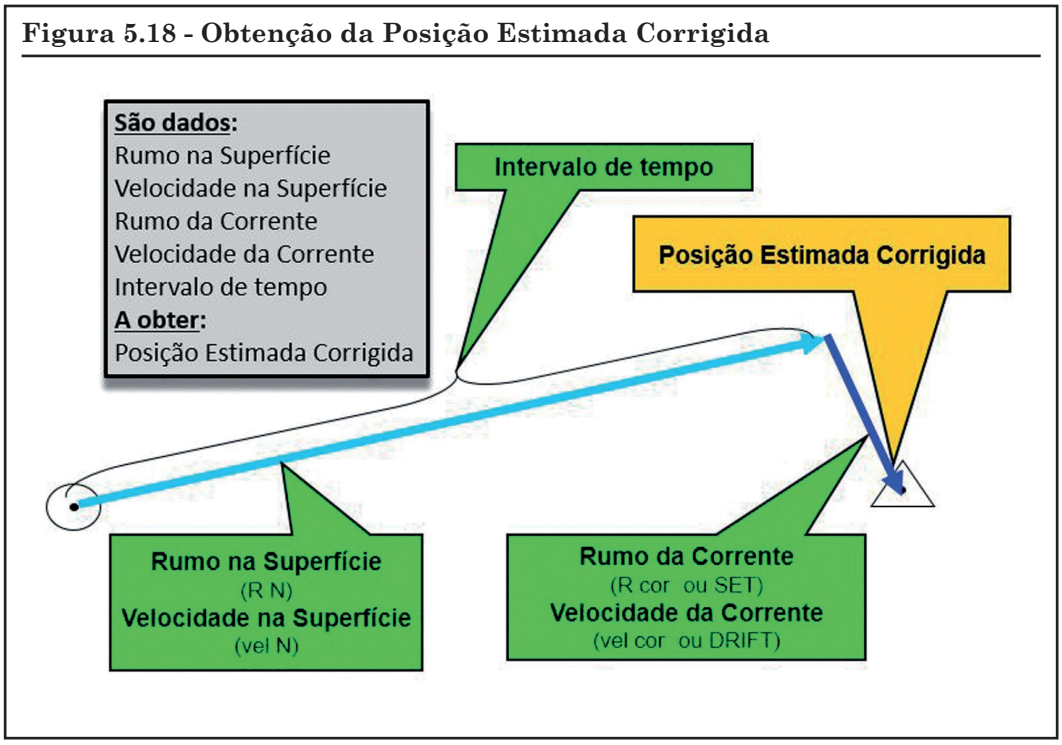


e. determinação da posição estimada corrigida (Figura 5.18).

Conhecida a corrente da região em que se navega, torna-se simples determinar a posição estimada corrigida, a partir de qualquer posição estimada.

Para isso, bastará aplicar à posição estimada o vetor corrente referente ao período em que a estima foi traçada.

Figura 5.18 - Obtenção da Posição Estimada Corrigida

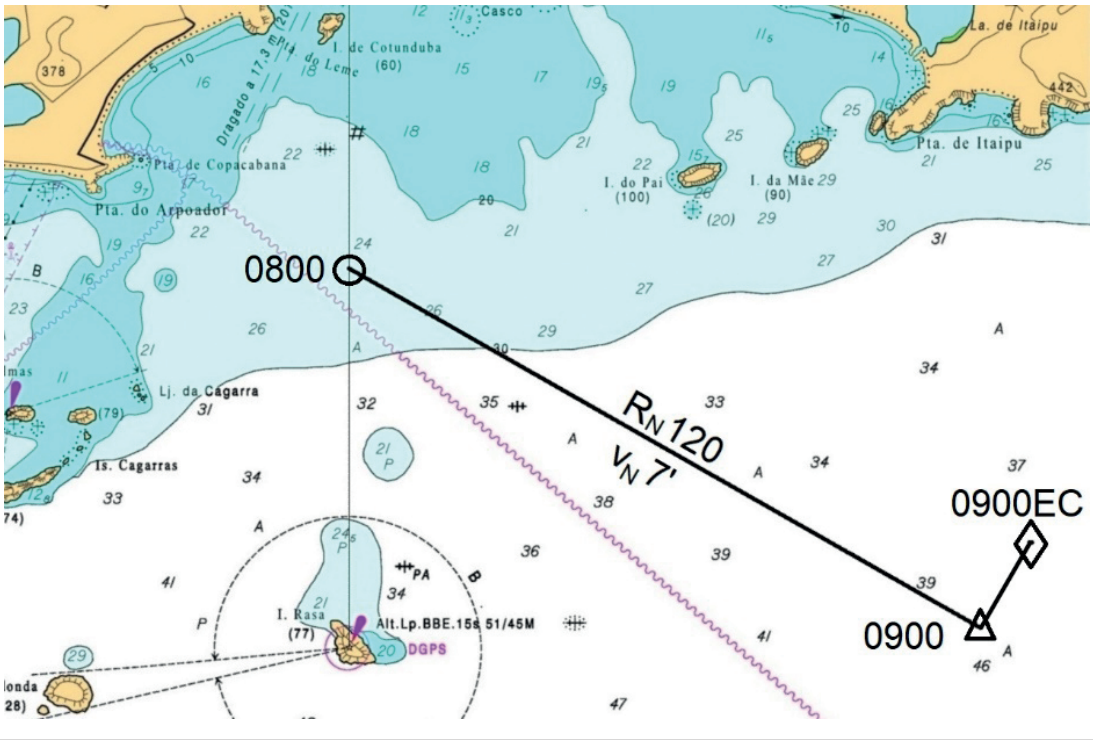


Exemplo (Figura 5.19):

A posição observada do navio às 0800 é Lat. 23º 00,0'S Long. 043º 08,75'W (sobre o alinhamento farol Rasa–farol Laje). O navio governa no rumo verdadeiro R_N = 120º, vel_N = 7 nós.

A corrente na área apresenta os seguintes elementos: R_{cor} = 030º, vel_{cor} = 1,0 nó. Plotar a posição estimada corrigida de 0900 e determinar as suas coordenadas.

Figura 5.19 – Exemplo: Obtenção da Posição Estimada Corrigida



Solução:

1. Plota-se na carta náutica a posição observada de 0800. Traça-se, então, a linha de rumo 120º e, sobre ela, marca-se a distância de 7 milhas, determinando-se a posição estimada de 0900.

2. Aplica-se a essa posição o vetor corrente, no sentido R_{cor} = 030º e, com grandeza igual, a velocidade da corrente (vel_{cor} = 1 nó). Na extremidade deste vetor estará a posição estimada corrigida de 0900.

3. Suas coordenadas são: Lat. 23º 02,6'S; e Long. 043º 01,6'W.

A posição estimada corrigida é representada por um losango centrado no ponto plotado, tendo ao lado a hora correspondente, seguida da abreviatura EC.

Se o navio estiver executando manobras sucessivas, torna-se conveniente plotar as posições estimadas dos pontos onde houver mudanças de rumo e/ou velocidade, conforme determinam as Regras para a Navegação Estimada, e, ao final das manobras, aplicar à última posição estimada o efeito da corrente durante todo o período de manobras, obtendo a posição estimada corrigida final.

5.8 PRECISÃO E CONSISTÊNCIA DA POSIÇÃO ESTIMADA

Na prática, a determinação do ponto estimado é extremamente simples, mas, para satisfazer às exigências de uma boa navegação, deve ser precedida de escrupulosas determinações dos erros instrumentais dos equipamentos em que se fundamenta.

Por outro lado, o ponto estimado corrigido, a bordo, exige um perfeito conhecimento do navio e um acompanhamento constante das condições em que se processa a sua navegação.

Em vista do exposto, é necessário que o navegante nunca esqueça que os pontos estimados representam apenas uma posição em que o navio tem maiores probabilidades de se encontrar. Em situações perigosas, pode-se (e, às vezes, deve-se) substituir o ponto por uma zona de probabilidade (circunferência traçada em torno do ponto estimado, com maior ou menor raio, dependendo das circunstâncias).

O raio desta circunferência é denominado consistência do ponto estimado, sendo função dos erros prováveis no rumo e na distância percorrida (além do efeito da "corrente", anteriormente estudado).

Assim, admite-se, empiricamente, que, mesmo com todos os cuidados citados, a posição estimada tem uma consistência de 0,1 (10%) da distância percorrida desde a última posição observada.

6 DETERMINAÇÃO DA POSIÇÃO POR MARCAÇÕES SUCESSIVAS

6.1 CONCEITOS PRELIMINARES

No estudo das técnicas da navegação costeira, foi abordada a determinação da posição por linhas de posição (LDP) simultâneas. Foi visto que, embora na maioria das vezes as LDP não sejam realmente simultâneas, procura-se tornar o intervalo de tempo entre elas o mínimo possível, de modo que, na prática, as linhas de posição possam ser consideradas simultâneas.

Entretanto, há ocasiões em que se navega ao longo de uma costa onde só é possível identificar, de cada vez, um único ponto notável representado na carta náutica. Nessas situações, pode-se determinar a posição do navio utilizando duas linhas de posição obtidas em instantes diferentes.

Para isso, aplica-se a técnica de determinação da posição por LDP sucessivas, isto é, com um intervalo de tempo considerável entre elas. Neste caso, conhecendo o intervalo de tempo decorrido entre as duas linhas de posição, a velocidade do navio e o seu rumo verdadeiro, pode-se determinar a distância percorrida entre as observações, em uma direção conhecida (o rumo verdadeiro), e, então, transportar a primeira LDP para o instante da segunda, obtendo, assim, a **posição por LDP sucessivas**.

A determinação da posição por LDP sucessivas utiliza os conceitos da navegação estimada, estudada no Capítulo anterior. Neste Capítulo, será estudada a técnica de determinação da posição por LDP sucessivas aplicada à navegação costeira. Entretanto, os

conceitos formulados, especialmente os relativos ao **transporte de LDP**, aplicam-se a outros tipos de navegação, em particular à navegação astronômica, conforme será visto no Volume II.

6.2 TRANSPORTE DE UMA LINHA DE POSIÇÃO

Uma linha de posição resultante de uma observação feita em um determinado instante t pode ser traçada novamente em um instante t', posterior a t. Para tanto, transporta-se a LDP do instante t para o instante t'.

Para o transporte de uma linha de posição, é necessário conhecer o rumo verdadeiro e a distância navegada no intervalo de tempo (t' – t). Esta distância percorrida poderá ser obtida por meio do odômetro ou pelo produto da velocidade pelo tempo.

É importante salientar o significado real do transporte de uma LDP, ou seja: se no instante t um navio estava sobre uma LDP e, a partir deste instante, tiver navegado, durante um tempo Δt, uma certa distância d, sobre um rumo R, no instante t' = (t + Δt) o navio estará sobre a mesma LDP deslocada da distância d, segundo o rumo R.

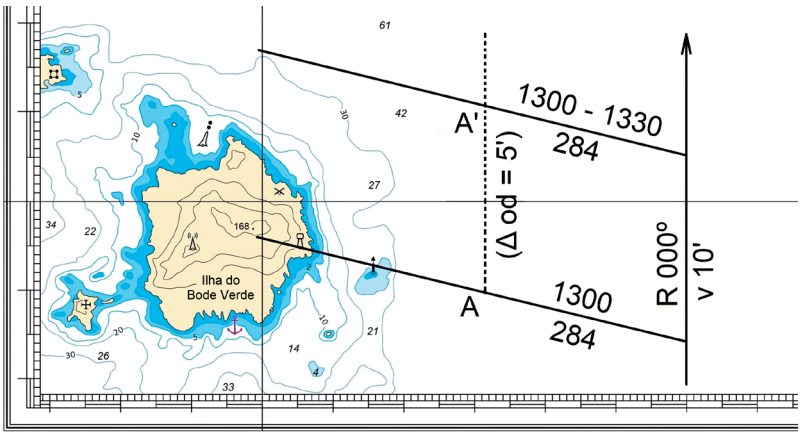
Identifica-se a linha de posição transportada repetindo-se a identificação da LDP original e anotando-se o instante t', em seguida ao instante t. Como foi visto, para o transporte de uma linha de posição é necessário conhecer o rumo e a distância navegados no intervalo de tempo Δt = t' – t (Figura 6.1).

É preciso notar que, durante este intervalo de tempo (Δt = t' – t), o navio pode ter os seus rumo e velocidade alterados por ação da corrente, vento, estado do mar (ação das vagas), erros do Timoneiro, etc. Assim, o transporte de linhas de posição é um processo estimado, devendo ser evitado, na navegação costeira, transporte de LDP com diferenças de tempo superiores a 30 minutos.

Embora qualquer LDP possa ser transportada, este estudo se limitará aos casos mais comuns das retas de marcação e de alinhamentos.

O transporte de uma reta de marcação está ilustrado na Figura 6.1.

Figura 6.1 – Transporte de LDP: Reta de Marcação



Exemplo (Figura 6.1):

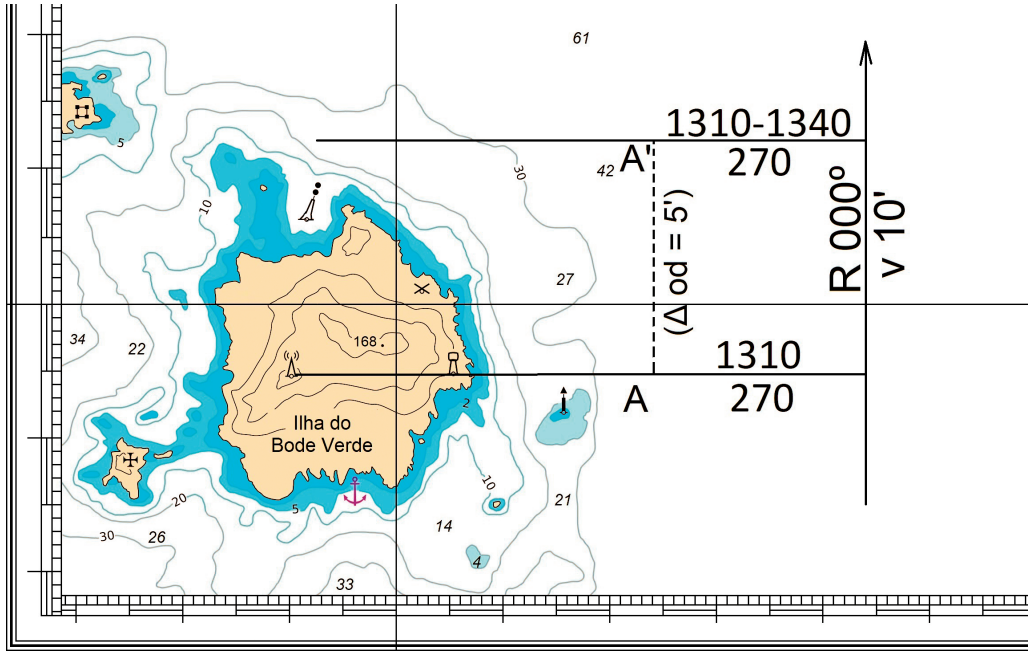
Às 1300, um navio no Rumo = 000º, odômetro = 0107,0 e velocidade = 10 nós, marcou o ponto notável "A" (Caixa d'Água) aos 284º. Às 1330, com odômetro = 0112,0, deseja-se transportar a reta de marcação (LDP "A") resultante da observação anterior.

Traça-se na carta, como mostrado na Figura 6.1, a reta de marcação da observação feita às 1300 (LDP "A").

Traça-se, pelo ponto observado ou por qualquer ponto da reta de marcação traçada na carta (ponto A, na Figura 6.1), uma reta na mesma direção de R = 000º (paralelo ao rumo seguido pelo navio). Sobre esta reta, marca-se a distância percorrida entre 1300 e 1330, que a diferença de leituras do odômetro indicou ser de 5 milhas. Do ponto obtido (ponto A'), traça-se uma reta paralela à marcação inicial. Obtém-se, assim, uma reta de posição às 1330, que nada mais é do que a marcação de 1300 transportada para 1330.

Se, em vez de marcar um ponto, o navio tivesse cruzado um alinhamento, o transporte da reta de alinhamento seria igual ao feito para a reta de marcação, conforme mostrado na Figura 6.2.

Figura 6.2 – Transporte de LDP: Alinhamento



6.3 POSIÇÃO POR MARCAÇÕES SUCESSIVAS

6.3.1 Introdução

Na determinação da posição do navio por marcações sucessivas, as linhas de posição usadas ou são retas de marcação transportadas ou são retas de marcação resultantes de marcações polares que satisfazem condições especiais.

Nestes casos, três situações podem ocorrer:

a) duas marcações de um mesmo objeto, tomadas com um intervalo de tempo entre elas;

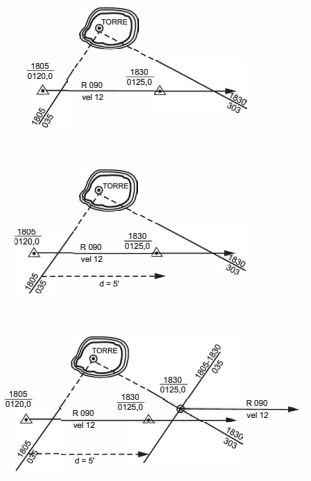
b) duas marcações de objetos diferentes, tomadas com um intervalo de tempo entre elas; e

c) uma série de marcações de um mesmo objeto.

6.3.2 Posição por duas marcações de um mesmo objeto, tomadas com um intervalo de tempo entre elas

Se duas LDP são obtidas em tempos diferentes, a posição do navio no instante da segunda observação pode ser determinada, transportando-se a primeira linha de posição para o instante em que se obteve a segunda. O ponto de interseção da segunda LDP com a primeira LDP transportada é a posição do navio no instante da segunda observação. O processo está detalhadamente explicado na Figura 6.3.

Figura 6.3 – Posição por Marcações Sucessivas



1 - Obtenção de duas LDP de um ponto notável (Torre) às 1805 e às 1830. Navio com rumo (090º) e velocidade (12 nós) constantes.

2 - De um ponto qualquer da LDP das 1850,traça-se uma reta de mesma direção que o rumo e de mesmo tamanho da distância percorrida entre as duas LDPs (no caso, 5').

3 - Do ponto transportado (como apresentado acima), traça-se uma reta com a mesma direção da LDP das 1805. O ponto de interseção da segunda LDP com a primeira LDP transportada é a posição do navio no instante da Segunda observação (1830).

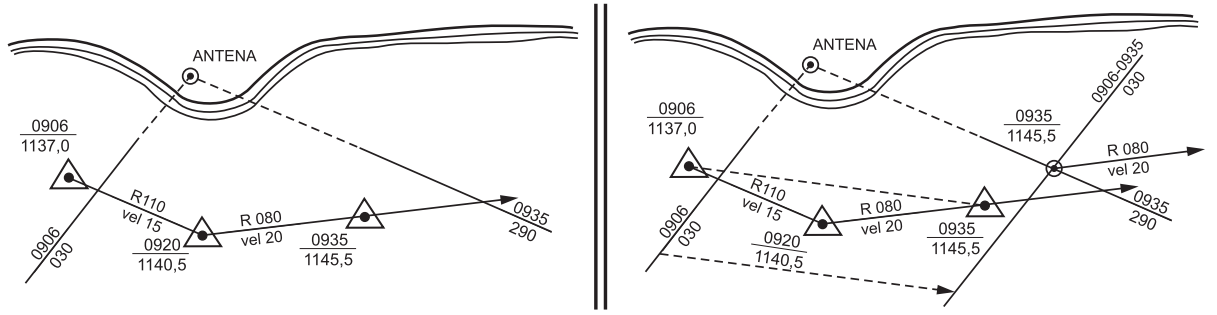
Observações:

a. quando se usa este método, normalmente não se leva em consideração o efeito da corrente sobre o movimento do navio (ou embarcação) no intervalo de tempo entre a primeira e a segunda marcações. Por esta razão, devem ser evitados intervalos de tempo superiores a 30 minutos entre as marcações. Ademais, é necessário que o navegante tenha sempre em mente que a determinação da posição por marcações sucessivas constitui um processo aproximado, melhor que a navegação estimada pura, porém menos preciso que uma boa determinação de posição por LDP simultâneas.

b. assim, este método apresenta melhores resultados quando se conhece uma posição observada não muito distante do ponto em que se fez a primeira marcação e em uma área onde a corrente não seja muito significativa.

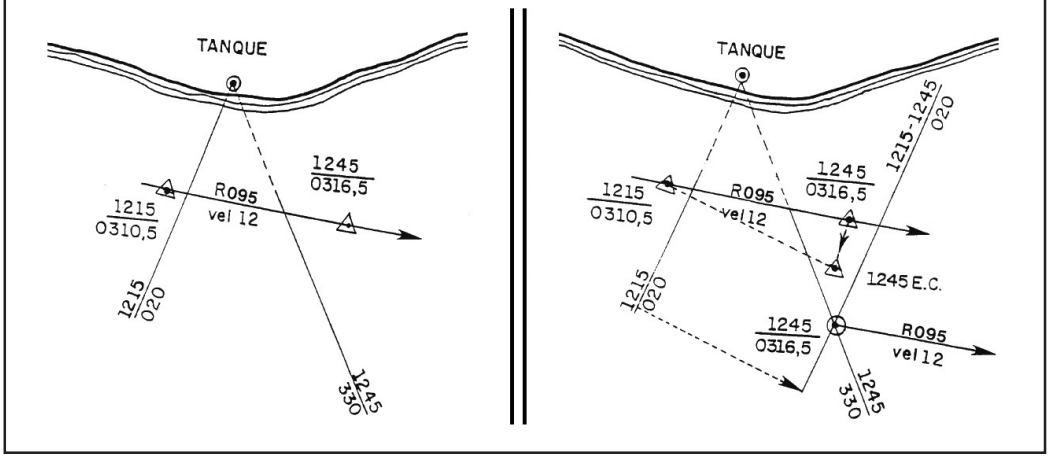
c. se houver mudança de rumo, de velocidade ou de ambos no intervalo de tempo entre as duas LDP, o processo é o mesmo, bastando que se unam as posições estimadas do navio nos instantes correspondentes às obtenções de cada LDP. Sobre a linha obtida desloca-se uma paralela à linha de posição, segundo a mesma distância que separa as posições estimadas, a partir da interseção da LDP com a linha traçada, como mostrado na Figura 6.4.

Figura 6.4 – Posição por Marcações Sucessivas com Mudança de Rumo e Velocidade



d. conhecendo-se os elementos da corrente na área, deve-se aplicá-los ao movimento do navio entre as duas LDP, a fim de aumentar a precisão da posição por marcações sucessivas. O processo de obtenção da posição por marcações sucessivas conhecendo-se os elementos da corrente está ilustrado na Figura 6.5.

Figura 6.5 – Posição por Marcações Sucessivas conhecendo-se os Elementos da Corrente



No exemplo contido na Figura 6.5, o navio governa no rumo 095º, com velocidade 12 nós. A corrente é estimada em R_{cor} = 190º, vel_{cor} = 3,0 nós. Às 1215 horas (odômetro 0310,5), um tanque notável (caixa-d'água), representado na carta, é marcado aos M = 020º. Às 1245 horas (odômetro 0316,5), o mesmo tanque é marcado aos M = 330º. Determinar a posição às 1245, levando em conta a corrente estimada.

Solução:

Após plotar as duas LDP e as posições estimadas nos instantes correspondentes, aplica-se à posição estimada no instante da segunda observação o efeito da corrente no intervalo de tempo entre as duas observações (no caso em pauta, 30 minutos). Obtém-se, assim, a posição estimada corrigida (EC) no instante da segunda observação.

Une-se, então, a posição estimada no instante da primeira LDP à posição estimada corrigida correspondente à segunda LDP.

Em seguida, basta avançar a primeira LDP em uma direção paralela à linha obtida, de uma distância igual à distância que separa as duas posições, conforme mostrado na Figura 6.5.

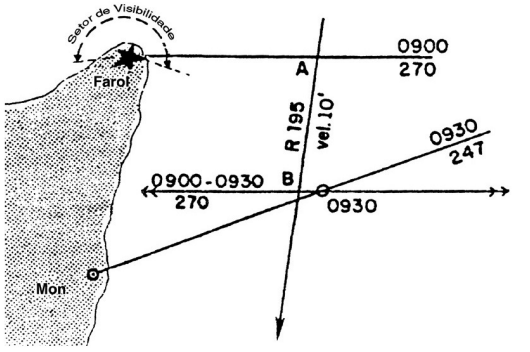
O ponto em que a primeira LDP, transportada, cruza com a segunda LDP será a posição do navio às 1245.

6.3.3 Posição por duas marcações de objetos diferentes, tomadas com intervalo de tempo entre elas

Nem sempre é possível observar-se o mesmo ponto durante um intervalo de tempo tal que permita a utilização do método anteriormente explicado.

Se existirem dois pontos notáveis representados na carta, mas que não possam ser observados simultaneamente, é possível determinar-se a posição por marcações sucessivas, mesmo tratando-se de objetos diferentes, tal como mostrado nas Figuras 6.6 e 6.7.

Figura 6.6 – Posição por Marcações Sucessivas de Objetos Diferentes



Na Figura 6.6, às 0900 horas, um navio no rumo verdadeiro 195º, velocidade 10 nós, marcou o farol aos M = 270º, pouco antes de ele se ocultar. Às 0930 horas, mantendo rumo e velocidade, marcou o monumento aos M = 247º. Determinar a posição do navio às 0930 horas.

Solução (acompanhar na Figura 6.6):

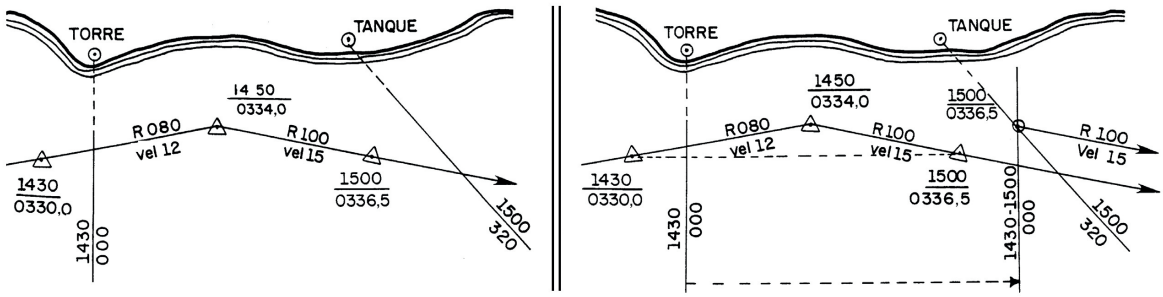
1. Traçar a LDP de 0900 (para o farol) e a LDP de 0930 (para o monumento);

2. Transportar a LDP de 0900 para 0930, avançando-a, no rumo verdadeiro 195º, de uma distância igual a AB = 5 milhas (distância navegada em 30 minutos, na velocidade de 10 nós); e

3. A posição de 0930 estará no cruzamento da LDP de 0930 com a LDP transportada.

A Figura 6.7 mostra a posição determinada por duas marcações sucessivas de objetos diferentes, havendo mudança de rumo e velocidade no intervalo de tempo entre as duas LDP.

Figura 6.7 – Posição por Marcações Sucessivas de Objetos Diferentes



6.3.4 Posição por séries especiais de marcações sucessivas de um mesmo objeto

Marcando-se um mesmo objeto com determinados valores prefixados de marcações polares sucessivas, é possível obter diversos elementos de distância, que permitirão determinar a posição do navio por marcações e distâncias.

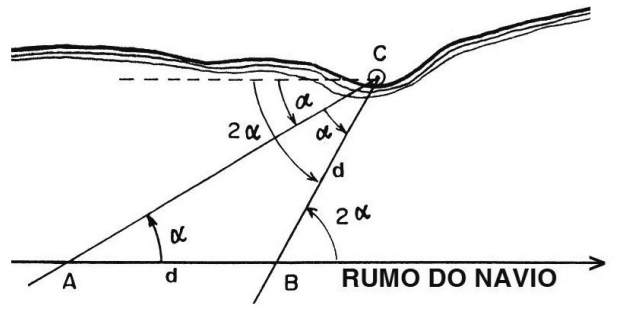
Dois casos especiais se apresentam:

- quando se têm duas marcações polares e o valor da segunda marcação é o dobro do valor da primeira (posição por marcações duplas); e
- quando as marcações obedecem a valores prefixados.

a. Posição por marcações duplas (posição por duas marcações polares, sendo o valor da segunda o dobro do valor da primeira)

Neste caso, como se pode verificar na Figura 6.8, a distância do navio ao ponto observado no instante da segunda marcação, é igual à distância percorrida pelo navio no intervalo de tempo entre as marcações.

Figura 6.8 – Posição por Série de Marcações (Marcações Duplas)



Nessa Figura, sendo α a primeira marcação polar e 2α a segunda marcação polar, pode-se concluir que AB = BC, pois o triângulo ABC é isósceles. Assim, a distância do navio ao ponto observado no instante da segunda marcação é igual à distância percorrida pelo navio no intervalo de tempo entre as marcações. Desta forma, pode-se determinar a posição do navio no instante da segunda marcação, utilizando o valor da marcação e a distância ao ponto (igual à distância percorrida entre as marcações).

A distância entre as marcações é obtida pela diferença de odômetro ou pelo produto velocidade x intervalo de tempo.

As marcações polares mais usadas para este fim são:

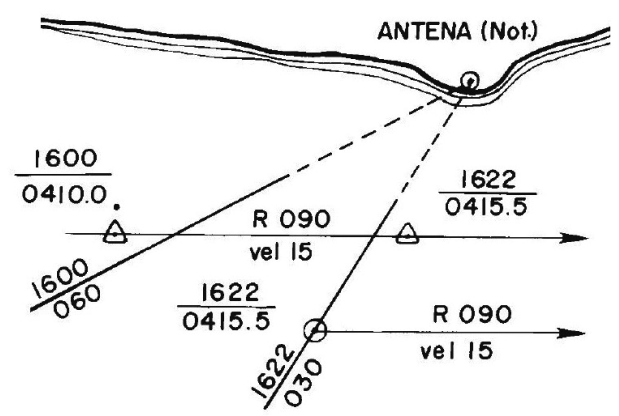
- 22,5º e 45º;
- 30º e 60º; e
- 45º e 90º.

As marcações polares 45º BE / 90º BE e 45º BB / 90º BB são muito usadas na prática, pois constituem um caso especial, em que a distância navegada entre as duas marcações é igual à distância pelo través (distância do objeto quando este estiver pelo través do navio). Assim, obtém-se a posição do navio quando o objeto marcado está claramente pelo través, o que visualmente é adequado.

A Figura 6.9 apresenta um exemplo de posição por marcações duplas.

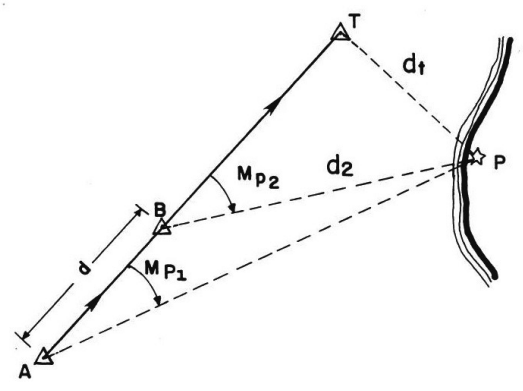
Nesse exemplo, o navio governa no rumo 090º, velocidade 15 nós. Às 1600, é marcada a antena (Not.), obtendo-se: M = 060º (Mp = 030º BB). Nesse instante o odômetro indica 0410,0. Às 1622, a antena (Not.) é marcada aos 030º (Mp = 060º BB) com o odômetro indicando 0415,5. A posição do navio às 1622 pode ser determinada pela marcação da antena neste instante (M = 030º), e a distância do navio à antena, que será igual à distância percorrida entre a marcações, é dada pela diferença de odômetro, isto é, 5,5 milhas.

Figura 6.9 – Posição por duas Marcações Polares, sendo a Segunda Marcação o Dobro da Primeira



Por sua vez, pode-se determinar a posição por duas marcações polares sucessivas quaisquer e o caminho entre elas, conforme mostrado na Figura 6.10.

Figura 6.10 – Posição e Distância por Duas Marcações e Caminho Percorrido



Nessa situação, com duas marcações polares sucessivas do mesmo objeto (Mp_1 no instante A e Mp_2 no instante B) e a distância percorrida no intervalo de tempo entre as marcações (fornecida pela diferença de odômetro ou pela resolução da equação que relaciona distância, velocidade e tempo), pode-se obter d_2 (distância ao objeto no instante da segunda marcação) e d_t (distância pelo través), utilizando as fórmulas:

$$d_2 = \frac{\text{sen } Mp_1}{\text{sen } (Mp_2 - Mp_1)} \quad ; \quad d_t = \frac{d}{\text{cotg } Mp_1 - \text{cotg } Mp_2}$$

Com Mp_2 e d_2 determina-se a posição do navio no instante da segunda marcação.

b. Série de marcações polares prefixadas. Série de Traub

A Série de Traub é constituída por uma sequência de marcações polares de um determinado ponto, espaçadas igualmente ao longo da derrota de uma distância d, que, tomadas em intervalos de tempo iguais, irão possibilitar a observação da posição, ao efetuar a marcação (polar) 090°, à distância 2d. Importante notar que a distância de 2d é tomada a partir do ponto efetivamente marcado.

As marcações polares da Série de Traub, devido as características mencionadas, podem ser calculadas e são (em valores arredondados) 14°, 16°, 18°, 22°, 27°, 34°, 45°, 63° e 90°; no entanto será mais fácil prever os valores que efetivamente serão marcados a partir do desenho da derrota e das características da Série.

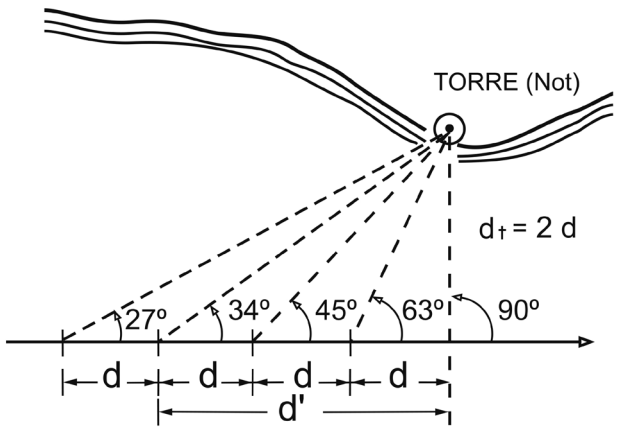
A Figura 6.11 ilustra as propriedades da série de TRAUB.

Propriedades:

a) as distâncias navegadas entre as marcações polares consecutivas da série são iguais; e

b) a distância pelo través (distância ao objeto quando estiver pelo través) é o dobro da distância navegada entre duas marcações consecutivas.

Figura 6.11 – Série de Traub



Fórmulas utilizadas:

a) distância pelo través (d_t), já apresentada acima;

b) distância da segunda marcação (d_2), já apresentada acima; e

c) distância a navegar até o través (d'), onde:

$$d' = \frac{d \text{ sen } Mp_1 \text{ . cos } Mp_2}{\text{sen } (Mp_2 - Mp_1}$$

Marcações Polares sucessivas:

14º e 18º	**16º e 22º**	**18º e 27º**	**22º e 34º**	**27º e 45º**	**34º e 63º**	**45º e 90º**

Exemplo:

O navio governa no rumo 206º e sua velocidade é 15,5 nós. São obtidas as seguintes marcações de uma chaminé notável representada na carta náutica da área, nas horas indicadas, conforme esquematizadas na Figura 6.12:

HORA	MARCAÇÃO	MARCAÇÃO POLAR
1008	**228º**	**22º BE**
1017	**233º**	**27º BE**
1026	**240º**	**34º BE**
1035	**251º**	**45º BE**

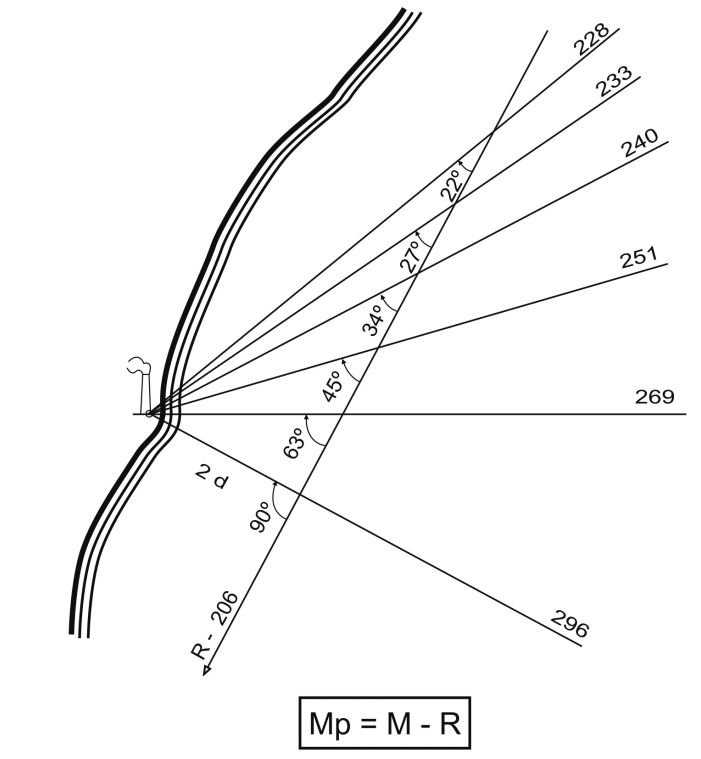
Determinar:

a) a distância da chaminé pelo través (dt);

b) a distância a ser navegada desde o instante da última marcação até o instante em que a chaminé estiver pelo través; e

c) o instante em que a chaminé estiver pelo través.

Figura 6.12 – Série de Traub (exemplo)



Solução:

1. Verifica-se que as marcações foram tomadas em intervalos de tempo iguais (9 minutos) e correspondem às marcações relacionadas às características da Série de Traub. Assim, no intervalo de tempo (Δt = 9 min) entre duas marcações consecutivas, na velocidade de 15,5 nós, o navio percorreu:

d = vel x Δt → d = 15,5 nós x 9 min = 2,325 M

2. A distância da chaminé pelo través → d_t = 2d = 2 x 2,325 = 4,65M → d_t = 4,7 M

3. A distância a ser navegada está relacionada às características da Série de Traub, portanto se a última marcação corresponde à marcação polar 45° BE, ainda faltarão as marcações 63° BE e 90° BE. Assim faltará percorrer 2d, ou seja, 4,7M.

4. Usando o mesmo raciocínio do item 3, nota-se que faltarão dois intervalos de tempo ou 18 min até atingir a chaminé pelo través. Assim, o momento em que o ponto marcado estará pelo través será às 1053.

Observações finais:

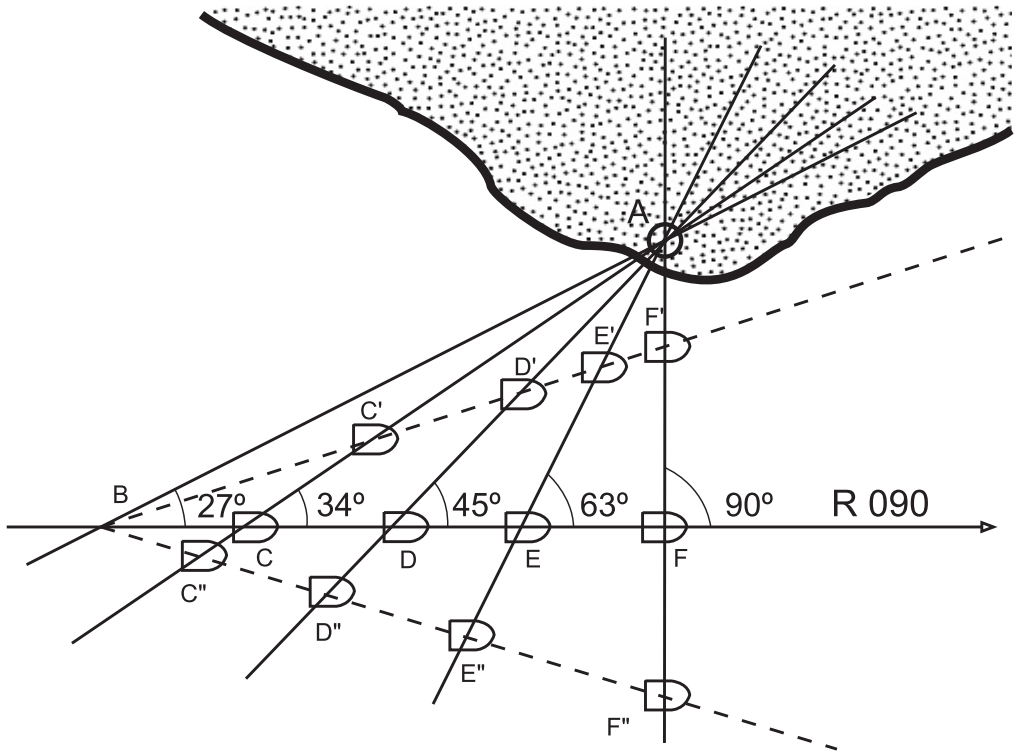
– a Série de TRAUB é pouco usada em veleiros ou outras pequenas embarcações, devido à menor precisão na leitura de suas agulhas (bússolas). Mesmo se forem usadas alidades manuais ou taxímetros, haverá, em embarcações menores, necessidade de boa prática para conseguir observar um objeto nos valores determinados na Série; e

– o uso da Série de TRAUB, quando da ocorrência de corrente, está ilustrado na Figura 6.13. Havendo corrente, a Série de Traub não pode ser utilizada para determinação de distâncias e posições. Poderá, porém, ser usada pelo navegante para obter indicações sobre a corrente existente na área, aplicando as seguintes propriedades:

a) se os intervalos de tempo entre duas marcações consecutivas são decrescentes, há uma corrente empurrando o navio na direção do ponto marcado; e

b) se os intervalos de tempo entre duas marcações consecutivas aumentam, há uma corrente afastando o navio na direção oposta ao do ponto marcado.

Figura 6.13 – Uso da Série de Traub havendo Corrente



7

EMPREGO DE LINHAS DE POSIÇÃO DE SEGURANÇA

7.1 CONCEITO DE NAVEGAÇÃO DE SEGURANÇA

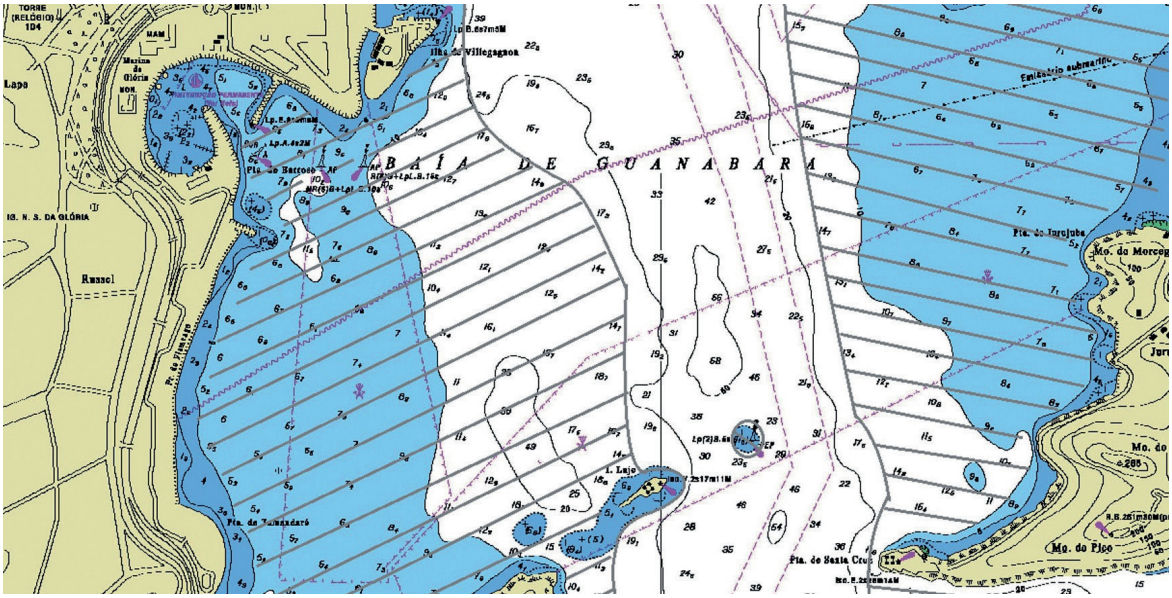
O emprego de linhas de posição (LDP) como limite de segurança é comum em navegação costeira e, principalmente, em navegação em águas restritas, permitindo o navio passar de modo seguro próximo a perigos mesmo sem se ter a posição perfeitamente determinada.

Conforme visto, uma única LDP não define a posição do navio, porém poderá dar ao navegante indicações bastante úteis para a segurança da navegação.

O melhor modo de visualizar se o navio está ou não se aproximando de perigos à navegação é assinalar nas cartas náuticas da região os contornos das áreas perigosas para o navio. Esta providência recebe o nome de "iluminar" a carta e consiste, tradicionalmente, em hachurá-la a lápis, de forma cuidadosa para não ocultar pontos ou objetos conspícuos à navegação, os limites das áreas perigosas, que variam de navio para navio, dependendo, principalmente, do seu calado, comprimento, boca e características de manobra. Como pode ser fácil imaginar, uma área perigosa à navegação para um Navio-Aeródromo poderá não o ser para um Navio-Patrulha, de dimensões e calado muito menores e de manobrabilidade muito mais fácil.

Quando se ilumina uma carta náutica, traçando os contornos das áreas perigosas, dois são os critérios que podem ser adotados: o critério das profundidades e o critério da distância ao perigo mais próximo.

Figura 7.1 – Carta náutica "iluminada" segundo o critério das profundidades



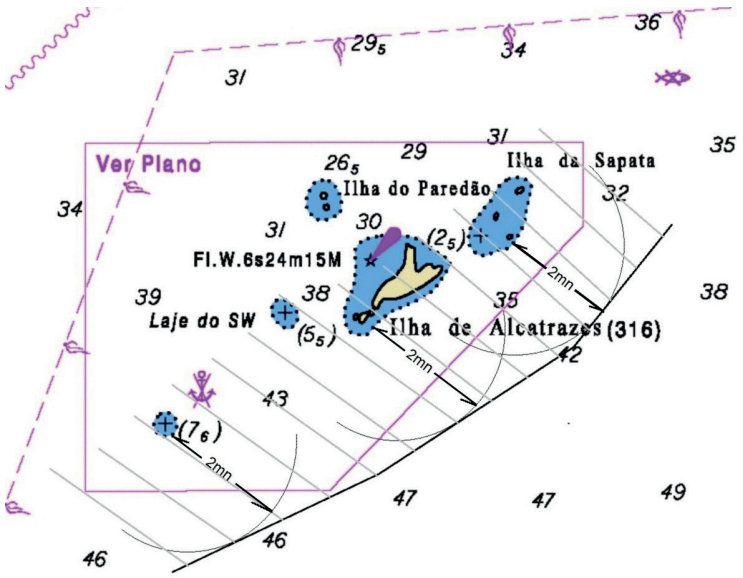
A Figura 7.1 ilustra um exemplo de uma carta náutica "iluminada", considerando-se o critério das profundidades, onde o limite externo é a isobatimétrica de 16 metros, traçada pelo navegante a partir das informações de profundidades contidas na carta. Verifica-se que a área hachurada, para uma situação específica de calado, torna-se uma área a ser evitada pelo navio quando a sua derrota passar por aquela área. A definição de uma margem de segurança vertical para o navio, abaixo da quilha, deve levar em consideração a variação de maré, o efeito squat decorrente da velocidade de deslocamento do navio, ocorrência de vagas, entre outros fatores. Assim, por exemplo, se o Comandante ou o Encarregado de Navegação, em razão das condições meteoceanográficas presentes no instante da passagem do navio pela área, definiu uma margem de segurança de 2 metros e o navio encontra-se com um calado de 14 metros, o limite mínimo de profundidade segura para a navegação será 16 metros, como representado na Figura 7.1.

Assim, utilizando-se o critério das profundidades, traçar-se-á a linha de perigo em torno da área a ser evitada com base numa profundidade igual ao calado do navio mais a margem de segurança estabelecida (ou 15% do calado do navio, quando esta percentagem for maior que a margem estabelecida). Esta é a lazeira mínima de água que se deseja ter abaixo da quilha quando navegando no local.

A critério do Comandante, os limites de lazeira mínima podem ser redefinidos, visando-se sempre incrementar a segurança do navio e a segurança da navegação ao longo da derrota. O navegante que estiver utilizado um ECDIS (*Eletronic Chart Display Information System*) poderá por meio dos recursos disponíveis no sistema, selecionar, apenas, a exibição das profundidades de interesse à navegação, com o objetivo chamar a atenção da equipe de navegação para as áreas navegáveis e não navegáveis (*NON GO AREAS*) ao longo da derrota. Com este recurso, em tempo real tem-se a visualização das áreas a serem evitadas por meio do critério das profundidades.

As linhas de perigo também podem ser traçadas com base no critério da distância ao perigo mais próximo. Neste caso, será estipulada pelo Comandante a menor distância que se deseja passar dos perigos à navegação existentes na área e, então, a linha de perigo será traçada unindo pontos situados à distância estabelecida dos perigos da área.

Figura 7.2 – Carta náutica "iluminada" segundo o critério da distância ao perigo mais próximo



No exemplo de carta "iluminada", como mostrado na Figura 7.2, a linha de perigo foi traçada de modo que o navio não se aproxime a menos de 2 milhas náuticas dos perigos à navegação existentes ao largo da Ilha de Alcatrazes.

O traçado das áreas perigosas e o emprego de LDP de segurança são procedimentos típicos utilizados no planejamento e na execução da navegação de segurança praticada em águas restritas, onde o navio está com a sua manobrabilidade restrita devido ao seu calado, à exiguidade da área de manobra, ou por ambos os fatores.

7.2 LINHAS DE POSIÇÃO DE SEGURANÇA

Às vezes o navegante se defronta com a situação de ter que passar a salvo de perigos sem poder ter sua posição determinada com precisão.

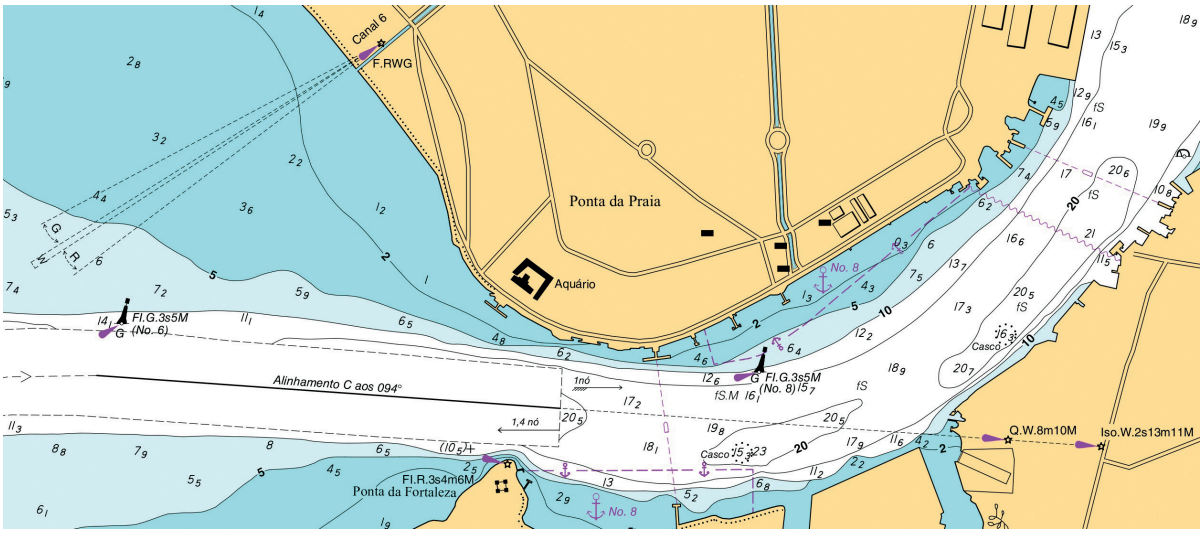
Nessa situação, é de grande utilidade o emprego de uma LDP de segurança, em relação à qual o navio se movimentará. As LDP de segurança podem ser: alinhamentos, marcação de segurança (ou marcação de perigo), distância de perigo e ângulo vertical ou ângulo horizontal de perigo.

7.2.1 Alinhamentos como LDP de Segurança

Quando, por exemplo, se navega em um canal estreito ou se deseja entrar em um porto que apresenta perigos à navegação nas proximidades de sua barra, se é mantida a proa (ou, em determinadas situações, a popa) sobre um alinhamento tem-se a certeza de que se está seguindo um determinado caminho, qual seja, a direção do alinhamento, ou sua recíproca. Os alinhamentos, em particular aqueles estabelecidos especificamente como auxílio à navegação, constituem as mais precisas LDP de segurança.

A Figura 7.3 reproduz um trecho da carta 1713 (Porto de Santos) que contém um dos alinhamentos existentes para acesso ao porto.

Figura 7.3 – LDP de Segurança. Alinhamentos



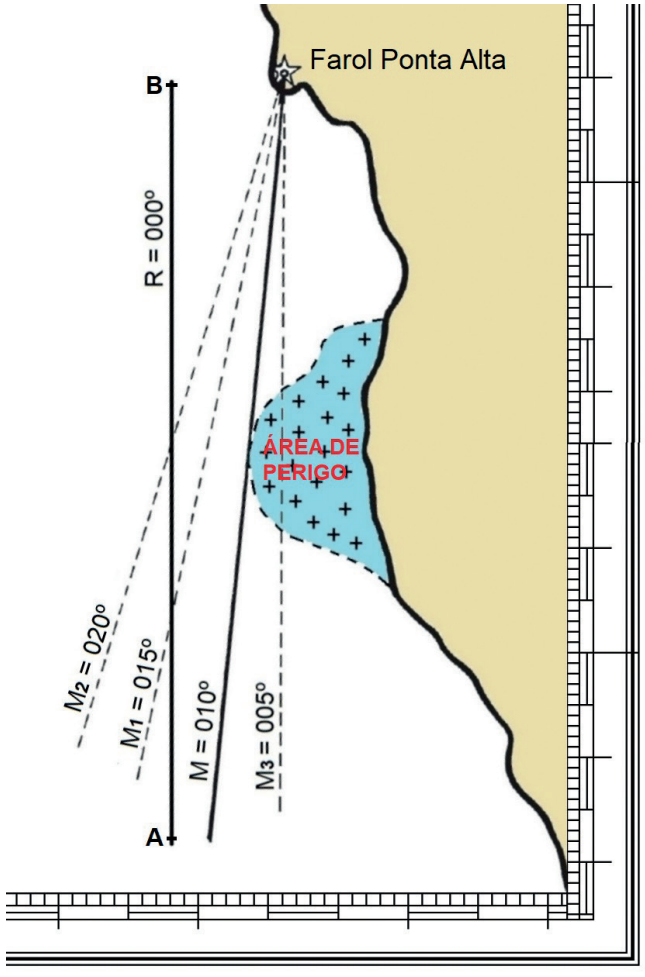
7.2.2 Marcação de Perigo ou Marcação de Segurança

a. Área de Perigo por apenas um dos bordos

Situação ilustrada na Figura 7.4, onde a derrota prevista entre os pontos A e B segue o Rumo Verdadeiro R = 000º e, para se estabelecer o limite da área perigosa à navegação que se projeta da costa (área de pedras submersas), foi traçada a marcação de segurança para o farol Ponta Alta, cujo valor é M = 010º. Neste caso, quando o navio estiver nas proximidades do perigo, qualquer marcação do farol maior que 010º indicará ao navegante que o navio está em águas seguras (como, por exemplo, as marcações 015º e 020º) e, da mesma forma, qualquer marcação menor que 010º indicará ao navegante que o navio pode estar na área perigosa à navegação ou se dirigindo para esta área (como, por exemplo, a marcação 005º, na figura).

É interessante notar que a marcação de segurança é sempre determinada do navio para o ponto de referência (auxílio à navegação ou ponto notável representado na carta

Figura 7.4 – Marcação de Segurança Indicando o Limite de Área Perigosa à Navegação



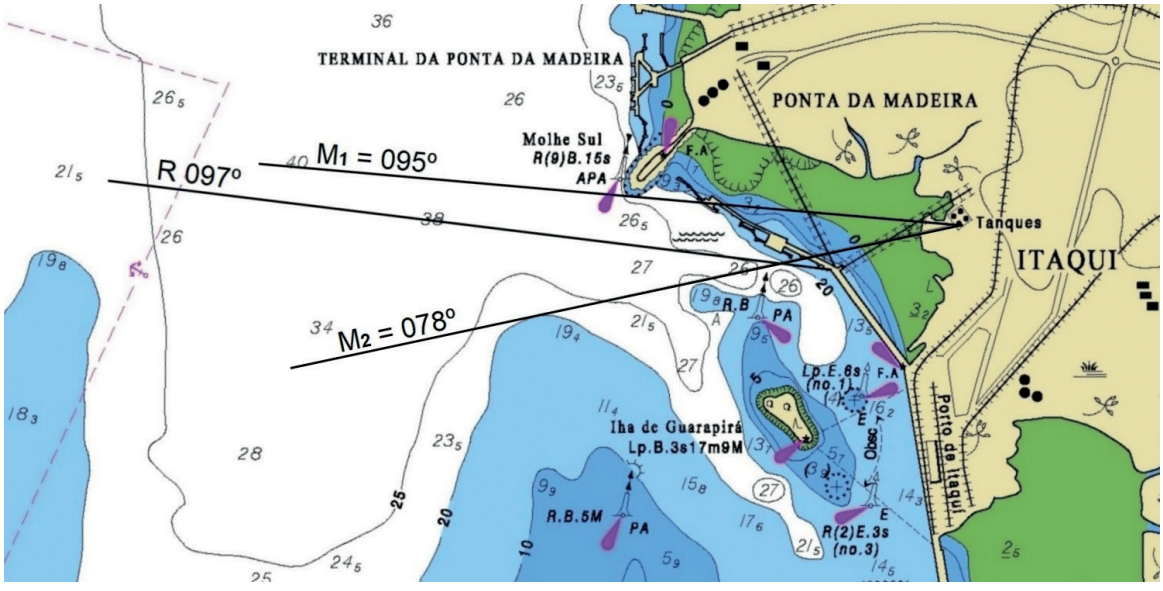
náutica da área), isto é, do largo para terra (nunca é a recíproca). Para se obter a marcação de segurança, traça-se, do ponto de referência, uma tangente ao limite da área perigosa à navegação e determina-se a direção desta linha, sempre do largo para o ponto de referência, pois a marcação de segurança é tomada do navio para o ponto.

b. Áreas de Perigo pelos dois bordos

A situação é ilustrada na figura 7.5, na qual o navio deve se aproximar do píer mostrado. O rumo para aproximação na direção ao centro do píer é R = 097º. São traçadas, então, duas marcações de segurança, ambas tendo como referência o tanque mais ao Sul (entre os 4 tanques notáveis representados) existente nas proximidades do píer. Estas marcações são, conforme anteriormente citado, tangentes aos limites de perigo em ambos os bordos do rumo de aproximação. Os valores das marcações de segurança são, como se verifica na figura, M1 = 095º (limite Norte tangente à linha de perigo que envolve o Molhe Sul) e M2 = 078º (limite Sul tangente à isobatimétrica de 20 metros).

Assim, durante a aproximação, se o navio estiver marcando o tanque Sul entre os valores de 095º e 078º, estará em águas seguras para a navegação. Sempre que a marcação do tanque se aproximar de 095º, o navio deverá corrigir o rumo para BE; sempre que a marcação se aproximar de 078º, o navio deverá corrigir o rumo para BB. Com este procedimento, a aproximação ao píer poderá ser feita com segurança.

Figura 7.5 – Marcações de Segurança Limitando Perigos nos Dois Bordos do Rumo de Aproximação

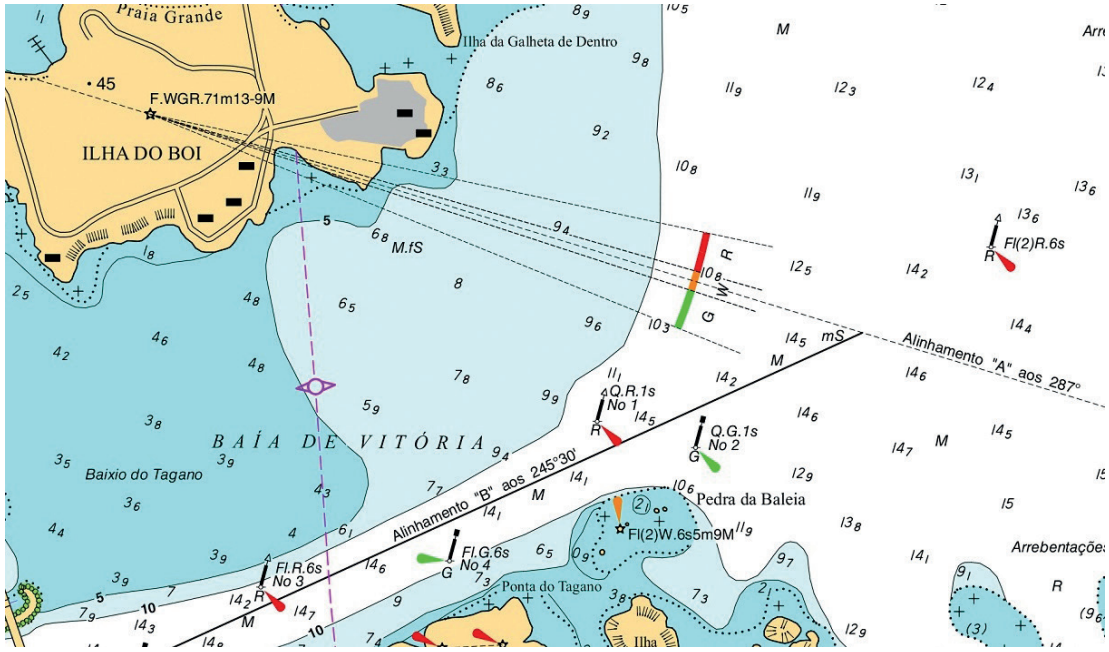


Os limites de segurança, em uma navegação em águas restritas, podem ser delimitados por meio de luzes de setor. Elas servem para orientar o navegante a permanecer dentro dos limites navegáveis do canal, a fim de manter-se no eixo do mesmo, e dão uma advertência tipo "sim-não", quando ocorre o cruzamento de um limite.

Normalmente, o canal é coberto por um setor estreito de cor branca e seus limites são indicados por setores coloridos, de tal maneira que quando o navegante estiver se aproximando da luz de setor, deve manter o setor verde a bombordo e o setor encarnado a boreste.

Uma vez que o navio tenha entrado no setor verde ou no setor encarnado, deve voltar imediatamente ao setor branco porque não é possível determinar que distância avançou no setor colorido. Os limites dos setores coloridos devem, por esta razão, prover espaço de manobra suficiente ao marcar os perigos. Quando o navio regressa ao setor branco, também é necessário haver espaço lateral suficiente para permitir ao navegante retomar o rumo original sem atravessar para o setor colorido oposto. Fica evidente que uma luz de setor não pode dar a precisão de navegação comparável à sensibilidade de um alinhamento convencional bem projetado. Porém, a luz de setor tem a vantagem de requerer uma única estrutura, ao passo que um alinhamento requer duas. Além disso, uma luz de setor pode indicar limites navegáveis, o que é impossível para um alinhamento convencional. A Figura 7.6, referente ao Porto de Vitória, ilustra a navegação por meio de luzes de setor, para a demanda segura ao canal de acesso ao porto.

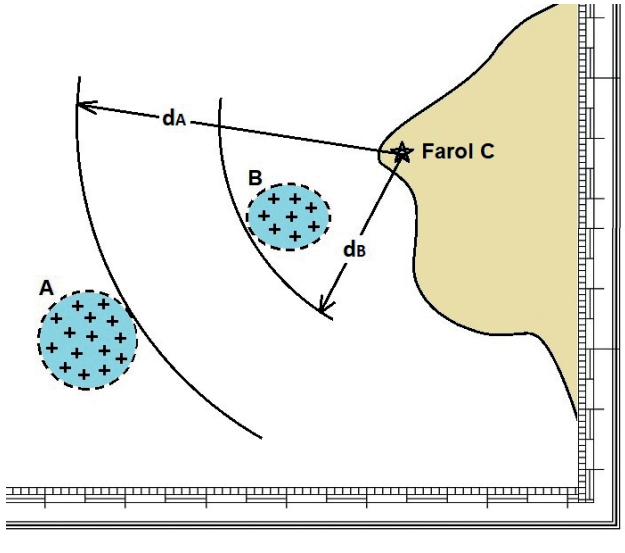
Figura 7.6 - Luzes de Setor



7.2.3 Distância de Perigo

Conforme apresentado na Figura 7.7, se o navio necessitar passar entre os perigos A e B, nas proximidades do Farol C, podem ser traçadas duas distâncias de perigo, sendo $\mathbf{d}_A$ relativa ao perigo A e $\mathbf{d}_B$ relativa ao perigo B. Ao navegar na área, o navio deve manter-se numa distância ao **Farol C** situada entre os valores $\mathbf{d}_A$ e $\mathbf{d}_B$. As distâncias do farol devem ser seguidamente verificadas e comparadas às distâncias de perigo, até que os perigos sejam ultrapassados e se volte a navegar em águas seguras.

Figura 7.7 – Distâncias de Perigo

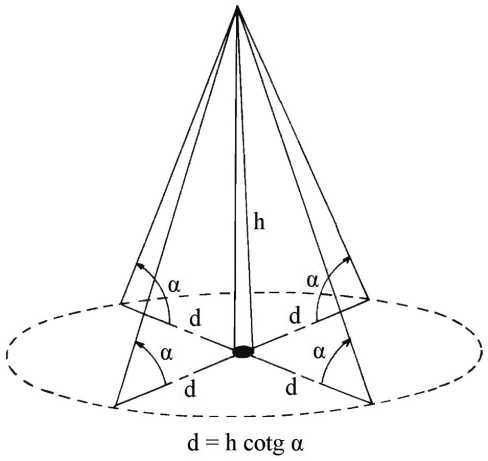


7.2.4 Ângulo Vertical de Segurança

Para ilustrar o conceito de ângulo vertical de segurança, considere-se, inicialmente, um mastro de altura conhecida, disposto verticalmente num terreno plano e nivelado, conforme mostrado na Figura 7.8.

Suponha-se que o referido mastro está estaiado por um determinado número de cabos de aço atados ao seu tope e fixados ao solo em pontos equidistantes da base do mastro. Estes pontos estão, portanto, sobre uma circunferência com centro na base do mastro. Nos pontos em que os estais estão fixados ao solo, os ângulos entre o solo e os cabos de aço são iguais, conforme se verifica na figura (ângulo α).

Figura 7.8 – Círculo de Igual Altitude em Torno de Objeto de Altitude Conhecida

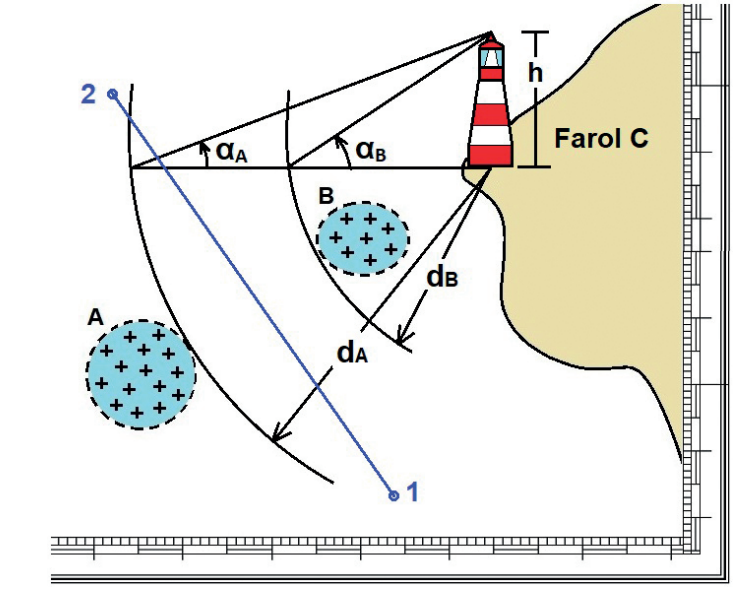


Assim, de qualquer ponto da circunferência representada na figura, os ângulos entre os estais e o solo são iguais, ou seja, o ângulo subtendido pela altura do mastro será igual em qualquer ponto da circunferência que tem como centro a base do mastro. O raio desta circunferência, isto é, a distância à base, será dado por: d = h cotg α.

Desta forma, um ângulo vertical medido para um objeto de altitude conhecida determinará uma circunferência cujo raio d será dado por **d = h cotg α**, sendo α o ângulo vertical subtendido pelo objeto e h a altitude do objeto.

Na Figura 7.9, o navio deve se deslocar de **1** para **2**, passando entre os dois perigos mostrados, **A** e **B**. Dos pontos mais salientes desses perigos, representados na carta náutica da área, determinam-se as distâncias $\mathbf{d_A}$ e $\mathbf{d_B}$ ao **Farol C**. Conhecendo-se a altitude **h** do farol, calculam-se os ângulos verticais $\boldsymbol{\alpha_A}$ e $\boldsymbol{\alpha_B}$, pelas fórmulas: $\mathbf{tg\ \alpha_A = h/d_A}$; $\mathbf{tg\ \alpha_B = h/d_B}$

Figura 7.9 – Ângulos Verticais de Segurança definindo Círculos de Distância a um Ponto Notável de Altitude Conhecida



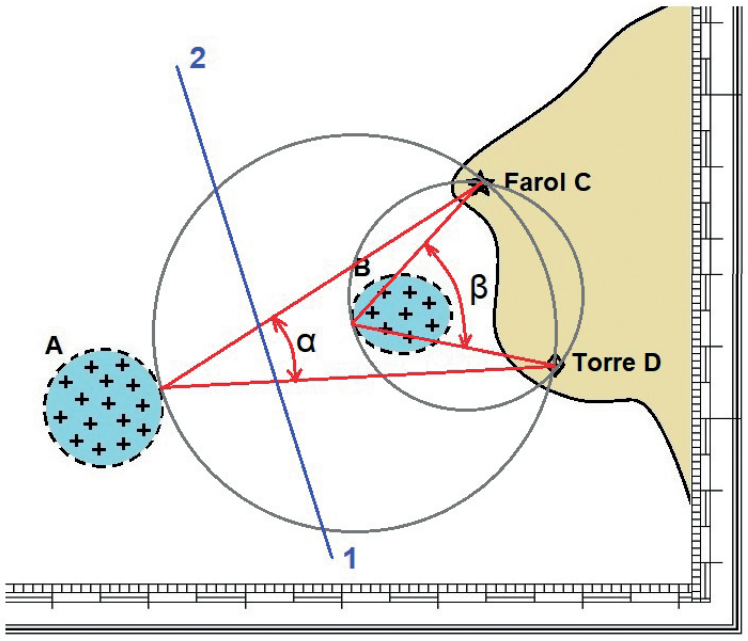
Assim, determinam-se as circunferências de segurança traçadas na figura, estando entre elas o caminho seguro a ser seguido pelo navio. Quando navegando na área, do ponto 1 para o ponto 2, se o ângulo vertical aumentar, aproximando-se do valor α_B, o navio deve corrigir o rumo para BB; se diminuir, aproximando-se de α_A, o navio deve corrigir o rumo para BE.

Os ângulos verticais, como se sabe, são medidos com um sextante.

7.2.5 Ângulo Horizontal de Segurança

Na Figura 7.10, o navio deve passar entre os dois perigos representados (A e B), navegando do ponto 1 para o ponto 2.

Figura 7.10 – Ângulos Horizontais de Segurança



Para traçar os ângulos horizontais de segurança, verifica-se, para os pontos mais salientes dos perigos a serem evitados (perigos A e B), qual o ângulo horizontal que deve ser usado a partir de dois auxílios à navegação ou pontos notáveis representados na carta náutica da área. No caso da Figura 7.10, os pontos notáveis são o Farol C e a Torre D.

Nesta situação, os dois ângulos horizontais, medidos entre os dois pontos notáveis escolhidos, são α e ß. Assim, quando navegando na área, controla-se a segurança do navio pelo ângulo horizontal medido entre os dois pontos notáveis acima citados. Se este ângulo diminui, aproximando-se do valor de α, há risco de aproximar-se do perigo A e o rumo deve ser corrigido para BE. Se o ângulo horizontal aumenta, aproximando-se do valor de ß, o navio deve corrigir o rumo para BB, a fim de manter-se em águas seguras para a navegação. Adotando este procedimento, o navio poderá navegar entre os dois perigos sem risco de encalhar.

O ângulo horizontal pode ser obtido com o auxílio de um sextante ou pela diferença de marcações (verdadeiras, relativas ou da agulha) simultâneas.

7.3 USO DE SONDAGENS COMO LIMITE DE SEGURANÇA

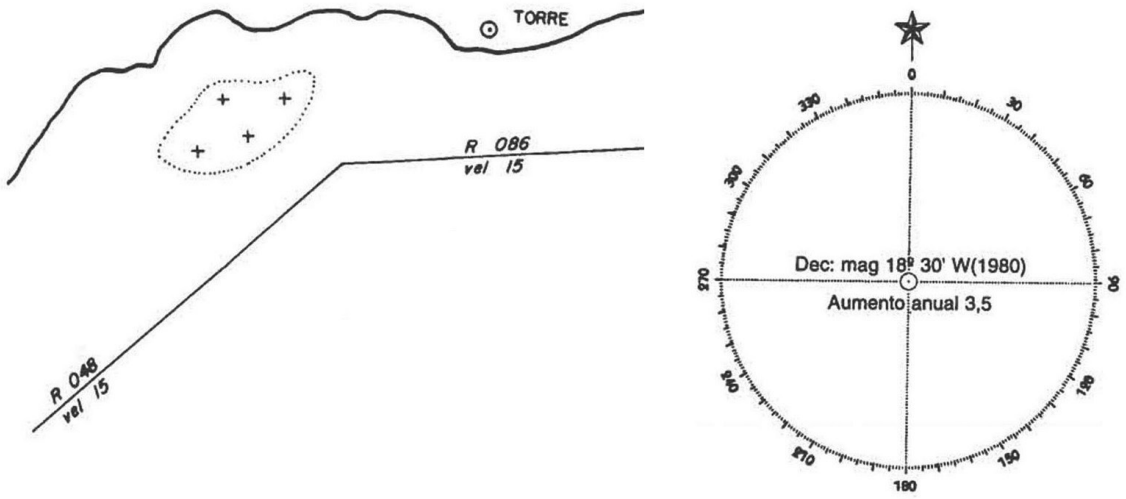
Em navegação de segurança, particularmente em condições de baixa visibilidade, o uso de sondagens torna-se importante. A comparação entre as profundidades registradas nas cartas náuticas e as informadas pelo ecobatímetro pode vir a ser o único recurso que permitirá ao navegante demandar águas seguras. O alarme de baixa profundidade existente nos ecobatímetros modernos, no qual pode ser introduzido o valor da profundidade mínima segura para o navio, proporciona um uso muito conveniente das sondagens como limite de segurança para a navegação.

APÊNDICE AO CAPÍTULO 7

EXERCÍCIOS

1. Na Figura 7Ap.1, traçar uma marcação de segurança (ou marcação de perigo), usando a torre como referência. Informar o valor da marcação verdadeira e a identificação do perigo.

Figura 7Ap.1 – Exercício 1 sobre Traçado de Marcações de Segurança



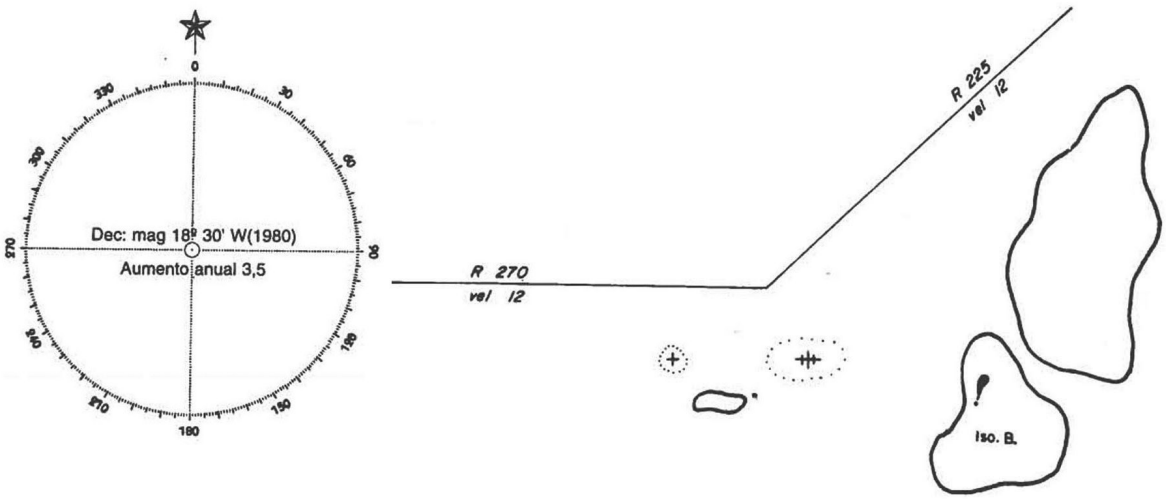
Respostas:

M = 060º

Identificação do perigo: pedras submersas perigosas à navegação.

2. Na figura 7Ap.2, traçar uma marcação de segurança (ou marcação de perigo), usando o farolete (Iso. B.) como referência. Informar o valor da marcação verdadeira e a identificação dos perigos.

Figura 7Ap.2 – Exercício 2 sobre Traçado de Marcações de Segurança



Respostas:

M = 084º

Identificação dos perigos: casco soçobrado perigoso à navegação e pedra submersa perigosa à navegação.

8 USO DOS DADOS TÁTICOS DO NAVIO NA NAVEGAÇÃO EM ÁGUAS RESTRITAS

8.1 DADOS TÁTICOS OU CARACTERÍSTICAS DE MANOBRA DOS NAVIOS

Em navegação oceânica e até mesmo em navegação costeira, admite-se que o navio atende imediatamente às ordens de mudanças de rumo ou de velocidade, considerando-se que o navio guina em um ponto e passa imediatamente de um regime de velocidade para outro.

Na realidade, entretanto, isto não ocorre. Ao guinar ou variar de velocidade, o navio leva um certo tempo e percorre uma determinada distância até se estabilizar no novo rumo ou passar a desenvolver a nova velocidade.

O tempo e a distância percorrida até efetivar-se uma determinada guinada ou alteração de velocidade dependem das características de manobra do navio, denominadas de dados táticos nos navios de guerra.

Na navegação em águas restritas, onde o navio opera nas proximidades de perigos à navegação, estando limitado pelo seu calado, pelas dimensões da área de manobra ou por ambos os fatores, a precisão de posicionamento exigida é muito maior, tornando-se essencial levar em conta os dados táticos do navio quando se planejam e se executam guinadas ou alterações de velocidade.

Da mesma forma, quando há navios evoluindo em formatura, na execução de manobras táticas, esses valores têm que ser considerados, para que sejam obtidas a segurança, a rapidez, a sincronização e a eficácia exigidas.

Assim, quando se investe um canal estreito, quando se executa a aproximação a um fundeadouro para fundeio de precisão ou quando se manobra em formatura, o navegante tem que considerar os dados táticos do navio, tanto na fase de planejamento como na fase de execução da derrota.

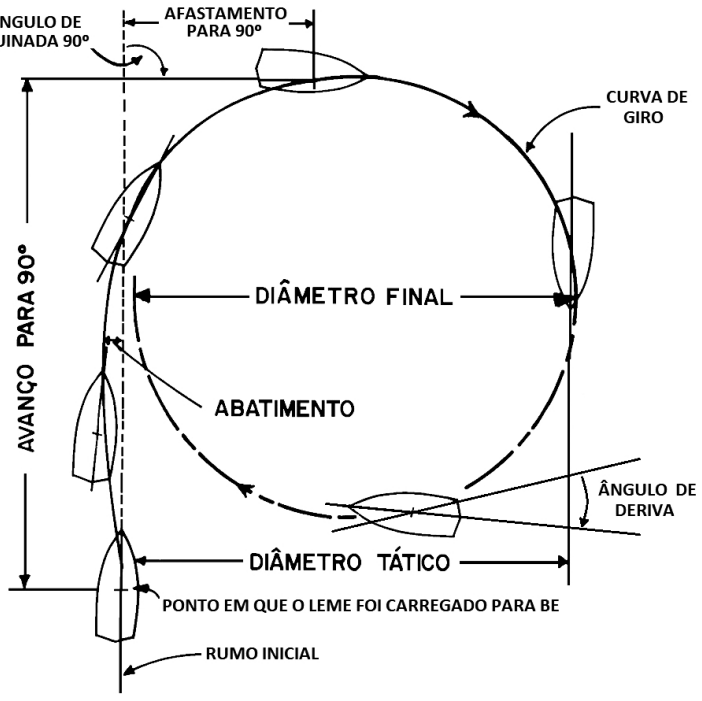
Normalmente, os dados táticos compreendem os elementos das curvas de giro do navio e suas informações de máquinas (tabelas de aceleração e desaceleração, tabela de demanda (ou RPM) x velocidades e tabela de correspondência de ordens do telégrafo de manobra, de rotações ou de velocidades).

Os dados táticos do navio são determinados durante as provas de mar que se seguem à sua construção ou modernização. Tais dados, que são denominados como características de manobra nos navios mercantes, devem estar sempre à disposição do Oficial de Serviço, no passadiço e no CIC/COC.

8.2 CURVAS DE GIRO E SEUS ELEMENTOS

Durante as provas de mar de um navio, é efetuado um certo número de giros completos, sob diferentes condições de velocidade e ângulo de leme, sendo registrados em tabelas e gráficos os resultados obtidos. Normalmente são determinados os seguintes elementos, conforme podem ser acompanhados pela Figura 8.1:

Figura 8.1 – Curva de Giro e seus Elementos



CURVA DE GIRO – é a trajetória descrita pelo centro de gravidade de um navio numa evolução de 360º, em determinada velocidade e ângulo de leme.

AVANÇO – é a distância medida na direção do rumo inicial, desde o ponto em que o leme foi carregado até a proa ter guinado para o novo rumo. O avanço é máximo quando a guinada é de 90º.

AFASTAMENTO – é a distância medida na direção perpendicular ao rumo inicial, desde o ponto em que o leme foi carregado até a proa ter atingido o novo rumo.

ABATIMENTO – é o caimento do navio para o bordo contrário ao da guinada, no início da evolução, medido na direção normal ao rumo inicial.

DIÂMETRO TÁTICO – é a distância medida na direção perpendicular ao rumo inicial, numa guinada de 180º. O diâmetro tático corresponde ao afastamento máximo.

DIÂMETRO FINAL – é o diâmetro do arco de circunferência descrito na parte final da trajetória pelo navio que girou 360º com um ângulo de leme constante. É sempre menor que o diâmetro tático. Se o navio continuar a evolução além de 360º, com o mesmo ângulo de leme, manterá sua trajetória nessa circunferência.

ÂNGULO DE DERIVA – é o ângulo formado, em qualquer ponto da curva de giro, entre a tangente a essa curva e o eixo longitudinal do navio.

Na curva de giro, mostrada na Figura 8.1, está representada a trajetória percorrida pelo centro de gravidade de um navio que guina com um ângulo de leme constante e sob determinada velocidade, também constante. É importante conhecer e levar em conta o abatimento observado no início da guinada (ver a Figura 8.2). Após o abatimento inicial, o centro de gravidade do navio passa a descrever uma trajetória curva, de raio variável, até guinar cerca de 90º, quando então a trajetória torna-se circular, com centro fixo.

O navio efetua o movimento de rotação em torno do seu centro de giro, que, normalmente, está a 1/3 do comprimento do navio, a partir de vante, sobre o seu eixo longitudinal. Um observador no centro de giro verá o navio em torno de si, o que lhe dará um melhor sentimento de como se comporta o navio em manobra. A situação ideal, para um navio, é o seu centro de giro estar localizado no passadiço.

A partir do momento em que a trajetória descrita pelo centro de gravidade do navio se estabilizar, segundo uma circunferência, o ângulo de deriva também passa a ter um valor constante.

8.3 CONSIDERAÇÕES PRÁTICAS SOBRE A CURVA DE GIRO

Do estudo da curva de giro e da prática de manobra surgem as seguintes conclusões:

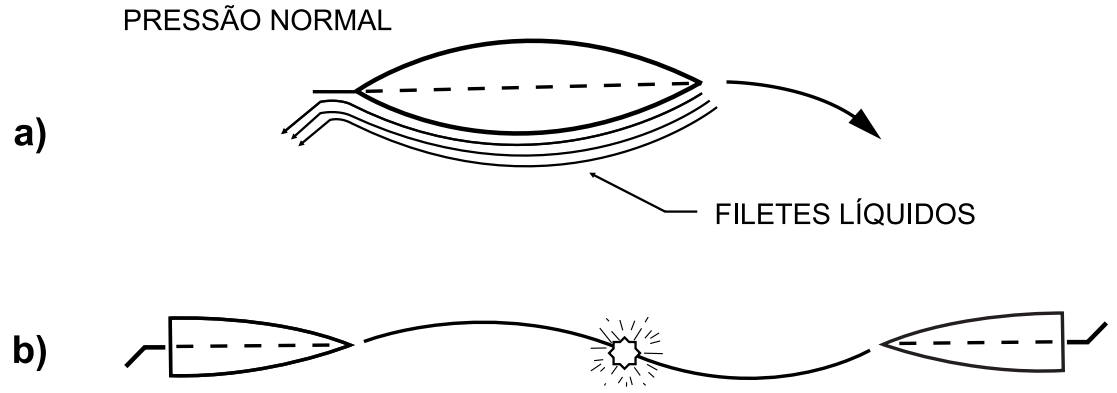
a. Quando se carrega o leme para um dos bordos, a água passa a exercer uma forte pressão sobre a porta do leme, com os seguintes resultados:

– a proa guina para o bordo da guinada, mas o centro de gravidade permanece seguindo o rumo inicial por um curto espaço;

– a popa é empurrada para o bordo contrário àquele para o qual o leme foi carregado, produzindo a guinada do navio para o bordo onde foi o leme e um abatimento para o bordo oposto, conforme a Figura 8.2a; e

– o navio só começa a ganhar caminho para o bordo da guinada depois de avançar cerca de duas a três vezes o comprimento do navio.

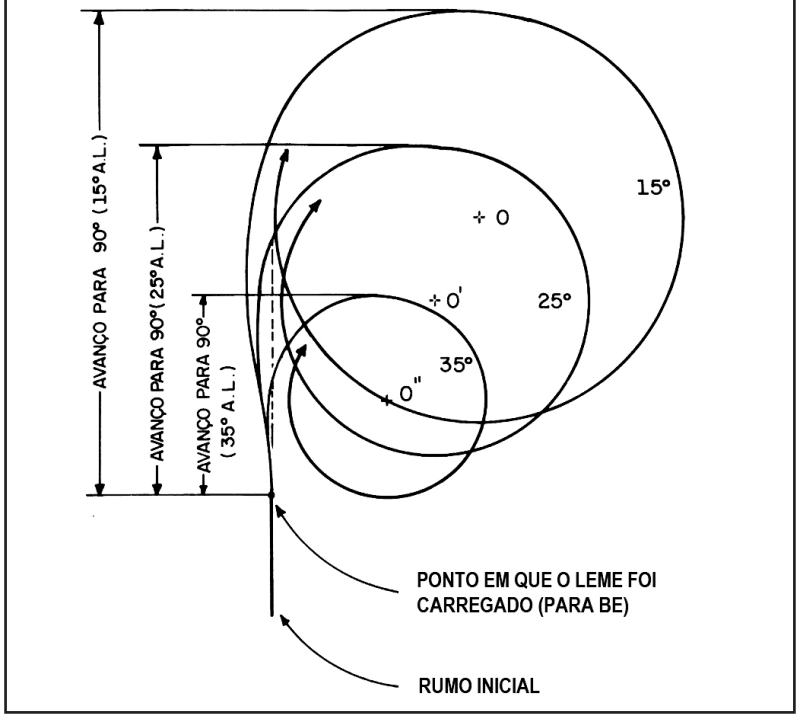
Figura 8.2 – Efeitos do Leme na Manobra



b. Verifica-se, então, que não será possível evitar um obstáculo à proa se somente carregar o leme para um bordo, ao se ter o obstáculo à distância inferior ao dobro do comprimento do navio. Da mesma forma, dois navios "roda a roda" não evitarão a colisão se estiverem à distância inferior a duas a três vezes a soma dos seus comprimentos (Figura 8.2b).

c. O avanço, o diâmetro tático, o afastamento e o tempo de evolução diminuem com o aumento do ângulo de leme, como representado na Figura 8.3.

Figura 8.3 – Curvas de Giro para Determinada Velocidade e Ângulos de Leme Diferentes (15º, 25º e 35º)



d. O ângulo de deriva aumenta com o aumento do ângulo de leme.

e. O tempo de evolução diminui com o aumento da velocidade do navio.

f. O avanço, o diâmetro tático e o afastamento variam com a velocidade segundo uma parábola; diminuem até uma velocidade denominada "ótima de evolução" e aumentam a partir desde valor.

g. Ao se efetuar uma evolução, devem ser levados em conta o avanço, o afastamento (ou o diâmetro tático, no caso de uma guinada de 180º) e o abatimento, para avaliar-se o espaço necessário.

8.4 EFEITOS DO VENTO E DA CORRENTE SOBRE A CURVA DE GIRO

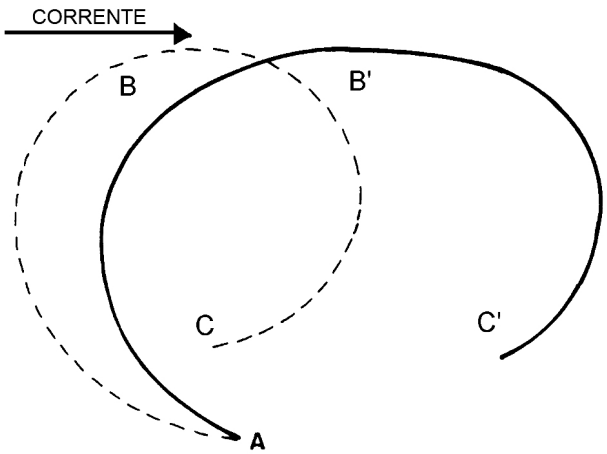
As curvas de giro, determinadas durante as provas de mar do navio, devem ser executadas em um lugar de águas tranquilas, sem correntes marítimas ou de maré significativas, sem sofrer influência de vento e de baixas profundidades (as profundidades do local em que se efetuam as curvas de giro devem ser de, pelo menos, 5 a 6 vezes o calado do navio).

Na prática, entretanto, muitas vezes tem-se que manobrar e executar curvas de giro em presença de vento e corrente. Assim, é necessário conhecer os seus efeitos sobre a manobra.

A maioria dos navios tem tendência a arribar, ou seja, levar a sua proa para sotavento, e o vento tende a deformar a curva de giro, conforme sua força e direção em relação ao rumo inicial.

A corrente também deforma a curva, alongando-a na direção em que a água se desloca, como representada na Figura 8.4. Na figura, a linha pontilhada representa a curva de giro para condição de águas tranquilas, sem corrente e vento, e a linha cheia representa a curva de giro descrita pelo navio em razão do efeito da corrente. Pode-se observar que a corrente deforma a curva de giro, alongando-a na direção em que a água se desloca.

Figura 8.4 – Efeito da Corrente na Curva de Giro



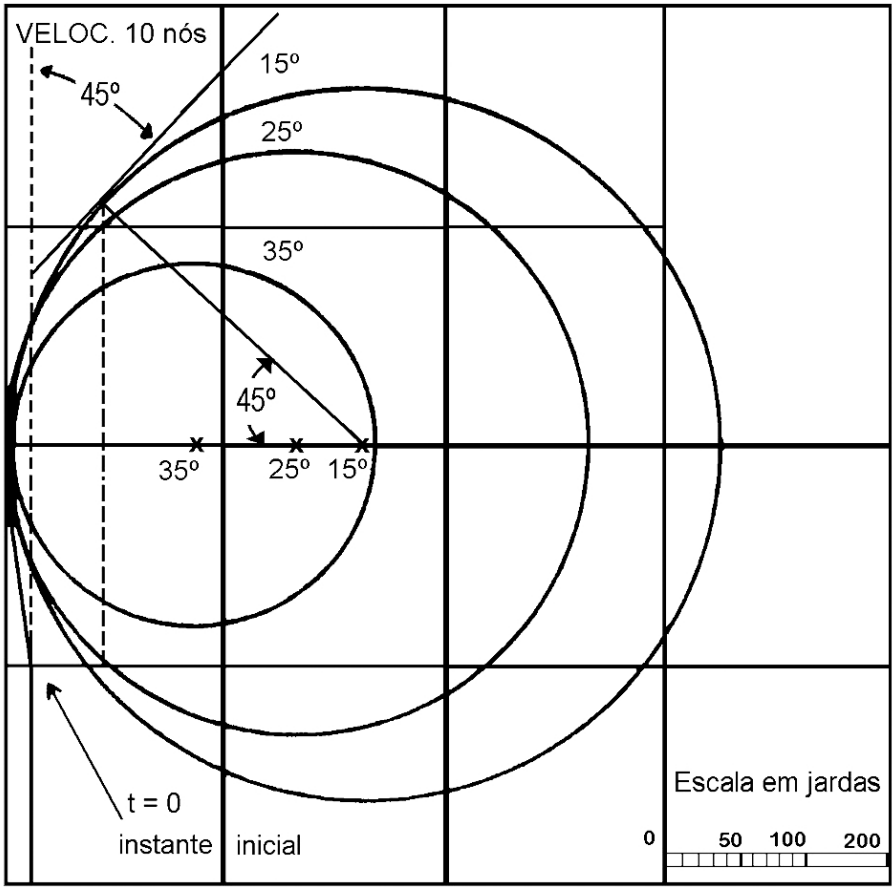
Quando um navio vai entrar ou sair de um canal ou manobrar em águas restritas, o navegante deverá verificar as condições de vento e corrente que encontrará e, trabalhando com esses fatores, associados aos dados táticos do navio, usá-los para maior proveito de suas manobras. Ao verificar que esses elementos não são favoráveis às suas evoluções, poderá deixar para entrar no canal próximo ao estofo da maré, quando a corrente deverá ser mínima, ou em outra ocasião, quando as condições forem menos adversas.

8.5 OBTENÇÃO DOS DADOS TÁTICOS A PARTIR DAS CURVAS DE GIRO

As curvas de giro, experimentalmente determinadas durante as provas de mar, são traçadas em escala, em uma forma gráfica que possibilita a recuperação dos dados táticos, permitindo obter o diâmetro tático, o abatimento e os valores de avanço e afastamento para quaisquer guinadas.

A Figura 8.5 representa as curvas de giro obtidas, com o navio a 10 nós, para ângulos de leme de 15º, 25º e 35º. Nela, verifica-se que, para 10 nós de velocidade e 15º de ângulo de leme, uma guinada de 45º, após o instante incial, resultará num avanço de 230 jardas e um afastamento de 55 jardas. O diâmetro tático (correspondente a uma guinada de 180º) para 10 nós de velocidade e 15º de ângulo de leme será de 630 jardas.

Figura 8.5 – Curvas de Giro e Obtenção dos Dados Táticos



No caso especial do diâmetro tático, dado de fundamental importância, especialmente para manobras de navios de guerra, muitas vezes são preparados gráficos, como o da Figura 8.6, que fornecem, para cada velocidade, o diâmetro tático para os vários valores de ângulo de leme. Na figura em questão, por exemplo, para 12 nós de velocidade e 25º de ângulo de leme, ter-se-ia um diâmetro tático de 120 jardas.

Entretanto, é muito mais cômodo trabalhar a bordo com uma **Tabela de Dados Táticos**, organizadas com os dados retirados das curvas de giro, como a apresentada na Figura 8.7.

Figura 8.6 – Diâmetros Táticos (vel. 12 nós)

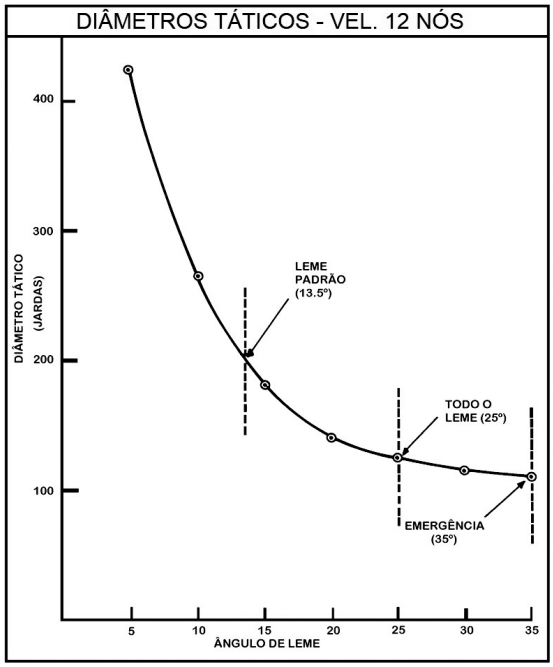


Figura 8.7 – Tabela de Dados Táticos

DADOS TÁTICOS DO NAVIO PARA 15 NÓS DE VELOCIDADE E 15º DE LEME

ÂNGULO DE GUINADA (GRAUS)	AVANÇO (JARDAS)	AFASTAMENTO (JARDAS)
15	185	40
30	275	85
45	345	115
60	390	190
75	445	270
90	500	375
105	450	445
120	405	520
135	360	590
150	315	655
165	265	725
180	205	800

A **Tabela de Dados Táticos** normalmente faz parte do Livro do Navio, devendo, também, estar disponível no Camarim de Navegação, Passadiço e no CIC/COC, para pronto uso pelo Oficial de Serviço. Há tabelas de várias formas e tipos. A tabela da figura 8.7 apresenta os valores de avanço e afastamento e o diâmetro tático para um determinado navio, manobrando a 15 nós de velocidade e com 15º de ângulo de leme. De posse da referida tabela poder-se-ia responder a perguntas tais como:

a. Quais os valores do avanço e do afastamento para uma guinada de 90º, a 15 nós de velocidade e com 15º de ângulo de leme?

Respostas:

Avanço = 500 jardas

Afastamento = 375 jardas

b. Qual o diâmetro tático do navio para uma guinada com 15º de ângulo de leme, a 15 nós de velocidade?

Resposta:

Diâmetro Tático = 800 jardas (afastamento para uma guinada de 180º).

Os dados táticos para valores intermediários de guinada podem ser obtidos por interpolação linear na tabela.

A Figura 8.8 fornece, para uma velocidade inicial de 12 nós e ângulos de leme de 15º, 25º e 35º, os valores de tempo de evolução, velocidade real, avanço e afastamento, para guinadas do navio que variam de 15º a 360º. Esta tabela nos permite responder a perguntas tais como:

Figura 8.8 – Tabela de Dados Táticos – Velocidade de 12 nós.

LEME	VARIAÇÃO DE PRO (ÂNGULO DE GUINADA)	15º	30º	45º	60º	75º	90º	105º	120º	150º	180º	210º	240º	270º	300º	330º	360º
15º	TEMPO	0m20s	0m37s	0m54s	1m11s	1m27s	1m44s	2m01s	2m18s	2m52s	3m25s	3m59s	4m53s	5m06s	5m40s	6m14ss	6m45s
	VELOCIDADE (NÓS)	10.3	9.7	9.5	9.4	9.4	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3
	AVANÇO (jd)	220	320	400	460	500	520	510	480	380	220	40	-100	-140	-120	-120	-130
	AFASTAMENTO (jd)	15	25	60	140	240	300	395	475	600	660	640	520	360	200	60	10
25º	TEMPO	0m15s	0m28s	0m39s	0m51s	1m03s	1m15s	1m27s	1m39s	2m04s	2m30s	2m56ss	3m21s	3m47s	4m13s	4m39s	5m00s
	VELOCIDADE (NÓS)	10.5	9.7	9.1	8.8	8.3	8.2	8.2	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1
	AVANÇO (jd)	200	260	320	360	380	400	395	380	320	200	100	0	-45	-45	40	140
	AFASTAMENTO (jd)	10	23	40	100	140	200	260	300	400	450	420	360	260	140	40	10
35º	TEMPO	0m12s	0m22s	0m32s	0m42s	0m52s	1m02s	1m12s	1m23s	1m45s	2m08s	2m32s	2m55s	3m19s	3m43s	4m06s	4m30s
	VELOCIDADE (NÓS)	10.2	9.2	8.5	8.0	7.7	7.5	7.3	7.2	7.1	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
	AVANÇO (jd)	180	220	260	300	320	340	350	320	280	200	100	20	-40	-30	80	140
	AFASTAMENTO (jd)	5	20	40	75	160	180	240	300	300	350	340	280	200	100	20	-10

Esta tabela nos permite responder, por exemplo, a perguntas como:

– Qual o valor do tempo de evolução, do avanço e do afastamento para uma guinada de 90º e qual o valor da velocidade real do navio no instante do final da manobra, sabendo-se que a velocidade inicial é de 12 nós e o ângulo de leme é de 25º?

Respostas:

– Tempo de evolução: 1 min 15 seg

– Avanço: 400 jardas

– Afastamento: 200 jardas

– Velocidade real: 8,2 nós

8.6 TABELA DE ACELERAÇÃO E DESACELERAÇÃO E OUTROS DADOS DE MÁQUINAS

Ainda fazem parte dos dados táticos do navio a **Tabela de Aceleração e Desaceleração**, a **Tabela de Parada em Emergência**, a tabela de correspondência entre Ordens do Telégrafo de Manobras/demanda (ou RPM) /velocidades e a **Tabela de demanda (ou RPM) X Velocidades**, além de outros dados de máquinas. Tais como as curvas de giro, estes dados também são determinados durante as provas de mar dos navios.

A Figura 8.9 contém a Tabela de Aceleração e Desaceleração de um navio, que permite obter, por exemplo, as seguintes informações:

a. Para passar da velocidade de 10 nós para 25 nós, o navio em questão leva 9 minutos.

b. A distância percorrida entre a ordem de aumentar a velocidade de 10 nós para 25 nós e a efetiva mudança de velocidade será, aproximadamente, de:

$d_{10\text{-}15}$ (vel 12,5 nós em 2 min) = 833 jd;

$d_{15\text{-}20}$ (vel 17,5 nós em 2 min) = 1.166 jd;

$d_{20\text{-}25}$ (vel 22,5 nós em 5 min) = 3.750 jd; e

Total = 5.749 jardas = 2,87 milhas.

c. O navio estando a 30 nós e parando as máquinas, levará 12 minutos para efetivamente parar, percorrendo ainda uma distância de, aproximadamente, 4,1 milhas.

Figura 8.9 – Tabela de Aceleração e Desaceleração e outros Dados de Máquinas

TABELA DE ACELERAÇÃO E DESACELERAÇAO

NÓS		MINUTOS		RAZÃO
MUDANÇA DE VELOCIDADE		TEMPO REQUERIDO	INTERVALO TOTAL DE TEMPO	NÓS POR MINUTO
DE	PARA	P/MUDANÇA		
ACELERAÇÃO				
0	10	3	3	3-1/3
10	15	2	5	2-1/2
15	20	2	7	2-1/2
20	25	5	12	1
25	30	10	22	1/2
DESACELERAÇÃO				
30	25	5	5	1
25	20	3	8	1-2/3
20	15	1	9	5
15	10	1	10	5
10	0	2	12	5

Na Figura 8.10 é apresentada, na parte superior, a tabela de Indicações do Telégrafo de Manobras (Telégrafo da Máquina), RPM e Velocidade correspondentes. Esta tabela permite afirmar, por exemplo, que a ordem de máquinas 2/3 ADIANTE corresponde a 92 RPM e a uma velocidade de 10,5 nós.

Na parte inferior da Figura 8.10 é apresentada uma tabela que relaciona RPM e os valores de velocidades correspondentes. Se o navio desejar navegar a 20 nós, por exemplo, deverá ajustar nas máquinas 185 RPM.

Estas tabelas também devem estar disponíveis no Passadiço (e CIC/COC), para pronto uso pelo Oficial de Serviço.

Figura 8.10 – Tabela de Velocidades X RPM e Indicações do Telégrafo de Manobras

ADIANTE (AHEAD)		
INDICAÇÃO	RPM	NÓS
1/3	046	6
2/3	092	10,5
STANDARD	139	15
FULL	185	19,5
FLANK	237	24

A RÉ (ASTERN)		
INDICAÇÃO	RPM	NÓS
1/3	061	6
2/3	112	10
FULL	164	15

NÓS	RPM
1	009
2	018
3	027
4	036
5	046
6	055
7	065
8	074
9	083
10	092
11	101
12	110
13	120
14	129
15	139
16	148

NÓS	RPM
17	158
18	167
19	176
20	185
21	195
22	204
23	215
24	226
25	237
26	250
27	262
28	278
29	294
30	309
31	326
32	343
33	363

8.7 DETERMINAÇÃO DO PONTO DE GUINADA

No planejamento da navegação em águas restritas, especialmente quando se tem que investir um canal estreito, havendo uma inflexão na derrota prevista é necessário definir o ponto de guinada, onde o navio deve carregar o leme, para que, navegando em uma determinada velocidade e guinando com um certo ângulo de leme, possa efetuar com segurança a mudança de rumo desejada. Na determinação do ponto de guinada são utilizados os dados táticos do navio (avanço e afastamento). Após definido o ponto de guinada, estuda-se a Carta Náutica da área, buscando um ponto notável à navegação, que possa servir como referência para a marcação de guinada, como será visto abaixo.

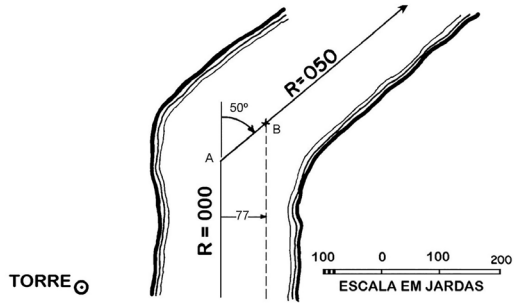
Na Figura 8.11, a derrota prevista para investir o canal representado mostra uma guinada de 50º no ponto A. Para determinar o ponto de guinada, onde o navio, navegando a 12 nós e manobrando com 15º de ângulo de leme, deve iniciar a guinada, necessita-se do avanço e do afastamento para 50º de guinada.

Figura 8.11 – Determinação do Avanço, do Afastamento, do Ponto de Guinada e da Marcação

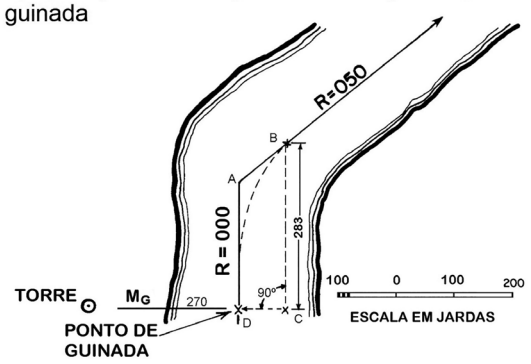
a) Tabela de Dados Táticos - Velocidade 12 nós

ÂNGULO DE GUINADA	AV. (jd)	AF. (jd)	ÂNGULO DE GUINADA	AV. (jd)	AF. (jd)
15º	180	18	105º	330	280
30º	230	30	120º	310	335
45º	270	60	135º	270	380
60º	310	110	150º	230	418
75º	330	170	165º	180	470
90º	335	220	180º	100	500

b) Aplicação do Afastamento para 50º de guinada



c) Aplicação do Avanço e determinação do ponto de guinada



A Tabela de Dados Táticos, mostrada na Figura 8.11a (correspondente à velocidade e ao ângulo de leme que serão usados na manobra), fornece os seguintes dados:

Guinada	Avanço	Afastamento
45º	270 jardas	60 jardas
60º	310 jardas	110 jardas

Interpolando linearmente entre os dados tabelados, obtêm-se:

Guinada	Avanço	Afastamento
50º	283 jardas	77 jardas

Aplica-se, então, o afastamento de 77 jardas, traçando uma paralela ao rumo inicial e determinando o ponto B, como mostrado na Figura 8.11b.

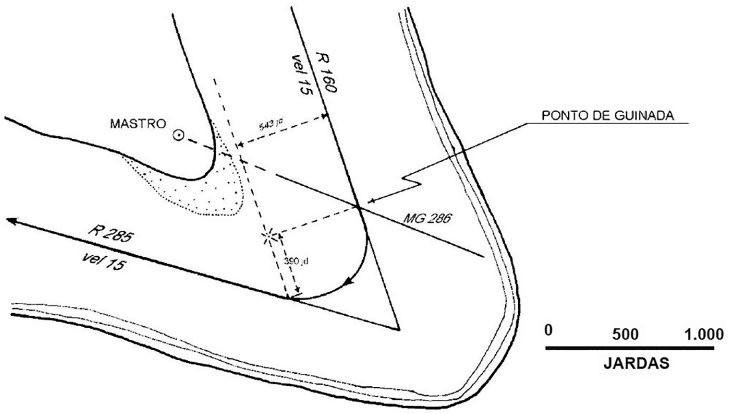
Em seguida, a partir do ponto B, aplica-se o avanço de 283 jardas, determinando o ponto C. Do ponto C traça-se uma perpendicular ao rumo inicial, para determinar o ponto D (Figura 8.13c), onde deve ser iniciada a guinada para que a mudança de rumo seja efetuada com segurança, seguindo exatamente a derrota prevista.

Estudando a carta náutica, verifica-se a existência da Torre, que pode ser utilizada como referência para a guinada. Traça-se, então, a marcação de guinada, $M_G = 270º$.

Na fase de execução da derrota, o navio, navegando no rumo inicial 000º, com 12 nós de velocidade, ao marcar a Torre aos 270º iniciará a guinada para o novo rumo aos 050º, com 15º de leme, o que permitirá que a derrota prevista seja seguida e a mudança de rumo seja feita com segurança.

A Figura 8.12 mostra outro exemplo de determinação do ponto de guinada e o traçado da marcação de guinada, para uma guinada maior que 90º.

Figura 8.12 – Determinação do Avanço, do Afastamento e do Ponto de Guinada



DADOS TÁTICOS DO NAVIO PARA 15 NÓS DE VELOCIDADE E 15º DE LEME		
ÂNGULO DE GUINADA (GRAUS)	AVANÇO (JARDAS)	AFASTAMENTO (JARDAS)
15	185	40
30	275	85
45	345	115
60	390	190
75	445	270
90	500	375
105	450	445
120	405	520
135	360	590
150	315	655
165	265	725
180	205	800

Considerando o rumo inicial aos 160º e o rumo final aos 285º, a guinada será de 125º. A Tabela de Dados Táticos, mostrada na Figura 8.12 (correspondente à velocidade e ao ângulo de leme que serão usados na manobra), fornece os seguintes dados:

Guinada	Avanço	Afastamento
120º	405 jardas	520 jardas
135º	360 jardas	590 jardas

Interpolando linearmente entre os dados tabelados, obtêm-se:

Guinada	Avanço	Afastamento
125º	390 jardas	543 jardas

Valendo-se, então, dos mesmos procedimentos apresentados no exemplo anterior, obtém-se graficamente o ponto de guinada, como mostrado na Figura 8.12, e o navio, ao marcar o Mastro aos 286º, iniciará a guinada para o novo rumo aos 285º.

A escolha de um objeto como referência para a marcação de guinada merece algumas considerações. De maneira geral, dois casos extremos podem se apresentar:

1. Objeto mais próximo possível do través no ponto de guinada, na derrota original.

Vantagens:

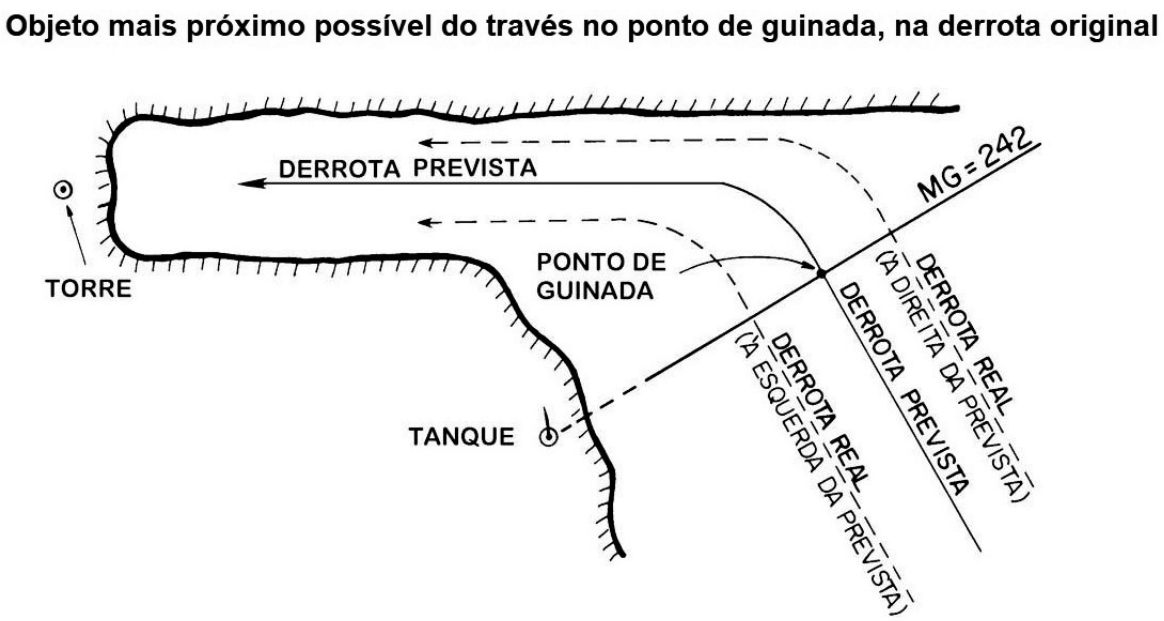
a. O efeito de um desvio do giro desconhecido ou de valor incorreto é minimizado, pois a razão de variação da marcação é máxima para um objeto próximo do través.

b. Pela mesma razão, há maior probabilidade de se iniciar a guinada no momento apropriado.

Desvantagem:

Se o navio estiver fora da derrota prevista na pernada original, ele continuará fora da derrota na nova pernada, como mostra a Figura 8.13.

Figura 8.13 – Seleção de Referência para Marcação de Guinada (Marca de Través)



2. O ponto de referência está situado em uma posição tal que a sua marcação do ponto de guinada é paralela ao rumo da nova pernada.

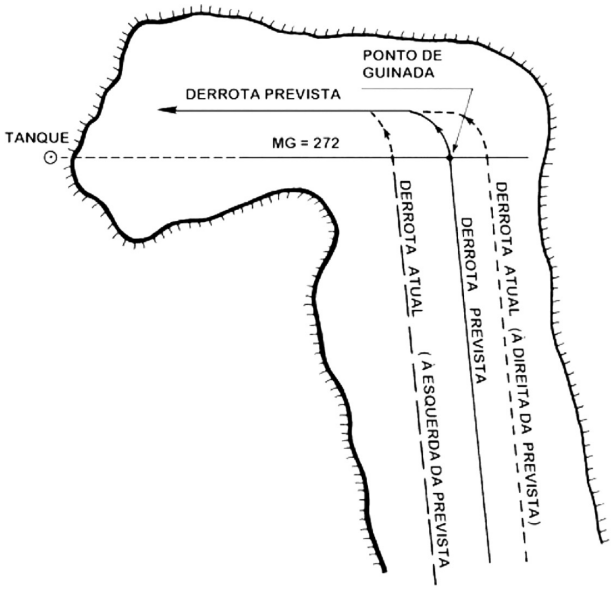
Vantagem:

Nesta situação, não importa onde esteja o navio em relação à derrota original, ele estará sobre a nova pernada no final da guinada, como mostra a Figura 8.14.

Desvantagem:

A marcação de guinada para um ponto de referência situado nesta posição é menos sensível, pois varia mais lentamente. Por essa razão, existe o risco de não se iniciar a manobra exatamente no instante apropriado.

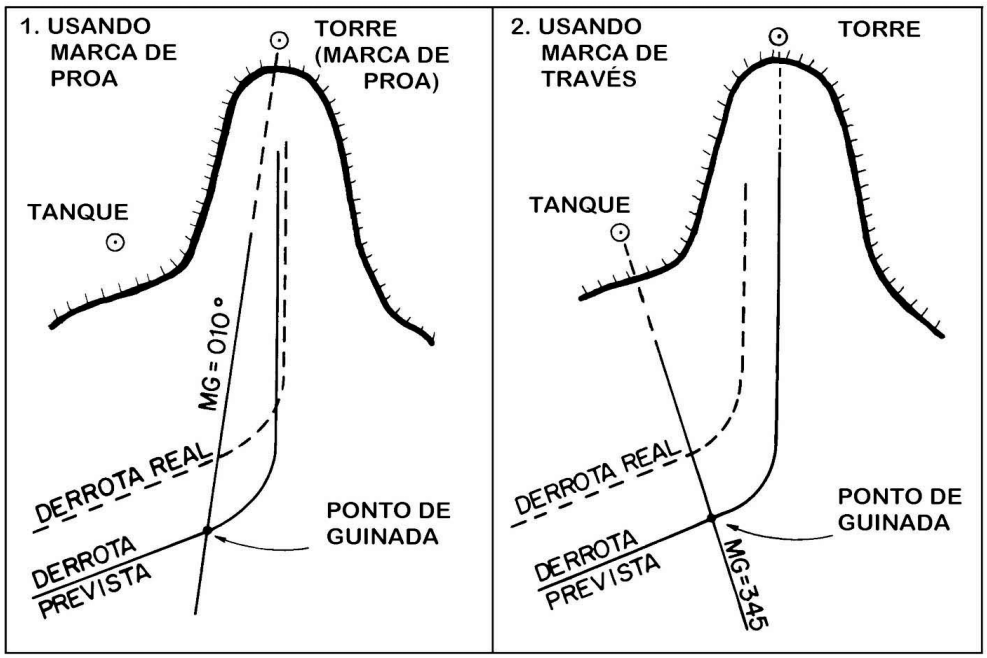
Figura 8.14 – Seleção de Referência para Marcação de Guinada (Paralela ao Rumo Final)



Como raramente se consegue um objeto cuja marcação do ponto de guinada seja exatamente paralela ao novo rumo, seleciona-se como referência para guinada um objeto cuja marcação do ponto de guinada seja o mais próximo possível da paralela ao rumo da nova pernada. Este objeto é, então, utilizado como marca de proa para o novo rumo.

A Figura 8.15 recapitula as duas situações descritas e apresenta o procedimento indicado para escolha de um objeto a ser utilizado como referência para a **Marcação de Guinada**, abordando, também, o uso de um ponto notável como marca de proa, o que é bastante empregado no fundeio de precisão, conforme será visto adiante.

Figura 8.15 – Escolha da Referência para a Guinada (Marca de Proa X Marca de Través)



Nota:

O uso de uma marca de proa também auxilia a controlar se o navio está guinando sobre a nova pernada da derrota. Se estiver guinando muito rápido, alivie o leme; se estiver guinando muito lento, carregue mais o leme.

8.8 MANOBRA DE VARIAÇÃO DE VELOCIDADE

Geralmente as variações de rumo são mais complexas na navegação em águas restritas do que as de velocidade, mas há ocasiões em que se necessita levar em consideração a aceleração ou desaceleração.

Por exemplo, um navio está se deslocando à velocidade de 15 nós, mas deseja-se passar em frente a um trapiche à velocidade de 10 nós. O Comandante deseja diminuir a velocidade o mais tarde possível. De uma tabela semelhante à da Figura 8.9, sabe-se que o navio levará 1 minuto para perder velocidade e, considerando a velocidade constante e igual à média, ou seja, 12,5 nós, verifica-se que ele percorrerá a distância de 420 jardas neste minuto; consequentemente, a esta distância do través do trapiche deve-se reduzir a velocidade.

8.9 FUNDEIO DE PRECISÃO

Fundeio de precisão é a série de manobras e procedimentos realizados pelo navio com a finalidade de fundear num ponto pré-selecionado, com um mínimo de erro.

Em condições normais, um navio executará um fundeio de precisão para:

a) esperar vaga para atracação em portos ou bases, especialmente naqueles de intenso movimento e numerosa presença de navios;

b) abrigar-se de mau tempo;

c) aguardar outros navios com os quais operará; e

d) quando fundeando em companhia dos demais navios com os quais opera, em fundeadouro onde o espaço é restrito, sendo necessário que todos ocupem os pontos de fundeio pré-determinados, para que não haja interferência mútua.

Nestas situações, a área propícia ao fundeio é quase sempre limitada e muitas vezes congestionada, exigindo, por isso, que cada navio ocupe uma posição precisa, de modo que não só um maior número de navios possa utilizar o fundeadouro como também que cada um o faça com segurança.

Do ponto de vista do navegante, há quatro fases num fundeio de precisão:

a. seleção do ponto de fundeio;

b. plotagem do fundeio de precisão;

c. aproximação e execução da faina de fundeio; e

d. procedimentos a serem observados após o fundeio.

a. Seleção do Ponto de Fundeio

A seleção do ponto de fundeio começa com a delimitação da área segura para o fundeio, no local escolhido para fundear.

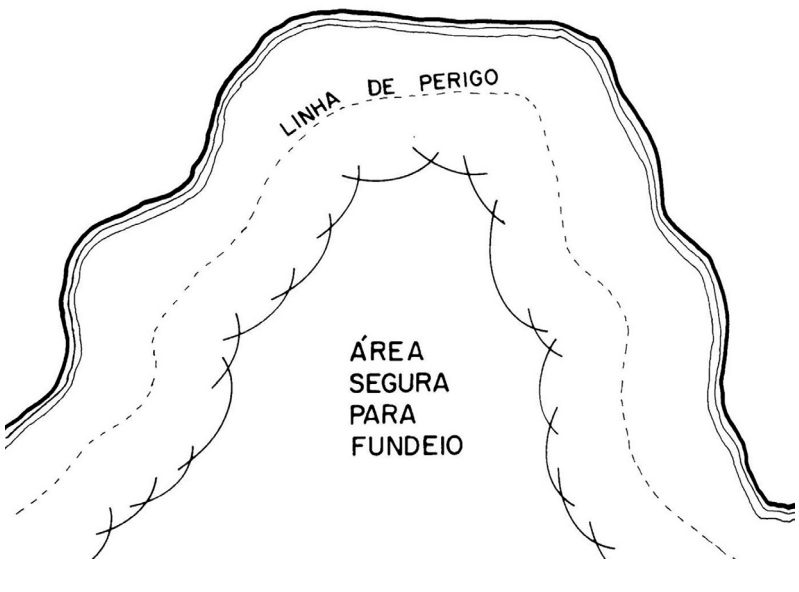
Depois de selecionar a localização, a área segura na qual fundear deve ser estabelecida na carta náutica, por meio do seguinte procedimento (Figura 8.16):

1. Traçar a linha de perigo, que é normalmente a isóbata correspondente a uma profundidade igual ao calado do navio mais 6 pés (aproximadamente 1,8 m), pois esta é a lazeira mínima de água que se pode admitir, abaixo da quilha, na baixa-mar (BM).

2. A partir da linha de perigo, construir uma série de arcos de raio igual ao comprimento do navio mais o filame a ser utilizado.

3. A área externa a esses arcos será, então, uma área segura para fundear.

Figura 8.16 – Delimitação da Área Segura para o Fundeio



Após delimitada a área segura para o fundeio, passa-se à escolha do ponto de fundeio propriamente dito. Os seguintes aspectos devem ser considerados na seleção do ponto de fundeio:

1. O ponto de fundeio deve estar localizado numa área abrigada dos efeitos de ventos fortes, correntes e marés.

2. A área disponível para a manobra, tendo em vista a conformação da costa e o relevo submarino, deve ser suficiente.

3. A tensa deve ser, de preferência, areia ou lama, em vez de pedra, coral ou outro fundo duro, para permitir que o ferro unhe convenientemente.

4. A profundidade não deve ser muito pequena, colocando o navio em perigo, nem muito grande, facilitando que o ferro garre.

5. A posição deve ser livre de perigos à navegação ou inconvenientes ao fundeio, tais como pedras submersas, cascos soçobrados, canalizações ou cabos submarinos.

6. Deve existir um número conveniente de pontos notáveis e auxílios à navegação, cegos e luminosos, para controlar a posição do navio durante o dia e à noite.

7. Devem ser previstos pontos alternativos para o fundeio.

8. Se estiver previsto movimento de lanchas do navio para terra, para condução de licenciados, compras, etc., o ponto de fundeio escolhido deve estar o mais próximo possível do local onde atracarão as lanchas.

9. Se o ponto de fundeio for designado por autoridade superior (Comandante da FT ou do GT, por exemplo) e o Encarregado de Navegação, após analisar os fatores a serem considerados para sua seleção, julgar que a posição não é segura para o fundeio, deve sugerir ao Comandante que solicite um novo ponto.

b. Plotagem do Fundeio de Precisão

Uma vez escolhido o ponto de fundeio e obtida a aprovação do Comandante, passa-se ao traçado da derrota para o fundeio, o que deve ser feito na carta náutica de maior escala em que esteja representada a área em que se vai fundear.

Na plotagem do fundeio de precisão os seguintes fatores devem ser considerados:

1. A derrota de aproximação, isto é, a derrota correspondente ao rumo final no qual o navio deve governar para alcançar o ponto de fundeio selecionado, deve ter um comprimento mínimo da ordem de 1.000 jardas (na realidade, o comprimento da derrota sobre o rumo final variará de acordo com o navio, mas não deve ser menor que de 600 a 1.000 jardas, aumentando de extensão conforme aumenta o porte do navio).

2. Sempre que possível, o navegante deve selecionar uma derrota de aproximação tal que se tenha um auxílio à navegação ou ponto notável representado na carta pela proa (ou pela popa) no rumo final, pois isto facilita o controle da posição do navio durante a fase de aproximação ao fundeadouro.

3. A carta deve ser estudada em detalhes, a fim de se verificar a existência de auxílio à navegação ou ponto notável nas proximidades do través, quando o navio atingir o ponto de fundeio, para servir de referência à marcação de largada do ferro.

4. Os pontos que serão marcados durante a aproximação e o fundeio devem ser definidos com antecedência, através do estudo da carta náutica da área, verificando-se as áreas de cruzamentos favoráveis de marcações.

5. O filame a ser utilizado é função da profundidade e do tipo de fundo. Normalmente será usado um comprimento de amarra correspondente a 5 a 7 vezes a profundidade do local. Sabendo-se que um quartel de amarra mede 15 braças (27,4 m), é possível estabelecer quantos quartéis serão largados no ponto de fundeio selecionado. As informações de profundidade, tipo de fundo, filame e hora provável do fundeio devem ser transmitidas ao Encarregado do Convés ou ao Mestre do Navio com antecedência, para preparação da faina.

6. Levando-se em conta a velocidade e o ângulo de leme a serem utilizados, determinar o avanço e o afastamento para a guinada no ponto de inflexão da última pernada da derrota do navio para a derrota de aproximação ao ponto de fundeio. Utilizar o avanço e o afastamento para determinar o ponto de guinada e procurar um objeto cartografado que possa servir como referência para a marcação de guinada.

7. Traçar os círculos de distância, de 100 em 100 jardas (ou de 200 em 200 jardas, conforme a escala da carta), centrados no ponto de fundeio e tendo como zero uma distância do ponto de fundeio igual à distância escovém–passadiço do navio. Estes círculos de distância possibilitarão obter, em qualquer ponto da derrota de aproximação, a distância a navegar até o ponto de fundeio.

O processo para a plotagem do fundeio de precisão na carata náutica pode ser visualizado nas Figuras 8.17 e 8.18.

Figura 8.17 – Plotagem do Fundeio de Precisão (Etapas Iniciais)

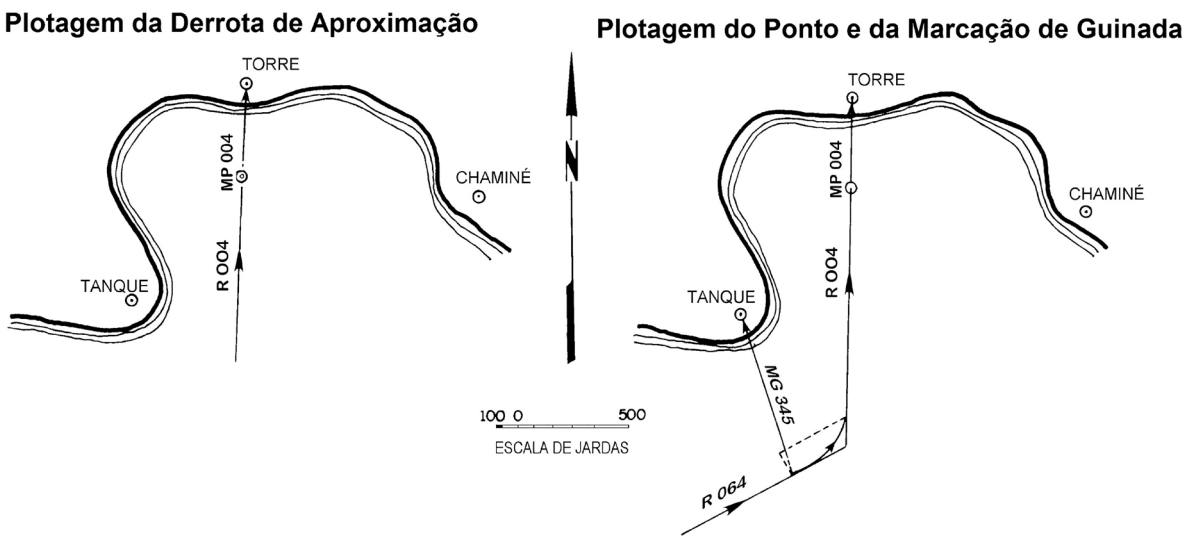
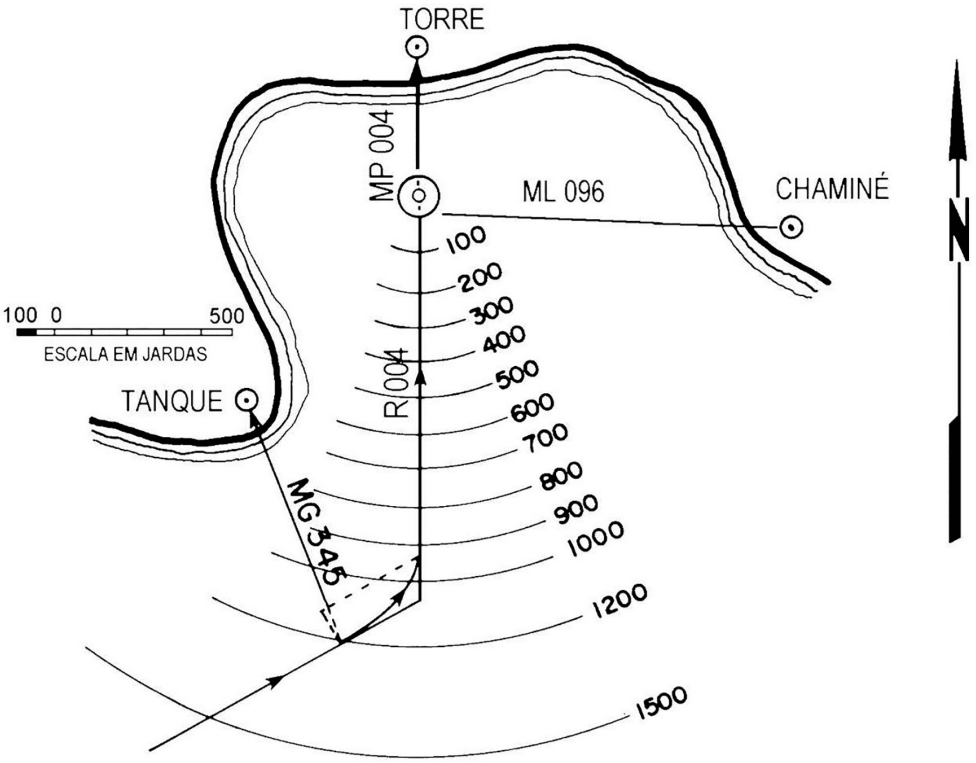


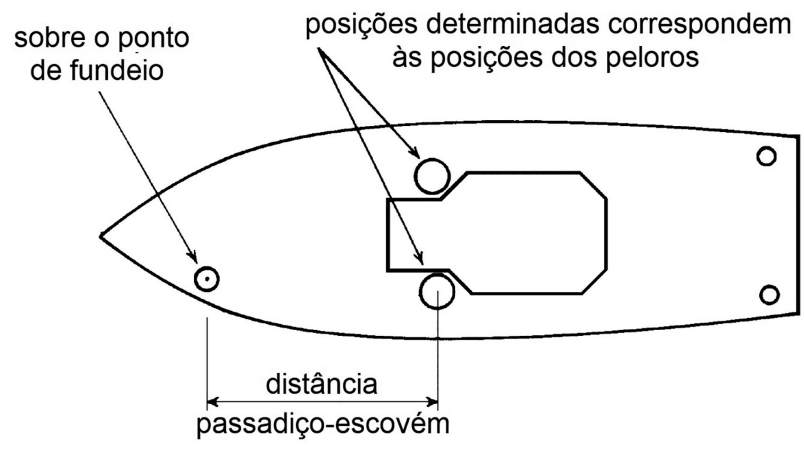
Figura 8.18 – Plotagem do Fundeio de Precisão (Traçado dos círculos de distância)



É interessante notar que a distância escovém–passadiço do navio deve ser levada em conta quando do traçado dos círculos de distância, na fase de plotagem do fundeio de precisão, pois deseja-se largar o ferro quando o escovém estiver sobre o ponto de fundeio, mas a posição determinada do navio corresponde à posição do passadiço, onde estão geralmente localizados os peloros utilizados para obtenção das marcações, como se pode verificar na Figura 8.19.

Desta forma, embora o centro dos círculos de distância seja o ponto de fundeio, o zero de distância estará sobre o rumo final, a uma distância do ponto de fundeio igual à distância escovém–passadiço. Assim, quando o passadiço estiver neste ponto, o escovém estará exatamente sobre o ponto de fundeio, e o ferro poderá ser largado. A distância escovém–passadiço pode variar de aproximadamente 10 jardas, num pequeno navio, até cerca de 300 jardas, num superpetroleiro ou grande Navio-Aeródromo.

Figura 8.19 – Uso da Distância Escovém–Passadiço no Fundeio de Precisão



c. Aproximação e Execução do Fundeio de Precisão

Antes da execução do fundeio de precisão, a equipe de navegação deve ser informada das características da manobra, tais como objetos a serem marcados na derrota de aproximação, marcação de guinada para a referida derrota, rumo final e marca de proa (ou popa) neste rumo, objeto de referência e valor da marcação de largada do ferro.

O Encarregado de Navegação deve participar ao Comandante do navio e ao Oficial de Manobra sobre os detalhes da faina, especialmente o rumo final e o objeto de referência pela proa (ou popa) na derrota de aproximação, a profundidade e o tipo de fundo no ponto de fundeio e as condições prováveis de vento e maré.

O Encarregado do Convés (e/ou Mestre do navio) deve ser informado da profundidade e da qualidade do fundo no ponto de fundeio, das condições de vento e maré esperadas para o local no momento da faina, do horário previsto para o fundeio e do filame a ser utilizado.

Durante a execução da aproximação deve ser buscada a maior precisão possível na navegação, tomando-se os seguintes cuidados:

- as marcações devem ser simultâneas e tomadas a intervalos de tempo bastante curtos (geralmente a cada minuto);
- os desvios das agulhas e repetidoras utilizadas devem estar bem determinados e ser levados em conta antes da plotagem das LDP;
- o erro de distância do radar deve ser considerado; e
- com a equipe de navegação guarnecida e o anotador comandando os "tops", as marcações devem ser tomadas do través para a proa (ou popa) e as distâncias radar medidas da proa/popa para o través (isto é, as LDP que variam mais rapidamente devem ser observadas primeiro, no instante do "top").

Conforme o navio se aproxima do ponto de fundeio, a velocidade deve ser reduzida. Não há regras fixas para este processo de redução. As distâncias percorridas nos diversos regimes de máquinas dependem do tipo do navio. Para navios do porte de Fragatas e Corvetas, as seguintes regras gerais são indicadas:

1. A 1.000 jardas do ponto de fundeio, reduzir para uma velocidade de 5 a 7 nós.

2. Dependendo do vento e corrente, as máquinas devem ser paradas a cerca de 300 jardas do ponto de fundeio.

3. À medida que o navio se aproxima do ponto, as máquinas devem ser revertidas, de modo a quebrar todo o seguimento para vante e dar um pouco de seguimento para ré, quando o escovém estiver diretamente sobre o ponto de fundeio. Um pouco de seguimento para ré é desejável quando se larga o ferro, especialmente para navios com proa bulbosa ou com domo de sonar na proa, como mostrado na Figura 8.20.

4. Larga-se o ferro quando for preenchida exatamente a marcação de largada e determina-se imediatamente a posição do ponto de fundeio real.

Figura 8.20 – Domo de Sonar na Proa - NPaOc "AMAZONAS"



Conforme anteriormente citado, é recomendado um filame (comprimento da amarra) de 5 a 7 vezes a profundidade do local.

Se tudo correr bem, o ferro deve ser largado dentro de um círculo de 50 jardas de raio com centro no ponto de fundeio escolhido. A análise da diferença em distância entre o ponto de fundeio selecionado e o ponto de fundeio real permitirá o aprimoramento da rotina do navio no fundeio de precisão.

d. Providências para após o Fundeio

Após o fundeio devem ser traçados o Círculo de Giro do Navio (CGN) e o Círculo de Giro do Passadiço (CGP), importantes para a verificação periódica da posição de fundeio.

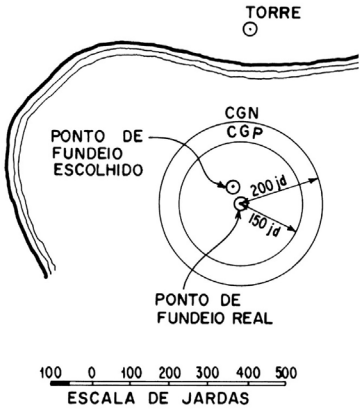
O raio do Círculo de Giro do Navio (CGN) é igual ao comprimento do navio mais o comprimento da amarra (filame) utilizado e representa a figura descrita pela popa do navio quando este gira com o vento e a maré.

O raio do Círculo de Giro do Passadiço (CGP) é igual à distância escovém–passadiço mais o comprimento da amarra e representa a figura descrita pelo passadiço quando o navio gira com o vento e a maré.

O centro comum dos dois círculos é o ponto de fundeio real.

Traçados os referidos círculos, como mostrados na Figura 8.21, deve-se verificar se o CGN está todo ele compreendido na área segura para o fundeio.

Figura 8.21 – Círculos de Giro do Navio e do Passadiço após o Fundeio



CGN (Círculo de Giro do Navio) – figura descrita pela popa quando o navio gira com a maré ou o vento.

CGP (Círculo de Giro do Passadiço) – figura descrita pelo passadiço quando o navio gira com a maré ou o vento.

Raio CGN = Comprimento do Navio + Comprimento da Amarra.

Raio CGP = Distância Escovém–Passadiço + Comprimento da Amarra.

A partir do exemplo da Figura 8.21 e dos dados abaixo informados para um determinado navio, pode-se obter os seguintes valores para os raios CGN e CGP:

Comprimento do Navio:	300 pés (100 jd)
Distância Escovém–Passadiço:	150 pés (50 jd)
Filame:	50 braças (100 jd)
Raio CGN:	100 jd + 100 jd = 200 jd
Raio CGP:	50 jd + 100 jd = 150 jd

É necessário, ainda, estabelecer um serviço de controle da posição de fundeio, que deve verificar a posição do navio a cada 15 ou 30 minutos, marcando pontos determinados pelo Encarregado de Navegação. As posições determinadas devem, após a plotagem, localizar-se dentro do Círculo de Giro do Passadiço. Caso uma das posições se localize fora, outra posição deve ser imediatamente determinada e, se for confirmada sua localização fora dos limites do CGP, é sinal de que o navio está garrando e o Encarregado de Navegação, o Encarregado do Convés e o Comandante do Navio devem ser imediatamente alertados.

Para evitar que a carta seja rasurada pelo excesso de posições plotadas no mesmo local, quando se controla a posição de fundeio, usa-se sobrepor um pedaço de papel vegetal ou plástico transparente à área de fundeio e, então, fazer a plotagem das posições de controle sobre este vegetal ou plástico, conservando o bom estado da carta.

Ademais, deve ser estabelecida uma rotina de verificação da amarra, normalmente executada pelo polícia de serviço, a fim de observar periodicamente como está "dizendo" a amarra, se está dando trancos, etc.

8.10 OBSERVAÇÕES FINAIS

Foram apresentados os empregos dos dados táticos do navio na navegação em águas restritas e o fundeio de precisão sob o ponto de vista do Passadiço, utilizando predominantemente métodos visuais, embora com o auxílio do radar.

Entretanto, pode ser necessário executar tais fainas (à noite ou sob condições de visibilidade restrita) inteiramente pelo CIC/COC, utilizando os procedimentos de navegação radar que serão adiante estudados.

APÊNDICE AO CAPÍTULO 8

EXERCÍCIOS

1. Dê os nomes dos elementos da curva de giro, abaixo apontados, conforme relacionados com a Figura 8Ap.1.

(1)

(2)

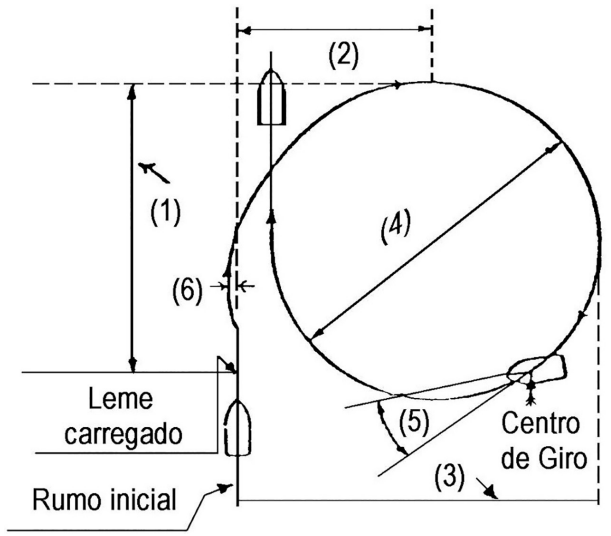
(3)

(4)

(5)

(6)

Figura 8Ap.1 – Exercício nº 1. Curva de Giro



2. Seu navio está ocupando um posto a 5.000 jardas na popa do NAe BARROSO, que é o Guia da formatura, no rumo 090º, velocidade 15 nós, e recebe ordem para deslocar--se para um novo posto, a 1.000 jardas na popa do Guia, utilizando a velocidade de evolução de 21 nós. Da Tabela de Aceleração e Desaceleração do navio, constante da Figura 8Ap.2, sabe-se que a razão distância/variação de velocidade é de 100 jardas por nó. Qual deve ser a distância entre seu navio e o Guia quando você reduzir a velocidade de 21 para 15 nós?

Figura 8Ap.2 – Tabela de Aceleração e Desaceleração

NÓS		MINUTOS		RAZÃO
MUDANÇA DE VEL		TEMPO REQUERIDO PARA MUDANÇA	INTERVALO DE TEMPO TOTAL	NÓS / MINUTO
DE	PARA			
		ACELERAÇÃO		
0	10	3	3	3 1/3
10	15	1	4	5
15	20	2	6	2 1/2
20	24	4	10	1
24	28	6	16	2/3
28	31	9	25	1/3
		DESACELERAÇÃO		
31	28	3	3	1
28	24	4	7	1
24	20	2	9	2
20	15	1	10	5
15	10	1	11	5
10	0	2	13	5

3. Com base na Tabela de Aceleração e Desaceleração do seu navio, mostrada na Figura 8Ap.2, responda às seguintes questões:

a. O seu navio encontra-se navegando na velocidade de 15,0 nós e recebe ordem para acelerar para 31,0 nós, a fim de esclarecer um contato sonar obtido por um helicóptero da cobertura. Qual o tempo decorrido, em minutos, entre a ordem de aumentar a velocidade de 15,0 para 31,0 nós e o momento em que o navio passa efetivamente a desenvolver esta velocidade?

b. Qual a distância percorrida pelo seu navio entre o instante em que a aceleração de 15,0 para 31,0 nós é ordenada e o instante em que o navio passa efetivamente a desenvolver esta velocidade?

4. O seu navio deve executar a derrota prevista mostrada na figura 8Ap.3. A Tabela de Dados Táticos para a velocidade e o ângulo de leme a serem utilizados consta da Figura 8Ap.4. Calcular o avanço e o afastamento para a guinada representada na figura 8Ap.3. Plotar na figura o ponto de guinada, onde a manobra deve ser iniciada, e a marcação de guinada (indicando o objeto de referência para esta marcação).

Figura 8Ap.3 – Determinação do Avanço, do Afastamento e da Marcação de Guinada

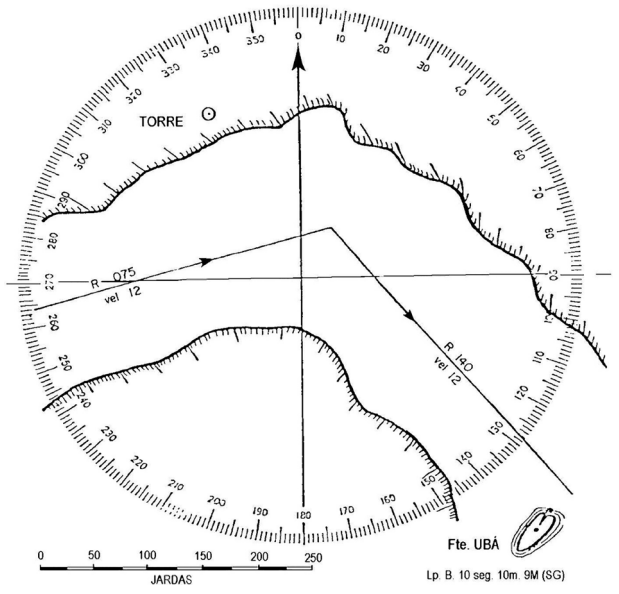


Figura 8Ap.4 – Tabela de Dados Táticos para a Velocidade e o Ângulo de Leme

ÂNGULO DE GUINADA	AVANÇO (JARDAS)	AFASTAMENTO (JARDAS)
15°	48	5
30°	75	15
45°	96	36
60°	112	57
75°	127	87
90°	130	112
105°	127	137
120°	112	160
135°	96	179
150°	75	194
165°	48	203
180°	35	206

5. O navio deve executar um fundeio de precisão na baía de Castelhanos (Figura 8Ap.5), no ponto onde está representado o símbolo de fundeadouro. A Tabela de Dados Táticos para a velocidade e o ângulo de leme a serem usados na manobra está mostrada na Figura 8Ap.6.

a. Determinar o avanço e o afastamento para a guinada no ponto F da derrota prevista.

b. Plotar o ponto de guinada na figura 8Ap.5 e traçar a marcação de guinada para o ponto de referência escolhido.

c. Indicar qual a marca de proa a ser utilizada na derrota final de aproximação ao fundeadouro e qual o valor da marcação de proa.

d. Sabendo-se que a distância escovém–passadiço é de 50 jardas, traçar os círculos de distância para o fundeio de precisão (círculos de 100 em 100 jardas, até 1.000 jardas, e os círculos de 1.200 e 1.500 jardas).

e. Traçar a marcação de largada do ferro, indicando qual o objeto de referência para esta marcação.

f. Traçar a marcação de perigo para defender dos perigos existentes em ambos os bordos da derrota de aproximação ao ponto de fundeio.

Figura 8Ap.5 – Plano da Baía de Castelhanos

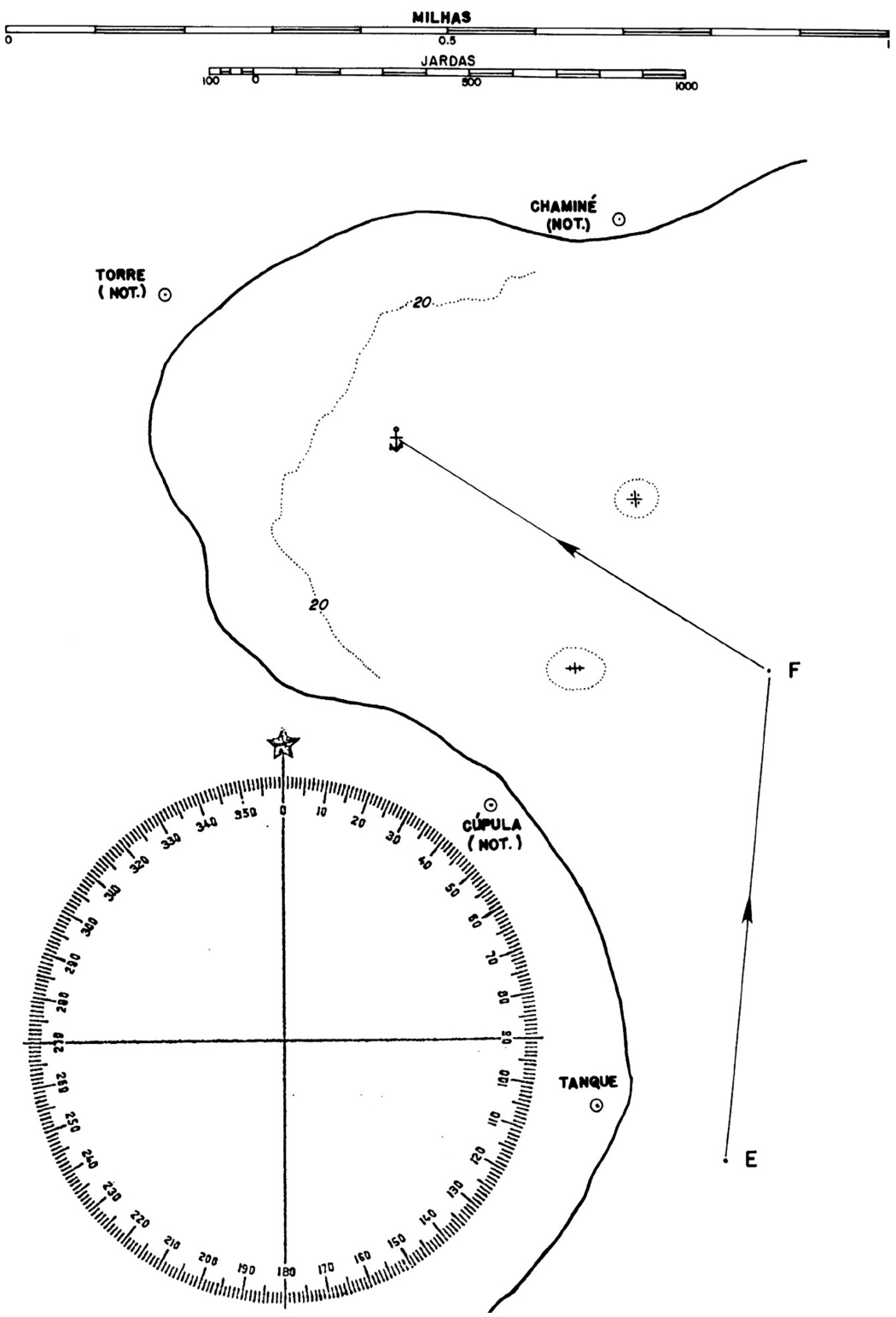


Figura 8Ap.6 – Tabela de Dados Táticos, usando 15º de Ângulo de Leme e Velocidade de 15 nós

ÂNGULO DE GUINADA	AV (jd)	AF (jd)	ÂNGULO DE GUINADA	AV (jd)	AF (jd)
15º	180	18	105º	330	280
30º	230	30	120º	310	335
45º	270	60	135º	270	380
60º	310	110	150º	230	418
75º	330	170	165º	180	470
90º	335	220	180º	100	500

6. O navio deve executar um fundeio de precisão na barra de Catuama (Figura 8Ap.7), no ponto F. A Tabela de Dados Táticos para a velocidade e o ângulo de leme a serem usados está mostrada na Figura 8Ap.6.

a. Determinar o avanço e o afastamento para a guinada no ponto E da derrota prevista (Figura 8Ap.7).

b. Plotar o ponto de guinada na Figura 8Ap.7 e traçar a marcação de guinada para o ponto de referência escolhido.

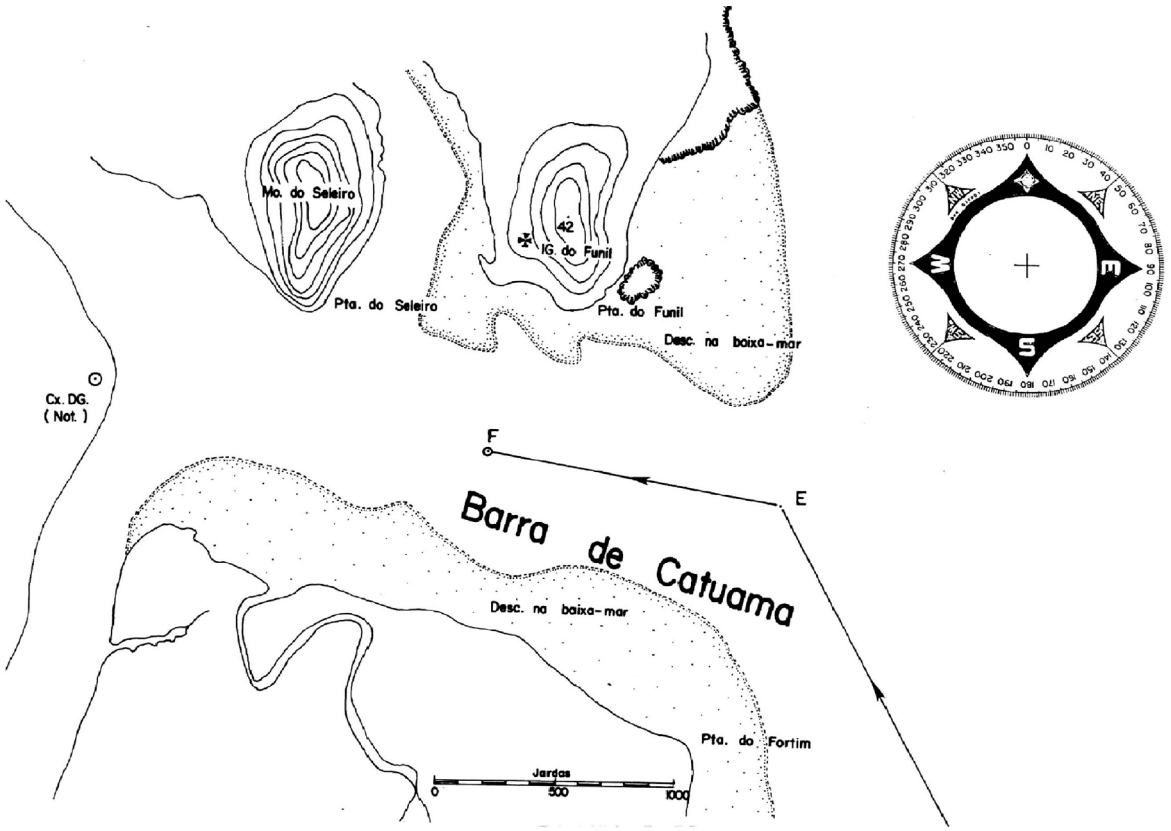
c. Indicar a marca de proa e qual a marcação de proa para a derrota final de aproximação ao ponto de fundeio.

d. Sabendo-se que a distância escovém–passadiço do navio é de 100 jardas, traçar os círculos de distância para o fundeio de precisão.

e. Traçar a marcação de largada do ferro, indicando qual o objeto de referência para esta marcação.

f. Traçar a marcação de perigo para os perigos (bancos que descobrem na baixa-mar) existentes em ambos os bordos da derrota de aproximação ao ponto de fundeio.

Figura 8Ap.7 – Fundeio de Precisão na Barra de Catuama



9 A EQUIPE DE NAVEGAÇÃO

9.1 A EQUIPE DE NAVEGAÇÃO

A atribuição da Equipe de Navegação, como um todo, é manter um fluxo contínuo e adequado de informações de navegação, fornecendo sugestões, principalmente de rumos e velocidades, que permitam ao Comandante decidir com segurança sobre os movimentos do navio.

A concepção da estrutura de uma Equipe de Navegação, nos navios de superfície da MB, é geralmente fundamentada na situação mais crítica, para o navio, que requer o esforço de todo o pessoal necessário para operação de todos os sensores e equipamentos disponíveis no passadiço, a fim de assegurar o êxito na derrota a ser seguida. E essa situação, mais crítica para o navio, é quando de sua navegação em águas restritas. O arranjo de pessoal da Equipe de Navegação no passadiço para essa situação, que pode ser considerada a mais abrangente, é feito sob os conceitos da navegação tradicional, baseada na plotagem da posição do navio sobre uma carta náutica em papel, com controle visual dos pontos conspícuos à navegação e com controle radar da distância aos navios, embarcações e perigos geográficos próximos, além da observação contínua da profundidade local e de outros fatores ambientais.

A inclusão, nos dias de hoje, de um Sistema Eletrônico de Exibição de Cartas Náuticas nos passadiços de vários navios da MB, vem modificando a estrutura e a composição das equipes envolvidas na navegação. Essa modificação é decorrente da integração de diversas ferramentas de navegação, antes isoladas e operadas por pessoal habilitado específico, mas que hoje juntam-se, quanto à sua apresentação, num único *display*.

No entanto, para efeitos do presente Manual, neste Capítulo serão descritos os deveres e responsabilidades do pessoal envolvido na navegação tradicional, fundamentada

exclusivamente no conhecimento da posição do navio, e de sua condição futura, plotada na carta náutica em papel, navegando com segurança sobre uma derrota planejada, evitando uma colisão com feições e estruturas em terra, com auxílios à navegação ou com o fundo.

Os aspectos decorrentes de uma navegação integrada, baseada em um Sistema Eletrônico de Exibição de Cartas Náuticas, bem como a reestruturação das Equipes de Navegação, Manobra e de Acompanhamento de Contatos, com atribuição de tarefas suplementares às tradicionais, estão contidos na publicação "**Normas para a navegação dos navios da Marinha do Brasil**", publicadas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação, em sua 1ª edição, em 2020.

Assim, baseada nos conceitos da navegação tradicional, que se vale da plotagem da posição do navio sobre uma carta náutica em papel, a Equipe de Navegação é composta pelo Encarregado de Navegação e pelo pessoal que o auxilia durante a situação mais crítica para o navio, que é a de navegando em águas restritas. A constituição da Equipe de Navegação, então, é normalmente a seguinte:

a. Encarregado de Navegação (EncNav);

b. Plotador;

c. Anotador do Livro do Ponto / Telefonista;

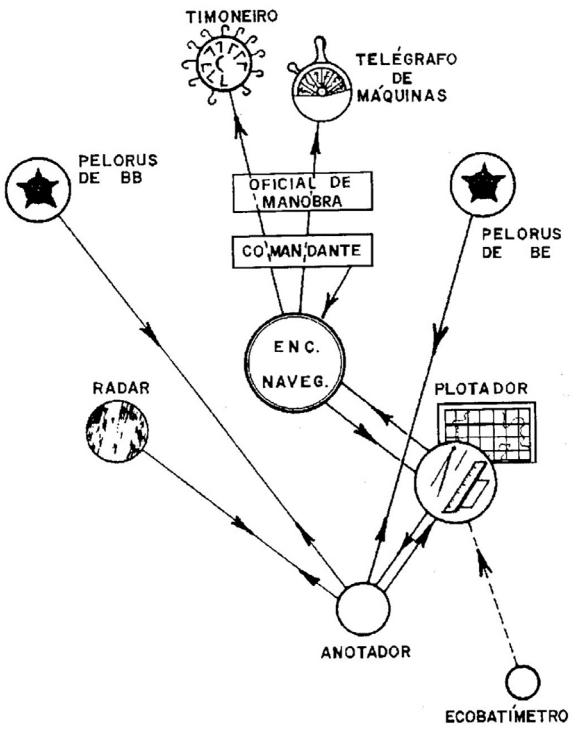
d. Observadores dos Peloros de BE e BB; e

e. Operador do Radar de Navegação.

As comunicações entre os componentes da Equipe de Navegação são feitas por meio de circuitos de comunicações interiores utilizando, normalmente, o circuito 1 JW (Circuito de Navegação).

A Figura 9.1 apresenta o esquema de uma Equipe de Navegação e como os seus componentes se inter-relacionam em um Passadiço convencional.

Figura 9.1 – Equipe de Navegação



9.2 ATRIBUIÇÕES DOS COMPONENTES DA EQUIPE DE NAVEGAÇÃO

As atribuições dos componentes da Equipe de Navegação, a seguir discriminadas, são baseadas nas orientações contidas nas "Normas para a navegação dos navios da Marinha do Brasil", publicada em 2020.

a. Encarregado de Navegação (EncNav)

O EncNav é o responsável pela Equipe de Navegação a bordo dos navios. Ele é responsável, perante o Comandante, pela segurança da navegação do navio.

Ao EncNav compete:

- submeter a derrota a ser cumprida pelo navio ao Comandante;
- monitorar, permanentemente, a navegação do navio, independentemente do tipo de navegação realizada;
- preparar o Livro de Ordens da Navegação e submetê-lo ao Comandante;
- certificar-se de que todas as publicações náuticas, tais como Roteiros, Tábua das Marés, Lista de Faróis, Atlas de Cartas Piloto, etc. estejam permanentemente atualizadas, bem como as cartas náuticas estejam atualizadas de acordo com os Avisos aos Navegantes;
- certificar-se de que todos os equipamentos de navegação estejam operando corretamente;
- certificar-se de que a rotina diária de navegação seja cumprida;
- certificar-se de que os relógios de bordo sejam acertados pela hora legal e sugerir mudança de fuso ao Comandante, sempre que for necessário;
- determinar a verificação semanal de todos os relógios de bordo, quanto ao seu funcionamento;
- preparar as cartas náuticas, conforme as instruções em vigor;
- comunicar à DHN e demais órgãos competentes, tempestivamente, todos os erros ou omissões que houver verificado nas cartas náuticas e publicações, ou falhas em nos sinais de auxílios à navegação; certificar-se de que os modelos de informações meteorológicas e de navegação que competem ao navio sejam preenchidos e encaminhados corretamente (mensagem SHIP, Folha N2, entre outros); e
- conduzir um *briefing* de navegação previamente a qualquer faina que envolva sua equipe. O Apêndice a este Capítulo apresenta um guia para a execução do briefing a ser conduzido pelo EncNav.

Na fase de planejamento, o EncNav deverá:

- planejar a derrota, estudando todos os recursos disponíveis para a navegação e, após isso, organizar e realizar o briefing de navegação; e
- selecionar os pontos a serem utilizados na navegação visual e radar e determinar o intervalo de tempo entre os "marques"; e

- preparar os croquis das cartas náuticas a serem utilizados pelo Oficial de Quarto, Observadores dos Peloros e Operador Radar.

Na fase de execução, o EncNav deverá:

- transmitir ao Comandante e ao Oficial de Quarto as informações e sugestões de interesse à navegação;

- preparar e conduzir a navegação paralela indexada; e

- sempre que, durante a execução de navegação em águas restritas, surgirem dúvidas quanto à posição do navio ou à distância ao perigo mais próximo, o EncNav deve imediatamente sugerir ao Comandante "parar máquinas", podendo mesmo propor o fundeio, até que as dúvidas sejam sanadas e a posição navio possa ser determinada com precisão.

b. Plotador

Ao Plotador compete:

- traçar na carta náutica as LDP obtidas e determinar a posição do navio;

- manter uma navegação estimada acurada, a fim de permitir uma correta visualização das situações passada, atual e futura, e possibilitar a determinação dos elementos e efeitos da corrente;

- informar ao EncNav a aproximação e o instante dos pontos de guinada da derrota planejada e os novos rumos a seguir;

- alertar o EncNav sobre situações perigosas à navegação;

- sugerir rumos ao EncNav, para corrigir os movimentos do navio, de modo que seja cumprida a derrota planejada;

- sugerir ao EncNav mudanças dos pontos utilizados, de modo a garantir LDP favoráveis;

- plotar a posição satélite na carta náutica, pelo menos a cada três posições obtidas por método visual ou radar; e

- comparar a profundidade do ecobatímetro com a profundidade constante da carta náutica, informando ao EncNav quando as mesmas forem incompatíveis.

c. Anotador do Livro do Ponto do Passadiço / Telefonista

Ao Anotador compete:

- por meio do circuito da navegação, fazer o sincronismo entre as estações, dando os sinais para a observação das LDP (marcações, distâncias e profundidades), de modo que estas sejam obtidas simultaneamente, no intervalo de tempo estabelecido pelo EncNav;

- anotar em modelo próprio os valores das LDP informados, já corrigidos de desvios e erros pelos Observadores de Peloros e pelo Operador Radar;

- informar aos Observadores de Peloros e ao Operador Radar, conforme o caso, as mudanças de pontos determinadas pelo Plotador ou pelo EncNav;

- anotar a posição satélite no instante do "marque";

- no intervalo entre os "marques", informar aos Observadores de Peloros e Operador Radar quaisquer mudanças nos pontos a serem observados;

- 15 (quinze) segundos antes do instante determinado para a observação, transmitir "atenção para o marque"; e

- no instante da observação, transmitir o "marque!".

No instante do "marque", os Observadores dos Peloros determinarão as marcações, o Operador do Radar fará a leitura das distâncias e o Operador do Ecobatímetro medirá a profundidade, obtendo-se, assim, a simultaneidade requerida para as LDP.

Como telefonista, o Anotador deve estabelecer uma ordem de resposta das observações pelas estações a fim de evitar superposição de informações no circuito de navegação. É a seguinte a ordem de resposta recomendada:

1º – Observador do Peloro de BE;

2º – Observador do Peloro de BB;

3º – Operador do Radar de Navegação; e

4º – Operador do Ecobatímetro (que poderá estar ou não no circuito 1JW).

Em navios que não possuem Operador de Ecobatímetro, o Anotador deverá registrar a profundidade informada no visor digital do ecobatímetro do passadiço.

d. Observadores dos Peloros de BE e BB

Compete aos Observadores de Peloros:

- identificar visualmente os pontos a serem marcados e informar a marcação desses pontos, quando determinado pelo Anotador;

- observar primeiro as marcações que variam mais rapidamente (marcações pelo través) e por último as que variam mais lentamente (marcações pela proa e/ou pela popa);

- informar o aparecimento de novos pontos notáveis; o cruzamento de alinhamentos, com o valor observado para a marcação; e o desaparecimento definitivo ou temporário dos pontos marcados;

- quando determinado pelo Plotador, efetuar a marcação de um alinhamento a fim de determinar o desvio da giro;

- informar as boias de canal que cruzarem o través do navio (quando navegando em canal balizado), de modo a contribuir para o melhor acompanhamento e orientação da posição da embarcação; e

- compensar o desvio da agulha giroscópica e aqueles inerentes aos peloros, nas marcações obtidas.

e. Operador do Radar de Navegação

Compete ao Operador do Radar de Navegação:

- manter assinalados os pontos selecionados para navegação e informar as distâncias, quando determinado pelo Anotador;

- manter a repetidora radar numa escala adequada, atentando para o fato de que quanto menor o alcance ajustado no radar maior a escala de apresentação da imagem e maior a precisão de leitura de distâncias;

- medir primeiro as distâncias a pontos pela proa ou pela popa, pois estas variam mais rapidamente, e depois as distâncias a pontos nas proximidades do través, que variam mais lentamente;

- no instante da observação ("marque"), "iluminar" com lápis de cera, na superfície da VRC da repetidora radar, os pontos selecionados para a navegação, a fim de reduzir os erros decorrentes do movimento do navio; e

- aplicar as correções dos erros da distância radar às distâncias obtidas.

f. Outros Componentes

Um componente do Detalhe Especial para o Mar (DEM) que pode auxiliar muito a Equipe de Navegação é o **Sondador da Proa**, que guarnece o prumo de mão e, a intervalos regulares, em áreas de pouco fundo, mede a profundidade na proa e informa ao Passadiço, pelo circuito de comunicações interiores 1JV. Especialmente em navios grandes, a informação de profundidade na proa é importante, em particular em áreas acidentadas. Em outras situações, onde o fundo é mais regular, serve para verificar se o ecobatímetro está funcionando corretamente.

Em condições de baixa visibilidade, tais como nevoeiro espesso, cerração, chuva pesada ou noite muito escura (em áreas sem auxílios visuais à navegação), a Equipe de Navegação do Passadiço pode ser substituída pela Equipe de Navegação Radar do CIC / COC, executando o navio nesta situação uma navegação puramente radar. Mesmo nestas circunstâncias, entretanto, o EncNav continua como responsável pela navegação segura do navio perante o Comandante, a quem cabe a responsabilidade última. O circuito telefônico entre o Passadiço e o CIC/COC para informações de navegação é o 1JA.

O EncNav deve, assim, instruir o pessoal da Equipe de Navegação Radar do CIC/COC quanto à derrota a ser seguida e as velocidades de avanço previstas, antes da navegação em águas restritas, para atender à eventualidade de ter que conduzir a navegação utilizando essa equipe.

9.3 IMPORTÂNCIA DA EQUIPE DE NAVEGAÇÃO EM ÁGUAS RESTRITAS

Navegação em Águas Restritas é a navegação que se pratica no acesso e no interior de portos, baías, canais, rios, lagos e outras águas navegáveis onde a proximidade dos perigos, a conformação da costa e/ou as profundidades reduzidas trazem restrições à manobra do navio.

A partir da observação de linhas de posição (LDP), que na sequência são plotadas na carta náutica, é verificada a posição do navio. Observa-se que entre as plotagens, o navio fica sem posicionamento, exceto se estiver em uso algum recurso eletrônico (e.g. navegação por satélite), e mesmo a posição plotada refere-se a um instante já passado, quando da obtenção das LDP. Assim, mormente em navegação em águas restritas, deve-se procurar minorar o espaço percorrido sem posicionamento, seja por diminuição da velocidade, seja por diminuição do intervalo de tempo entre a obtenção das LDP.

Como visto no Capítulo 1, a frequência de determinação das posições na navegação em águas restritas depende das restrições à navegação existentes na área e da velocidade do navio, sendo comum a adoção dos intervalos de 3 minutos ou de 6 minutos (para uso das regras dos 3 minutos e dos 6 minutos, estudadas na navegação estimada). Há, porém, situações, tais como fundeio de precisão e navegação em canal varrido/dragado, em que o intervalo de tempo entre as posições pode ser reduzido para 1 minuto.

No que se refere à precisão de posicionamento, esta deve ser a máxima. Critérios internacionais, recomendados pela Organização Marítima Internacional (IMO) e pela Associação Internacional de Autoridades de Auxílios à Navegação Marítima e Faróis (IALA), estabelecem para navegação de aproximação de portos e navegação em águas restritas precisões da ordem de 10 metros (2 dRMS[1], isto é, 95% de confiabilidade). Nos Estados Unidos, para estes tipos de navegação exige-se precisão de posição de 8 a 20 metros (2 dRMS). Tais requisitos são necessários para salvaguardar o navio, o canal de navegação ou o porto e para reforçar a proteção ao meio ambiente (evitando desastres ambientais).

Tradicionalmente usa-se a ordem, "Atenção para o MARQUE. MARQUE!" para marcar a sincronia de obtenção de diversas LDP, sendo a "hora do MARQUE" a hora atribuída à posição obtida. Com vistas à precisão de posicionamento requerido na navegação em águas restritas, é necessário conhecer os equipamentos empregados e seus erros instrumentais, em especial os desvios da giro e erro de calibragem do radar, na condução da obtenção das LDP, a Equipe de Navegação, deve se pautar pelos seguintes procedimentos:

- buscar a simultaneidade (hora do MARQUE!) de observação das LDP (ou redução ao mínimo do intervalo de tempo entre elas);
- caso não seja possível a simultaneidade na obtenção das LDP, ordenar o "MARQUE!" no instante correspondente à LDP com maior razão de variação (marcações pelo través e distâncias pela proa ou popa), à posição será atribuído o horário do "MARQUE!";
- buscar ângulos de cruzamento favoráveis entre as LDP;
- identificar perfeitamente os pontos visados; e
- plotar com precisão as LDP e as posições resultantes.

Ademais, é necessário manter sempre um registro criterioso da navegação em águas restritas, para permitir uma avaliação posterior da navegação executada pelo navio, com a finalidade de aprimorar os procedimentos, e para servir como documento legal, em caso de ocorrência de um acidente.

[1] **Distance root mean square** (dRMS), que significa a raiz quadrada média das distâncias radiais da posição real às posições observadas obtida de uma série de medições (Fonte: *International Dictionary of Marine Aids to Navigation, IALA Dictionary 2009 Edition*).

A Equipe de Navegação possibilita a obtenção das posições e o controle dos movimentos do navio com a frequência e a precisão requeridas pela navegação em águas restritas, além de permitir a manutenção de um registro criterioso da navegação executada.

Embora não haja limites rígidos para a área em que se deve pôr em prática a navegação em águas restritas, de maneira geral os procedimentos a ela inerentes devem ser adotados quando a distância à costa ou ao perigo mais próximo for inferior a 3 milhas ou quando as profundidades forem reduzidas, tornando pequena a lazeira de água abaixo da quilha. Durante a navegação em águas restritas a Equipe de Navegação deverá estar guarnecida e o restante da tripulação deverá estar em Detalhe Especial para o Mar (DEM), para a máxima segurança do navio.

9.4 OBSERVAÇÕES FINAIS

O planejamento da derrota, o adestramento e a coordenação da Equipe de Navegação e o cuidado na observação das LDP e plotagem das posições são fatores essenciais para obtenção da precisão exigida pela navegação em águas restritas.

De qualquer maneira, sempre que, durante a execução de navegação em águas restritas, surgirem dúvidas quanto à posição do navio ou a distância ao perigo mais próximo, o Encarregado de Navegação deve imediatamente recomendar ao Comandante ou Oficial de Manobra que pare o navio, podendo mesmo propor que se fundeie, até que as dúvidas sejam desfeitas e a posição navio possa ser estabelecida com precisão.

10

MARÉS E CORRENTES DE MARÉ; CORRENTES OCEÂNICAS

10.1 MARÉS

10.1.1 O Fenômeno da Maré e sua Importância para a Navegação

A superfície dos mares não permanece estacionária. Devido, principalmente, às atrações da Lua e do Sol, a massa líquida se movimenta no sentido vertical, dando origem às marés e, também, horizontalmente, provocando as correntes de maré. Ademais, o aquecimento desigual dos diferentes pontos da Terra pelo Sol e os grandes sistemas de vento resultantes dão origem às correntes oceânicas, que serão adiante estudadas, neste mesmo Capítulo.

Quando o navio se encontra em locais profundos, o conhecimento preciso da altura da água em relação ao fundo do mar não tem maior significado. Entretanto, em águas rasas, é este conhecimento que permitirá definir em que ocasiões e em quais áreas, portos ou canais o navio pode navegar com segurança.

As correntes de maré também deverão ser levadas em conta na navegação em águas restritas, quando não se pode permitir que o navio se afaste da derrota prevista. O conhecimento antecipado da direção e velocidade desta corrente facilitará o planejamento não só da derrota, como também da atracação/desatracação e dos horários mais convenientes para as manobras.

10.1.2 Conceitos Básicos de Maré

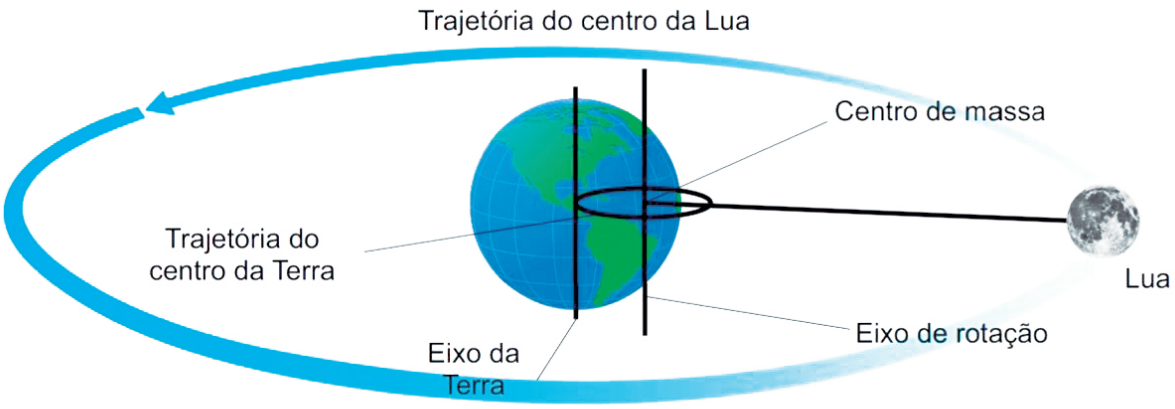
Maré é a oscilação vertical da superfície do mar ou outra grande massa d'água sobre a Terra, causada primariamente pelas diferenças na atração gravitacional da Lua e, em menor extensão, do Sol sobre os diversos pontos da Terra.

A oscilação da maré é consequência, basicamente, da Lei da Gravitação Universal de Newton, segundo a qual os corpos se atraem na razão direta de suas massas e na razão inversa do quadrado da distância que os separa. A Lua, devido à sua maior proximidade com a Terra, é o corpo celeste que mais influencia a maré, seguindo-se o Sol, por força de sua enorme massa. O efeito da força gravitacional da Lua é cerca de 2,25 vezes mais pronunciado, apesar de o Sol ter uma massa milhares de vezes maior. A influência dos demais planetas e estrelas é bem menos significante.

Os movimentos relativos Sol–Terra–Lua fazem com que as marés sejam movimentos harmônicos compostos que podem, consequentemente, ser decompostos em vários movimentos harmônicos simples, expressos por equações matemáticas.

A Terra e, especialmente, seus oceanos são afetados pela atração gravitacional do sistema Terra–Lua e pelas forças centrífugas resultantes de sua revolução em torno de um centro comum (baricentro ou centro de massa do sistema Terra–Lua), constituído por um ponto localizado no interior da Terra, aproximadamente 810 milhas (cerca de 1.500km) abaixo de sua superfície. Em função da diferença de massa entre a Terra e a Lua, esse baricentro situa-se entre o centro da Terra e a superfície terrestre, o que significa que todos os pontos realizam movimentos circulares, com a mesma velocidade angular e, portanto, a mesma aceleração centrífuga (Figura 10.1). É muito importante não confundir a aceleração centrífuga do sistema Terra-Lua girando em torno do Sol com a aceleração centrífuga associada à rotação da Terra em torno de seu eixo.

Figura 10.1 – Centro de massa (baricentro) do sistema Terra-Lua



Fontes: Introdução às Ciências do Mar SECIRM, 2015; Open University, 1989.

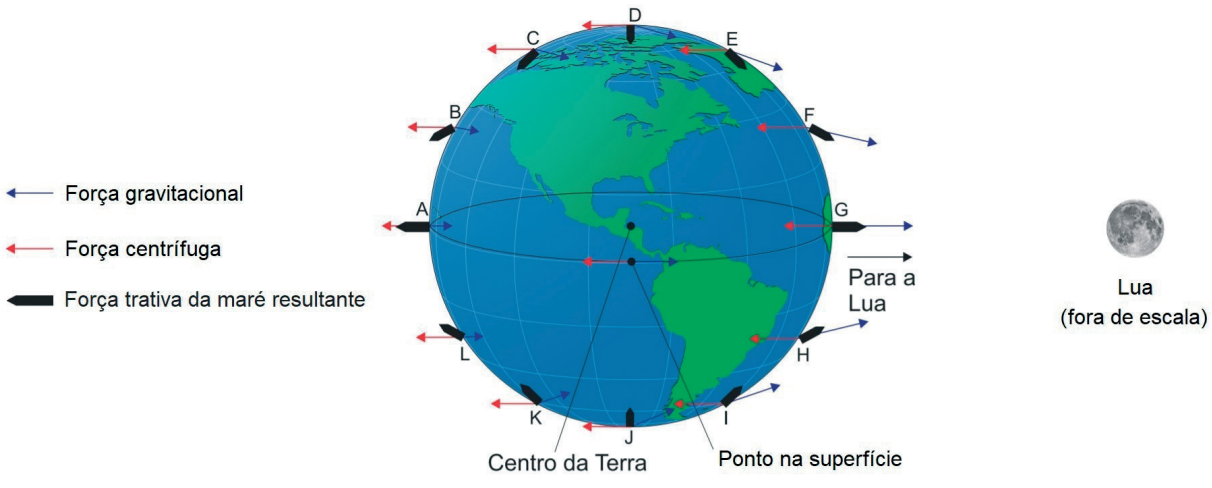
A força gravitacional e a força centrífuga estão em equilíbrio e, como resultado, a Terra e a Lua nem colidem nem se afastam uma da outra no espaço, como representadas na Figura 10.1.

Entretanto, embora o sistema Terra–Lua como um todo esteja em equilíbrio, partículas individuais na Terra não estão. A força centrífuga é a mesma em qualquer lugar, pois todos

os pontos na superfície da Terra descrevem o mesmo movimento em torno do centro de massa comum. Estas forças são todas paralelas entre si e paralelas a uma linha unindo o centro da Terra ao centro da Lua. Por outro lado, a força gravitacional não é a mesma em todos os lugares; as partículas mais próximas da Lua sofrem uma força gravitacional maior que aquelas localizadas no lado mais afastado da Terra. Ademais, estas forças não são paralelas, tendo cada uma a direção da linha que une a partícula correspondente ao centro da Lua.

Assim, as resultantes dessas forças (força trativa de maré), mostradas com ênfase exagerada na Figura 10.2, levarão a água da superfície a fluir em direção aos pontos da superfície da Terra mais próximo e mais afastado da Lua (ponto sublunar e sua antípoda, respectivamente), como mostrado na figura. Este fluxo causa níveis de água mais altos que o normal nesses pontos e níveis mais baixos que o normal nas áreas de onde o fluxo provém.

Figura 10.2 – Esquema das forças atuantes na superfície terrestre



Fontes: Introdução às Ciências do Mar, SECIRM, 2015; Open University, 1989.

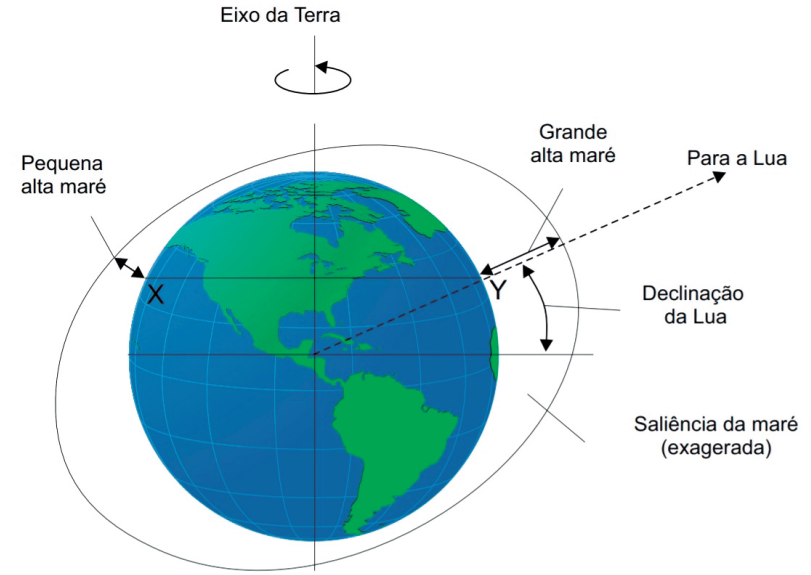
Embora no ponto mais próximo e no mais distante da Lua haja indicação de uma força resultante para fora, esta é muito fraca, não tendo intensidade suficiente para causar uma maré apreciável. A maré resulta, realmente, das forças quase horizontais que causam o fluxo acima descrito, na direção dos pontos da superfície da Terra mais próximo e mais afastado da Lua. Então, num determinado local da Terra, a ocorrência da preamar (PM) está relacionada com a passagem da Lua pelo meridiano superior ou pelo meridiano inferior do lugar; a baixa-mar (BM) ocorrerá quando a Lua estiver a 90º do meridiano do lugar. Esta explicação, abreviada e simplificada, ajuda muito a entender o fenômeno das marés.

O resultado idealizado em uma Terra esférica, sem continentes e com profundidade do Oceano constante, de acordo com as idealizações de Newton, é a formação de um elipsoide com dois bulbos, um na direção da Lua e outro na direção oposta a ela, como apresentado na Figura 10.3.

Como a Terra gira a cada dia em torno de seu eixo, de Oeste para Leste, completando uma rotação a cada 24 horas, o ponto da superfície da Terra que fica na direção da Lua muda e, teoricamente, cada ponto na Terra apresentaria duas preamares (PM) e duas baixa-mares (BM) no período de 24 horas. Entretanto, como a Lua gira em torno da Terra no mesmo sentido em que a Terra gira em torno de seu eixo, o tempo que a Terra leva para efetuar uma rotação

completa com relação à Lua é de aproximadamente 24h 50m, período conhecido como um dia lunar. Ademais, como resultado da inclinação do eixo da Terra, as preamares e as baixa-mares sucessivas não são normalmente de níveis iguais.

Figura 10.3 – Esquema do elipsoide de maré devido à Lua, considerando-se a inclinação da órbita da Lua em relação ao Equador terrestre



Fontes: Introdução às Ciências do Mar. SECIRM. 2015; *Open University*. 1989.

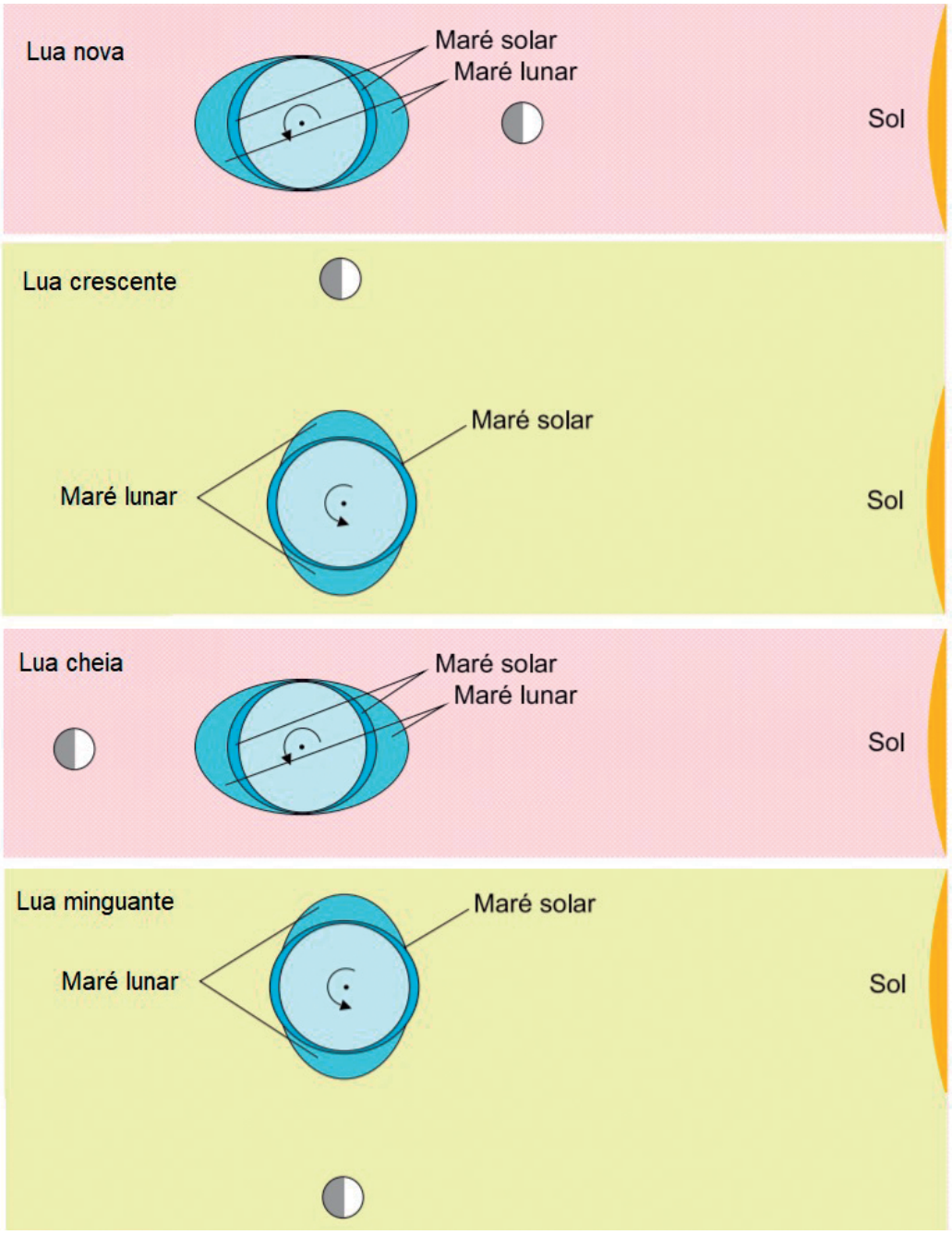
10.1.3 Marés de Sizígia e Marés de Quadratura

Quando a Lua se encontra na posição de Lua Nova ou Lua Cheia (ambas as posições denominadas de sizígia), as atrações gravitacionais da Lua e do Sol reforçam-se. Como a força de maré resultante ou combinada também aumenta, as preamares são maiores que a média e as baixa-mares são menores que a média. Isto significa que a amplitude de maré é maior em todos os locais que apresentam uma preamar e uma baixa-mar consecutivas. Assim, as Marés de Sizígia ocorrem em situações de Lua Cheia e Lua Nova, ou seja, quando Sol, Terra e Lua estão alinhados, o que faz com que as forças resultantes coincidam e as marés tenham as maiores amplitudes. Estas marés superiores à média, que ocorrem nas posições de sizígia da Lua, são conhecidas como marés de águas vivas.

Nas posições de Quarto Crescente e Quarto Minguante da Lua (quadratura), as atrações gravitacionais da Lua e do Sol sobre as águas dos oceanos atuam em ângulos retos. Cada força tende, em parte, a contrariar a outra. Na envolvente de forças da maré que representa estas forças combinadas, os valores máximos e mínimos da força são menores. Assim, as Marés de Quadratura ocorrem em situações de Lua Crescente e Lua Minguante, quando os astros estão em quadratura, o que atenua a interferência das forças centrífugas pela defasagem de 90° entre elas, de modo que nesses períodos as amplitudes das marés são pequenas. As preamares são inferiores à média e as baixa-mares são superiores à média. Tais marés de amplitude mais reduzida são denominadas de marés de águas mortas.

Os esquemas sobre as ocorrências das marés de sizígia e das marés de quadratura podem ser visualizados na Figura 10.4.

Figura 10.4 – Ocorrência das Marés de Sizígia e Quadratura de acordo com as fases da Lua



10.1.4 Tipos de Marés

Devido ao fato de um dia lunar ter aproximadamente 24h 50m, em oposição ao dia solar de 24 horas, as marés não ocorrem todos os dias à mesma hora num mesmo local.

Conforme anteriormente citado, o padrão normal de marés é a ocorrência de 2 PM e 2 BM no período de 1 dia lunar (24h 50m). Este tipo de maré é chamado de semidiurna. A maré semidiurna, então, apresenta duas PM e duas BM no período de 1 dia lunar, sendo pouco mais de 6 horas o intervalo de tempo entre uma PM e a BM consecutiva.

Normalmente, há apenas variações relativamente pequenas nas alturas de duas PM ou de duas BM sucessivas. No Brasil, as marés semidiurnas são observadas de Vitória, ES, para o norte.

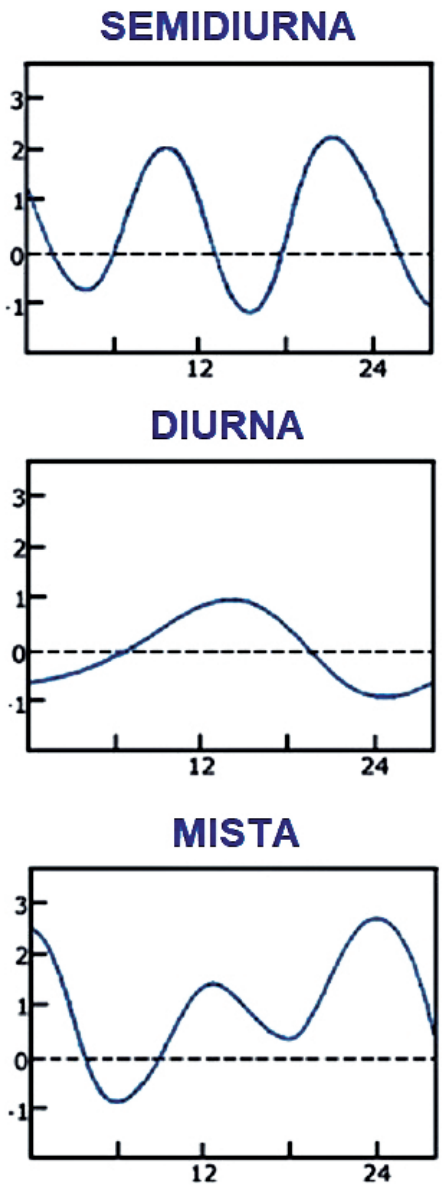
O padrão semidiurno, entretanto, varia em diversos locais da Terra, em virtude dos efeitos de massas terrestres, latitude do lugar, águas restritas, fricção (atrito), viscosidade do meio líquido e do Efeito de Coriolis (uma força aparente que atua sobre qualquer corpo em movimento na superfície terrestre, causada pela rotação da Terra), produzindo marés diurnas e marés mistas.

As marés diurnas constituem um padrão no qual ocorrem apenas uma PM e uma BM a cada dia lunar. Geralmente, os níveis de duas PM ou BM sucessivas não variam muito. Algumas áreas de ocorrência: costa norte do Golfo do México, Mar de Java, Golfo de Tonkin.

As marés mistas constituem um tipo de maré no qual as oscilações diurnas e semidiurnas são ambos fatores importantes, sendo a maré caracterizada por grandes diferenças de altura entre duas PM ou duas BM consecutivas. Há, normalmente, 2 PM e 2 BM a cada dia, mas, ocasionalmente, a maré pode tornar-se diurna.

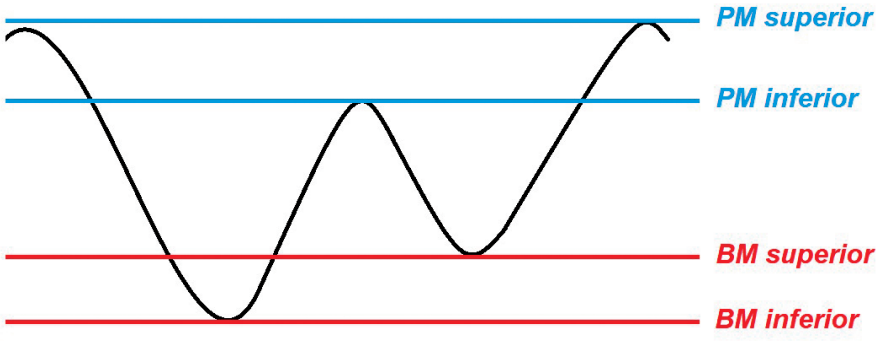
Os tipos de marés, acima descritos, podem ser visualizados na Figura 10.5.

Figura 10.5 – Tipos de Marés



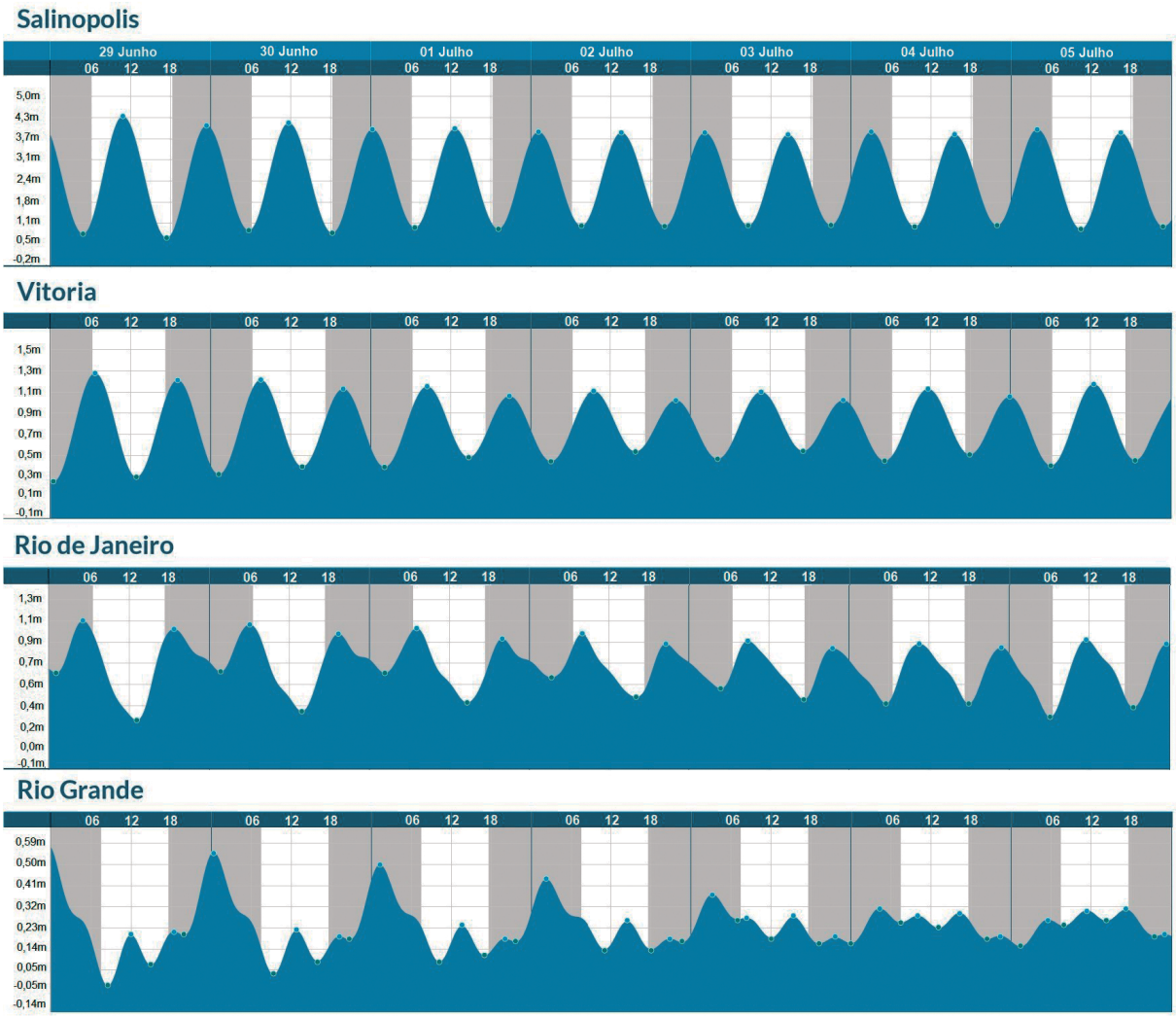
Especificamente para a costa sul do Brasil, a maré apresenta sempre duas PM e duas BM diariamente, mas com desigualdades análogas às da Figura 10.6. Este tipo de maré é classificado como maré semidiurna com desigualdades diurnas ou maré de desigualdades diurnas.

Figura 10.6 – Maré semidiurna com desigualdades diurnas



Com o propósito de ilustrar os diferentes comportamentos da maré ao longo da costa brasileira, a Figura 10.7 apresenta a sua variação diária para as localizações de Salinópolis (PA), Vitória (ES), Rio de Janeiro (RJ) e Rio Grande (RS), para um período de sete dias (29/JUN a 05/JUL/2021). Para efeitos de representação, a escala de altura (em metros) não é a mesma para as quatro localizações.

Figura 10.7 – Variação da maré em Salinópolis, Vitória, Rio de Janeiro e Rio Grande



10.1.5 Elementos das Marés

Se, em um dado local, for observada a oscilação rítmica do nível das águas durante certo tempo, verifica-se que:

a) o nível sobe durante algum tempo, sendo esse período denominado de “enchente”;

b) atinge um nível máximo denominado de “preamar”;

c) permanece um certo tempo estacionário, cujo período é denominado como “estofo de enchente”;

d) baixa durante um certo tempo, sendo esse período denominado de “vazante”;

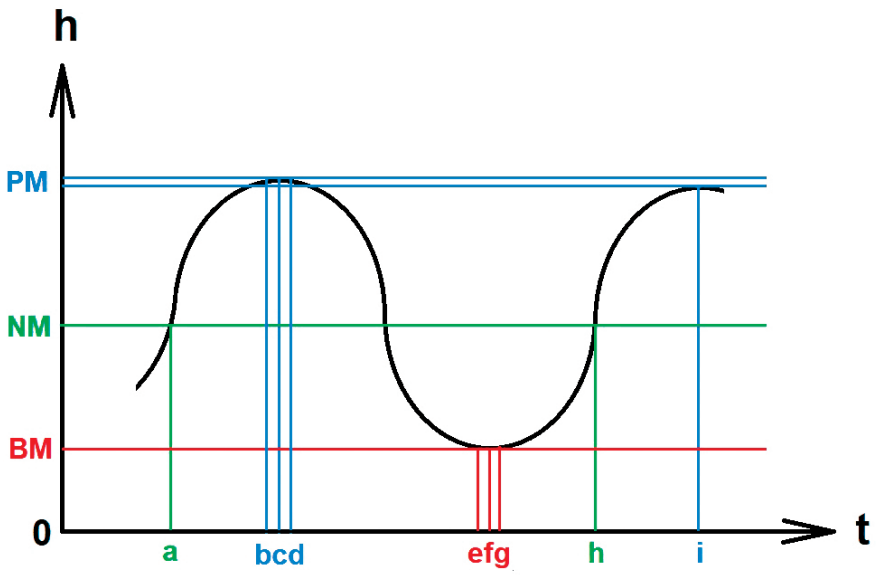
e) alcança o nível mínimo, denominado de “baixa-mar”;

f) fica estacionário por algum tempo, novamente chamado de estofo, só que agora denominado como “estofo de vazante”; e

g) recomeça a subir, iniciando a repetição do movimento de “enchente”.

Este movimento rítmico é uma função periódica do tempo e pode ser representado segundo dois eixos ortogonais, onde o eixo vertical indicará a altura da maré (h) e o eixo horizontal indicará o instante em que ocorre aquela altura (t), como mostrado na Figura 10.8.

Figura 10.8 – Elementos das Marés



Observando a figura e a descrição do movimento rítmico acima apresentada, pode-se definir:

PREAMAR (PM): maior altura que as águas alcançam em uma oscilação; igual a h_{PM} e acontece nos instantes t_c e t_i.

BAIXA-MAR (BM): menor altura que alcançam as águas em uma oscilação; igual a h_{BM} e ocorre no instante t_f.

AMPLITUDE DA MARÉ: distância vertical entre uma PM e uma BM consecutivas, igual a $h_{PM} - h_{BM}$.

NÍVEL MÉDIO (NM): valor médio em torno do qual a maré oscila. Para uma determinada oscilação de maré, o NM é $hNM = (h_{PM} + h_{BM})/2$; para um período longo, equivale ao nível em que permaneceria o mar se não existissem as marés.

ENCHENTE: intervalo de tempo durante o qual o nível do mar se eleva; a duração da enchente é igual a $t_i - t_f$.

VAZANTE: intervalo de tempo durante o qual o nível do mar baixa; a duração da vazante é igual a $t_f - t_c$.

ESTOFO DA MARÉ: período durante o qual o nível do mar fica praticamente estacionado; pode ser estofo de enchente (t_d - t_c) ou de vazante (t_g - t_e).

NÍVEL DE REDUÇÃO (NR): nível a que são referidas as alturas das águas e as sondagens representadas nas Cartas Náuticas; é o zero do eixo vertical da Figura 10.8.

CICLO DA MARÉ: um conjunto completo de condições de maré que ocorreu durante um dia lunar, um mês lunar ou um ciclo Metônico (período de cerca de 19 anos ou 235 lunações). No entanto, em navegação, um ciclo de maré também é entendido como o intervalo correspondente a uma oscilação completa da maré, ou seja, o período de tempo entre uma PM e a BM que se lhe segue (ciclo de vazante) ou vice-versa (ciclo de enchente).

ALTURA DA MARÉ: distância vertical entre o nível do mar em um determinado instante e o NR.

10.1.6 Outros Conceitos Relacionados às Marés

IDADE DA LUA: intervalo de tempo decorrido entre a última Lua Nova e a Lua na data considerada; é, normalmente, expressa em dias, indo de zero a 29 (duração de uma lunação) e, quando necessário, aproximada a décimos. Assim, marés de águas vivas (sizígias) ocorrem quando a Idade da Lua for zero (Lua Nova), 14 (Lua Cheia) e 28 ou 29 (Lua Nova). Da mesma forma, marés de águas mortas (quadraturas) ocorrem quando a Idade da Lua for 7 e 21, com a Lua em quarto crescente (idade: 7) ou em quarto minguante (idade: 21).

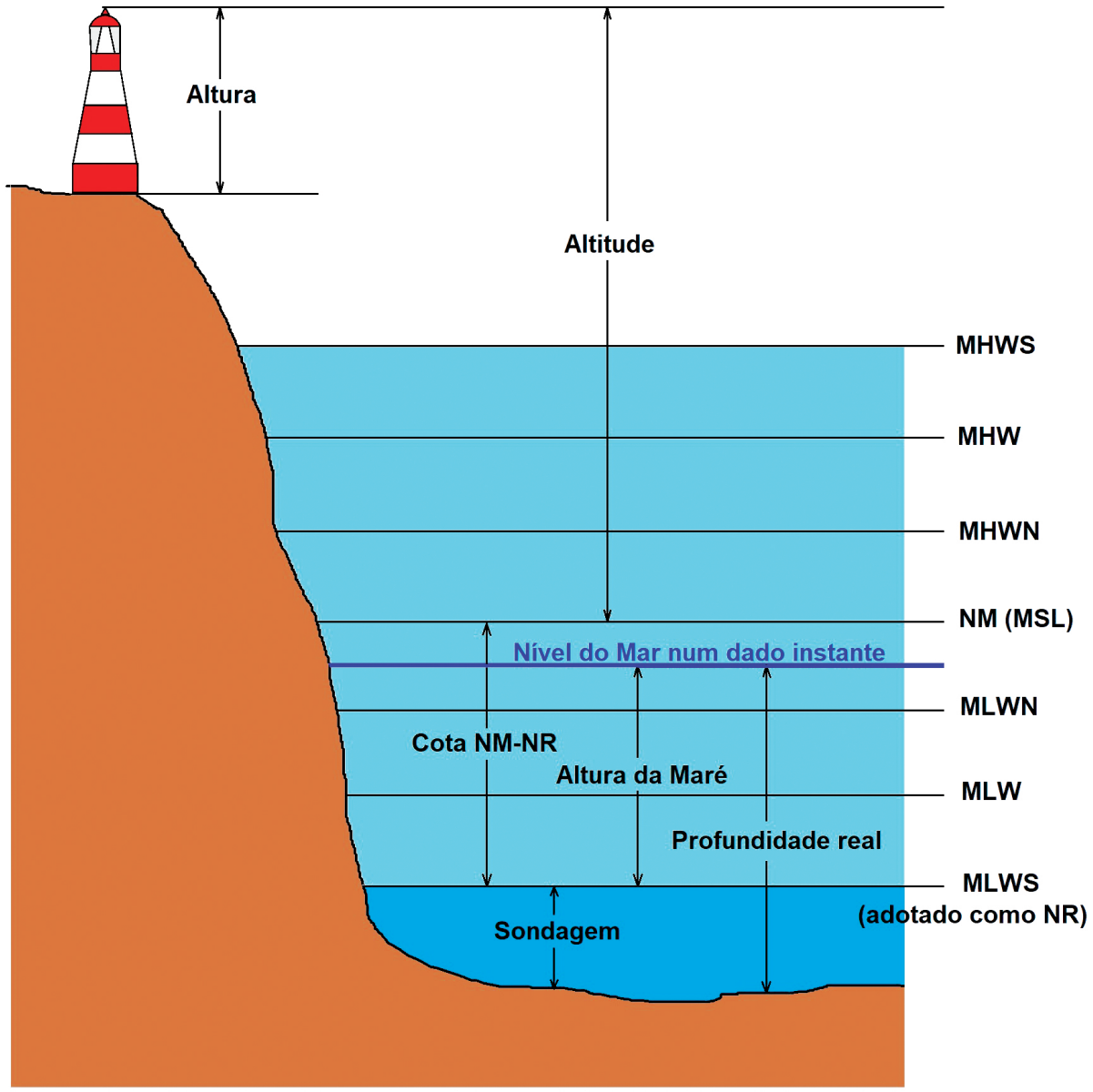
ESTABELECIMENTO VULGAR DO PORTO OU ESTABELECIMENTO DO PORTO (*HIGH WATER FULL AND CHANGE* – HWF&C) – média dos intervalos de tempo decorridos entre a passagem da Lua Cheia (ou Nova) pelo meridiano superior do lugar e a ocorrência da preamar em dias de sizígia. De fato, a rotação diária da Terra em torno de seu eixo tem um efeito de fricção (atrito) sobre as marés. Este efeito, aliado à inércia da massa líquida, faz com que as preamares normalmente ocorram em um determinado período de tempo após a passagem da Lua pelo meridiano superior do local. O Estabelecimento Vulgar do Porto (HWF&C) é uma característica do local a que se refere, sendo função de uma série de fatores, tais como topografia, latitude e presença de correntes fluviais ou marítimas interferindo com a maré.

10.1.7 Planos de Referências de Marés

NÍVEL DE REDUÇÃO (NR): nível a que são referidas as alturas das marés e as sondagens (profundidades representadas nas cartas náuticas). O Nível de Redução normalmente corresponde ao nível médio das baixa-mares de sizígia (MLWS) nas cartas náuticas brasileiras. É um nível abaixo do qual o mar não desce senão raramente, (vide Figura 10.9).

NÍVEL MÉDIO DO MAR (NM) ou ***MEAN SEA LEVEL* (MSL):** altura média da superfície do mar em todos os estágios de oscilação da maré, observados em um longo período de tempo (maior que 18,6 anos) e considerado como equivalente ao nível que existiria na ausência das forças geradoras das marés. O Nível Médio é normalmente adotado como plano de referência para a medida das altitudes.

Figura 10.9 – Planos de Referências de Marés



MHWS (*MEAN HIGH WATER SPRINGS*): média das PM de sizígia ou altura da PM média de sizígia. Altura média, deduzida de uma longa série de observações, das alturas das PM de sizígia.

MHWN (*MEAN HIGH WATER NEAPS*): média das PM de quadratura ou altura da PM média de quadratura. Altura média, deduzida de uma longa série de observações, das alturas das PM de quadratura.

MHW (*MEAN HIGH WATER*): média das PM ou altura da PM média, isto é, altura média, deduzida de uma longa série de observações, das alturas de todas as PM.

ALTURA DA MARÉ: cota vertical NR-nível do mar, em um determinado instante.

MLWN (*MEAN LOW WATER NEAPS*): média das BM de quadratura ou altura da BM média de quadratura, isto é, altura média, deduzida de uma longa série de observações, das alturas das BM de quadratura.

MLW (*MEAN LOW WATER*): média das baixa-mares ou altura da BM média, isto é, altura média, deduzida de uma longa série de observações, das alturas de todas as BM.

MLWS (*MEAN LOW WATER SPRINGS*): média das BM de sizígia ou altura da BM média de sizígia, isto é, altura média, deduzida de uma longa série de observações, das alturas das BM de sizígia. É o nível adotado pela DHN como Nível de Redução (NR) nas Cartas Náuticas brasileiras.

SONDAGEM OU PROFUNDIDADE CARTOGRAFADA: distância vertical do NR ao fundo do mar, em um determinado local.

PROFUNDIDADE REAL em um determinado instante (ou profundidade do local no instante considerado): soma da sondagem com a altura da maré no instante considerado.

ALTITUDE: distância vertical entre o ponto considerado e o Nível Médio do mar.

ALTURA DE UM OBJETO: distância vertical entre o seu tope e a sua base (ou o terreno que a circunda). Normalmente, a altura de qualquer PM estará entre a MHWS e a MHWN, sendo aproximadamente igual à MHWS quando a Idade da Lua for zero ou 14 e igual à MHWN quando a Idade da Lua for 7 ou 21.

Como o NR adotado pela DHN para as Cartas Náuticas brasileiras é normalmente o MLWS, em geral se encontram maiores profundidades que as representadas na carta. Entretanto, eventualmente, por ocasião das BM de sizígia, poderão ser encontradas profundidades menores que as constantes da carta.

10.1.8 Previsão das Marés

Conforme já comentado, para o navegante o conhecimento da maré e das correntes de maré é importante porque lhe permitirá decidir sobre:

a) possibilidade de passar em locais de pouco fundo;

b) datas, horários e velocidades convenientes para navegar nestes locais;

c) rumos na superfície para obter os rumos no fundo desejados;

d) escolha do bordo de atracação, tipo de amarração e folgas adequadas das espias; e

e) necessidade de parar motores e máquinas refrigeradas à água salgada, em determinados períodos, para evitar que as tomadas d'água, por ficarem no fundo do casco, aspirem lama ou areia.

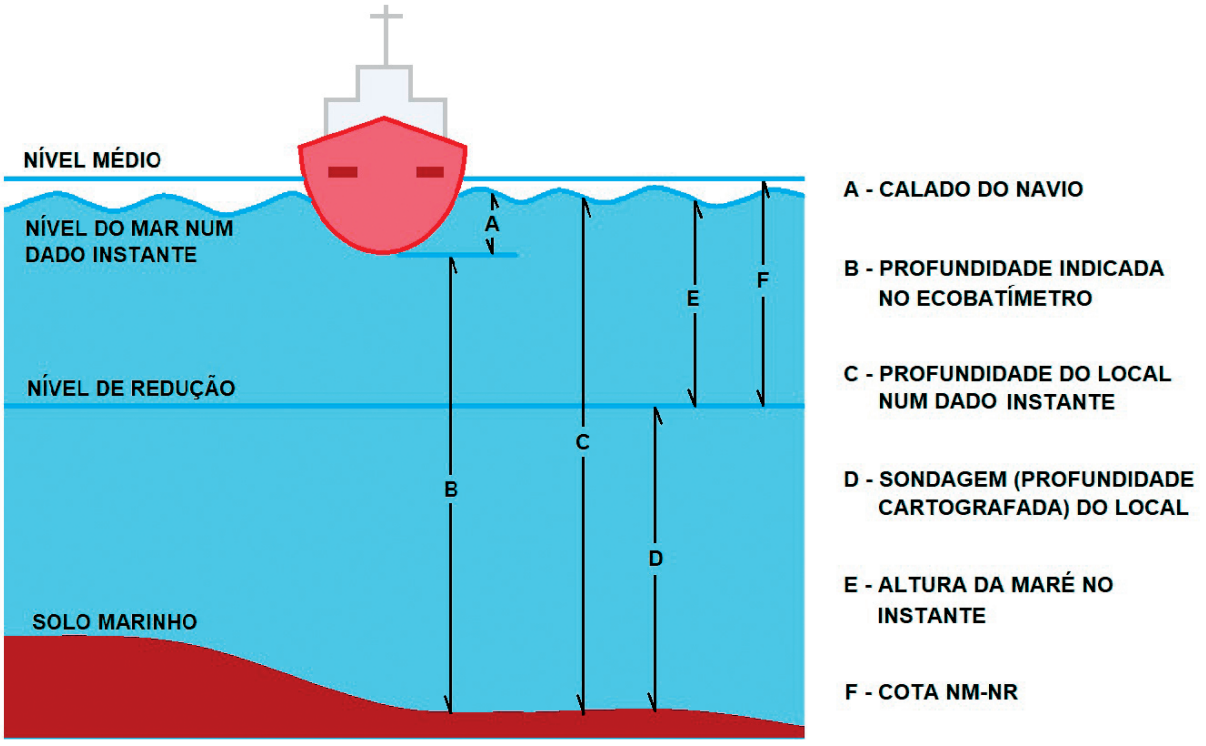
Para decidir quanto aos aspectos da possibilidade de se passar em certo local, nas datas e horários mais convenientes, é preciso que se observem os seguintes aspectos, conforme podem ser visualizados na Figura 10.10:

a) em qualquer instante, a profundidade (C) é igual à sondagem (D) mais a altura da maré (E), ou seja: **C = D + E**

b) nos ecobatímetros, é normalmente medida a distância vertical (B) entre a quilha do navio e o fundo do mar que, somada ao calado (A), dará a profundidade (C), ou seja: **C = B + A**

Para decidir quanto à velocidade, é preciso ter em mente que, quando o navio aumenta a sua velocidade, a sua popa afunda e, consequentemente, para ele não tocar no fundo haverá necessidade de uma maior profundidade (maior lazeira de água abaixo da quilha).

Figura 10.10 – Distâncias verticais de interesse ao navio



Não se pode, também, esquecer que o navio caturra e que a sua arfagem pode exigir aumentos na profundidade mínima para o navio passar sem bater no fundo. Especial atenção deve ser dada a este fator de segurança quando se tratar de navios de boca estreita e compridos, que "enterram" bastante suas proas se sujeitos a ondas, principalmente com mar de través para vante.

Por outro lado, a escolha de rumos na superfície, bem como o bordo de atracação e tipo de amarração, está ligada às correntes de maré.

A folga das espias é função principalmente da amplitude da maré, mas alguns outros aspectos estão também envolvidos, tais como: intensidade da corrente; direção e força dos ventos; situação de carga (navio leve ou carregado), onde se incluem os recebimentos ou transferências de água e óleo; existência e utilização de amarreta e tipo do cais (se flutuante ou fixo).

Os elementos necessários à tomada destas decisões são obtidos em várias fontes. As principais são:

a) Tábuas das Marés;

b) Quadros de Informações sobre a Maré representados nas Cartas Náuticas;

c) Cartas de correntes de maré;

d) Informações sobre correntes de maré constantes de determinadas Cartas Náuticas;

e) Roteiro; e

f) Almanaque Náutico.

A seguir, serão mostradas as maneiras de obter, a partir de tais fontes, os elementos de marés e correntes de maré necessários ao navegante.

10.1.9 Tábuas das Marés

As "Tábuas das Marés" constituem uma publicação editada anualmente pela DHN, contendo (Edição de 2021) a previsão para os 54 principais portos, terminais, barras, ilhas oceânicas e fundeadouros brasileiros, relacionados do Norte para o Sul, e para o fundeadouro da Estação Antártica Comandante Ferraz, na Baia do Almirantado, na Antártida. A Figura 10.11 apresenta a localização das 54 estações maregráficas na costa brasileira.

Há ainda, nas "Tábuas das Marés", duas Tabelas para determinação da altura da maré em um dado instante, informações para a previsão das marés na baía de São Marcos, explicações para utilização de método expedito de previsão e uma Tabela de Fases da Lua.

A Figura 10.12 reproduz uma página da tábua, onde se observa:

- na primeira linha: o nome do porto, terminal, barra, ilha oceânica ou fundeadouro, o respectivo Estado da Federação ou país e o ano a que se referem as previsões;

- na segunda linha: as coordenadas geográficas do local da estação maregráfica e o fuso horário adotado;

- na terceira linha: a sigla da instituição responsável pelas observações, o número de componentes harmônicas utilizadas na previsão, a cota do Nível Médio sobre o Nível de Redução e o número da Carta Náutica do porto, terminal, barra ou fundeadouro;

- a seguir encontram-se 4 colunas, cada uma referente a um mês, e, no seu interior, os elementos da maré dia-a-dia;

- para cada dia são informadas as horas e as alturas das preamares (PM) e baixa-mares (BM) previstas;

- as horas, do fuso horário local, são representadas com 4 algarismos, sendo que os dois primeiros indicam as horas e os dois seguintes os minutos; e

- as alturas das PM e BM são dadas em 2 algarismos, representando metros e decímetros; as alturas indicadas são cotas verticais acima do Nível de Redução; e, eventualmente, quando o número for negativo, a maré estará abaixo do Nível de Redução.

Figura 10.11 – Estações Maregráficas na Costa Brasileira



Figura 10.12 – Tábuas das Marés – Previsão para Salinópolis Jan-Abr de 2021

20

FUNDEADOURO DE SALINÓPOLIS (ESTADO DO PARÁ) - 2021

Latitude 00° 37'.0 S — Longitude 047° 21'.0 W — Fuso +03.0 horas

IAGS — 60 Componentes — Nível Médio 2.75 m — Carta 302

Janeiro

	HORA	ALT (m)		HORA	ALT (m)
01 SEX	0306	0.6	17 DOM	0417	0.6
	0843	4.5		1002	4.5
	1515	0.9		1628	1.0
	2034	4.8		2211	4.5
02 SAB	0353	0.6	18 SEG	0447	0.8
	0924	4.4		1032	4.3
	1558	1.0		1656	1.2
	2121	4.7		2247	4.3
03 DOM	0434	0.8	19 TER	0513	1.1
	1008	4.3		1106	4.2
	1647	1.1		1734	1.4
	2211	4.5		2334	4.1
04 SEG	0513	0.9	20 QUA	0553	1.3
	1056	4.3		1154	4.0
	1732	1.2		1821	1.6
	2309	4.4			
05 TER	0600	1.0	21 QUI	0034	3.8
	1153	4.2		0645	1.5
	1824	1.2		1254	3.9
				1928	1.7
06 QUA	0011	4.3	22 SEX	0145	3.7
	0654	1.1		0751	1.7
	1253	4.3		1404	3.9
	1924	1.2		2047	1.6
07 QUI	0117	4.2	23 SAB	0300	3.8
	0754	1.2		0902	1.7
	1356	4.3		1511	4.0
	2034	1.2		2156	1.4
08 SEX	0230	4.2	24 DOM	0406	3.9
	0900	1.2		1008	1.5
	1502	4.4		1608	4.2
	2145	1.0		2254	1.2
09 SAB	0345	4.3	25 SEG	0458	4.1
	1011	1.2		1102	1.3
	1611	4.6		1654	4.4
	2254	0.8		2347	1.0
10 DOM	0456	4.4	26 TER	0543	4.3
	1121	1.0		1153	1.1
	1717	4.8		1738	4.6
11 SEG	0000	0.6	27 QUA	0038	0.8
	0600	4.6		0626	4.5
	1223	0.8		1243	0.9
	1815	5.0		1821	4.8
12 TER	0058	0.3	28 QUI	0124	0.6
	0658	4.8		0708	4.6
	1317	0.7		1334	0.8
	1908	5.1		1904	4.9
13 QUA	0153	0.2	29 SEX	0208	0.5
	0749	4.9		0749	4.7
	1404	0.5		1419	0.7
	1956	5.1		1945	5.0
14 QUI	0238	0.1	30 SAB	0256	0.4
	0830	4.9		0834	4.8
	1451	0.5		1502	0.6
	2038	5.1		2032	5.0
15 SEX	0313	0.2	31 DOM	0339	0.4
	0904	4.8		0913	4.8
	1526	0.7		1551	0.6
	2111	4.9		2119	4.9
16 SAB	0351	0.4			
	0938	4.7			
	1558	0.8			
	2141	4.7			

Fevereiro

	HORA	ALT (m)		HORA	ALT (m)
01 SEG	0415	0.5	17 QUA	0445	0.9
	0953	4.7		1026	4.4
	1634	0.7		1702	1.2
	2202	4.8		2254	4.2
02 TER	0456	0.6	18 QUI	0517	1.2
	1038	4.6		1106	4.2
	1711	0.8		1747	1.4
	2249	4.6		2347	3.9
03 QUA	0538	0.8	19 SEX	0600	1.5
	1121	4.5		1158	4.0
	1758	1.0		1838	1.6
	2343	4.4			
04 QUI	0619	1.1	20 SAB	0051	3.7
	1211	4.4		0658	1.7
	1853	1.1		1302	3.9
				1941	1.7
05 SEX	0043	4.2	21 DOM	0202	3.6
	0711	1.3		0804	1.8
	1311	4.3		1411	3.9
	1956	1.2		2058	1.6
06 SAB	0156	4.0	22 SEG	0317	3.7
	0823	1.5		0919	1.7
	1426	4.3		1521	4.1
	2113	1.2		2213	1.4
07 DOM	0323	4.0	23 TER	0423	4.0
	0949	1.5		1028	1.5
	1549	4.3		1621	4.3
	2241	1.1		2319	1.1
08 SEG	0451	4.1	24 QUA	0517	4.2
	1108	1.3		1128	1.2
	1704	4.5		1713	4.6
	2353	0.8			
09 TER	0558	4.4	25 QUI	0015	0.8
	1213	1.0		0604	4.5
	1808	4.8		1226	0.9
				1804	4.9
10 QUA	0053	0.5	26 SEX	0104	0.5
	0653	4.7		0651	4.8
	1306	0.7		1317	0.6
	1900	5.0		1853	5.1
11 QUI	0141	0.3	27 SAB	0154	0.3
	0738	4.9		0738	5.0
	1354	0.5		1404	0.4
	1947	5.1		1943	5.2
12 SEX	0217	0.2	28 DOM	0241	0.2
	0811	4.9		0819	5.1
	1434	0.5		1454	0.2
	2021	5.1		2032	5.2
13 SAB	0254	0.2			
	0847	4.9			
	1504	0.5			
	2051	5.0			
14 DOM	0323	0.4			
	0909	4.8			
	1538	0.7			
	2119	4.8			
15 SEG	0351	0.5			
	0934	4.7			
	1600	0.8			
	2143	4.6			
16 TER	0413	0.7			
	0954	4.6			
	1630	1.0			
	2215	4.4			

Março

	HORA	ALT (m)		HORA	ALT (m)
01 SEG	0317	0.1	17 QUA	0353	0.7
	0858	5.1		0930	4.7
	1538	0.2		1606	0.8
	2113	5.1		2154	4.5
02 TER	0358	0.2	18 QUI	0419	0.9
	0939	5.1		0954	4.5
	1613	0.3		1643	1.0
	2153	4.9		2230	4.2
03 QUA	0439	0.5	19 SEX	0454	1.2
	1017	4.9		1032	4.3
	1656	0.5		1717	1.2
	2238	4.7		2311	3.9
04 QUI	0511	0.7	20 SAB	0536	1.5
	1054	4.7		1117	4.1
	1739	0.7		1802	1.5
	2323	4.4			
05 SEX	0556	1.1	21 DOM	0004	3.7
	1145	4.5		0619	1.7
	1824	1.0		1215	3.9
				1858	1.6
06 SAB	0019	4.1	22 SEG	0113	3.6
	0647	1.4		0723	1.8
	1245	4.2		1330	3.8
	1926	1.3		2008	1.6
07 DOM	0134	3.8	23 TER	0238	3.6
	0758	1.7		0843	1.8
	1404	4.1		1447	4.0
	2056	1.4		2136	1.5
08 SEG	0317	3.8	24 QUA	0353	3.9
	0941	1.7		1002	1.5
	1541	4.1		1554	4.3
	2236	1.2		2253	1.1
09 TER	0449	4.0	25 QUI	0453	4.3
	1102	1.4		1109	1.1
	1700	4.4		1654	4.6
	2345	0.9		2353	0.8
10 QUA	0551	4.4	26 SEX	0545	4.6
	1202	1.0		1206	0.7
	1800	4.7		1751	4.9
11 QUI	0038	0.6	27 SAB	0047	0.4
	0639	4.7		0634	5.0
	1254	0.7		1300	0.4
	1849	4.9		1845	5.2
12 SEX	0117	0.4	28 DOM	0136	0.2
	0715	4.9		0719	5.2
	1336	0.5		1351	0.1
	1930	5.0		1936	5.3
13 SAB	0156	0.3	29 SEG	0215	0.1
	0753	5.0		0800	5.3
	1408	0.4		1438	0.0
	2000	5.0		2021	5.3
14 DOM	0230	0.3	30 TER	0300	0.0
	0821	5.0		0843	5.4
	1445	0.4		1517	-0.1
	2034	5.0		2102	5.2
15 SEG	0258	0.4	31 QUA	0343	0.2
	0845	4.9		0921	5.3
	1509	0.5		1558	0.0
	2056	4.8		2147	5.0
16 TER	0323	0.5			
	0906	4.8			
	1541	0.6			
	2126	4.7			

Abril

	HORA	ALT (m)		HORA	ALT (m)
01 QUI	0415	0.4	17 SAB	0436	1.2
	0958	5.1		1004	4.3
	1643	0.3		1658	1.1
	2226	4.7		2251	3.9
02 SEX	0458	0.7	18 DOM	0508	1.5
	1041	4.8		1047	4.1
	1719	0.6		1743	1.3
	2309	4.4		2341	3.7
03 SAB	0539	1.1	19 SEG	0556	1.7
	1128	4.5		1147	4.0
	1806	1.0		1832	1.5
04 DOM	0004	4.1	20 TER	0047	3.6
	0628	1.5		0656	1.8
	1230	4.2		1258	3.9
	1908	1.3		1939	1.6
05 SEG	0123	3.8	21 QUA	0202	3.7
	0747	1.8		0811	1.7
	1354	4.0		1413	4.0
	2045	1.5		2104	1.4
06 TER	0309	3.8	22 QUI	0319	4.0
	0936	1.7		0938	1.4
	1532	4.1		1528	4.3
	2215	1.3		2221	1.1
07 QUA	0432	4.0	23 SEX	0423	4.3
	1051	1.3		1045	1.0
	1645	4.3		1634	4.6
	2319	1.0		2323	0.8
08 QUI	0528	4.4	24 SAB	0517	4.7
	1145	1.0		1145	0.6
	1741	4.6		1734	4.9
09 SEX	0008	0.7	25 DOM	0015	0.5
	0611	4.6		0606	5.0
	1230	0.7		1239	0.3
	1826	4.8		1830	5.1
10 SAB	0053	0.6	26 SEG	0104	0.3
	0653	4.8		0654	5.3
	1306	0.5		1330	0.0
	1904	4.9		1919	5.3
11 DOM	0128	0.5	27 TER	0156	0.1
	0724	4.9		0741	5.4
	1349	0.4		1413	-0.1
	1941	4.9		2004	5.3
12 SEG	0200	0.5	28 QUA	0241	0.2
	0754	5.0		0823	5.4
	1417	0.4		1500	-0.2
	2009	4.9		2053	5.2
13 TER	0232	0.5	29 QUI	0319	0.3
	0817	4.9		0902	5.3
	1451	0.4		1547	0.0
	2041	4.8		2136	5.0
14 QUA	0258	0.6	30 SEX	0400	0.5
	0841	4.8		0947	5.1
	1519	0.5		1624	0.2
	2106	4.6		2215	4.7
15 QUI	0330	0.8			
	0904	4.7			
	1553	0.7			
	2139	4.4			
16 SEX	0358	1.0			
	0932	4.5			
	1623	0.9			
	2208	4.2			

DG6-58 — Original

a. Previsão diária das Marés

A seguir, são apresentados dois exemplos de emprego das Tábuas das Marés para a obtenção da previsão diária, conforme o extrato apresentado na Figura 10.12:

1. Qual a previsão de maré para Salinópolis, no dia 13 de março de 2021?

Solução:

13/MAR/2021 sábado Lua nova	BM	0156	0,3m
	PM	0753	5,0m
	BM	1408	0,4m
	PM	2000	5,0m

2. Qual a previsão de maré para Salinópolis, no dia 21 de março de 2021?

Solução:

21/MAR/2021 domingo Quarto crescente	PM	0004	3,7m
	BM	0619	1,7m
	PM	1215	3,9m
	BM	1858	1,6m

A análise dos dois exemplos acima permite:

a) identificar a maré de Salinópolis como semidiurna, caracterizada por uma curva aproximadamente senoidal, com duas preamares (PM) e duas baixa-mares (BM) por dia (cada evento de maré separado por cerca de 6 horas um do outro) e apresentando variações pequenas nas alturas das duas PM e das duas BM sucessivas.

b) verificar a diferença entre maré de sizígia e maré de quadratura. De fato, no dia 13 de março (Lua nova) observa-se uma maré de sizígia, com preamares (PM) bastante altas e baixa-mares (BM) muito baixas. A amplitude da maré no primeiro ciclo é de 4,7 metros e no segundo é de 4,6 metros. Por outro lado, no dia 21 de março (quarto crescente) tem-se maré de quadratura, com PM mais baixas e BM mais altas. Nessa data, a amplitude da maré é bem menor, sendo no primeiro ciclo 2,0 metros e no segundo ciclo 2,3 metros.

b. Determinação da altura da maré em um dado instante

O cálculo da altura da maré, para qualquer dos portos listados, em horário diferente do previsto para a preamar ou baixa-mar, irá exigir a utilização das Tabelas I e II ("Altura da maré em um dado instante"), reproduzidas na Figura 10.13.

A Tabela I tem como elementos de entrada a duração da maré (enchente ou vazante) e o intervalo de tempo entre o instante considerado e a preamar ou baixa-mar mais próxima. A sua saída, denominada centésimo, é um dos elementos de entrada para a Tabela II, onde o segundo elemento de entrada será a amplitude da maré em questão. A saída da Tabela II é a correção a ser aplicada à altura da baixa-mar ou preamar considerada, que permitirá conhecer a altura da maré no instante desejado.

Figura 10.13 – Altura da maré em um dado instante (Tabelas I e II)

Tabela I – Fração da amplitude expressa em centésimos, correspondente ao intervalo de tempo entre o instante considerado e a preamar ou baixa-mar mais próxima

Intervalo de tempo	Duração da enchente ou da vazante												
	h min 4 00	h min 4 20	h min 4 40	h min 5 00	h min 5 20	h min 5 40	h min 6 00	h min 6 20	h min 6 40	h min 7 00	h min 7 20	h min 7 40	h min 8 00
h m	c.	c.	c.	c.	c.	c.	c.	c.	c.	c.	c.	c.	c.
0 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
30	4	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
40	7	6	5	4	4	3	3	3	2	2	2	2	2
50	10	9	8	7	6	5	5	4	4	3	3	3	3
1 00	15	12	11	9	8	7	7	6	5	5	4	4	4
10	20	17	15	13	11	10	9	8	7	7	6	6	5
20	25	22	19	17	15	13	13	10	10	9	8	7	7
30	31	27	23	21	18	16	**15**	13	12	11	10	9	8
40	37	32	29	25	22	20	18	16	15	13	12	11	10
50	44	38	34	30	27	24	21	19	18	16	15	14	12
2 00	50	44	39	35	31	28	25	23	21	19	17	16	15
10		50	44	40	35	32	29	26	24	22	20	18	17
20			50	45	40	36	33	30	27	25	23	21	20
30				50	45	41	37	34	31	28	26	24	22
40					50	46	41	38	35	32	29	27	25
50						50	46	42	38	35	33	30	28
3 00							50	46	42	39	36	33	31
10								50	46	43	39	36	34
20									50	46	43	40	37
30										50	46	43	40
40											50	47	44
50												50	47
4 00													50

Tabela II — Correção à altura da preamar ou baixa-mar mais próxima, em função da fração da amplitude calculada com auxílio da Tabela I.

Fração da amplitude	Amplitude											
	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	12m
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
4	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5
6	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7
8	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
10	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
12	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,3
14	0,1	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,3	1,4	1,5	1,7
16	0,2	0,3	**0,5**	0,6	0,8	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,8	1,9
18	0,2	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2
20	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4
22	0,2	0,4	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6
24	0,2	0,5	0,7	1,0	1,2	1,4	1,7	1,9	2,2	2,4	2,6	2,9
26	0,3	0,5	0,8	1,0	1,3	1,6	1,8	2,1	2,3	2,6	2,9	3,1
28	0,3	0,6	0,8	1,1	1,4	1,7	2,0	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4
30	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6
32	0,3	0,6	1,0	1,3	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8
34	0,3	0,7	1,0	1,4	1,7	2,0	2,4	2,7	3,1	3,4	3,7	4,1
36	0,4	0,7	1,1	1,4	1,8	2,2	2,5	2,9	3,2	3,6	4,0	4,3
38	0,4	0,8	1,1	1,5	1,9	2,3	2,7	3,0	3,4	3,8	4,2	4,6
40	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6	4,0	4,4	4,8
42	0,4	0,8	1,3	1,7	2,1	2,5	2,9	3,4	3,8	4,2	4,6	5,0
44	0,4	0,9	1,3	1,8	2,2	2,6	3,1	3,5	4,0	4,4	4,8	5,3
46	0,5	0,9	1,4	1,8	2,3	2,8	3,2	3,7	4,1	4,6	5,1	5,5
48	0,5	1,0	1,4	1,9	2,4	2,9	3,4	3,8	4,3	4,8	5,3	5,8
50	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0

Embora as Tábuas das Marés sejam anuais, as Tabelas I e II são permanentes e podem ser utilizadas em qualquer dia de qualquer ano.

As Tabelas I e II foram confeccionadas para permitir a interpolação em curvas da maré que sejam sinusoidais. Assim, sua utilização exige os seguintes cuidados:

a) nos portos onde a curva da maré não é sinusoidal obtém-se resultado apenas aproximado, devendo o navegante, portanto, tomar certa precaução, dando uma margem de segurança igual a 10% da amplitude; e

b) na costa do Brasil, as Tabelas só devem ser usadas nos portos de Vitória (ES) para o Norte, onde a maré é predominantemente semidiurna.

A seguir, são apresentados dois exemplos de emprego das Tabelas I e II das Tábuas das Marés para a obtenção da previsão da maré para um dado instante:

1. Qual a altura da maré prevista no fundeadouro de Salinópolis, no dia 13 de março de 2021, às 1100?

Solução:

Da Tábua das Marés, tem-se:

Fund. de Salinópolis	BM	0156	0,3m
13/MAR/2021	PM	0753	5,0m
sábado	BM	1408	0,4m
Lua nova	PM	2000	5,0m

O comportamento da maré em Salinópolis pode ser visualizado na Figura 10.7, onde se constata que a sua curva é sinusoidal.

Às 1000 horas, a maré em Salinópolis estará vazando.

Para entrar na Tabela I:

Duração da vazante: 06h 15m ≅ 06h 20m

Intervalo de tempo (entre a PM de 0753 e 1000): 02h 07m ≅ 02h 10m

Dado de saída da Tabela I: 26 (fração da amplitude)

Para entrar na Tabela II:

Amplitude da maré no ciclo considerado: 4,6m ≅ 5m

Fração da amplitude (dada pela Tabela I): 26

Dado de saída da Tabela II: 1,3m (correção da altura)

Altura da maré em Salinópolis, dia 13/03/2021, às 1000 horas: 5,0 – 1,3 = 3,7 metros.

2. Determinar qual a maior e a menor profundidades previstas, no fundeadouro de Salinópolis, no dia 13 de março de 2021, em um ponto onde a profundidade cartografada (sondagem) é 8,5 metros.

Solução:

Para a maré prevista em Salinópolis, no dia 13/03/2021 (mostrada no exemplo anterior), pode-se afirmar que a maior profundidade ocorrerá nas preamares de 0753 e 2000 e que a menor profundidade ocorrerá na baixa-mar de 0156.

Lembrando que as profundidades lançadas nas cartas náuticas (sondagens) representam a distância vertical entre o nível de redução (NR) e o fundo do mar no local e que as alturas das marés representam cotas verticais cuja origem é, também, o NR, pode-se afirmar:

- Maior profundidade (0753 e 2000): 8,5 + 5,0 = 13,5 metros; e
- Menor profundidade (0156): 8,5 + 0,3 = 8,8 metros.

c. Previsão da maré para Portos Secundários

As Tábuas das Marés apresentam, ainda, uma Tabela, reproduzida na Figura 10.14, que permite obter a previsão das marés em dois portos secundários, Camocim (Ceará) e Barra do Rio São Francisco (Alagoas/Sergipe), em função da maré prevista para o porto de referência (Recife).

Figura 10.14 – Portos Secundários

Porto de Referência: Recife

Portos Secundáios	Latitude	Longitude	N.M. (m)	Carta nº	Correções			
					Preamar		Baixa-Mar	
					Instante h min	Altura	Instante h min	Altura
Camocim (Ceará)	02° 53' S	040° 50' W	1,82	601	+02 12	+0,8	+02 17	+0,2
Barra rio São Francisco (AL/SE)	10° 30',8 S	036° 24',2 W	0,80	1 002	- 00 43	- 0,3	- 00 50	+0,0

A tabela fornece as correções aditivas ou subtrativas que devem ser aplicadas às horas e às alturas da preamar e da baixa-mar no porto de referência (Recife), para obtenção dos elementos análogos dos portos secundários de Camocim e Barra do Rio São Francisco.

A seguir, são apresentados dois exemplos de emprego desta tabela para a obtenção da previsão da maré nos dois portos secundários mencionados:

1. Obter a previsão da maré para o porto de Camocim (CE), no dia 26/05/2021, sabendo-se que, para esta data, é a seguinte a maré prevista para Recife (porto de referência):

Recife	PM	0328	2,5m
26/MAI/2021	BM	0945	0,0m
Quarta-feira	PM	1558	2,5m
Lua cheia	BM	2209	0,2m

Solução:

A Tabela da Figura 10.14 fornece as seguintes correções para o porto de Camocim:

Correção PM (instante):	+ 02h 12m
Correção PM (altura):	+ 0,8m
Correção BM (instante):	+ 02h 17m
Correção BM (altura):	+ 0,2m

Combinando estas correções com a maré prevista para o porto de referência (Recife), obtém-se a previsão da maré para o porto secundário (Camocim):

Camocim			
26/05/2021	PM	0540	3,3m
	BM	1202	0,2m
	PM	1810	3,3m
27/05/2021	BM	0026	0,4m

2. Obter a previsão da maré para a Barra do Rio São Francisco, para o mesmo dia 26/05/2021.

Solução:

A Tabela da Figura 10.14 fornece as seguintes correções para a Barra do Rio São Francisco:

Correção PM (instante):	– 00h 43m
Correção PM (altura):	– 0,3m
Correção BM (instante):	– 00h 50m
Correção BM (altura):	0,0m

Combinando estas correções com a maré prevista para o porto de referência (Recife), conforme os dados de maré já apresentados no exemplo anterior, obtém-se a previsão da maré para o porto secundário (Barra do Rio São Francisco):

Barra do Rio São Francisco			
26/05/2021	PM	0245	2,2m
	BM	0855	0,0m
	PM	1515	2,2m
	BM	2119	0,2m

Os problemas de determinação da altura da maré num instante qualquer e de previsão da maré em portos secundários podem ser resolvidos com facilidade pela utilização do modelo mostrado na Figura 10.15.

Figura 10.15 – Modelo para cálculo da maré em um dado instante e para portos secundários

ALTURA DA MARÉ NUM DADO INSTANTE

Local _____ Hora _____ Data _____
Duração da enchente ou vazante: _____
Intervalo de tempo desde a maré mais próxima: _____
Tabela I (centésimos de amplitude) _____
Amplitude da maré: _____
Tabela II (correção da altura) _____
Altura da maré mais próxima: _____
Altura da maré às _____ : _____

PREVISÃO DE MARÉ EM PORTOS SECUNDÁRIOS

Porto secundário: _____ Data _____
Porto de referência: _____
Correção PM (Instante): _____
Correção PM (Altura): _____
Correção BM (Instante): _____
Correção BM (Altura): _____

PORTO DE REFERÊNCIA				PORTO SEGUNDÁRIO		
	HORA	ALTURA			HORA	ALTURA
PM				PM		
BM				BM		
PM				PM		
BM				BM		
PM				PM		
BM				BM		

10.1.10 Método Expedito de Previsão ou Método do Estabelecimento do Porto

A publicação DG6 "Tábuas das Marés" também aborda o Método Expedito de Previsão (ou Método do Estabelecimento do Porto), a ser usado para os locais onde não se tenham informações tabuladas de horários e alturas de PM e BM. O Método Expedito de Previsão deve ser utilizado em conjunto com o quadro de **Informações sobre a Maré** representado na carta náutica do local de interesse.

O quadro "Informações sobre a Maré" referente a um determinado local, a exemplo do contido na Figura 10.16 para o Porto de Suape, fornece os seguintes elementos, conforme já definidos nos subitens 10.1.6 e 10.1.7:

- **HWF&C** – Estabelecimento do Porto ou Estabelecimento Vulgar do Porto (*High Water Full and Change*);
- **MHWS** – Preamar média de sizígia (*Mean High Water Springs*);
- **MHWN** – Preamar média de quadratura (*Mean High Water Neaps*);
- **MLWN** – Baixa-mar média de quadratura (*Mean Low Water Neaps*);
- **MLWS** – Baixa-mar média de sizígia (*Mean Low Water Springs*); e
- **NM** ou **MSL** – Altura do nível médio do mar (*Mean Sea Level*) acima do Nível de Redução da carta em questão.

Na previsão da maré pelo Método Expedito de Previsão, é necessário determinar a hora da passagem meridiana da Lua, com dados obtidos no Almanaque Náutico (publicação DN5), o qual será apresentado no Volume II deste Manual (referente à Navegação Astronômica).

Figura 10.16 – Informações sobre a maré – Porto de Suape (Carta 906)

INFORMAÇÕES SOBRE A MARÉ

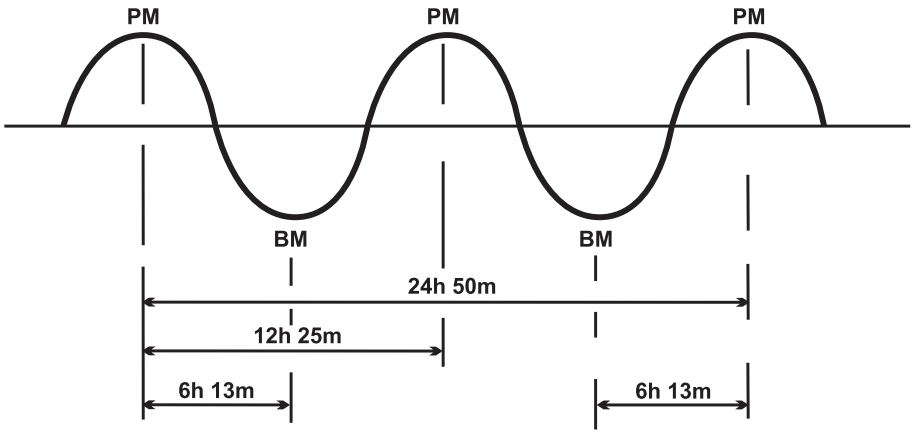
Lugar	Lat S	Long W	HWF&C	Alturas em metros acima do NR				
				MHWS	MHWN	MLWN	MLWS	MSL
Porto de Suape	8°24'	34°58'	3h56min	2,3	1,7	0,8	0,2	1,2

O Método Expedito de Previsão (ou do Estabelecimento do Porto) adota os seguintes conceitos e suposições básicas:

a) a hora da preamar de sizígia é o resultado da soma entre a hora da passagem da Lua pelo meridiano superior do local e o Estabelecimento do Porto naquele local;

b) o dia lunar dura 24 horas e 50 minutos; sendo assim, o intervalo entre duas preamares será 12 horas e 25 minutos e entre uma PM e a BM consecutiva o intervalo será de 6 horas e 13 minutos (assim também como entre uma BM e a PM seguinte), conforme mostrado na Figura 10.17;

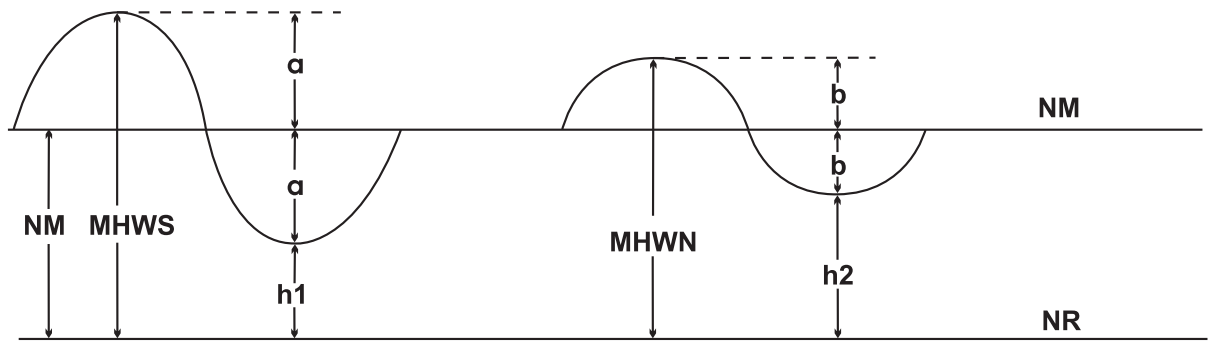
Figura 10.17 – Método Expedito de Previsão: Comportamento adotado para a variação da maré



c) considerando a duração de uma lunação (intervalo de tempo entre duas conjunções ou oposições da Lua), pode-se admitir que o intervalo de tempo entre duas marés de sizígia sucessivas é de 14 dias e o intervalo entre uma maré de sizígia e a maré de quadratura seguinte é de 7 dias; e

d) as preamares (PM) e baixa-mares (BM) são simétricas em relação ao Nível Médio, conforme apresentado na Figura 10.18.

Figura 10.18 – Método Expedito de Previsão: Simetria das PM e das BM



No Método Expedito de Previsão, supõe-se que (ver a Figura 10.18):

a) em **sizígias**:

MHWS – NM = a (cota da PM de sizígia acima do NM)

NM – a = h_1 (altura da BM de sizígia)

b) em **quadraturas**:

MHWN – NM = b (cota da PM de quadratura acima do NM)

NM – b = h_2 (altura da BM de quadratura)

O exemplo a seguir ilustra o emprego do Método Expedito de Previsão:

Exemplo:

Obter, pelo Método Expedito de Previsão (ou Método de Estabelecimento do Porto), a maré prevista no porto de Suape (PE), no dia 21 de julho de 2021.

Solução:

1. Cálculo da hora da passagem da Lua pelo meridiano do local e dos horários das PM:

O Almanaque Náutico, para 2021, fornece as informações sobre a passagem meridiana da Lua em Greenwich para os dias 21 a 23 de julho.

Hora Média Local da Passagem Meridiana da Lua em Greenwich		
DIA	**SUPERIOR**	**INFERIOR**
21/JUL/2021	21h 59min	09h 27min
22/JUL/2021	23h 02min	10h 31min
DIFERENÇA	63min	64min

Das páginas amarelas do referido Almanaque obtém-se:

- da Tábua II – "Interpolação das Horas da Passagem Meridiana da Lua para a Longitude" (página xxxii) – a correção a ser aplicada. Entra-se com a Longitude de Suape arredondada ao grau (λ = 035° W) e com o valor médio das diferenças entre as passagens meridianas superior e inferior consecutivas (Δ = 63 min). O valor encontrado para a correção é de 6 minutos;

- da página i – "Conversão de Arco em Tempo" – retira-se o valor da Longitude em tempo para Suape: Longitude = 034° 58'W = 02h 19min 52s, valor que é arredondado para 02h 20min;

Fuso horário de Suape = + 3h;

No quadro de informações sobre a maré de Suape (Figura 10.16) encontra-se o valor do Estabelecimento do Porto (HWF&C) = 03h 56min;

Com os dados obtidos, pode-se calcular os instantes das preamares para o dia considerado (21/JUL/2021):

	Passagem superior	**Passagem inferior**
HML (Lua) em Greenwich	21h 59min	09h 27min
Correção	+ 6min	+ 6min
HML Pmd (Lua) no Local	22h 05min	09h 33min
Longitude do Local	+ 02h 20min	+ 02h 20min
HMG Pmd (Lua) no Local	00h 25min	11h 53min
– Fuso	– 03h 00min	– 03h 00min
Hleg Pmd (Lua) no Local	21h 25min	08h 53min
HWF&C	+ 03h 56min	+ 03h 56min
Horário da Preamar	01h 21min	12h 49min
Data	22/JUL/2021	21/JUL/2021

2. Cálculo das alturas das PM (hPM)

A Tabela de Fases da Lua existente no final da publicação DG6 "Tábuas das Marés", reproduzida na Figura 10.19, fornece os seguintes dados:

- Lua em Quarto Crescente: 17/JUL/2021; e
- Lua Cheia: 24/JUL/2021.

Assim, a data de interesse (21/JUL/2021) está entre uma quadratura (17/JUL) e uma sizígia (24/JUL).

O quadro de "Informações sobre a Maré" para Suape apresenta os seguintes dados:

- em sizígia: MHWS = 2,3m; e
- em quadratura: MHWN = 1,70m.

Faz-se, então: MHWS – MHWN = 2,3 – 1,7 = 0,6m.

Figura 10.19 – Tábuas das Marés: fases da Lua (2021)

LUA NOVA				QUARTO CRESCENTE				LUA CHEIA				QUARTO MINGUANTE			
	d	h	min		d	h	min		d	h	min		d	h	min
												Jan	6	09	37
Jan	13	05	00	Jan	20	21	02	Jan	28	19	16	Fev	4	17	37
Fev	11	19	06	Fev	19	18	47	Fev	27	08	17	Mar	6	01	30
Mar	13	10	21	Mar	21	14	40	Mar	28	18	48	Abr	4	10	02
Abr	12	02	31	Abr	20	06	59	Abr	27	03	32	Mai	3	19	50
Mai	11	19	00	Mai	19	19	13	Mai	26	11	14	Jun	2	07	24
Jun	10	10	53	Jun	18	03	54	Jun	24	18	40	Jul	1	21	11
Jul	10	01	17	Jul	17	10	11	Jul	24	02	37	Jul	31	13	16
Ago	8	13	50	Ago	15	15	20	Ago	22	12	02	Ago	30	07	13
Set	7	00	52	Set	13	20	39	Set	20	23	55	Set	29	01	57
Out	6	11	05	Out	13	03	25	Out	20	14	57	Out	28	20	05
Nov	4	21	15	Nov	11	12	46	Nov	19	08	57	Nov	27	12	28
Dez	4	07	43	Dez	11	01	36	Dez	19	04	35	Dez	27	02	24

Pode-se, então, por simples interpolação linear, obter a altura aproximada das PM no dia 21/JUL:

7 dias (quadratura – sizígia)	→	+ 0,6m
4 dias x (quadratura – data de interesse)	→	X
→ X = 0,6 x (4/7) m = 0,34m ≈ 0,3m		
hPM (21/JUL) = 1,7m (MHWN) + 0,3m = 2,0m		

3. Cálculo das horas das BM:

Conforme visto, o Método Expedito de Previsão considera que o intervalo de tempo entre uma PM e a BM consecutiva (ou anterior) é de 06h 13min (1/4 de 1 dia lunar) e o intervalo entre duas BM é de 12h 25min.

Assim:

PM:	12h 49min
intervalo (PM-BM):	– 06h 13min
1ª BM:	06h 36min
intervalo (1ªBM-2ªBM):	+ 12h 25min
2ª BM:	19h 01min

4. Cálculo das alturas das BM (hBM)

O Método Expedito de Previsão supõe que as PM e as BM são simétricas em relação ao Nível Médio (NM). O quadro de Informações sobre a Maré para Suape permite obter a cota do NM (MSL) sobre o Nível de Redução: 1,2.

Assim, tem-se:

hPM =	2,0m
NM =	– 1,2m
cota da PM acima do NM =	0,8m

Então, pode-se calcular:

NM =	1,2m
cota da PM acima do NM =	– 0,8m
hBM =	0,4m

5. Desta forma, a maré prevista para Suape, obtida pelo Método Expedito de Previsão (ou Método do Estabelecimento do Porto), para o dia 21/JUL/2021, será:

PM	0023	2,0m
BM	0636	0,4m
PM	1249	2,0m
BM	1901	0,4m
(22/JUL) PM	0121	2,0m

Como forma de avaliar a precisão, a confiança e as limitações do Método Expedito de Previsão, apresenta-se a previsão de marés para Suape, para 21/JUL/2021, obtida das Tábuas das Marés:

PM	0117	2,1m
BM	0736	0,4m
PM	1351	2,1m
BM	2000	0,4m
(22/JUL) PM	0213	2,2m

Pode-se constatar que os resultados encontrados pelo Método Expedito de Previsão (ou Método do Estabelecimento do Porto) são razoavelmente precisos, para fins de navegação, quando não se dispõem dos dados de previsão fornecidos nas "Tábuas das Marés".

São pertinentes as seguintes observações finais sobre este assunto:

a) em virtude dos conceitos e suposições básicas adotadas, o Método do Estabelecimento do Porto só deve ser empregado nos locais onde a maré for semidiurna, não se aplicando às marés de desigualdades diurnas, mistas e diurnas. Na costa do Brasil, bons resultados são encontrados do porto de Vitória (ES) para o Norte; e

b) além de servirem para emprego com o Método Expedito de Previsão, os dados dos quadros de Informações sobre a Maré apresentados nas cartas náuticas proporcionam uma boa ideia das características da maré nos locais a que se referem, dando noção da amplitude da maré em sizígia e em quadratura e fornecendo a cota do Nível Médio acima do Nível de Redução.

10.1.11 Notas finais sobre previsão de marés e utilização das Tábuas das Marés

a. Fatores meteorológicos, principalmente o vento, podem causar a elevação ou o abaixamento do nível do mar e o atraso ou o adiantamento dos instantes de ocorrência das preamares ou baixa-mares. Nestas condições, as preamares e as baixa-mares poderão ser mais altas ou mais baixas do que as alturas previstas nas tábuas. Tais fenômenos são frequentes nos portos ao sul de Cabo Frio (RJ), sendo aconselhável a consulta, por parte dos navegantes, às informações contidas nos Roteiros Costa Leste e Costa Sul.

b. Em caso de ocorrência de discrepâncias significativas entre a previsão e a observação, o navegante deve comunicar à Diretoria de Hidrografia e Navegação, informando, se possível, os valores das diferenças, em hora e altura da maré (ou amplitude), acompanhados de um relato sobre as condições meteorológicas reinantes, em especial o vento (direção e velocidade). Tais informações são importantes para correção e aprimoramento das Tábuas das Marés.

c. É importante ressaltar que as horas das preamares (PM) e baixa-mares (BM) informadas nas Tábuas das Marés são horas legais do fuso horário padrão dos portos ou locais a que se referem as previsões. Se estiver em vigor horário de verão, deve ser somada uma hora aos valores de tempo constantes das Tábuas, para transformá-los de hora legal padrão em hora de verão.

10.2 CORRENTES DE MARÉ

10.2.1 Gênese das Correntes de Maré

Ao estudar-se a ação dos componentes das forças geradoras da maré, verifica-se que aquelas forças acarretam preliminarmente o movimento horizontal da massa líquida (corrente de maré), do qual resulta o movimento vertical do nível do mar, ou seja, a maré. Assim, é necessário compreender a coexistência das marés e das correntes de maré, como efeitos de uma mesma causa.

É importante para o navegante ser capaz de prever a direção e a velocidade da corrente de maré em qualquer instante e levar em conta o seu efeito sobre o movimento do navio. Normalmente, nas entradas dos portos nos quais a ação direta das forças astronômicas é desprezível, a corrente de maré é o resultado da diferença de nível entre o oceano e o interior do porto. Assim, o fluxo e o refluxo são caracterizados por uma corrente axial alternativa, segundo o eixo do canal. Se o porto fica situado no interior de um longo canal, como no caso de Santana (AP), no braço Norte do Rio Amazonas, a corrente de maré será também axial alternativa, com velocidade máxima para dentro na preamar, máxima para fora na baixa-mar e nula quando a maré atinge o nível médio. No exemplo, haverá uma forte corrente permanente para fora, devido à formidável descarga do Rio Amazonas.

No oceano aberto, as correntes de maré têm um caráter rotatório, em virtude da interação entre as forças astronômicas e a influência da rotação terrestre. De fato, o Efeito de Coriolis, devido à rotação da Terra, tende a desviar as correntes de maré para a direita no Hemisfério Norte e para a esquerda no Hemisfério Sul, concorrendo, juntamente com as próprias forças astronômicas, para a gênese de correntes rotatórias. O efeito de Coriolis (ou efeito giroscópico) poderá reforçar ou reduzir o efeito das forças astronômicas.

Dada a afinidade entre a maré e a corrente de maré para um determinado porto, é possível relacionar a velocidade e a direção da corrente de maré às horas da preamar e baixa-mar no porto.

Conforme já mencionado, o conhecimento antecipado das correntes de maré é de grande valia, não só para o planejamento da derrota em águas restritas, mas também para seleção dos horários mais favoráveis às manobras, escolha do bordo de atracação e velocidades com que o navio deve evoluir.

Informações sobre as correntes de maré podem ser obtidas em Cartas de Correntes de Maré, preparadas para cada um dos principais portos, e também em tabelas ou notas inseridas em algumas Cartas Náuticas.

10.2.2 Cartas de Correntes de Maré

Apesar da denominação, as Cartas de Correntes de Maré são, na realidade, publicações preparadas especificamente para determinados portos. Normalmente, são iniciadas por uma página com as instruções para uso, seguida de um exemplo e de uma coletânea de pequenas cartas do porto, onde aparecem setas indicadoras das direções e números que representam as velocidades das correntes de maré, referidas à hora da preamar (PM).

Atualmente, existem Cartas de Correntes de Maré publicadas para os seguintes locais:

- Rio Amazonas – da Barra Norte ao Porto de Santana;
- Rio Pará – de Salinópolis a Belém;
- Proximidades da Baía de São Marcos e Portos de São Luís e Itaqui;
- Portos de Itapessoca e de Luís Correia;
- Porto de Natal;
- Porto de Salvador;
- Porto de Madre de Deus;
- Porto de Vitória;
- Baía de Guanabara;
- Porto de Santos; e
- Porto de Paranaguá.

As Cartas de Correntes de Maré, impressas em papel, podem ser adquiridas no Posto de Vendas da EMGEPRON, situado na Base de Hidrografia da Marinha em Niterói (BHMN); ou na página de comércio eletrônico: http://www.cartasnauticasbrasil.com.br.

As mesmas Cartas de Correntes de Maré, em meio digital, podem ser obtidas no sítio do Centro de Hidrografia da Marinha (CHM), por meio do seguinte endereço eletrônico: https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-segnav-publicacoes/cartas-de-correntes-de-mare.

10.2.3 Utilização das Cartas de Correntes de Maré

A utilização das Cartas de Correntes de Maré será explicada através do exemplo abaixo:

Determinar o **rumo** e a **velocidade** da corrente de maré na barra da Baía de Guanabara (na altura da Ilha de Cotunduba), no dia 09/JUL/2021, às 1200P, sabendo-se que a maré prevista para a data em questão é a seguinte:

Baía de Guanabara (Porto do Rio de Janeiro)			
09/07/2021 Lua Nova	PM	0156	1.1m
	BM	0854	0.1m
	PM	1454	1.2m
	BM	2121	0.4m

Solução:

Conforme mencionado, a seleção da carta a ser utilizada é feita tendo-se em conta a diferença em horas entre o instante considerado e o da preamar prevista mais próxima.

Neste caso:

Instante considerado: 1200

Preamar prevista: 1454

Diferença: 0254 (valor que é arredondado para 3 horas)

Portanto, será selecionada a carta correspondente a 3 HORAS ANTES DA PREAMAR, que está reproduzida na Figura 10.19.

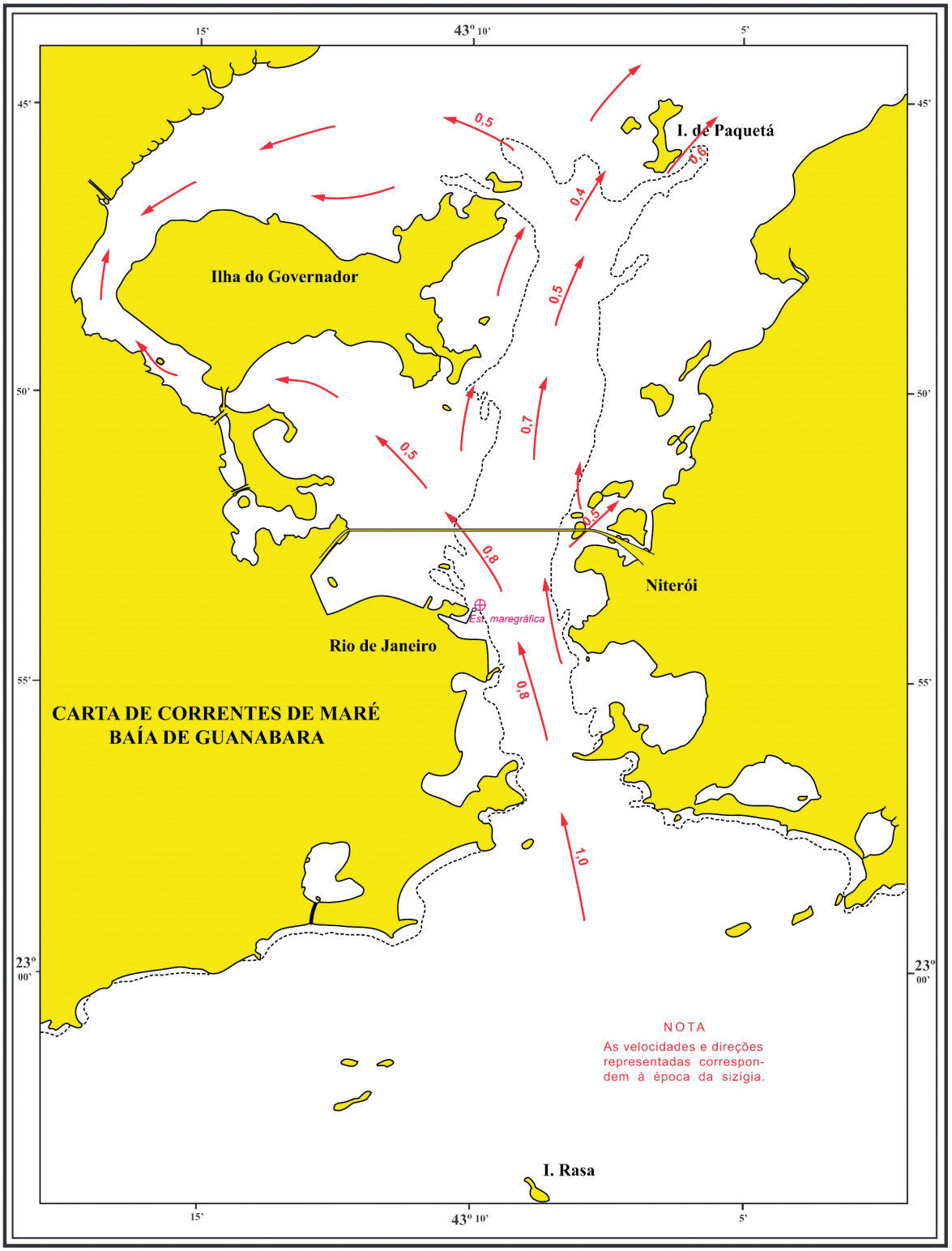
Nessa carta obtém-se, para a barra da Baía de Guanabara:

Rumo da corrente de maré: 345° (NNW) – enchendo

Velocidade da corrente de maré: 1,0 nó

Conforme explicado em nota na Carta de Correntes de Maré (ver a Figura 10.20), as velocidades representadas correspondem à época de sizígia, como é o caso do presente exemplo (09/JUL/2021 – Lua Nova). Em outras situações (porquanto as cartas espelham apenas as condições médias de sizígia), se for desejável maior precisão, as velocidades representadas nas cartas devem ser multiplicadas por um fator de correção retirado de um ábaco existente no início das Cartas de Correntes de Maré, tendo-se como elementos de entrada o intervalo de tempo entre a preamar e a baixa-mar (ou vice-versa) e a amplitude da maré prevista. Não há qualquer correção a ser aplicada às direções representadas nas Cartas de Correntes de Maré.

Figura 10.20 – Carta de Correntes de Maré - Baía de Guanabara - 3 Horas Antes da Preamar



3 HORAS ANTES DA PREAMAR

10.2.4 Correntes de Maré obtidas por Modelagem Numérica

As cartas de corrente de maré são o resultado de uma compilação de dados observacionais (coletados por meio de correntômetros), numa época em que os recursos tecnológicos e computacionais eram bastante limitados, quando comparados aos disponíveis atualmente.

Em virtude do aumento exponencial dos recursos computacionais, verificou-se a necessidade de atualização e modernização da metodologia aplicada, a fim de se aproveitarem os benefícios da ferramenta da modelagem numérica. Dessa forma, é possível combinar a coleta de dados de maré in situ com o modelo numérico de correntes de maré, tendo como resultado uma carta de correntes de maré mais robusta e detalhada.

A metodologia em questão funciona da seguinte forma:

a) Utilização de um modelo numérico hidrodinâmico, capaz de resolver as equações do movimento para fluidos em rotação;

b) Modelos numéricos necessitam da inserção de condições iniciais e condições de contorno (terra, mar e fundo) para que os mesmos possam iniciar seus cálculos matemáticos. Essas condições estão relacionadas com os efeitos de fundo, a batimetria, a elevação da maré nos contornos do modelo, entre outros;

c) É necessário estabelecer a malha do modelo, que representa os locais onde serão realizados os cálculos das equações matemáticas para movimento dos fluidos;

d) De posse das informações listadas anteriormente, é conduzida uma simulação numérica por um período estabelecido (pelo menos um ano), onde o modelo gera resultados de elevação do nível do mar e de correntes para cada nó da malha. Para estudos de maré, deve-se utilizar uma periodicidade horária para a saída dos resultados do modelo;

e) De modo a validar o modelo, seus resultados devem ser confrontados com amostragens *in situ* de elevação do nível do mar e de correntes;

f) A partir das séries temporais horárias de velocidade zonal (Leste-Oeste) e de velocidade meridional (Norte-Sul) em cada nó da malha, é conduzida uma análise harmônica;

g) É determinada, para cada nó de cálculo, a lista de componentes harmônicas relevantes, assim como suas respectivas amplitudes e fases;

h) De posse dos valores das componentes harmônicas das correntes de maré em cada ponto da grade, é possível prever as correntes para um tempo futuro, seguindo-se o mesmo procedimento realizado com a maré astronômica; e

i) Por fim, o valor predito em cada ponto é igual à somatória do efeito individual de cada uma das componentes relevantes para aquele nó, considerando-se suas respectivas frequências, amplitudes e fases, assim como correções nodais aplicáveis.

É importante salientar que este tipo de metodologia considera apenas efeitos referentes à maré astronômica, desconsiderando o efeito do vento, das marés meteorológicas, e da circulação por diferença de densidade.

Com base nessa metodologia, a equipe da Rede de Modelagem e Observação Oceanográfica (REMO), constituída por meio de um termo de cooperação entre o Centro de Hidrografia da Marinha (CHM) e a Petrobras, desenvolveu o Sistema de Previsão de Correntes de Maré em

Águas Rasas (SISCORAR), lançado em 2018, o qual consiste em um aplicativo capaz de prever a magnitude e o sentido da corrente gerada pela maré astronômica em águas rasas, utilizando modelagem numérica, permitindo ao usuário acesso aos dados de correntes de maré de forma interativa, intuitiva e amigável.

Em 28 de setembro de 2020 foi lançada a versão 2.0 do SISCORAR que, além das previsões para a Baía de Guanabara, contidas na primeira versão, inclui a Baía de Sepetiba, ambas localizadas no Estado do Rio de Janeiro. Com essa versão, foi também lançado um aplicativo para uso em telefones celulares e *tablets*, além da versão original para *desktop*.

O aplicativo móvel SISCORAR (versão 2.0) trouxe diversas inovações, tais como:

- Utilização de forma totalmente *off-line*;
- Geração de previsões horárias para qualquer data passada ou futura;
- Modo de visualização diurno e noturno;
- Opção de exibição das correntes como vetores estáticos ou linhas de fluxo em movimento;
- Ajuste da velocidade de exibição das correntes;
- Ajuste da espessura das correntes em movimento; e
- Exibição da posição geográfica utilizando o GPS do dispositivo.

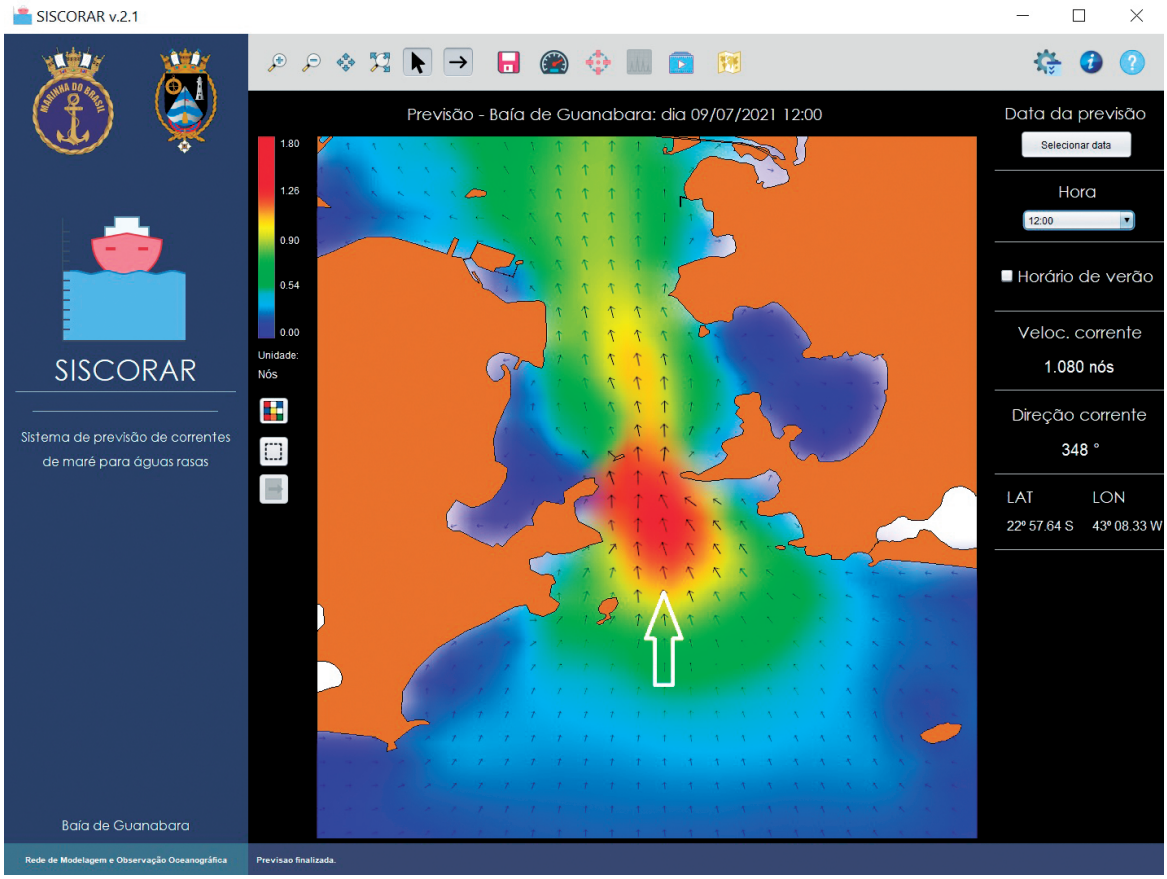
O *download* da versão 2.0 do SISCORAR pode ser feito mediante acesso ao sítio do CHM, no seguinte endereço eletrônico: https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-smm/corrente-de-mare.

No mesmo endereço é possível fazer o download do "Manual do Usuário" e da "Referência Técnica: metodologia, especificações e limitações".

A título de comparação, a Figura 10.21 apresenta a previsão no SISCORAR 2.0 da direção e intensidade da corrente de maré para as condições requeridas no exemplo contido no subitem anterior, quais sejam: Baía de Guanabara (na altura da Ilha de Cotunduba), no dia 09/JUL/2021, às 1200P. A ponta da seta branca, traçada na figura, indica o local para os quais as previsões de direção (348º) e de intensidade da corrente de maré (1,080 nó) foram calculados. É interessante observar que os valores informados pela Carta de Correntes de Maré (345º e 1,0 nó) estão muito próximos dos valores obtidos no SISCORAR.

No entanto, caso se desejasse a previsão para um pouco mais adentro da baía (por exemplo, través do Pão de Açúcar), poder-se-ia perceber que, em razão da grade de cores usada para a intensidade da corrente, a corrente medida no centro da área "vermelha" poderia prever valores acima de 1,5 nó, enquanto, pela Carta de Correntes, ela se manteria na ordem de 1,0 nó. Quanto à direção da corrente, ela pouco se modificaria na área central da entrada da barra da Baía de Guanabara.

Figura 10.21 – SISCORAR – Baía de Guanabara – 09/JUL/2021 às 1200P (3 horas antes da Preamar)



10.2.5 Informações sobre Correntes de Maré apresentadas nas Cartas Náuticas

Além das Cartas de Correntes de Maré, algumas cartas náuticas apresentam, também, informações sobre correntes de maré, conforme mostrado na Figura 10.22, referente à Carta 316 – De Mosqueiro a Belém.

Essas informações, usadas para o planejamento, devem ser sempre verificadas e, se necessário, corrigidas durante a navegação, pela comparação das posições observadas e estimadas, pelo deslocamento de objetos que boiam, pela posição de embarcações fundeadas, pela observação de bóias, etc.

Figura 10.22 – Informações sobre Correntes de Maré – Carta 316 – De Mosqueiro a Belém

Correntes de maré referidas à HW de Belém

Horas		Posição geográfica				E 1°10',80S 48°28',80W			F 1°24',50S 48°30',20W		
			Direção da corrente (graus)	Velocidade das marés de sizígia (nós)	Velocidade das marés de quadratura (nós)						
Antes da Preamar	6					-6	357	2,0 1,3	020	1,7 1,1	
	5					-5	011	0,6 0,4	020	1,4 0,9	
	4					-4	162	1,2 0,8	055	0,3 0,2	
	3					-3	172	3,5 2,3	185	1,5 1,0	
	2					-2	173	5,2 3,4	192	2,5 1,6	
	1					-1	172	2,6 1,7	197	2,9 1,9	
Preamar						0	168	1,5 0,9	203	1,9 1,2	
Depois da Preamar	1					+1	146	0,2 0,1	205	0,9 0,6	
	2					+2	337	1,5 0,9	015	0,4 0,3	
	3					+3	340	2,1 1,4	008	1,9 1,2	
	4					+4	349	2,4 1,6	016	2,6 1,7	
	5					+5	354	2,5 1,6	017	2,2 1,4	
	6					+6	355	2,2 1,4	019	1,8 1,2	

10.2.6 Notas Finais sobre Correntes de Maré

Tal como no caso da previsão de marés, é conveniente frisar que algumas condições meteorológicas anormais, especialmente ventos fortes e persistentes, podem modificar substancialmente as informações indicadas nas Cartas de Correntes de Maré.

Ademais, conforme chama a atenção nota inserida na publicação DG6 – Tábuas das Marés, as horas das preamares (PM) e baixa-mares (BM) tabuladas nem sempre coincidem com os instantes em que a corrente de maré inverte sua direção.

10.3 CORRENTES OCEÂNICAS

10.3.1 A Circulação Geral dos Oceanos

Conforme apresentado em capítulos anteriores, o conhecimento dos elementos da corrente (R_{cor} e vel_{cor}) é importante para o navegante, tanto na fase de planejamento como na fase de execução da derrota.

As correntes oceânicas são causadas pelo aquecimento desigual de diferentes pontos da Terra pela radiação solar e pelos grandes sistemas de vento daí resultantes. Dito de outra maneira, a circulação geral das águas dos oceanos responde aos efeitos dos processos que alteram a distribuição de massa no mar e à ação dos ventos sobre a superfície das águas.

Os processos que alteram a distribuição de massa no mar são o aquecimento, o resfriamento, a concentração e a diluição das águas. Esses processos, em conjunto, se denominam processos termohalinos, pois afetam a densidade, atuando sobre a temperatura e a salinidade.

Para efeitos de estudo, e que será adotado neste manual, a circulação geral dos oceanos pode ser dividida em circulação termohalina e circulação gerada pelo vento.

10.3.2 Circulação Termohalina

Circulação termohalina é o deslocamento das massas oceânicas causado pelas variações da densidade da água do mar.

Esta circulação, como seu próprio nome indica, é gerada pelas variações de temperatura e salinidade, de um ponto para outro dos oceanos. Sendo a densidade função da temperatura e da salinidade da água do mar, é ela, na verdade, que determina o surgimento e permanência deste tipo de circulação.

Para melhor compreender a circulação termohalina, pode-se fazer uma analogia com um tanque que estivesse cheio de água relativamente fria. Ao se aquecer a superfície de um dos extremos desse tanque, a água se expandiria e seu nível na extremidade aquecida ficaria ligeiramente mais elevado que o extremo oposto. A água superficial aquecida escorreria para a outra extremidade do tanque, por cima da água que não havia sido aquecida e que, portanto, estaria mais fria e com nível mais baixo.

No entanto, a experiência acima indicada ainda não constitui, exatamente, o exemplo de uma circulação termohalina. Era esta, na verdade, a concepção adotada pelos primeiros teóricos que desejaram explicar a circulação termohalina: os oceanos seriam aquecidos nas proximidades do Equador e a água escorreria para o Norte e para o Sul na direção do Polos. Hoje, sabe-se que, embora a diferença de aquecimento entre o Equador e os Polos possa ter um efeito semelhante, isto não tem grande significação, sendo de menor importância na circulação oceânica.

A circulação acima descrita seria puramente uma circulação térmica e operaria na Terra da seguinte maneira: se a superfície do mar fosse aquecida em uma parte e resfriada em outra, seria estabelecida uma circulação de origem térmica desde a região que havia sido aquecida para a de águas de menor temperatura, em um movimento horizontal. Ademais, a água que sairia da zona de maior temperatura seria substituída por água que ascenderia desde uma certa profundidade, com o que seria estabelecida uma circulação vertical, que se fecharia, no fundo, com um fluxo da água que havia sido resfriada, na direção da que foi aquecida.

Assim sendo, na Terra, o superaquecimento na região equatorial é apenas um dos aspectos do balanço térmico, sendo também característica do balanço térmico a perda de energia dos oceanos, nas altas latitudes, onde, com as perdas de calor que ali se processam, há um resfriamento da camada superficial e, consequentemente, a diminuição de sua temperatura. A diminuição de temperatura, por sua vez, provoca um efetivo aumento da densidade da água, o que resulta em um afundamento da massa de densidade elevada, para maiores profundidades.

A circulação termohalina tem como origem, portanto, o aumento da densidade da água superficial, aumento esse que pode verificar-se de duas maneiras: termicamente, por resfriamento da camada superficial, ou indiretamente, quando se dá a congelação: a salinidade da água residual cresce, aumentando também sua densidade.

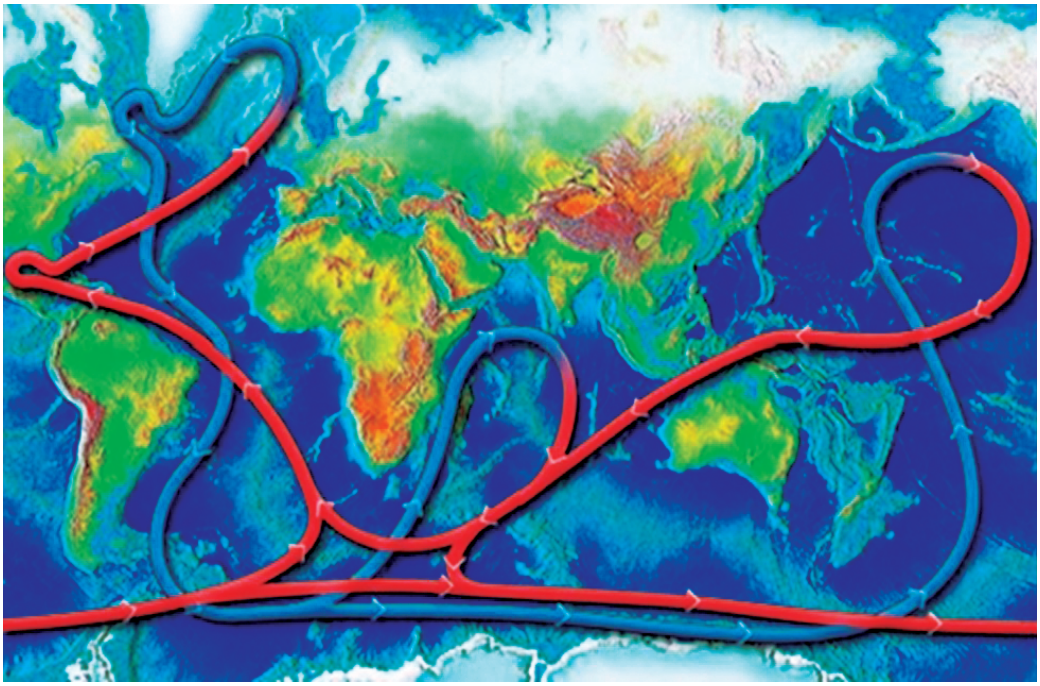
O primeiro processo (resfriamento no inverno) é o principal responsável pela imersão da água superficial no Atlântico Norte. Já no Oceano Austral, o segundo processo (congelação) é o mais importante (observa-se que o gelo do mar não é totalmente puro, pois consegue reter alguns sais; no entanto, é bem menos salgado que a água residual).

Poder-se-ia esperar que o efeito da evaporação, ao provocar um aumento de salinidade, provocasse também, nas regiões tropicais, um aumento de densidade. Isso não acontece, pois a mesma radiação solar que originou a evaporação, origina também forte aquecimento superficial, fazendo a densidade diminuir, sobrepujando o efeito de crescimento pelo aumento da salinidade.

Assim, em última instância, a circulação termohalina é provocada pela radiação solar, que, gerando um aquecimento desigual dos oceanos, segundo a região geográfica, estabelece variações na densidade, ocasionando o mergulho das águas mais densas.

Uma das características mais importantes da circulação termohalina é a que se refere ao padrão típico de seus deslocamentos. A circulação termohalina surge como um fluxo vertical, quando a água mais densa afunda até profundidades médias, ou mesmo até o fundo. Em seguida, ela prossegue como um fluxo horizontal, percorrendo grandes distâncias. A Figura 10.23 apresenta um esquema dessa circulação de massas de água global (*Global Conveyor Belt*).

Figura 10.23 – Circulação termohalina



Este aspecto a diferencia da circulação pelo efeito do vento, que, como será visto no item seguinte, é uma circulação eminentemente horizontal.

10.3.3 Circulação pelo Efeito do Vento

Como visto no item anterior, a circulação termohalina é provocada pela radiação solar que ocasiona um aquecimento desigual dos oceanos, estabelecendo variações na densidade do mar em diferentes regiões geográficas, ocasionando o mergulho das águas mais densas.

Da mesma forma, a circulação pelo efeito do vento é, em última análise, originada pela radiação solar. Neste tipo de circulação, entretanto, a radiação solar atua indiretamente, ao provocar o aquecimento desigual da atmosfera.

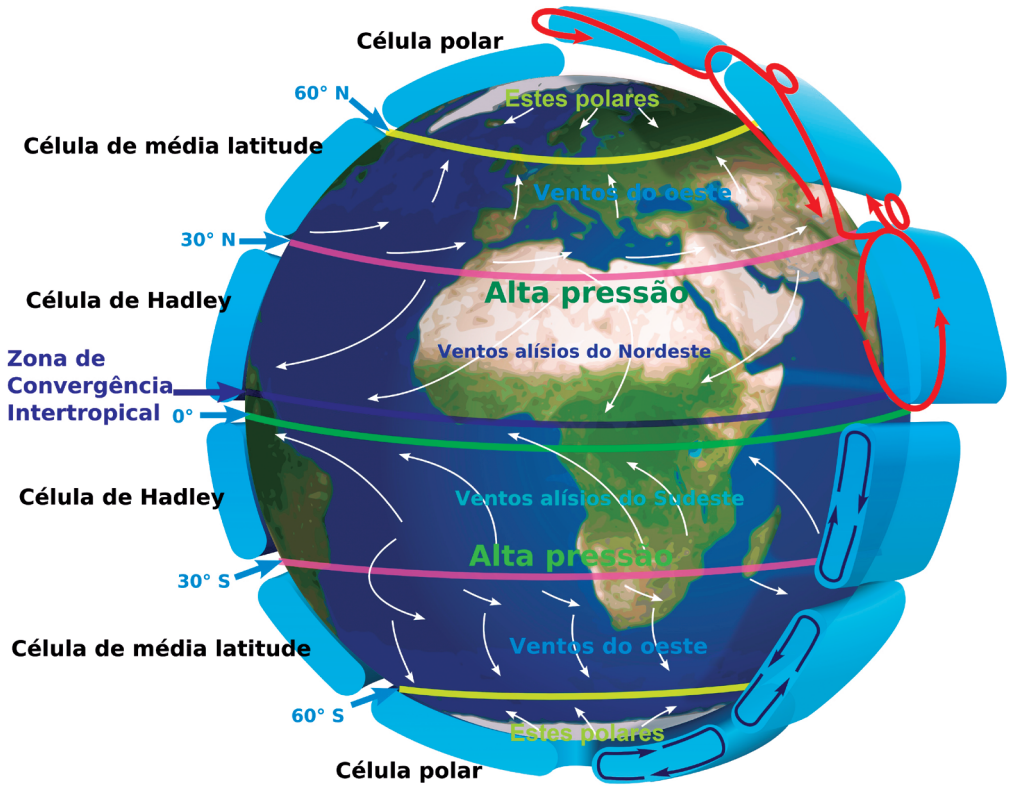
O aquecimento desigual da atmosfera origina os grandes sistemas de ventos, que fluem de áreas mais densas para outras menos densas.

Os ventos efetuam o "acoplamento" da atmosfera com os oceanos. Soprando sobre os mares, vão provocar, por meio do atrito, o arrastamento das águas superficiais, dando origem ao surgimento de uma circulação típica.

Ao contrário da circulação termohalina, a circulação produzida pelos ventos é eminentemente horizontal e está limitada apenas às primeiras centenas de metros de profundidade. Os movimentos termohalinos são dominantes nas águas profundas e os movimentos gerados pelos ventos dominam a circulação na camada superficial, que é a de maior interesse para a navegação.

A energia do Sol, absorvida pela Terra, aquece o ar contíguo, estabelecendo a grande circulação atmosférica, ascendente pela parte aquecida e descendente pelos lados mais frios. Os grandes sistemas de ventos daí resultantes são mostrados na Figura 10.24.

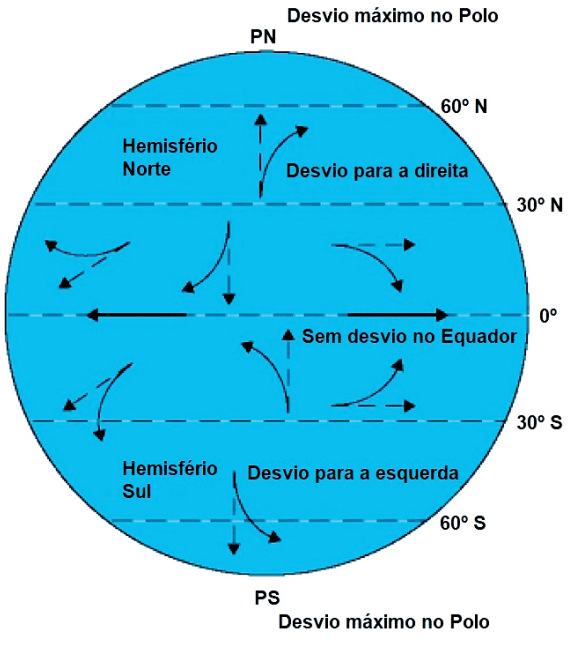
Figura 10.24 – Circulação Básica da Atmosfera e os Grandes Sistemas de Vento



O ar fortemente aquecido nas regiões equatoriais torna-se mais leve e ascende, criando na zona tórrida um cinturão de baixas pressões atmosféricas, denominado **Zona de Convergência Intertropical**, ou **ITCZ** (*Inter Tropical Convergence Zone*), para onde flui na superfície o ar, tanto do Hemisfério Norte como do Hemisfério Sul.

Estes fluxos, afetados pelo Efeito de Coriolis, que causa um desvio para a direita, no Hemisfério Norte, e para a esquerda no Hemisfério Sul, como apresentado na Figura 10.25, constituem os grandes ventos alísios, denominados de **Alísios de NE**, no Hemisfério Norte, e de **Alísios de SE**, no Hemisfério Sul.

Figura 10.25 – Efeito de Coriolis



O ar aquecido na zona tórrida desloca-se em altitude para regiões mais afastadas do Equador e passa a resfriar-se, com aumento da densidade. Na altura das latitudes de 30° N e 30° S, o aumento da densidade é tal que o ar mergulha, originando, nessas regiões, zonas permanentes de altas pressões atmosféricas, denominadas **Cinturões de Alta Subtropical** (Cinturões de Alta Pressão).

Dessas zonas de alta pressão, o ar flui tanto para a zona equatorial (ventos Alísios),

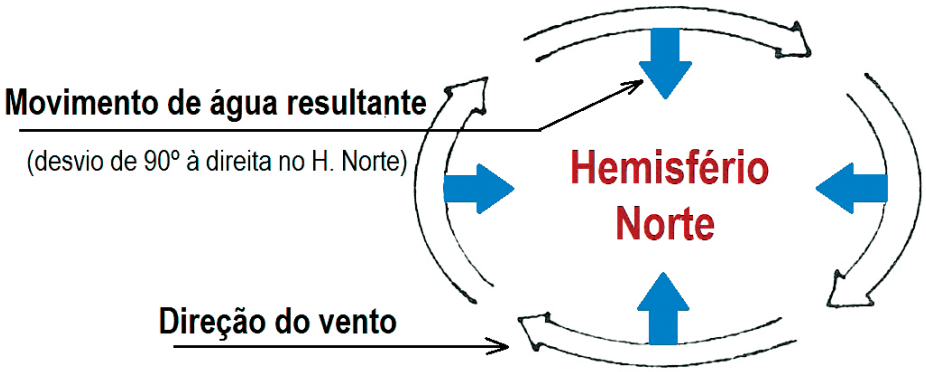
como para zonas de baixa pressão situadas em latitudes mais altas. Novamente em virtude do Efeito de Coriolis, os ventos resultantes em ambos os hemisférios sopram da direção geral Oeste (W), sendo as áreas em que atuam, então, denominadas de **Cinturões de Vento do Oeste** (Oestes Prevalecentes).

Os Polos constituem regiões de altas pressões atmosféricas (Altas Polares), de onde flui o ar para regiões menos frias. Ainda por causa do Efeito de Coriolis, os ventos que sopram dos Polos para uma região de baixas pressões na altura da latitude de 60° N e 60° S fluem da direção geral Leste, sendo, então, denominados **Estes Polares.** A zona de baixa pressão acima citada é conhecida como Frente Polar.

A ação desses grandes sistemas de vento sobre os oceanos causa uma circulação predominantemente superficial e eminentemente horizontal. O vento, soprando sobre a superfície do mar, põe a água em movimento, em consequência do efeito de fricção no meio fluido (arrastamento sobre as camadas superficiais do mar). A direção do movimento da água no oceano não é aquela do vento. Como visto, a rotação da Terra origina a força de Coriolis, que atua sobre as correntes geradas pelo vento na camada superficial, movem-se para a esquerda do vento, no Hemisfério Sul, e para a direita, no Hemisfério Norte. Este desvio de águas superficiais e de blocos de gelo, que percorrem vastas distâncias, representam um papel importante na formação das correntes oceânicas. A intensidade do desvio depende da velocidade da partícula e de sua latitude, sendo nula no Equador e máxima nos Polos. Uma partícula em repouso não é afetada e tampouco uma partícula que se move exatamente na direção Leste-Oeste no Equador.

A ação do vento significa, também, um transporte da água da superfície, 90° para a direita, no Hemisfério Norte, e 90° para a esquerda, no Hemisfério Sul, em relação à direção para a qual sopra o vento (Figura 10.26).

Figura 10.26 – Transporte da água da superfície



10.3.4 Efeito Combinado da Circulação Termohalina e da Circulação Gerada pelo Vento: Correntes Oceânicas

As correntes oceânicas constituem, portanto, o resultado do efeito combinado dos ventos e das variações de densidade. Nos dois casos, os deslocamentos prosseguem muito além da região de origem. Isto obriga, mesmo quando se deseja estudar apenas uma área limitada, a estender o estudo por regiões mais distantes e ampliar o campo das observações.

Os fluxos gerados por estes fenômenos (ventos e variações de densidade da água do mar) são, ainda, modificados pela rotação da Terra (que os desvia), pela fricção interna do líquido (que os amortece) e pelos acidentes geográficos e topografia do fundo (que restringem seu desenvolvimento).

As circulações das grandes áreas oceânicas mostram semelhanças notáveis. Na camada superior, existe circulação no sentido dos ponteiros do relógio (dextrogiro), tanto no Atlântico Norte como no Pacífico Norte; e no sentido oposto (sinistrogiro) no Atlântico Sul, Pacífico Sul e Índico Sul (Figura 10.27).

O padrão básico das correntes oceânicas é um sistema quase fechado chamado "Giro". Cada oceano apresenta um grande "giro de correntes" centrado aproximadamente nas regiões subtropicais (cerca de 30° N e 30° S) de ambos os Hemisférios. No oceano Subpolar Ártico há um giro de corrente, de sentido oposto ao do Atlântico e Pacífico Norte, centrado aproximadamente entre os 50° N e 60° N. No Hemisfério Sul, a grande Corrente de Deriva Ocidental ou Corrente Circumpolar Antártica, que circunda a Antártida, também é um giro subpolar que põe em comunicação os sistemas de correntes de cada um dos três oceanos. Não há dúvida que a continuidade e a simplicidade aparente da Corrente Circumpolar Antártica se devem à quase ausência de barreiras terrestres nessas Latitudes. A Figura 10.28 apresenta um esquema dos principais giros de correntes oceânicos, acima mencionados.

No Atlântico Norte e Pacífico Norte, um traço muito notável é a presença de correntes mais estreitas e rápidas no lado Oeste do que no lado Leste, o que é denominado "intensificação das correntes a oeste". É o caso das correntes de Kuro Shio e do Golfo (Figura 10.27), onde as águas avançam de 25 a 60 milhas por dia.

O mesmo fenômeno ocorre no Atlântico Sul, no Pacífico Sul e no Índico Sul. Entretanto, a Corrente do Brasil e a Corrente do Leste da Austrália não são tão notáveis como as do Hemisfério Norte. Ademais, no Pacífico Sul, a Oeste, a circulação se apresenta complexa e a intensidade pouco definida.

As correntes limítrofes orientais, como a da Califórnia, no Pacífico Norte, e a das Canárias, no Atlântico Norte, são sensivelmente mais fracas que as ocidentais, com cerca de 2 a 4 milhas por dia.

Na região equatorial dos três oceanos existe um sistema de correntes semelhante: uma Corrente Sul-Equatorial fluindo para Oeste sobre o Equador, ou um pouco ao sul, e uma Corrente Norte-Equatorial, na mesma direção, mais ao norte. No Pacífico, as duas correntes (Norte-Equatorial e Sul-Equatorial) são separadas por uma Contracorrente Equatorial, fluindo para Leste, de um lado a outro do oceano. No Atlântico, essa Contracorrente só é importante na parte Leste (Corrente da Guiné). No Índico, as três correntes clássicas só aparecem durante certa época do ano, em função do regime das monções conforme será adiante explicado.

Os Sistemas de Correntes Equatoriais, também chamados "espinha dorsal da circulação", levam os estudiosos a acreditar que os grandes "Giros" ao norte e ao sul são propulsados principalmente pelos ventos Alísios.

Figura 10.27 – Principais Correntes Oceânicas Superficiais

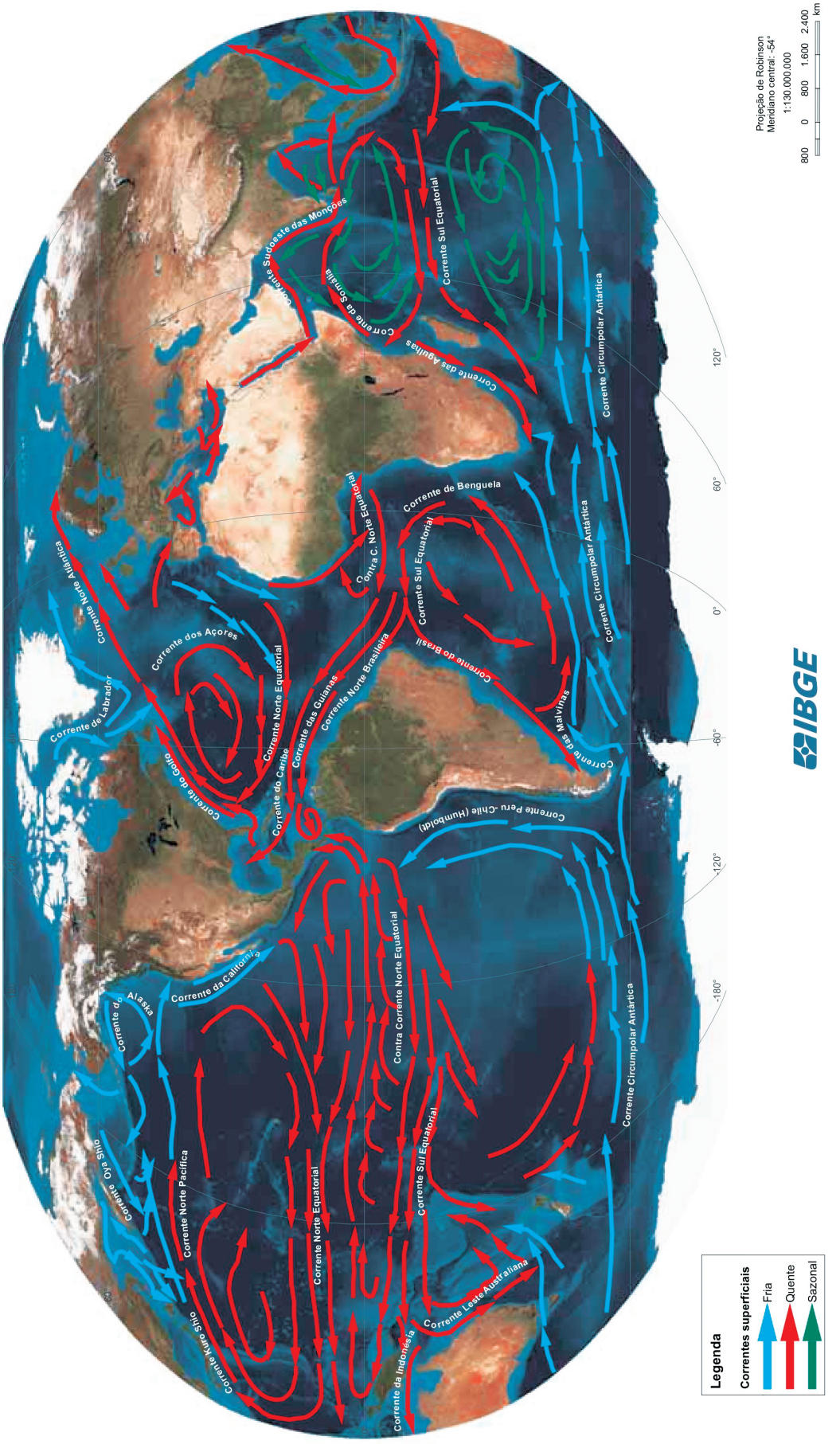
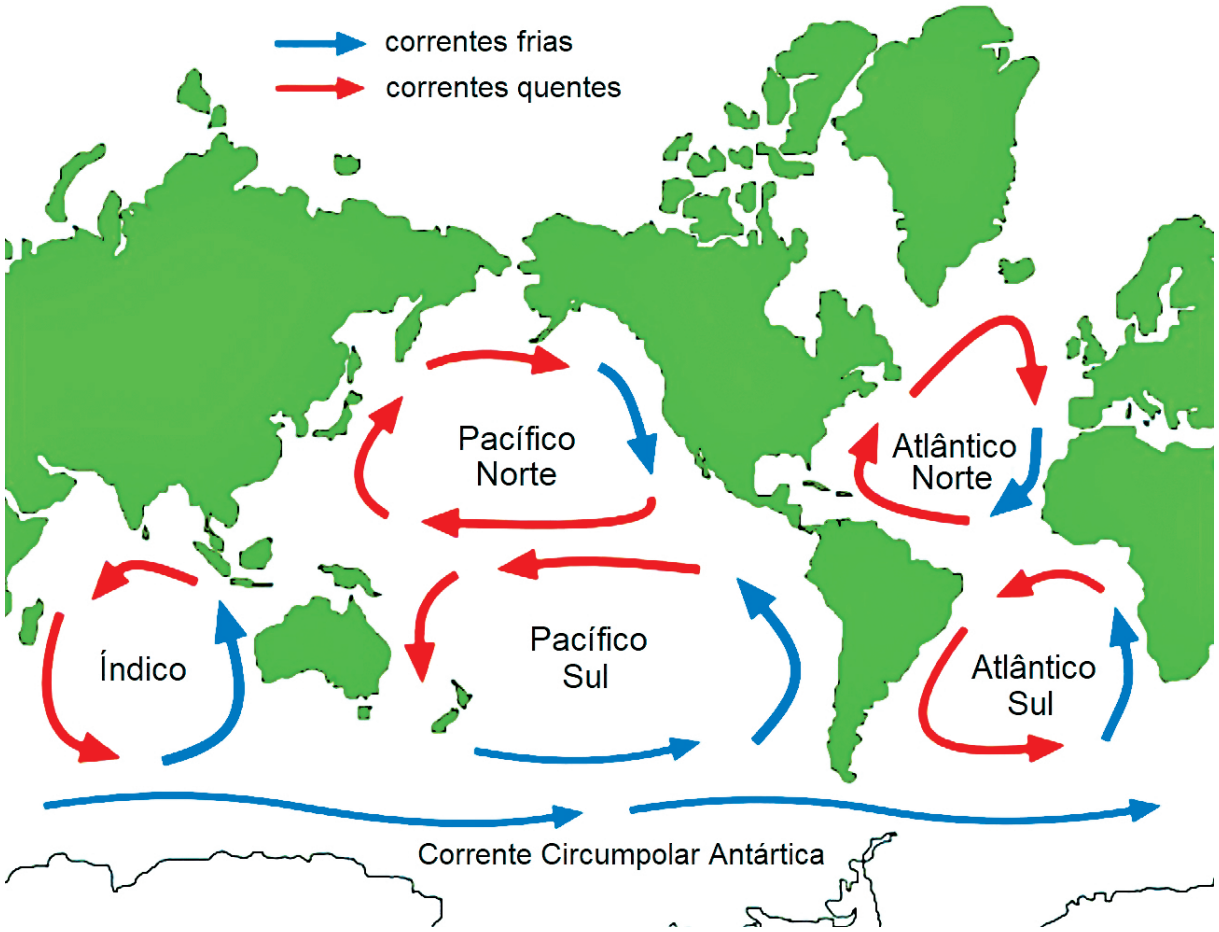


Figura 10.28 – Principais Giros de Correntes Oceânicos



10.3.5 Principais Correntes Oceânicas

a. Circulação Superficial no Oceano Atlântico

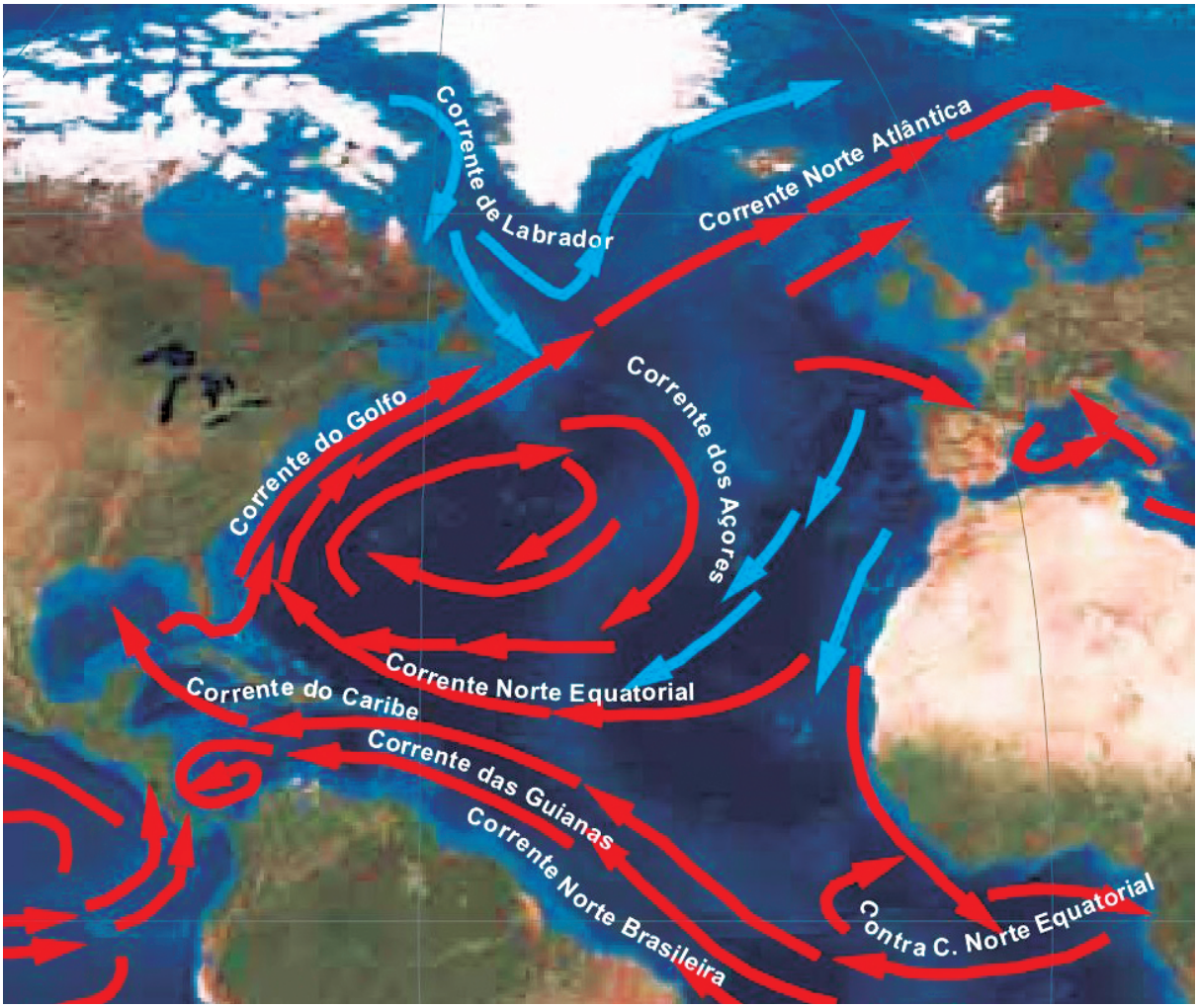
Na representação esquemática das correntes superficiais no Oceano Atlântico (Figura 10.27), pode-se observar a existência de duas grandes circulações: uma no Atlântico Norte e outra no Atlântico Sul.

A circulação no Hemisfério Norte apresenta sentido dos ponteiros de um relógio e no Hemisfério Sul acontece exatamente o oposto.

A circulação no Atlântico Norte está dominada pela Corrente Norte Equatorial e pelo sistema da Corrente do Golfo, conforme pode ser melhor observada na Figura 10.29.

A Corrente Norte Equatorial origina-se no Norte do Arquipélago de Cabo Verde e flui para Oeste, na região dos ventos Alísios de NE, com uma velocidade média de cerca de 0,7 nós alimentada pela corrente que, ao largo da costa da África, flui com direção SSW (Corrente das Canárias). Unindo-se do lado ocidental a um ramo da Corrente Sul Equatorial que cruza o Equador e dirige-se ao Caribe, com o nome de Corrente das Guianas (ou Corrente Norte Brasileira), torna-se a Corrente do Caribe.

Figura 10.29 – Correntes Oceânicas Superficiais do Atlântico Norte



O sistema da Corrente do Golfo começa com a junção da corrente que atravessa o Estreito de Yucatan e da Corrente das Antilhas e compreende o transporte de água para o Norte e Leste, desde o Estreito da Flórida, com os diversos ramos e giros do Atlântico Norte-Oriental, estando formado pela Corrente da Flórida, a Corrente do Golfo e a Corrente do Atlântico Norte.

A Corrente da Flórida se estende para o Norte desde o Estreito da Flórida, pela Corrente das Antilhas, sendo sua velocidade no Estreito da Flórida maior que 1,6 m/s (3 nós) na superfície, como resultado da diferença de nível que existe entre as águas do Golfo do México e as da costa atlântica dos Estado Unidos, devido provavelmente aos efeitos dos ventos Alísios.

A Corrente do Golfo constitui a parte central do sistema e flui para o Norte e depois para Nordeste ao longo da costa dos Estados Unidos, até o Cabo Hatteras, de onde se afasta da costa no rumo aproximado NE, até cerca da Latitude 45° N, Longitude 045° W, onde começa a ramificar-se. A Corrente do Golfo é muito bem definida e relativamente estreita (por isso, já foi chamada de "um rio dentro do mar"), apresentando uma velocidade na superfície de 1,2 a 1,4 m/s (2,3 a 2,7 nós).

A Corrente do Atlântico Norte inflete para Leste como continuação da Corrente do Golfo, na altura da Latitude 45º N, fechando o "giro da corrente" do Atlântico Norte. Um ramo da

Corrente do Atlântico Norte flui na direção geral Nordeste, dividindo-se posteriormente em Corrente da Noruega (ou deriva do Atlântico Norte) e Corrente de Irminger.

A Corrente da Noruega dirige-se para o Mar da Noruega e depois para o Ártico, bifurcando-se, por sua vez, em dois ramos, um que banha as costas Norte e Oeste do Spitzbergen e outro que entra no Mar de Barents. A Corrente da Noruega tem uma importância fundamental, tornando o clima no Norte da Europa e na Escandinávia muito menos frio que o clima das regiões de mesma Latitude do outro lado do Oceano (Groenlândia e Norte do Canadá), banhadas por correntes frias.

A Corrente de Irminger flui para Oeste, pelo Sul da Islândia.

Proveniente do Ártico, flui na direção Sul, ao largo da costa Leste groenlandesa, a Corrente Oriental da Groenlândia, de águas frias. A Oeste da Groenlândia, a Corrente Ocidental da Groenlândia, de águas relativamente mais quentes, corre para o Norte, entrando na Baía de Baffin, quando suas águas se resfriam e retornam para o Sul, em conjunto com outras águas árticas, como a Corrente do Labrador, de águas frias, que circula para o Sul, ao largo da costa americana.

Os giros de corrente do Atlântico Norte e do Atlântico Sul são separados por uma Contracorrente Equatorial, que corre para Leste e se une a uma corrente que banha a costa da África, desde o Cabo Verde para o Sul e Leste, penetrando no Golfo da Guiné (sendo, por isso, denominada Corrente da Guiné).

Esta Contracorrente Equatorial é mantida em circulação na região das calmas equatoriais devido ao maior nível da superfície do Atlântico Equatorial na parte ocidental do oceano, em virtude do empilhamento de água originado pelos ventos Alísios.

A circulação superficial no Atlântico Sul está compreendida entre a Zona Equatorial e a Convergência Subtropical. Recebe variadas denominações, segundo a região geográfica por ela percorrida, conforme apresentada na Figura 10.30.

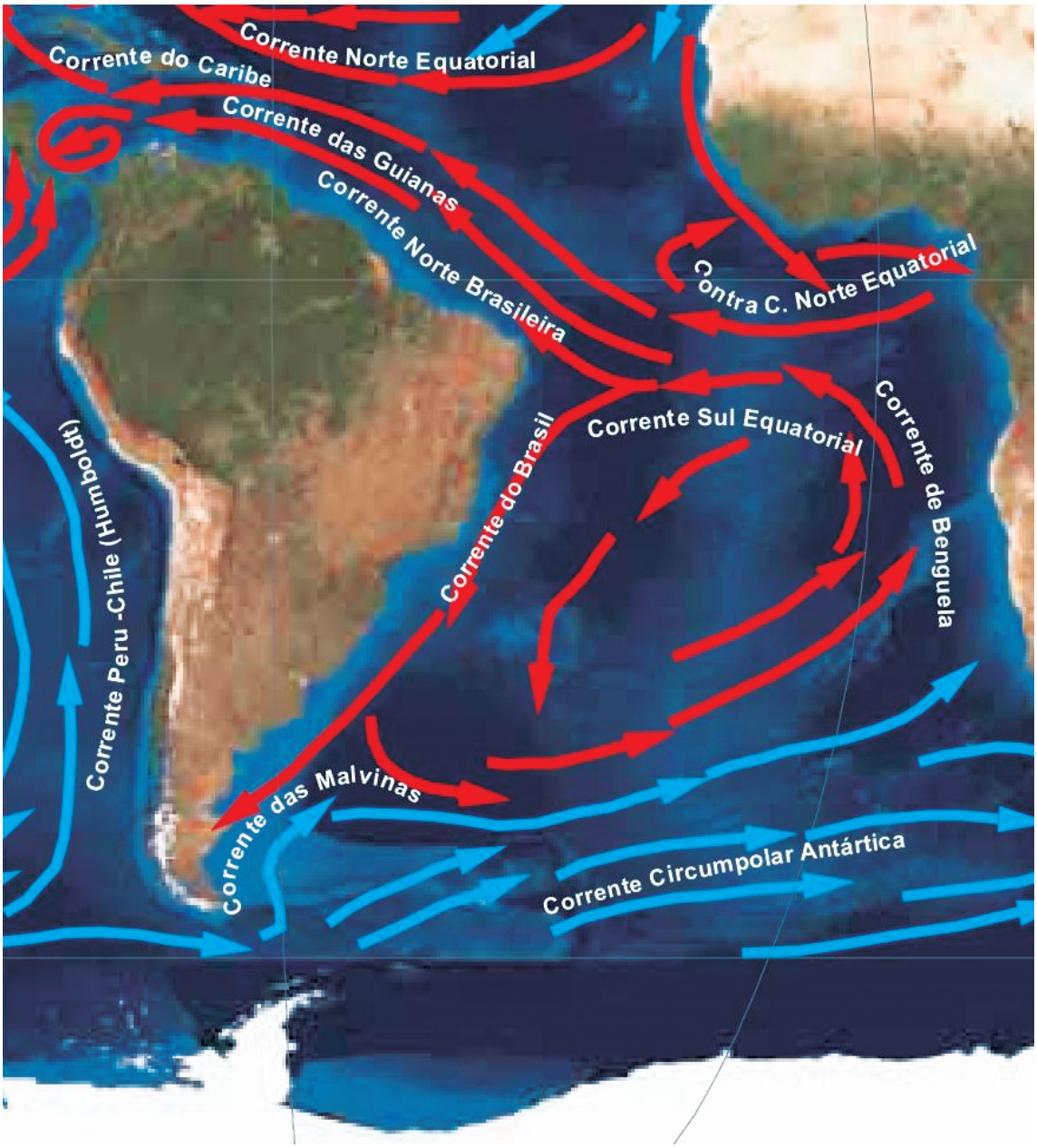
A ação dos ventos Alísios de Sudeste é a principal responsável pelo Giro Sul-Atlântico. Por atrito, os ventos impulsionam as águas para Oeste, formando a Corrente Sul Equatorial. Embora uma parcela desta corrente passe para o Hemisfério Norte, com o nome de Corrente das Guianas (ou Corrente Norte Brasileira), o grosso inflete para o sul e segue em uma direção aproximadamente longitudinal (Norte-Sul), até uma latitude de cerca de 40° S. Quando ela começa a seguir seu rumo longitudinal, toma o nome de Corrente do Brasil, que em alguns aspectos, se parece com a Corrente do Golfo.

Ao Sul do continente sul-americano, a Corrente do Brasil inflete para Leste, como parte da Corrente Sul-Atlântica e da Deriva do Vento Oeste (Corrente Circumpolar Antártica), e suas águas atravessam o Atlântico até a África. Junto à costa africana, volta-se para o Norte, indo constituir a Corrente de Benguela.

Uma das características da Corrente do Brasil é ser uma corrente quente e salina, pois provém das regiões equatorial e tropical. Já a Corrente de Benguela é fria e menos salina, devido à contribuição das águas da região subantártica.

Por vezes, embora não constituam propriamente correntes, podemos encontrar alguns setores mais frios e menos salinos, em latitudes relativamente mais baixas, nas proximidades do litoral brasileiro. Tais setores correspondem a afloramentos de água subsuperficial proveniente da Antártida e são bem caracterizados no verão, na região próxima ao Cabo Frio.

Figura 10.30 – Correntes Oceânicas Superficiais do Atlântico Sul

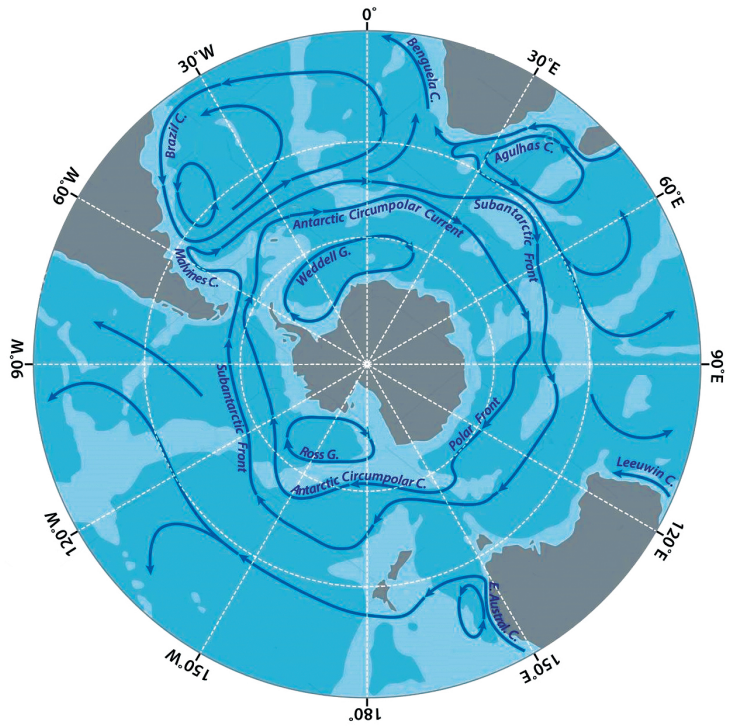


b. Circulação Geral na Antártica

Ao redor de todo o continente antártico circula a Deriva do Vento Oeste ou Corrente Circumpolar Antártica, na direção geral Leste (Figura 10.31), apresentando desvios associados às características geográficas e à topografia do fundo.

A Corrente Circumpolar Antártica é formada pelos fortes ventos de Oeste que predominam na região e também por diferenças de densidade da água do mar. Parte desta Corrente curva-se para o Norte para formar a Corrente do Cabo Horn e a Corrente das Malvinas (Falklands), além de contribuir para a Corrente de Benguela, no Atlântico; a Corrente do Peru (Humboldt), no Pacífico; e a Corrente Oeste da Austrália, no Oceano Índico.

Figura 10.31 – Oceano Austral: Circulação Geral e Convergências Antártica e Subtropical



Junto à costa da Antártica, a corrente flui na direção oposta, isto é, para Oeste, em consonância com os ventos predominantes de Leste. Nos mares de Weddell e de Ross, duas grandes reentrâncias do continente antártico, a circulação das águas é no sentido dos ponteiros do relógio.

Um dos fenômenos mais característicos existentes nos mares austrais é o das convergências – zonas para onde correm as águas que circundam a massa continental da Antártida, mergulhando a grandes profundidades, nas quais prosseguirão em seu lento caminhar para o Norte. É de grande importância conhecer as características básicas da circulação antártica, pois as mesmas massas de água existentes nessa região prolongam-se, em profundidade, penetrando no Oceano Atlântico, conduzindo os mesmos valores (ou quase os mesmos, conforme a distância) de propriedades adquiridas à superfície, na região antártica.

A temperatura das águas situadas em torno do continente antártico é muito baixa: cerca de 0° C, e mesmo inferior a este valor (em certas regiões a temperatura atinge o valor de congelamento da água à salinidade de 34,5%: – 1,9° C). À medida que nos afastamos da Antártida, a temperatura dessas águas, constantemente sujeitas aos ventos que ocasionam a Corrente Circumpolar Antártica, vai aumentando paulatinamente, até atingir um valor próximo de 2° C. De repente, a temperatura aumenta bruscamente para 3° C.

Na região, ou faixa, ao redor de todo o continente antártico, em que a água sofre esse brusco aumento de temperatura, está localizada a Convergência Antártica. Aí, as águas, que ao Sul da Convergência moviam-se para o Norte, mergulham e prosseguem em seu caminho na mesma direção. A Convergência Antártica localiza-se, principalmente, entre 60° e 50° de Latitude Sul, no Oceano Atlântico.

A partir dessa região, para o Norte, a temperatura da água volta a subir lentamente. Da mesma forma, as águas da Corrente Circumpolar Antártica continuam a circular e, a cerca de 40° de Latitude Sul, observa-se um novo aumento brusco de temperatura, mais nítido que o correspondente à Convergência Antártica, com variação da ordem de 4° C. Esta é a região correspondente à Convergência Subtropical. Como na Convergência Antártica, as águas convergem, afundam e continuam em direção ao Norte. É nos mares austrais que se forma grande parte das massas de água que vão compor a estratificação do Oceano Atlântico (no Ártico também são "produzidas" massas de água que contribuem para essa estratificação). É através dos "mecanismos" colocados em funcionamento pelas Convergências Antártica e Subtropical que aquela contribuição se verifica. As duas Convergências separam as águas superficiais em duas zonas que guardam valores distintos de propriedades da água do mar. A zona que

vai do continente antártico à Convergência Antártica é denominada Zona Antártica. A Zona Subantártica estende-se entre as duas Convergências.

Na Zona Antártica, a temperatura do mar à superfície varia entre –1,9° C e 1° C no inverno, e de –1° C a 4° C no verão. Na Zona Subantártica varia entre 4° C e 10° C no inverno, podendo alcançar 14° C no verão.

c. Correntes do Mediterrâneo e do Mar Negro

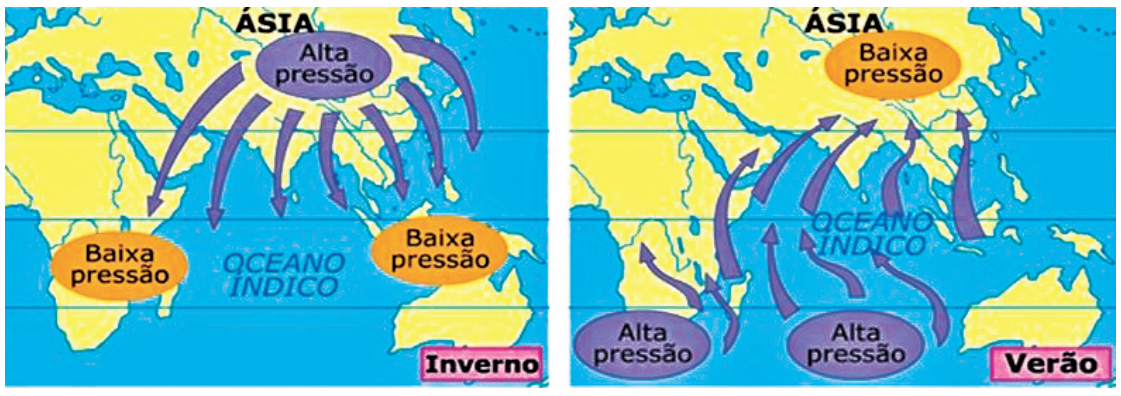
Pelo Estreito de Gibraltar penetra no Mediterrâneo uma corrente de superfície, que costeia o norte da África e que, ao chegar na altura da Sicília, bifurca-se. Um ramo desloca-se para a esquerda, banha a costa norte dessa ilha, a costa oeste da Itália e as costas da França e Espanha, terminando em um grande giro a Oeste da Sardenha e de Córsega, rodeando as Ilhas Baleares.

O outro ramo desta corrente segue pelas costas do Egito e da Ásia Menor, pela costa oriental da Grécia, passa junto ao Peloponeso e bifurca-se novamente, com um ramo na direção do Adriático e outro que gira para o Sul e Sudeste, para unir-se à corrente geral acima descrita. Do Mar Negro sai uma corrente de superfície para o Mediterrâneo, pelos estreitos de Bósforo e Dardanelos.

d. Correntes do Oceano Índico

A circulação no Oceano Índico tem como característica a variação sazonal causada pelas monções, conforme o regime de ventos apresentado na Figura 10.32.

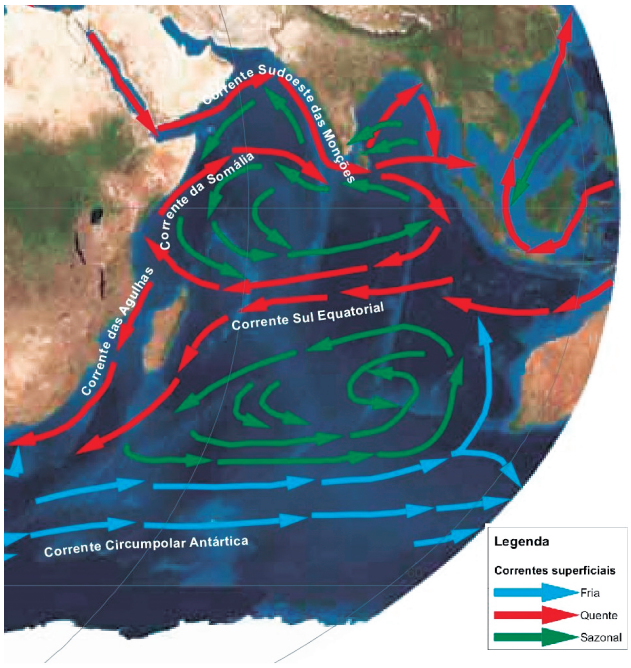
Figura 10.32 – Regime das Monções



De novembro a março, inverno no Hemisfério Norte, as monções sopram de terra, provenientes da massa continental asiática, com ventos NE frios e secos, em virtude dos rigorosos invernos da Ásia Central. Nesse período, a circulação no Oceano Índico é a mostrada na Figura 10.33, com a presença de três correntes equatoriais: Corrente Norte Equatorial (representada, mas não indicada), Corrente Sul Equatorial e Contracorrente Equatorial entre as duas, fluindo para Leste, aproximadamente na Latitude de 7° S (não representada na figura).

O giro de corrente no sentido anti-horário fica bem definido no Índico Sul. Ao Norte da Latitude de 20° S, a Corrente Sul Equatorial flui para Oeste, infletindo depois para o Sul, alimentando a forte Corrente das Agulhas, que corre entre o continente africano e a grande

Figura 10.33 – Circulação no Oceano Índico



Ilha de Madagascar. Esta corrente curva-se para Leste depois de percorrer a costa oriental da África, fluindo entre a África do Sul e a Austrália.

Após cruzar o Índico Sul, a corrente inflete novamente para a esquerda, fluindo para o Norte como Corrente Oeste da Austrália (mais fraca que a Corrente das Agulhas, do outro lado do Oceano). A Corrente Oeste da Austrália corre para o Norte ao longo da costa Oeste da Austrália e, conforme ultrapassa o Cabo Noroeste, curva-se para Noroeste, para ajudar a formar a Corrente Sul Equatorial do Oceano Índico. Durante o verão no Hemisfério Norte, a Corrente Oeste da Austrália é substituída por uma corrente fraca que flui para o Sul ao longo da parte Oeste da Austrália como uma extensão do ramo Sul da Corrente de Rossel.

Na costa africana, entre Aden e a Latitude de 5° S, as águas fluem para o Sul.

Quando sopram as monções de verão, de maio a setembro, com ventos de Sudoeste, quentes e úmidos, a Corrente Norte Equatorial desaparece, sendo substituída pela Corrente Monçônica, de direção Leste, tampouco estando presente a Contracorrente Equatorial. A circulação no Oceano Índico no período das monções de verão (maio a setembro) está mostrada na Figura 10.33, sinalizadas em verde (sazonais).

e. Correntes do Oceano Pacífico

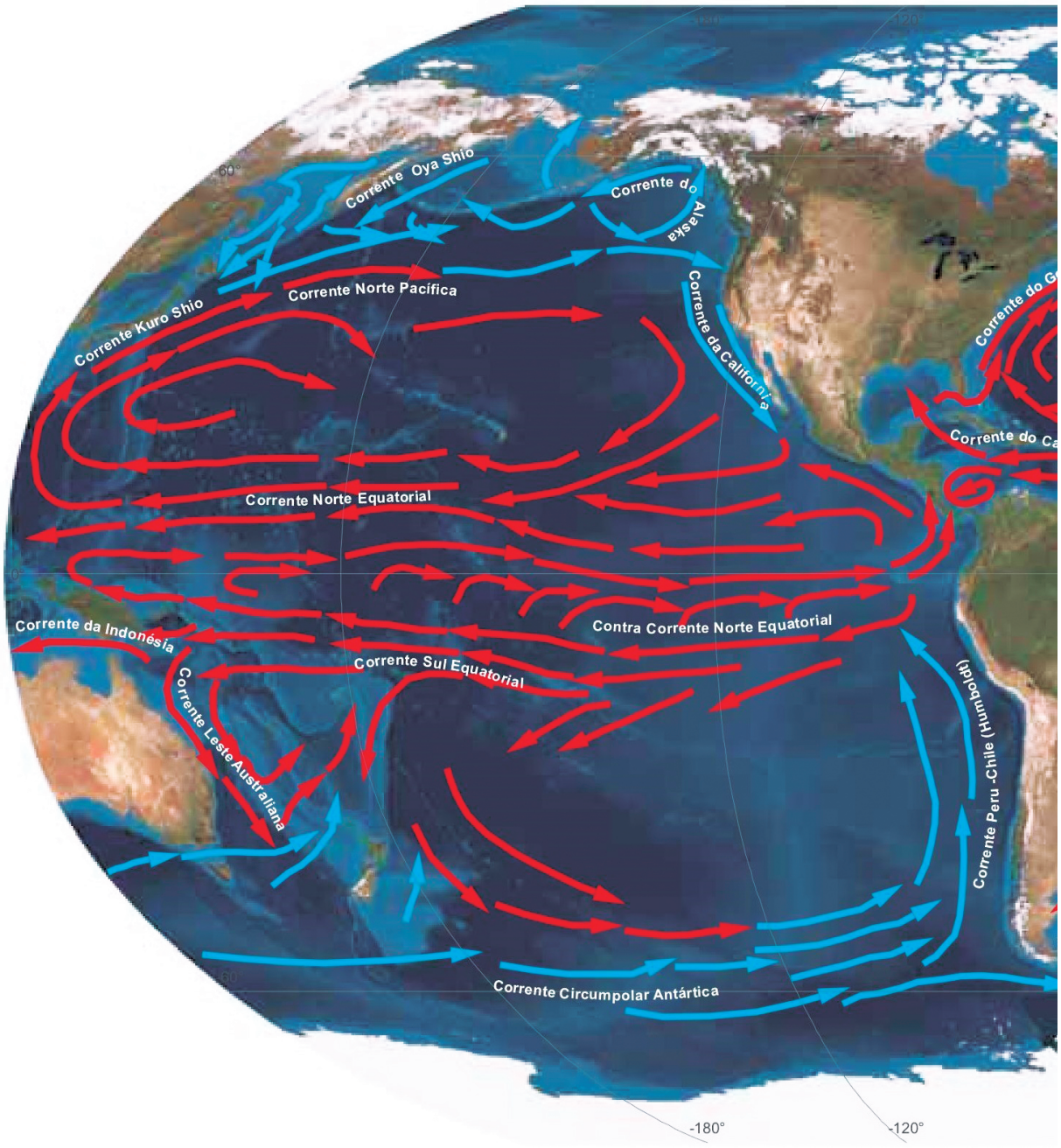
No Pacífico Norte (Figura 10.34), a Corrente Norte Equatorial flui para Oeste e, na região ocidental do oceano, se bifurca, com um ramo dirigindo-se para o Oceano Índico, pelos estreitos da Malásia e Indonésia, e outro infletindo para o Norte, para formar parte do Sistema Kuro Shio, a Corrente Norte Pacífica e a Corrente de Tsushima (não representada na figura).

A Corrente de Kuro Shio corre na direção geral Norte, próxima ao Japão, desde a ilha de Formosa (Taiwan) até os 35° de Latitude Norte e mostra certa analogia com a Corrente da Flórida, existente na parte ocidental do Atlântico Norte. Apresenta uma velocidade de cerca de 0,85m/s (1,6 nós). Na Latitude de 35° N, a corrente afasta-se da costa do Japão, inflete para Leste (recebendo a denominação de extensão da Corrente de Kuro Shio) e circula nessa direção até aproximadamente a Longitude de 160° E, onde se alarga para ramificar-se em duas, mesclando-se o ramo do Norte com a Corrente de Oya Shio, enquanto o ramo Sul alimenta a Contracorrente de Kuro Shio.

A Corrente Norte Equatorial e a Corrente Sul Equatorial do Oceano Pacífico circulam para Oeste, tendo entre elas a Contracorrente Equatorial, que flui para Leste, na região das calmas equatoriais.

A Contracorrente Equatorial do Oceano Pacífico está bem desenvolvida e se acha presente durante todo o ano, correndo sempre ao Norte do Equador, porém em Latitude maior durante o verão no Hemisfério Norte. Tem uma velocidade média de 0,5m/s (0,97 nó), mas que pode chegar a 1,0m/s (1,94 nó) e é produzida pela diferença de nível da superfície do oceano, entre a parte ocidental e a oriental, causada pelos ventos Alísios (que resultam no empilhamento da água a Oeste).

Figura 10.34 – Oceano Pacífico: Circulação Superficial



No Pacífico Sul, a Corrente do Peru (ou Corrente de Humboldt), de águas frias, banha a costa ocidental da América do Sul, tem pouca velocidade e, aos 35º de Latitude Sul, apresenta uma largura de 900 Km (485 milhas). Ela está associada a uma ressurgência notável em frente às costas do Peru e norte do Chile.

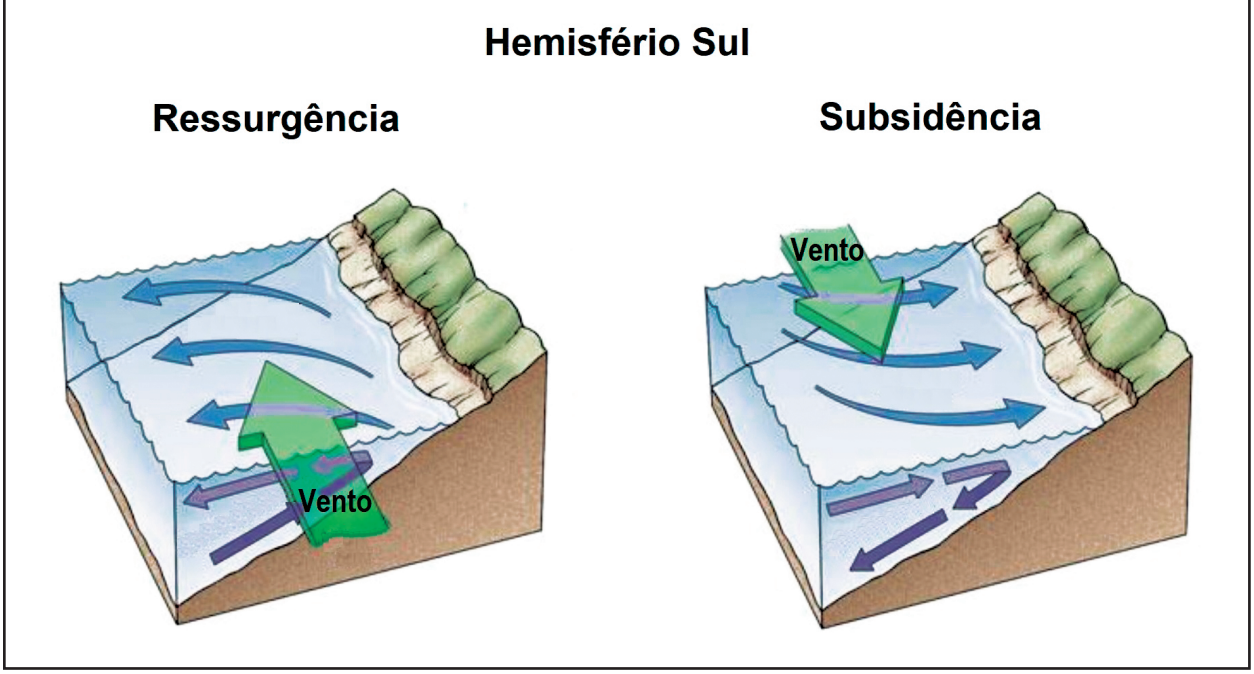
As águas da Corrente do Peru convergem com as da Contracorrente Equatorial que, no inverno no Hemisfério Norte, dirigem-se mais para o Sul, ao largo das costas do Equador, com o nome de El Niño. Algumas vezes, El Niño avança em direção ao Sul mais do que é comum, fazendo com que suas águas quentes cheguem até 12º de Latitude Sul, influindo prejudicialmente na meteorologia dessa região, ao produzir precipitações que são até 100 vezes maiores que o normal e ao causar uma grande mortandade entre os peixes que povoam a costa ocidental da América do Sul.

Na parte ocidental do Pacífico Sul, flui a Corrente Leste da Austrália, menos notável, e na parte meridional, correspondente à região dos ventos de Oeste, corre para leste a Corrente do Pacífico Sul, mesclando suas águas com a já mencionada Corrente Circumpolar Antártica.

10.3.6 Outros Fenômenos Associados às Correntes Oceânicas

O transporte de água induzido pelo vento desempenha um importante papel na circulação oceânica superficial. Além das correntes, com amplos movimentos horizontais das águas, os ventos causam, em determinadas regiões, movimentos verticais de água, que podem ser ascendentes ou descendentes. A emersão ou submersão de águas costeiras é frequente nas zonas onde os ventos dominantes sopram paralelamente à costa. Assim, o vento põe em movimento as águas superficiais, mas a direção do movimento depende do Hemisfério e da direção do vento.

Figura 10.35 – Ressurgência e Subsidência no Hemisfério Sul



Na Figura 10.35, o vento soprando paralelo à costa causará, no Hemisfério Sul, um transporte das águas superficiais defasado de 90° para a esquerda da direção para onde sopra o vento. Assim, como se observa no desenho à esquerda, o movimento superficial resultante induzido pelo vento dirige-se para o mar, fazendo com que ascenda a água subsuperficial perto da costa.

Esta lenta corrente ascendente, originária de 100 a 200m de profundidade, chama-se "**Ressurgência**". As correntes ascendentes costeiras são comuns nas costas ocidentais de todos os continentes. Os movimentos verticais da água levam à superfície do mar substâncias que favorecem o desenvolvimento abundante de fitoplâncton, por isso as zonas de ascensão de águas podem alimentar grandes populações de peixes.

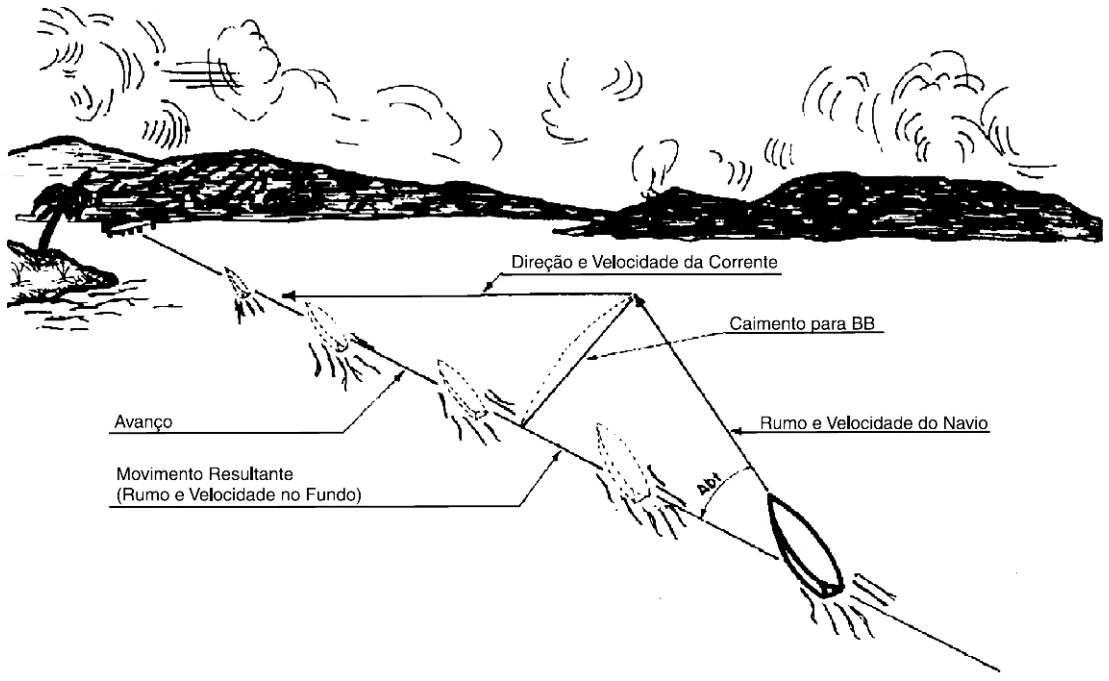
O vento NE, que sopra ao longo do litoral brasileiro, principalmente no verão, faz com que, na região de Cabo Frio, por sua conformação, as águas superficiais sejam impulsionadas para alto-mar. Como resultado, as águas mais frias do fundo, ricas em sais nutrientes, ascendem à superfície, fertilizando a região, num fenômeno típico de ressurgência.

Quando os movimentos da água, induzidos pelo vento paralelo à costa, são em direção à costa, produzem-se movimentos de submersão das águas superficiais e o fenômeno denomina-se "**Subsidência**", conforme mostrado nas Figura 10.35, para o Hemisfério Sul.

10.3.7 Informações sobre Correntes Oceânicas

Um navio que mantém um rumo, seguindo a agulha de governo, e uma velocidade fixa, estabelecida por um regime constante de rotações do hélice, não se deslocará necessariamente sobre o rumo e a velocidade ordenados. Um dos motivos que afetam o movimento do navio é a existência de correntes oceânicas superficiais, que se adicionarão naturalmente ao deslocamento esperado pelo navio, resultando uma discrepância entre o rumo e velocidade em relação à superfície e o rumo e velocidade em relação ao fundo (Figura 10.36). Haverá, assim, um "abatimento" e um "caimento" e o navio poderá estar em "avanço" ou "atraso", conforme estudado no Capítulo 5, que abordou a Navegação Estimada.

Figura 10.36 – O Triângulo da Corrente



Desta forma, torna-se importante para o navegante o conhecimento antecipado dos elementos da corrente (R_{cor} e vel_{cor}), a fim de levá-los em consideração no planejamento e na execução da derrota do navio.

Para a camada superficial, de umas poucas dezenas de metros, existe um bom acervo de informações sobre correntes em grande parte dos oceanos. As informações provêm não só do tráfego marítimo regular, como também de pesquisas oceanográficas. Nas campanhas oceanográficas, utilizam-se correntômetros e correntógrafos de vários tipos, para determinação precisa dos elementos das correntes. Além disso, modernamente, determinam-se os elementos das correntes oceânicas por sensoriamento remoto, através do acompanhamento, por satélites, de bóias de deriva e outros tipos de derivadores.

Os Serviços Hidroceanográficos de vários países passaram a coletar sistematicamente todas essas informações e publicar documentos de fácil consulta pelo navegante, tais como as Cartas-Piloto, referentes aos vários oceanos de seus interesses. Hoje, dispõe-se de um conhecimento razoável da circulação superficial de grande parte dos oceanos. Este conhecimento é substancial e minucioso nas regiões muito frequentadas por navios, como as principais rotas comerciais do Atlântico e do Pacífico Norte, mas escassa em outras regiões, como o Pacífico Sul Oriental e o Índico Sul.

Ademais, as correntes variáveis, como as Correntes das Monções, do Oceano Índico, não estão bem definidas, mesmo com todas as observações já realizadas. Há necessidade de estudar melhor as condições do Oceano Índico, em determinadas regiões, para se verificar a extensão das mudanças produzidas pelas variações locais do vento e pelo regime das monções.

A Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) edita o Atlas de Cartas-Piloto referente ao Atlântico Sul Ocidental, o qual pode ser obtido, em meio digital, por meio de acesso ao sítio da DHN.

A *National Geospatial-Intelligence Agency* (NGA), dos Estados Unidos da América, publica, em cinco Volumes, as *Pilot Charts* relativas aos principais oceanos (Atlântico Norte e Sul, Pacífico Norte e Sul, e Índico), os quais podem ser obtidos, em meio digital, por meio de acesso ao sítio da NGA.

As Cartas-Piloto, produzidas uma para cada mês, apresentam, além de várias outras informações meteorológicas, oceanográficas e geofísicas de interesse para a navegação, os elementos das correntes oceânicas superficiais para diversos locais das áreas nelas representadas. A direção (ou rumo) da corrente é indicada por uma seta e a velocidade média, em nós, é impressa ao lado da seta que representa a direção. As Cartas-Piloto serão estudadas em detalhe no Capítulo 12.

Além das Cartas-Piloto, algumas cartas náuticas também indicam, ou informam (em Notas de Precaução), os elementos das correntes oceânicas de superfície. Ademais, os Roteiros também constituem fontes de informações valiosas sobre as correntes oceânicas e costeiras devendo ser sempre consultados pelos navegantes.

Os Roteiros publicados pela DHN incluem, para cada trecho de costa descrito, uma seção intitulada "Marés e Correntes", onde são apresentadas as principais informações sobre os referidos assuntos.

Reproduz-se na página seguinte, como exemplo, as informações sobre correntes fornecidas pelo ROTEIRO – COSTA LESTE para o trecho "DO PORTO DE VITÓRIA AO CABO FRIO":

CORRENTES

A corrente ao largo tem a direção geral SW, com velocidade máxima de 1 nó.

Nas proximidades do Cabo de São Tomé:

- a velocidade da corrente aumenta com a aproximação da costa;
- com vento de NE, a corrente tem a direção S, junto à costa, e SW ou WSW, mais ao largo, com 0,8 nó ou mais, dependendo da força do vento;
- ventos frescos de SE e S podem anular a corrente; e
- tem-se observado, em algumas ocasiões, uma contracorrente para SW que vai ao encontro do cabo de São Tomé com vento fresco de NE.

Ao largo do Cabo Frio, ventos de NE geram corrente para SW e ventos de SW geram corrente para NE, em ambos os casos com velocidade de 0,5 nó a 1,5 nó, sendo comum estas correntes precederem os ventos.

Próximo ao Cabo Frio, ventos do S geram corrente para o N e ventos de NE geram corrente para W. Uma contracorrente em direção à ilha do Cabo Frio é sentida até 10 milhas a W da ilha, sendo de maior intensidade de setembro a dezembro.

APÊNDICE AO CAPÍTULO 10

EXERCÍCIOS SOBRE MARÉS E CORRENTES DE MARÉ

1. A previsão de marés para o porto do Recife, no dia 08/03/93 é:

Porto do Rio do Recife			
08/03/1993 Lua Cheia	PM	0343	2,4m
	BM	0949	- 0,1m
	PM	1602	2,6m
	BM	2217	- 0,2m

Determinar a altura da maré prevista, para o local e data acima, às 1800P.

Solução:

Local: Recife (PE) – Hora: 1800P – Data: 08/3/93 (maré vazando)

Duração da vazante: 06h 15min

Intervalo de tempo desde a maré mais próxima: 01h 58min

Tabela I (centésimos de amplitude): 23

Amplitude da maré: 2,8m

Tabela II (correção da altura): 0,7m

Altura da maré mais próxima: 2,6m (PM)

Altura da maré às 1800P : 1,9m

Reposta:

Altura prevista para a maré em Recife, no dia 08/03/93, às 1800P: 1,9 metro.

2. Conhecendo-se a FASE DA LUA na data considerada no exercício anterior (08/3/93 – LUA CHEIA), informar qual a maré produzida quando a Lua está nesta fase e quais são suas principais características.

Resposta:

Maré de sizígia ou de águas vivas, caracterizada por preamares (PM) muito altas e baixa-mares (BM) muito baixas (no caso em questão, com alturas negativas da maré nas BM previstas, isto é, com o nível do mar abaixo do Nível de Redução).

3. Qual o tipo de maré que ocorre no Recife e quais são suas principais características?

Resposta:

Maré semidiurna, caracterizada por apresentar uma curva aproximadamente sinusoidal, com duas PM e duas BM por dia, separadas por um período de pouco mais de 6 horas e com uma variação pequena de altura entre duas PM (ou BM) sucessivas.

4. Supondo que, para alcançar a barra do porto do Recife, o seu navio, cujo calado é de 6 metros, deve passar sobre um baixio cuja menor profundidade cartografada (sondagem) é de 6,4 metros, calcular entre que horários o navio pode passar sobre o baixio, no dia 08/03/93, após a BM de 0949, com uma lazeira mínima de 2m de água abaixo da quilha.

Solução:

a) O calado do navio é de 6 metros e a lazeira mínima admitida de água abaixo da quilha é de 2 metros. Portanto, a menor profundidade onde o navio poderá passar será de:

CALADO = 6,0m

LAZEIRA = 2,0m

PROFUNDIDADE MÍNIMA = 8,0m

b) A menor profundidade cartografada (sondagem) no banco sobre o qual o navio deverá passar é de 6,4 metros. Portanto, a altura da maré na hora da passagem sobre o baixio deverá ser de:

PROFUNDIDADE MÍNIMA DE NAVEGAÇÃO = 8,0m

SONDAGEM = 6,4m

ALTURA DA MARÉ NA HORA DA PASSAGEM = 1,6m

c) A maré prevista para Recife no dia 08/03/93, apresentada no Exercício 1, mostra, após a BM de 0949P, uma PM às 1602P, com 2,6 metros de altura de maré. Portanto, devem-se determinar as horas antes e depois da PM de 1602P em que a altura da maré prevista será de 1,6 metros. O intervalo de tempo entre elas será o período favorável à passagem do navio sobre o baixio.

d) Para determinação das horas em que a altura da maré, antes e depois da PM de 1602P, será 1,6 metros, faz-se:

Antes da PM:

ALTURA DA MARÉ = 1,6m

ALTURA DA MARÉ MAIS PRÓXIMA = 2,6m

CORREÇÃO DA ALTURA = 1,0m

AMPLITUDE DA MARÉ = 2,7m

Entrando na Tabela II com o valor da correção da altura (1,0m) e o valor da amplitude da maré (2,7m), obtém-se o valor de c (centésimo de amplitude) = 34

Entrando na Tabela I com c = 34 e duração da enchente = 06h 13min, obtém-se o valor do intervalo de tempo desde a maré mais próxima = 02h 30min.

HORA DA MARÉ MAIS PRÓXIMA = 1602 (PM)

INTERVALO DE TEMPO = 0230

HORA EM QUE A ALTURA DA MARÉ SERÁ 1,6m = 1332

Depois da PM:

ALTURA DA MARÉ = 1,6m

ALTURA DA MARÉ MAIS PRÓXIMA = 2,6m

CORREÇÃO DA ALTURA = 1,0m

AMPLITUDE DA MARÉ = 2,8m

TABELA II: c = 34

DURAÇÃO DA VAZANTE = 06h 15min

c = 34

TABELA I = 02h 30min

HORA DA MARÉ MAIS PRÓXIMA = 1602 (PM)

INTERVALO DE TEMPO = 0230

HORA EM QUE A ALTURA DA MARÉ SERÁ 1,6m = 1832

Resposta:

O navio deverá passar sobre o baixio entre 1332P e 1832P, para garantir uma lazeira mínima de 2 metros de água abaixo da quilha.

5. Usando Recife como porto de referência, preparar uma Tábua das Marés completa para o porto secundário de Camocim, para o dia 08/03/93, utilizando as correções da Tabela reproduzida na Figura 10.13.

Solução:

PREAMARES:

	Hora	Altura	Hora	Altura
Recife	0343	2,4m	1602	2,6m
Correções PM	+ 0212	+ 0,8m	+ 0212	+ 0,8m
Camocim	0555	3,2m	1814	3,4m

BAIXAMARES:

	Hora	Altura	Hora	Altura
Recife	0949	- 0,1m	2217	- 0,2m
Correções BM	+ 0217	+ 0,2m	+ 0217	+ 0,2m
Camocim	1206	+ 0,1m	0034	0,0m

Resposta:

Maré prevista para Camocim em 08/03/93			
0555	3,2m	PM	
1206	0,1m	BM	
1814	3,4m	PM	
0034	0,0m	BM	(09/03/93)

6. Determinar a direção e a velocidade da corrente de maré na barra do Rio Potengi (Natal), no dia 15/10/93, às 0700P, sabendo- se que a maré prevista para esta data no porto de Natal é:

15/10/93	0456	2,1m	PM
6ª feira	1051	0,2m	BM
Lua Nova	1715	2,1m	PM
	2309	0,2m	BM

Solução:

A Carta de Correntes de Maré a ser selecionada é a correspondente a 2 horas depois da PM em Natal, pois a PM está prevista para 0456P e a hora de interesse é 0700P.

Entrando na referida carta, reproduzida na Figura 10.37, obtém-se, para a barra do Rio Potengi:

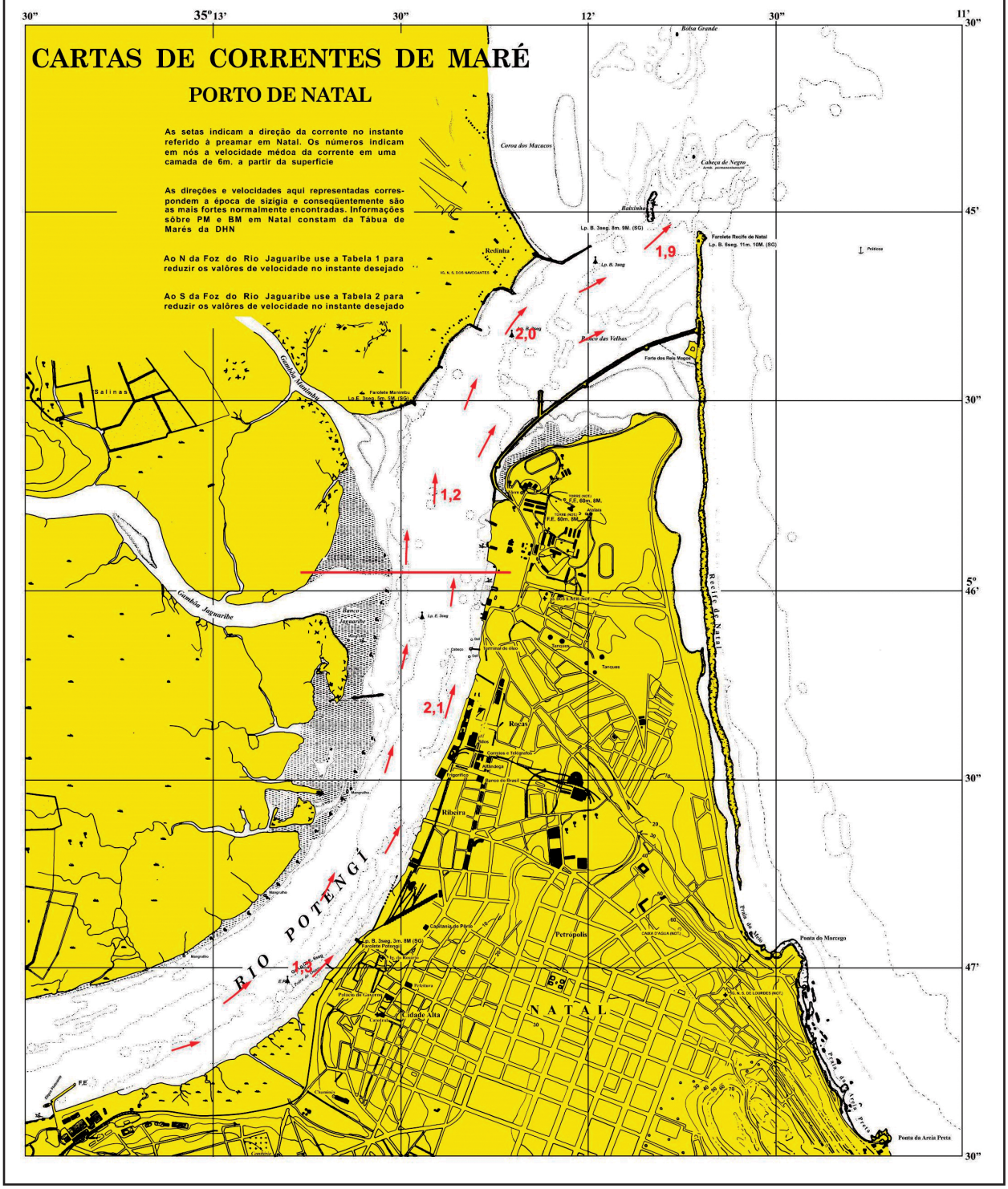
CORRENTE DE MARÉ:

R_{cor} = 045° (NE) → vazante

vel_{cor} = 1,9 nó

Como a data considerada é uma sizígia (Lua Nova), não há qualquer correção a aplicar à velocidade da corrente de maré.

Figura 10.37 – Carta de Correntes de Maré para o Porto de Natal (2 horas depois do PM)



11 INSTRUMENTOS NÁUTICOS

11.1 AS "FERRAMENTAS" DO NAVEGANTE

Quase todas as atividades profissionais necessitam de um conjunto de "ferramentas" específicas. A prática da navegação não é diferente nesse aspecto. Este capítulo descreve, sem entrar demasiadamente em detalhes técnicos, a maioria dos instrumentos utilizados nos navios de guerra, na marinha mercante e na navegação de pesca, esporte e recreio, para a prática da navegação costeira, estimada e em águas restritas.

A escolha dos instrumentos depende de vários fatores, dentre os quais se destacam o porte do navio, seu uso e os recursos disponíveis. Assim, pode-se afirmar que, de um modo geral, os navios de guerra, os navios mercantes, os navios de pesquisa e algumas embarcações de esporte e recreio de grande porte são dotados de instrumentos e equipamentos de navegação variados e sofisticados. Por outro lado, navios e embarcações de menor porte possuem, normalmente, apenas instrumentos náuticos básicos.

Embora os instrumentos náuticos possam ser classificados de diversas maneiras, eles serão aqui estudados em grupos, de acordo com as seguintes finalidades:

- instrumentos para medida de direções;
- instrumentos de medida de velocidade e distância percorrida;
- instrumentos para medição de distâncias no mar;
- instrumentos para medição de profundidades;

- instrumentos para uso das cartas náuticas em papel;
- instrumentos para uso das cartas náuticas digitais;
- instrumentos para ampliação do poder de visão; e
- outros instrumentos.

11.2 INSTRUMENTOS PARA MEDIDA DE DIREÇÕES NO MAR

As direções no mar (rumos e marcações) são obtidas pelo uso das Agulhas Náuticas e seus acessórios, já apresentados detalhadamente no Capítulo 3. Entretanto, são pertinentes, ainda, alguns comentários sobre os referidos instrumentos.

11.2.1 Agulhas Náuticas

São as Agulhas Náuticas, quer magnéticas quer giroscópicas, que indicam os rumos a bordo. Com elas são tomadas as marcações e azimutes, através do uso de acessórios especiais.

a. Agulhas Magnéticas

Conforme visto, alguns navios possuem duas Agulhas Magnéticas: a agulha padrão, instalada no Tijupá, em um local o mais livre possível das influências eletromagnéticas de bordo e de visada desobstruída, e a agulha de governo, colocada no passadiço, por ante-a-vante da roda do leme.

Pela agulha padrão é que se determinam os rumos e marcações. A agulha de governo serve, basicamente, para o governo do navio. O rumo da agulha de governo é obtido por comparação com a agulha padrão. O procedimento consiste em colocar o navio no rumo da agulha pela agulha padrão e, nessa situação, ler o rumo indicado na agulha de governo, pela qual passa-se a governar o navio.

Atualmente, suprimiu-se a agulha de governo, sendo instalado na agulha padrão, no Tijupá, um periscópio para leituras de rumo pelo timoneiro, no Passadiço, conforme a configuração apresentada na Figura 11.1, instalada no Navio Hidroceanográfico Cruzeiro do Sul.

No que se refere à graduação da rosa-dos-rumos da Agulha Magnética, inicialmente a bússola era usada apenas para indicar o Norte. Logo, entretanto, foi introduzido o conceito de marcar outras direções ao redor da borda da agulha. As direções marcadas recebem os nomes dos vários ventos, conhecidos como Norte, Leste, Sul e Oeste. Por isso, à rosa da agulha foi dado o nome de rosa-dos-ventos.

Figura 11.1 – Agulha Magnética (Tijupá) e Periscópio (Passadiço) instalados no NHo Cruzeiro do Sul

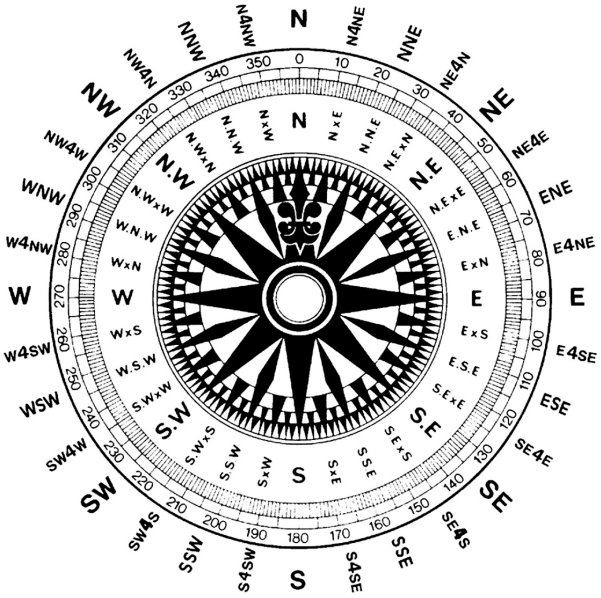




Depois das direções cardeais (N, E, S e W), vieram as direções intercardeais (ou laterais), NE, SE, SW e NW e, em seguida, subdivisões menores (colaterais), tais como NNE, ENE, ESE, SSE, SSW, WSW, WNW e NNW. Este sistema resulta na divisão de um círculo completo (360°) em 32 "pontos" (1 ponto = 11° 15'). Cada ponto, por sua vez, é dividido em meio ponto e 1/4 de ponto. Uma rosa completa deste tipo, com os 32 "pontos", suas subdivisões e as designações das quartas está mostrada na Figura 11.2.

Um outro modelo de Agulha Magnética é a agulha eletrônica (*Fluxgate Compass*), que baseia seu funcionamento na medida do campo magnético terrestre, como já apresentada no Capítulo 3 (subitem 3.2.8 – Bússolas de Fluxo Magnético).

Figura 11.2 – Rosa Graduada em Graus, Pontos e Quartas



A instalação da agulha eletrônica a bordo é simples e a apresentação do rumo pode ser analógica, como a apresentada na Figura 11.3 instalada no Navio Hidroceanográfico Amorim do Valle ou digital, como apresentada na Figura 11.4, podendo ser transmitida facilmente, sendo exibida remotamente e usada em radares ou por um piloto automático eletrônico para correção do rumo da agulha. Além disso, uma agulha eletrônica pode ser usada em latitudes mais elevadas que uma agulha magnética convencional.

Figura 11.3 – Agulha de Fluxo Magnético (mostrador analógico) instalada no NHo Amorim do Valle



Figura 11.4 – Agulha de Fluxo Magnético (mostrador digital)



Atualmente, fruto de pragmáticas soluções tecnológicas, existem *smartphones* e *tablets* que possuem em seu interior um magnetômetro, que é um sensor capaz de mensurar a intensidade, direção e sentido dos campos magnéticos em sua proximidade, com princípio de funcionamento baseado no "efeito Hall". O sensor de efeito Hall produz uma tensão proporcional à força e polaridade do campo magnético ao longo do eixo em que cada sensor é direcionado. Essa tensão detectada é convertida em sinal digital representando a intensidade do campo magnético. O magnetômetro é inserido dentro de um pequeno *chip* eletrônico incorporado por outro sensor (na maioria das vezes um acelerômetro embutido) que auxilia, através de informações de inclinação, na correção das medições magnéticas.

Esses sensores são capazes de medir as componentes de um campo magnético em três eixos perpendiculares. Em cada direção, podem ser medidos campos de até 2 mT (para se ter ideia, o campo magnético terrestre varia em torno de 20 a 70 μT). Dessa maneira, ele age no dispositivo como uma bússola detectando o polo norte magnético do planeta, como mostra a Figura 11.5.

Figura 11.5 – Smartphone com aplicativo de bússola



No entanto, é importante salientar que a Marinha do Brasil não reconhece a utilização de tais aplicativos e seu uso não substitui a utilização das agulhas magnéticas convencionais.

b. Agulhas Giroscópicas e seus acessórios

Os fundamentos do funcionamento das Agulhas Giroscópicas, bem como as suas propriedades e características de emprego, foram apresentados no item 3.3 – AGULHA GIROSCÓPICA, do Capítulo 3 deste Volume do Manual.

Em complemento às características das Agulhas Giroscópicas, é importante registrar que, cada vez mais compactas, precisas e sofisticadas (utilizando giroscópios eletrônicos, mancais magnéticos, etc.), atualmente são instaladas no Passadiço e não mais em compartimento próprio, como era usual nos navios mais antigos. Além disso, dentro da tendência de dispor de redundância nos sistemas vitais de bordo, os navios modernos, embora sem dispensar as Agulhas Magnéticas, têm, normalmente, mais de uma Agulha Giroscópica, para, assim, dispor de um equipamento reserva.

As agulhas que são constituídas de fibras ópticas, como o Giroscópio de Fibra Ótica (*Fiber Optic Gyroscope* – FOG) e o Giroscópio de Anel de Laser (*Ring Laser Gyroscope* – RLG), ambos apresentados no subitem 3.3.9, são equipamentos mais compactos e com menor custo de manutenção devido à ausência de partes móveis. Outras vantagens correspondem ao menor tempo necessário para a estabilização do sistema e a capacidade em mensurar variações de atitude do navio. Um exemplo deste tipo de equipamento é o sistema NAVIGAT 3000 *Gyro Compass* da fabricante Sperry Marine, visualizado na Figura 11.6.

Figura 11.6 – NAVIGAT 3000 Gyro Compass (fabricante: Sperry Marine)



Outra opção para se indicar o rumo de uma embarcação é através de um sistema constituído por duas antenas de um posicionador por satélites, montadas em uma barra fixa, conforme apresentado na Figura 11.7, instalado no Navio Hidrográfico Sirius. Essa informação é calculada a partir da diferença entre as medições de posição de cada antena. Quando se opta por este tipo de tecnologia, há de se considerar que o rumo da embarcação não é mais determinado por um sensor autônomo a bordo, tornando-o dependente da confiabilidade de sistemas externos.

Com relação aos acessórios das Agulhas Giroscópicas, há que recordar o piloto automático e o registrador de rumos.

Figura 11.7 – Antenas GPS montadas em estrutura fixa no Tijupá do NHi Sirius



Fonte: Navio Hidrográfico Sirius

O piloto automático é um aparelho para controle automático do rumo, permitindo manter o navio em um determinado rumo, sem interferência do timoneiro. Esse equipamento não é de uso exclusivo com a Agulha Giroscópica, podendo ser instalado, também, em qualquer navio que possua um sistema de repetidora da agulha, seja ela giroscópica ou magnética. Entretanto, o piloto automático é mais utilizado associado a uma Agulha Giroscópica e, nessa situação, ele é denominado como "giropiloto".

O governo do navio por meio do piloto automático é muito mais eficiente do que com o timoneiro. Em determinados equipamentos, ele pode indicar uma variação de rumo de 1/6 de grau e o giropiloto atua quando o navio sai apenas 1/3 de grau do rumo ajustado. Assim, o piloto automático, além de governar melhor o navio, apresenta as vantagens de possibilitar maior distância realmente navegada, para um mesmo consumo de combustível, e proporcionar menor desgaste da máquina do leme, em comparação com o governo manual. Entretanto, é preciso alertar que o piloto automático é "cego" e, como qualquer outro equipamento, sujeito a avarias, falhas e irregularidades de funcionamento. Portanto, deve ser mantida permanentemente uma vigilância cuidadosa sobre os movimentos do navio e a operação do aparelho.

O registrador de rumos é um instrumento (se navegando em carta náutica em papel) que registra graficamente, por impressão em papel, os rumos navegados, em função do tempo, sendo sua operação acionada por uma repetidora da Agulha Giroscópica. O registrador de rumos é muito útil na recomposição de derrotas, para verificar o adestramento dos timoneiros, e serve de prova de manobras efetuadas em casos de acidentes, tais como colisão.

Os sistemas eletrônicos de navegação, como o *Electronic Chart Display Information System* (ECDIS), são capazes de fazer o registro da navegação concomitantemente com a sua ocorrência, valendo-se da informação do rumo pela agulha giroscópica, como também

de qualquer sistema eletrônico que esteja sendo utilizado para a sua navegação, como o posicionamento pelo Sistema Global de Navegação por Satélite (*Global Navigation Satellite System* – GNSS).

11.2.2 Dispositivos para Medida de Marcações e Azimutes

Os acessórios e dispositivos especiais para a tomada de marcações e azimutes foram abordados no Capítulo 3, tendo sido estudados com detalhes o taxímetro, a agulha magnética de mão, a alidade de pínulas, o círculo azimutal e a alidade telescópica. Restam ser mencionados os seguintes instrumentos:

a. Espelho azimutal

O espelho azimutal, como pode ser observado na Figura 11.8, é constituído por uma alidade com espelho e prisma de reflexão, utilizado para obtenção de azimutes e marcações, de maneira semelhante ao círculo azimutal.

A Figura 11.9 mostra o emprego de um espelho azimutal para obtenção da marcação de um ponto de terra e do azimute de um astro. Para observação da marcação, visa-se diretamente o ponto escolhido, lendo o valor da marcação com o auxílio do prisma. Para obtenção do azimute de astros, utiliza-se o espelho montado na alidade (livre de girar em torno de um eixo horizontal).

Figura 11.9 – Uso do espelho azimutal

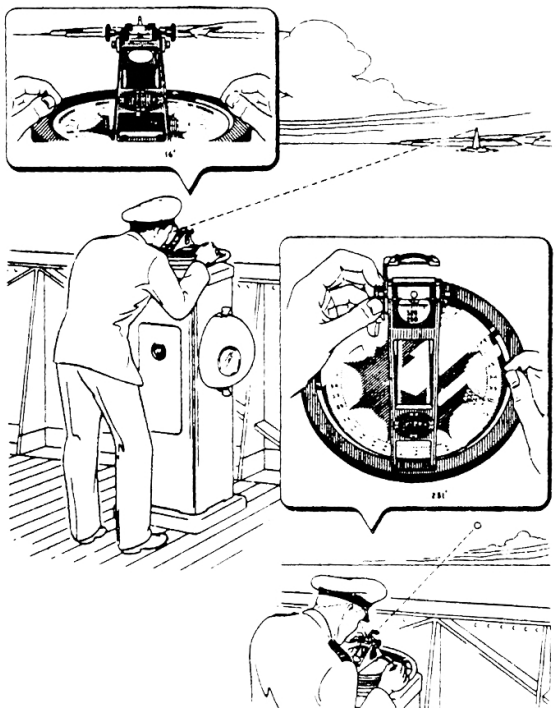


Figura 11.8 – Espelho Azimutal



b. Alidade autossíncrona

Conforme visto no Capítulo 3, a alidade telescópica é semelhante a um círculo azimutal; porém, em vez das fendas de visada, possui uma luneta telescópica montada sobre o círculo de metal, como apresentada na Figura 11.10. O poder de ampliação da lente do telescópio torna mais fácil observar objetos distantes. No interior da luneta, um retículo, em conjunto com um prisma, permite que se vise o ponto escolhido e, ao mesmo tempo, leia-se o valor da marcação. Entretanto, quando o navio está jogando muito, é comum perder a visada de um objeto, pois o campo de visão

da alidade telescópica é limitado. Para contornar esta desvantagem, existe a alidade autossíncrona (*self-synchronous alidade*), mostrada na Figura 11.11, que possui um motor síncrono adicional, comandado pela Agulha Giroscópica mestra. Com este desenvolvimento, é possível ajustar a alidade em uma determinada direção e observar um objeto, sem que o instrumento se desvie da marcação desejada, em virtude do movimento do navio. A alidade autossíncrona, assim como a alidade telescópica, é usada em lugar do círculo azimutal ou do espelho azimutal, para determinar a marcação de objetos distantes.

Figura 11.10 – Alidade Telescópica, em uso no NPqHo Vital de Oliveira

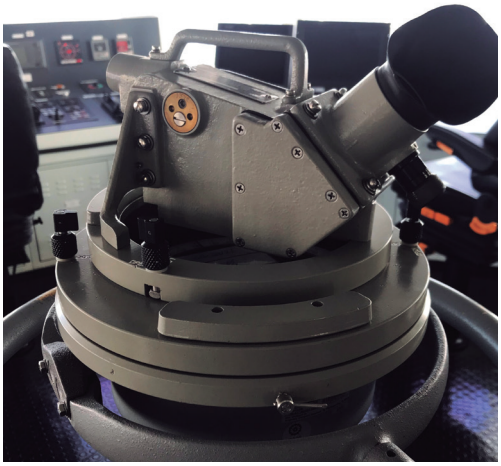


Figura 11.11 – Alidade Autossíncrona



c. Agulha magnética digital de mão

Um instrumento que também é utilizado para leitura de marcações é a agulha magnética digital de mão, que possibilita a leitura de marcações magnéticas com precisão, utilizando sensores de fluxo magnético. O "DATASCOPE", mostrado na Figura 11.12, possui uma luneta de 5x30, de foco permanente, e uma memória capaz de armazenar 9 valores de marcações. Além disso, pode-se entrar no aparelho com o valor da declinação magnética e obter diretamente marcações verdadeiras, facilitando a plotagem das LDP observadas. O equipamento funciona, ainda, como determinador de distâncias a objetos de altitude conhecida.

O "STARSCOPE", mostrado na Figura 11.13, é semelhante ao "DATASCOPE", permitindo leituras digitais precisas de marcações. Ademais, incorpora uma capacidade de visão noturna, amplificando mais de 1.000 vezes a luminosidade existente.

Figura 11.12 – Bússola digital e Estadímetro eletrônico KVH DataScope, em uso no NApOc Ary Rongel



Figura 11.13 – Bússola digital StarScope com dispositivo de visão noturna



11.3 INSTRUMENTOS DE MEDIDA DE VELOCIDADE E DE DISTÂNCIA PERCORRIDA

Conforme visto no Capítulo 5, a navegação estimada baseia-se nas características do movimento do navio (rumo e velocidade / distância percorrida). Assim, para efetuar a navegação estimada, além do rumo (obtido da agulha náutica), é fundamental conhecer a velocidade com que se desloca o navio e, a partir deste valor, a distância percorrida em um determinado período de tempo. Ademais, o conhecimento da velocidade é essencial para o estabelecimento do ETA (*Estimated Time of Arrival*) em portos ou pontos da derrota e do *rendez-vous* com outros navios ou forças no mar.

11.3.1 Odômetros e Velocímetros

Para determinação da distância percorrida e da velocidade do navio recorre-se, a bordo, aos odômetros ou aos velocímetros (*speedmeters*).

Os odômetros podem ser classificados em:

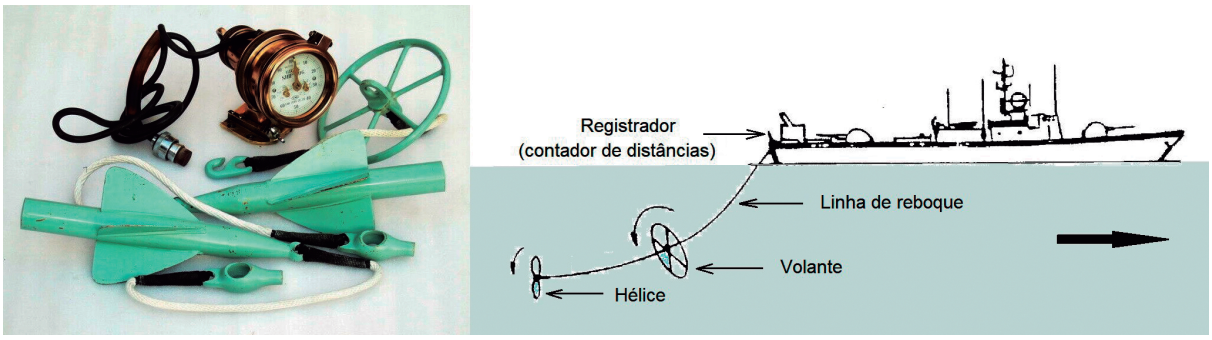
- odômetro de superfície;
- odômetro de fundo; e
- odômetro Doppler.

Os dois primeiros tipos medem a velocidade do navio na superfície, isto é, em relação à massa d'água circundante (depois a velocidade é integrada em relação ao tempo e transformada em distância percorrida). O odômetro Doppler é capaz de medir a velocidade em relação ao fundo.

a. Odômetro de Superfície

O odômetro de superfície mecânico é formado por um hélice, um volante, uma linha de reboque e um registrador, montados como ilustrado na Figura 11.14.

Figura 11.14 – Odômetro de superfície mecânico



É um instrumento antigo, pouco usado hoje em dia, porém é fácil de montar e fornece resultados bastante precisos. Atualmente, os navios mantêm o odômetro de superfície como equipamento de emergência.

Durante o funcionamento do odômetro de superfície, quando o navio se desloca, o hélice adquire um movimento de rotação que, através da linha e do volante, é transmitido ao contador, em cujo mostrador pode-se ler, a cada instante, o total da distância navegada, desde que o instrumento foi lançado ao mar.

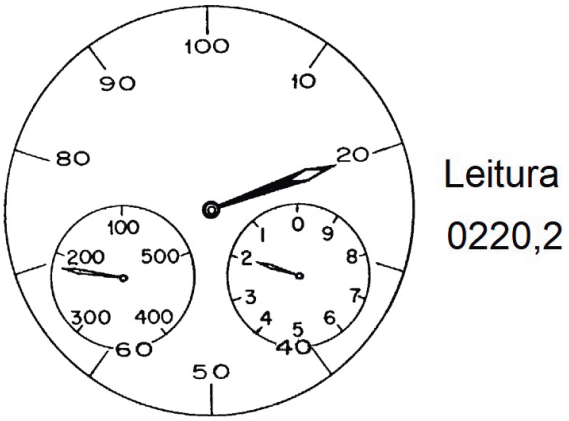
O comprimento da linha que se lança ao mar depende essencialmente da velocidade do navio e só experimentalmente pode-se concluir o valor correto do comprimento do reboque. Em princípio, a tabela a seguir, recomendada pela Marinha Britânica, pode servir de base:

Veloc. Máx. em Nós	Braças	Metros
10	40	73
15	50 - 55	91 - 101
18 e acima	65 - 70	119 - 128

O registrador compõe-se de uma caixa de engrenagens que movimenta os ponteiros dos mostradores, os quais indicam a distância navegada até 500 ou 1.000 milhas, em décimos de milha (ponteiro pequeno, à direita), em milhas (ponteiro grande, central) e em centenas de milhas (ponteiro pequeno, à esquerda), como apresentado na Figura 11.15.

Figura 11.15 – Leitura no Registrador do Odômetro de Superfície Mecânico





A leitura do mostrador deve obedecer à ordem citada anteriormente e a distância deve ser indicada por cinco algarismos, os décimos inclusive, como padronizado para o emprego dos instrumentos de navegação.

Vantagens do Odômetro de Superfície:

- simplicidade de instalação; e
- possibilidade de substituição rápida de componentes avariados.

Inconvenientes do Odômetro de Superfície:

- precisa ser retirado quando o navio opera máquinas atrás (pois, com seguimento a ré, pode enroscar-se no hélice);
- sofre a influência do mar grosso;
- enrosca-se em algas e sargaços e reboca lixo;

- não está sempre pronto para funcionar – precisa ser preparado e lançado;
- indica a distância navegada na superfície e não fornece diretamente a velocidade; e
- precisa ser retirado e não pode ser lançado em portos muito movimentados, porque sua linha pode ser cortada por outros navios.

Além dos inconvenientes acima, os odômetros de superfície podem apresentar indicações erradas devido às seguintes causas:

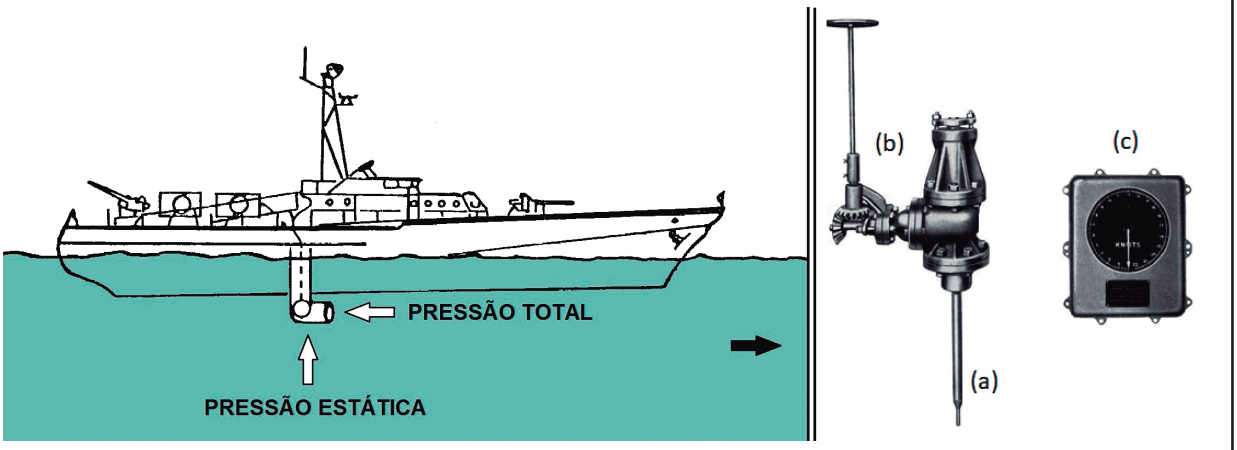
- mar muito agitado;
- má conservação;
- hélice rebocando lixo ou algas; e
- comprimentos de linhas inadequados.

Um acessório dos odômetros de superfície usado a bordo é o repetidor, podendo ser instalado no Camarim de Navegação, cujo propósito é permitir que a leitura do indicador (registrador) seja feita no referido compartimento, dispensando a ida até a popa para cada leitura. Para isso, o indicador é ligado a um circuito elétrico, que transmite suas informações ao repetidor.

b. Odômetro de Fundo, Tipo de Pressão (Tubo de Pitot)

Neste tipo de odômetro, a informação obtida depende da diferença entre a pressão normal (pressão estática) da água, resultante da profundidade à qual está mergulhado o elemento sensível do equipamento abaixo da quilha, e a pressão resultante do movimento do navio através da água (pressão dinâmica), como mostrado na Figura 11.16. Assim, quanto maior for a velocidade do navio sobre a água, maior será a diferença entre estas duas pressões.

Figura 11.16 – Odômetro de Fundo (tipo de pressão)



O equipamento (Figura 11.16) consiste de uma haste (a), que é projetada através do casco por uma válvula de mar (b). Dentro da haste sensora existe um tubo de Pitot, que, na realidade, é constituído por dois tubos: um tubo que abre para vante e outro que abre para ré. Quando o navio se movimenta, a parte de vante da haste (tubo de vante) é exposta à pressão total. O tubo que abre para ré fica exposto apenas à pressão estática.

Conhecidas as duas pressões, determina-se a pressão dinâmica e, então, a velocidade do navio (proporcional à pressão dinâmica). A haste sensora induz um sinal que é transmitido ao indicador (c), convertido em velocidade. A velocidade, integrada em função do tempo por meios elétricos e mecânicos, é, por sua vez, convertida em distância navegada.

Tanto a velocidade como a distância percorrida podem ser transmitidas para diversas repetidoras, em vários compartimentos do navio.

A haste com o tubo de Pitot é projetada através do casco cerca de 0,60m a 0,75m e, assim, os orifícios de medição ficam fora da água perturbada pelo deslocamento do navio.

Uma observação importante é que a haste do odômetro deve ser içada nas entradas e saídas de portos e quando se navega em águas rasas.

As características gerais deste tipo de odômetro são as seguintes:

Vantagens do odômetro de fundo:

- não existem elementos exteriores móveis, contudo, é susceptível a entupimentos do tubo mergulhado; e
- obtêm-se indicações diretas de velocidade, no entanto, o registrador de distância depende do funcionamento satisfatório do mecanismo integrador.

Inconvenientes:

- dá indicações pouco corretas a baixa velocidade, exceto em modelos especiais; e
- uma vez calibrado, só é possível alterar a correção de qualquer erro aplicando novas "*cames*" nos mecanismos registradores.

Rigor de leitura (precisão):

- oferece um rigor da ordem de meio nó, aproximadamente.

c. Odômetro de fundo, tipo eletromagnético

Os odômetros eletromagnéticos baseiam-se no princípio de que qualquer condutor produz uma força eletromotriz (FEM) quando se move através de um campo magnético ou, inversamente, quando um campo magnético se move relativamente a esse condutor (Figura 11.17).

É de se notar que a direção do campo magnético, a direção do movimento e a direção da FEM induzida estão todas a 90° umas com as outras. Se o campo magnético for constante, o valor da FEM induzida será proporcional à velocidade com que o condutor se move na direção indicada. O odômetro eletromagnético utiliza este princípio.

A Figura 11.18 mostra o elemento sensível do odômetro, instalado em um domo mergulhado abaixo da quilha, no qual o campo magnético é produzido por uma bobina. A superfície exterior do elemento sensível é isolante, exceto em dois pontos (botões) situados um de cada lado do domo. O plano que contém os botões é sensivelmente horizontal e o eixo da bobina é perpendicular a este plano, bem como às linhas do campo magnético por ela produzido.

Se o navio se mover na direção indicada na figura, as linhas de fluxo cortam a água neste plano e, tal como antes se indicou, gera-se uma FEM nessa água, que aparece aplicada aos botões do domo.

Figura 11.17 – Princípio de Funcionamento do Odômetro de Fundo, tipo Eletromagnético

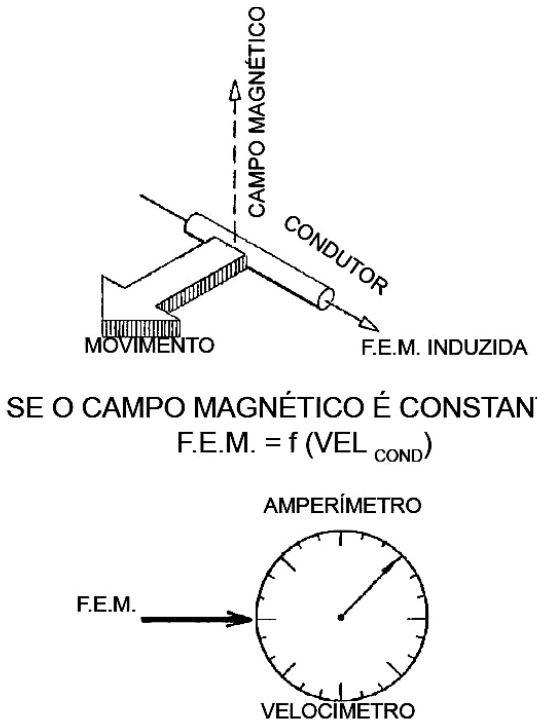
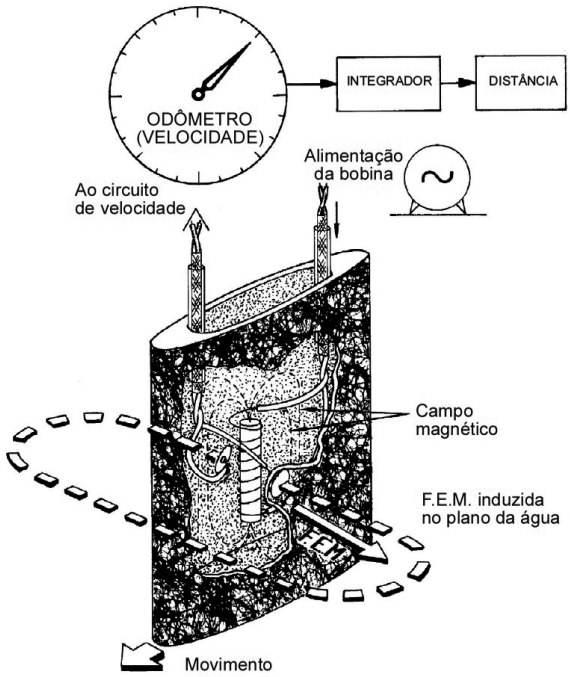


Figura 11.18 – Elemento Sensível do Odômetro de Fundo, tipo Eletromagnético

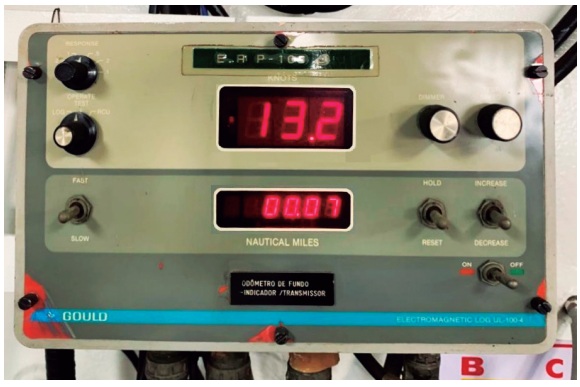


A FEM induzida pelo movimento do navio é proporcional à velocidade do elemento sensível em relação à água. A informação de velocidade é passada, através de circuitos apropriados, ao registrador de velocidade. A informação da distância percorrida sobre a água é obtida no registrador de distância, através de um circuito integrador, a partir das informações enviadas pelo circuito de velocidade. As informações de velocidade e distância percorrida podem, como nos outros tipos de odômetros, ser levadas a repetidoras em qualquer lugar do navio.

As características gerais do odômetro eletromagnético são semelhantes às dos odômetros de pressão. Neste tipo, contudo, conseguem-se indicações mais rigorosas (erro = 0,1 nó) e limites de utilização mais amplos (0 a 40 nós).

A Figura 11.19 apresenta um Indicador de Odômetro de Fundo, do tipo Eletromagnético.

Figura 11.19 – Indicador do Odômetro de Fundo, tipo Eletromagnético.



d. Odômetro Doppler

O efeito Doppler é a mudança da frequência de uma onda quando a fonte de vibração e o observador estão em movimento, um em relação ao outro. O fenômeno leva o nome do físico austríaco Christian Johann DOPPLER (1803 – 1853) que, em 1842, publicou um trabalho intitulado "Sobre a Luz Colorida das Estrelas Duplas", em que descrevia o efeito em questão.

Suponha-se um navio recebendo as ondulações do mar diretamente pela proa: a linha das cristas forma um ângulo reto com o plano longitudinal. Inicialmente, o navio está parado: passa por um mesmo ponto do navio, na unidade de tempo, um número de ondas que será chamado de n. Se o navio se deslocar para vante, no sentido contrário ao movimento das ondulações, passará por esse mesmo ponto um número maior de ondas na unidade de tempo. Se, porém, o navio inverter o rumo e movimentar-se no mesmo sentido das ondulações, passará pelo ponto referido do navio um menor número de ondas na unidade de tempo.

Resumindo: com o navio parado passam n ondas na unidade de tempo; com o navio se deslocando na direção de onde vêm as ondas, passam mais ondas que n na unidade de tempo; com o navio se afastando de onde vêm as ondas, passam menos ondas que n na unidade de tempo.

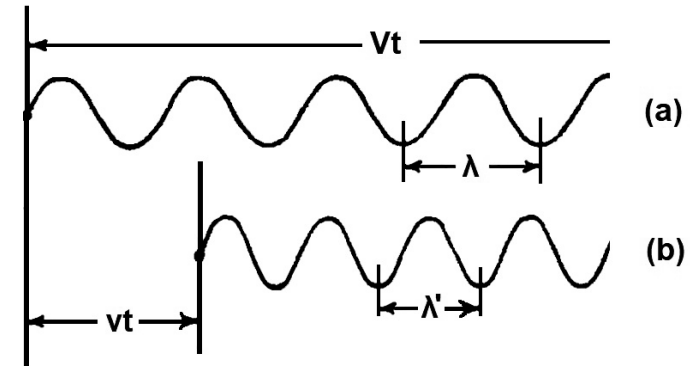
O efeito Doppler pode ser explicado em termos da teoria das ondas e pela teoria quântica (para efeito na luz).

Pela teoria das ondas, pode-se estabelecer a seguinte explicação:

- Supondo-se um observador e um corpo sonoro parados, observa-se que o número de compressões e rarefações do ar que chegam ao ouvido do observador num segundo é o mesmo que o número de vibrações por segundo do corpo sonoro. Assim, a frequência no tímpano é a mesma que a frequência do corpo sonoro.

- Mas, se o corpo sonoro está se aproximando do observador com uma velocidade v, as ondas no ar (ou em outro meio) entre o corpo sonoro e o ouvido são comprimidas como mostrado na Figura 11.20.

Figura 11.20 – Ondas Sonoras



- Em um tempo t, o som terá viajado uma distância Vt, onde V é a velocidade do som no meio considerado. Se o corpo sonoro está em repouso, como mostrado na Figura 11.20(a), o número de ondas n (uma compressão mais uma rarefação constituem uma onda) na distância Vt é **$n = Vt / \lambda$**, onde λ é o comprimento da onda.

- Se, entretanto, o corpo sonoro está se movendo, como mostrado na Figura 11.20(b), o mesmo número de ondas é comprimido numa extensão **$Vt - vt = (V - v)t$**, e o novo comprimento da onda λ' será dado por:

$$\lambda' = \frac{(V - v)t}{n} = \frac{(V - v)t}{Vt / \lambda} = \lambda \frac{(V - v)}{V}$$

- Desde que a relação entre a frequência f' do corpo sonoro em movimento, como ouvida pelo observador que está em repouso, e o comprimento da onda λ' é dada por **$V = \lambda' f'$**, tem-se:

$$f' = \frac{V}{\lambda'} = \frac{V}{\lambda (V - v) / V} = \frac{V^2}{\lambda (V - v)}$$

ou

$$f' = \frac{\lambda^2 \cdot f^2}{\lambda (V - v)} = \frac{\lambda \cdot f^2}{V - v} = \frac{f \cdot V}{V - v}$$

onde:

f' = frequência do som como ouvida pelo observador;

f = frequência do som na fonte sonora;

V = velocidade do som no meio; e

v = velocidade da fonte sonora.

É devido ao efeito Doppler que o som emitido por uma fonte que se aproxima é mais agudo; já quando a fonte sonora se afasta, o som é mais grave. É por isso que o som da buzina de um automóvel parece mais agudo quando ele se aproxima, e mais grave quando ele se afasta. Com a luz, os raios do espectro se deslocam para o violeta quando a fonte se aproxima, e para o vermelho quando a fonte se afasta. Isso foi verificado com a luminosidade das estrelas e notou-se que as emissões luminosas de todas elas se deslocavam para o vermelho (o chamado *red shift*), demonstrando que todas as estrelas estão se afastando do centro da galáxia, de onde Hubble se baseou para criar a teoria do universo em expansão. O efeito Doppler é utilizado nos radares Doppler, sonares Doppler e odômetros.

O odômetro Doppler possui, no casco do navio, um transdutor de emissão e um de recepção. Um sinal de frequência ultrassonora é emitido (como se fosse um ecobatímetro) e o receptor capta o sinal refletido pelo fundo do mar ou por pequenas partículas na água. Se o navio estiver em movimento, a frequência recebida será levemente diferente da frequência emitida e o aparelho mede essa diferença eletronicamente. A diferença de frequências é diretamente proporcional à velocidade do navio (ver a fórmula anteriormente apresentada). A velocidade é integrada também eletronicamente e, assim, é obtida a distância navegada.

O odômetro Doppler é o único que mede a velocidade no fundo. As indicações dos outros tipos estão influenciadas pelos movimentos devidos às correntes oceânicas, correntes de marés, ventos, etc. O odômetro Doppler também tem a vantagem de poder indicar velocidades muito pequenas. A Figura 11.21 apresenta o Indicador de um odômetro Doppler, modelo DS-80, da Furuno, utilizado em vários navios da MB.

Figura 11.21 – Odômetro Doppler – FURUNO DS-80 – Transdutor e Indicador de Velocidade



Os odômetros Doppler usam dois tipos de transmissão: em pulsos ou em sinal contínuo. O que emite pulsos de ultrassom permite uma transmissão mais potente sem avariar o receptor e, por isso, penetra em grandes profundidades. O que emite sinal contínuo normalmente só dá leituras, usando o fundo como referência, até 50 metros de profundidade. Qualquer que seja a emissão, geralmente são usados como referência: o fundo até cerca de 90 metros de profundidade e a massa d'água a partir de 90 metros. A precisão nas indicações é de cerca

de 0,5% da distância navegada, o que, numa singradura de 360 milhas, dá uma aproximação de 1,8 milha.

O sinal emitido pelo odômetro Doppler também se move em relação ao fundo do mar. O efeito do balanço pode ser eliminado, dando ao feixe emitido um formato de feixe de sonar. Mas o movimento de caturro pode introduzir erros com o movimento do feixe para vante ou para ré, através do fundo do mar. Transdutores especialmente projetados reduzem e até eliminam esses erros nos grandes navios, mas, nas embarcações menores (iates, pesqueiros, etc.), eles só poderão ser minimizados. Nas indicações de distâncias, os erros devidos ao caturro geralmente se anulam, mas na indicação da velocidade sempre haverá dúvida.

Os grandes navios, V.L.C.C. (*Very Large Crude Carrier*) e U.L.C.C. (*Ultra Large Crude Carrier*), hoje construídos, geralmente possuem um aparelho sonar sensor de velocidade Doppler, que opera em dois eixos, um longitudinal e outro transversal. Ele pode indicar as velocidades de deslocamento do navio, tanto no sentido proa-popa (para vante e para ré), como para bombordo e para boreste. É muito útil nas manobras de atracação, quando se necessita conhecer a velocidade de aproximação do cais com o máximo de precisão.

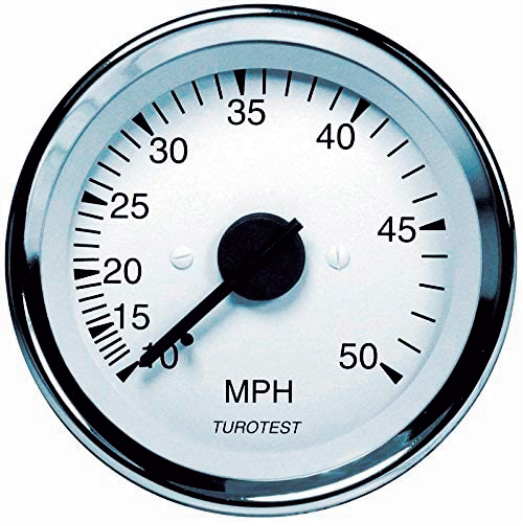
e. Velocímetros

Os velocímetros são normalmente atuados por uma haste que se projeta do casco da embarcação. Esta haste pode ser puxada para trás pela água, em função da velocidade da embarcação, ou ser acoplada a um pequeno hélice, cujas rotações são contadas eletricamente ou eletronicamente.

Nos velocímetros hidráulicos, à medida que a haste se inclina, este movimento é transmitido ao êmbolo de um cilindro, que comprime um líquido, o qual, por sua vez, age sobre o indicador do velocímetro.

No velocímetro de hélice, na haste sensora fica um hélice, com seu eixo no plano longitudinal. Com o movimento do navio, o hélice gira e esse movimento de rotação alimenta um gerador de corrente alternada colocado no próprio bosso do hélice. A frequência da corrente gerada é proporcional à velocidade do navio. Os sinais gerados são amplificados e as alternâncias são transformadas em milhas na unidade mestra, por meio de engrenagens. A frequência da corrente, sendo proporcional à velocidade, é transformada em nós em um indicador visual. Essas informações – milhas navegadas e velocidade – são transmitidas a diversas repetidoras, por meio de motores síncronos.

Figura 11.22 – Velocímetro (indicador)



Os velocímetros (Figura 11.22), normalmente, não requerem maiores cuidados, bem como permitem ajustes em suas leituras, devendo ser verificados de tempos em tempos, através da corrida da milha, que deve ser feita em condições de pouco vento e corrente. O cálculo da velocidade em função da corrida da milha permite que se façam os ajustes necessários para maior precisão do velocímetro.

Conforme acima citado, alguns velocímetros são equipados com dispositivos que indicam a distância percorrida. Atualmente, a maioria dos velocímetros, em caso de avaria da haste ou do hélice, permite que se faça a sua substituição ou reparo sem que haja necessidade de colocar a embarcação em seco. Os velocímetros são muito usados em embarcações menores, principalmente nas de esporte e recreio.

f. Tabela RPM x Velocidade

Muitas vezes não se dispõe de odômetro nem de velocímetro, porém têm-se indicadores de RPM do motor. Pode-se conhecer a velocidade desenvolvida, desde que, previamente, se tenha construído uma tabela de correspondência entre as RPMs do motor e as velocidades resultantes, o que pode ser feito facilmente, através da corrida da milha, adiante estudada.

Esta tabela, indispensável a bordo, deve, contudo, ser utilizada com cuidado, uma vez que, para o mesmo número de rotações por minuto (RPM), a velocidade correspondente depende, ainda, de outros fatores, tais como: grau de limpeza do casco; estado do mar; calado; e vento.

Ademais, convém ter presente que a velocidade não é uma função linear das RPMS, sendo a sua curva representativa bastante afastada da linha reta. A Figura 11.23 apresenta um exemplo de uma Tabela de Rotações, comumente usada a bordo dos navios.

Figura 11.23 – Tabela de Rotações

NT BREKELÉ – Em 26/10/1993				
RPM	VEL – COND. 1	VEL – COND. 2	VEL – COND. 3	OBSERVAÇÕES
50	4,8	4,7	4,6	
60	5,4	5,3	5,2	
70	6,1	5,9	5,8	
80	6,9	6,7	6,5	
90	7,8	7,5	7,1	
100	8,8	8,4	8,0	
110	9,9	9,4	8,8	
120	11,1	10,5	9,8	
130	12,4	11,7	11,0	
140	13,8	13,0	12,2	Vel de Cruzeiro
150	15,3	14,4	13,5	
160	16,8	15,8	14,9	
170	18,3	17,2	16,0	Vel. Máx Mantida
CONDIÇÕES:	Foram adotadas as seguintes CONDIÇÕES – PADRÃO COND. 1 – casco limpo, navio leve, mar chão, vento fraco. COND. 2 – casco sujo, navio a meia carga, mar chão, vento fraco. COND. 3 – casco muito sujo, navio carregado, mar chão, vento fraco.			

11.3.2 Efeito da Corrente sobre as Indicações do Odômetro e Corrida da Milha

a. Efeito da corrente sobre as indicações do odômetro

As distâncias e velocidades indicadas pelos odômetros (com exceção do Doppler) são obtidas em relação à massa líquida na qual esse equipamento está mergulhado e, para que reflitam exatamente a distância ou velocidade em relação ao fundo, seria indispensável que a massa líquida estivesse absolutamente parada ou, em outras palavras, que não existisse nenhuma corrente.

Como esta hipótese é raríssima em águas oceânicas ou fluviais, o navegante deve ser capaz de associar as indicações do odômetro com distâncias (ou velocidades) percorridas sobre o fundo, obtidas por posições bem determinadas, para concluir qual a corrente que flui na área. Poderá, também, conhecendo a corrente, combinar seu valor com a indicação do odômetro, para obter a distância (ou velocidade) percorrida em relação ao fundo, como visto quando apresentada a navegação estimada.

A sequência adiante exposta ilustra o que foi dito acima, quanto às velocidades:

- um navio está fundeado em local onde existe uma corrente de 2 nós. Arriado o seu odômetro, ele indicará 2 nós de velocidade, embora o navio permaneça parado em relação ao fundo, pois o navio afilará à corrente;

- suspendendo o ferro, e ainda sem acionar suas máquinas, o navio fica à deriva. O odômetro indicará zero, embora o navio esteja sendo levado pela corrente a uma velocidade de 2 nós em relação ao fundo;

- acionando suas máquinas em regime que lhe assegure uma velocidade de 10 nós na água, o navio toma um rumo igual ao da corrente. O odômetro indicará 10 nós, enquanto que a velocidade em relação ao fundo será de 12 nós; e

- invertendo o rumo, o navio aproa contra a corrente e durante todo o tempo o seu odômetro indicará 10 nós, mas agora sua velocidade em relação ao fundo já será 8 nós.

Raciocínio semelhante será adotado quando as informações do odômetro forem distâncias:

- para que o navio navegue entre dois pontos cuja distância verdadeira é de 100 milhas, em rumo contrário ao da corrente, cuja velocidade é de 2 nós, seu odômetro indicará valor maior que 100 milhas, de um tanto igual a 2 milhas multiplicadas pelo número de horas da travessia. Por exemplo, se um navio realizar a singradura de 100 milhas com uma velocidade na superfície de 10 nós, em rumo contrário a uma corrente de 2 nós, sua velocidade no fundo será, na realidade, de 8 nós. Assim, a duração do trajeto totalizará 12,5 horas. O odômetro indicará para esta travessia uma distância percorrida (em relação à superfície) de 125 milhas; e

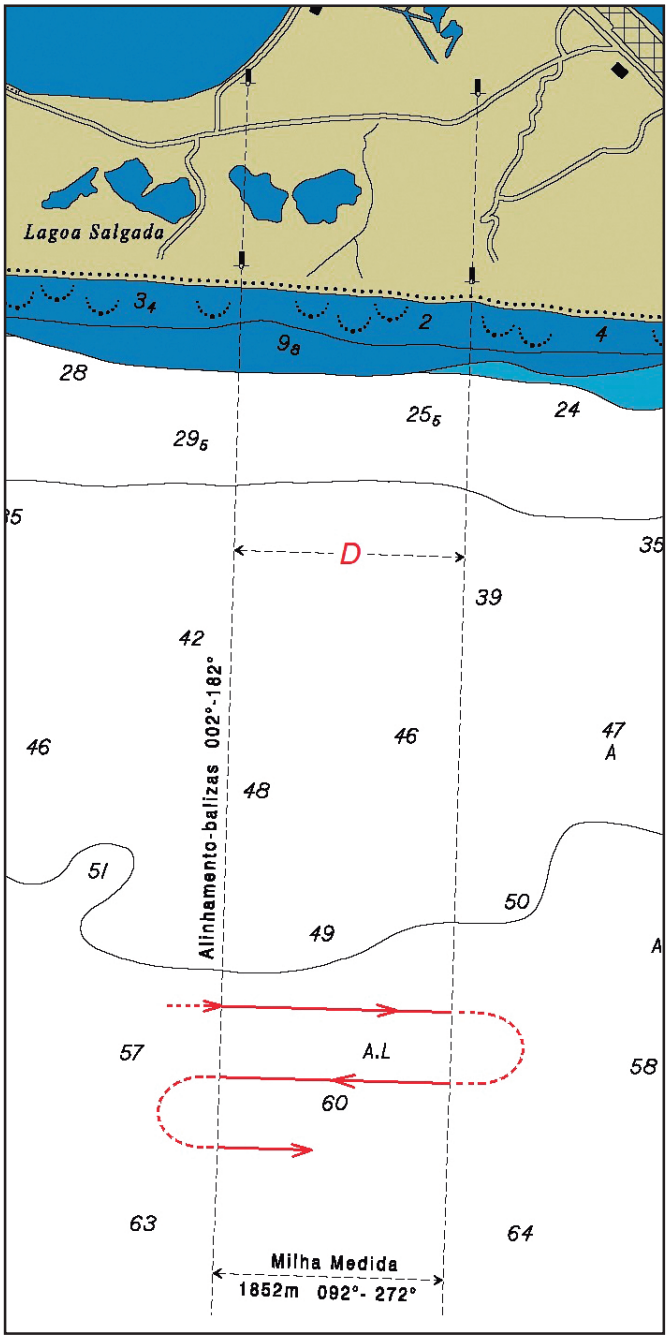
- caso a corrente seja favorável, no mesmo rumo do navio, quando ele percorrer as 100 milhas no fundo, o seu odômetro indicará menos, também um tanto igual a 2 vezes o número de horas da travessia. Caso o navio vá realizar uma singradura entre dois pontos cuja distância verdadeira é de 100 milhas, mantendo uma velocidade na superfície de 10 nós e tendo a seu favor uma corrente de 2 nós, desenvolverá, de fato, uma velocidade no fundo de 12 nós. Assim, a duração do trajeto será de 8,33 horas e o odômetro indicará, para esta travessia, uma distância percorrida de 83,3 milhas.

b. Corrida da milha

Os odômetros e velocímetros necessitam de aferição ou calibragem periódica, a fim de verificar-se a exatidão de suas indicações. Para tanto, pode-se recorrer a vários processos, os quais, na sua essência, consistem todos em aferir rigorosamente a distância percorrida durante um certo intervalo de tempo.

Dentre esses processos, abordaremos somente aquele que recebe o nome de "corrida da milha", por ser o mais comumente utilizado.

Figura 11.24 – Corrida da Milha (Carta 1508)



Na "corrida da milha", o navio efetua uma série de percursos (corridas) cuja distância, rigorosamente conhecida, é definida a partir de marcas conspícuas em terra, como a Figura 11.24 ilustra.

A distância D entre marcas pode ser de uma milha (e daí o nome tradicional de "corrida da milha"), mas, de preferência, deveria ser superior a esse valor (3 ou mais milhas).

O tempo que o navio leva para percorrer cada um dos percursos, sob diferentes regimes de máquinas (RPM), é medido rigorosamente, obtendo-se assim as correspondentes velocidades.

Como as águas não são paradas e, portanto, sempre existe uma corrente, usa-se um artifício para obter os resultados desejados, sem sofrer os efeitos da corrente.

Adota-se a média dos valores de duas corridas consecutivas em rumos opostos, anulando, assim, a influência da corrente, visto que os seus efeitos foram opostos nas duas corridas mencionadas.

Para melhores resultados, a "corrida da milha" deve ser realizada com bom tempo, na ausência de vento e em um local onde a profundidade seja, pelo menos, 5 vezes o calado do navio (para que não haja efeito de pouco fundo sobre as velocidades desenvolvidas). Além disso, ao iniciar cada corrida, o navio já deve estar no rumo adequado cerca de 1 milha antes de cruzar o primeiro alinhamento da milha medida, a fim de garantir que já navega, realmente, na velocidade correspondente ao regime de máquinas adotado, quando começar efetivamente a corrida.

c. Calibragem dos odômetros

Enquanto o navio faz a "corrida da milha", aproveita-se a oportunidade para, além de determinar a tabela de rotações, efetuar a calibragem dos odômetros.

Os odômetros, tal como acontece com todos os instrumentos, têm os seus erros. É necessário, portanto, verificar regularmente as suas indicações, comparando-as com medições efetuadas diretamente. Chama-se **"calibragem do odômetro"** a determinação do seu erro instrumental, a fim de poder efetuar a sua correção.

O erro determinado durante a calibragem pode ser corrigido diretamente, no caso de alguns tipos de equipamentos. Na maioria dos instrumentos, porém, esse erro não pode ser completamente anulado, restando um erro residual que importa conhecer.

Uma calibragem consiste, essencialmente, em duas operações levadas a cabo simultaneamente:

- determinação da velocidade do navio, conforme indicada pelo odômetro; e
- cálculo da velocidade do navio, por medição direta.

A comparação destas duas velocidades nos fornecerá a correção, normalmente expressa em porcentagem.

Uma vez que esta correção não varia proporcionalmente com a velocidade, deve-se efetuar uma série de corridas, numa gama variada de velocidades, obtendo-se, assim, uma série de correções que permitem, na prática, interpolar linearmente, sem erro apreciável, entre os valores obtidos na corrida.

Conforme visto, o processo mais rigoroso para proceder à calibragem dos odômetros é a "corrida da milha".

Exemplo:

Um navio, ao correr a milha medida nas proximidades de Cabo Frio (Carta 1508) anotou os elementos abaixo. Determinar o erro percentual do odômetro.

CORRIDA	RUMO	1ºALINHAMENTO		2ºALINHAMENTO		RESULTADOS	
		CRONÓGR.	ODÔMETRO	CRONÓGR.	ODÔMETRO	TEMPO	DISTÂNCIA ODÔMETRO
1ª	090°	00m 00s	0075,5'	06m 30s	0076,7'	390s	1,2'
2ª	270°	00m 00s	0078,5'	05m 40s	0079,4'	340s	0,9'

Cálculos correspondentes:

CORRIDA	VELOCIDADE NO FUNDO	VELOCIDADE ODÔMETRO	CÁLCULO DO ERRO
1ª	vel fd (1) =9,23 nós	vel od(1) = 11,08 nós	FÓRMULA: $ei\ (\%) = \frac{\text{vel od - vel fd}}{\text{vel od}} \times 100$
2ª	vel fd (2) =10,59 nós	vel od(2) = 9,53 nós	SINAL: vel od > vel fd : ei (+) vel od < vel fd : ei (-)
MÉDIAS	vel fd =9,91 nós	vel od = 10,30 nós	Ei = + 3,8 %

Determinado o erro instrumental do odômetro (ei), deve-se procurar eliminá-lo. Caso não seja possível, deve-se levá-lo em conta, corrigindo todas as leituras subsequentes, sendo a correção de valor igual ao do erro instrumental, mas de sinal contrário. No caso acima, todas as leituras do odômetro deveriam sofrer uma correção de – 3,8%.

É importante notar que, mesmo após a aplicação da correção, os valores fornecidos pelo odômetro para velocidade e distância percorrida ainda são em relação à massa líquida, e não ao fundo. A correção anula apenas os erros das leituras provocados por imprecisões no instrumento.

11.3.3 Processo Prático de Determinação de Velocidade

Na ausência de odômetros e velocímetros, um processo prático, muito adotado, e que dá razoável precisão, principalmente no caso de pequenas velocidades, consiste em lançar da proa da embarcação e para vante, um objeto flutuante e visível, tomando o tempo que ele leva desde que passa pela proa até chegar à popa. Deve-se usar um cronômetro para determinação do tempo e observar exatamente o passar do objeto pela proa e pela popa, uma vez que um dos elementos para o cálculo da velocidade é o comprimento da embarcação.

Como 1 nó = 0,514 m/s, a fórmula a empregar é:

$$\text{velocidade (em nós)} = \frac{\text{comprimento da embarcação (em metros)}}{0{,}514 \times t\ (s)}$$

ou, aproximadamente:

$$\text{velocidade (em nós)} = \frac{2 \times \text{comprimento da embarcação (em metros)}}{t\ (s)}$$

11.4 INSTRUMENTOS PARA MEDIÇÃO DE DISTÂNCIAS NO MAR

Conforme visto em capítulos anteriores, a distância (ou arco de distância) é uma linha de posição (LDP) utilizada com frequência na navegação costeira e na navegação em águas restritas.

Quando a distância de um observador a um determinado ponto é conhecida, pode-se afirmar que sua posição estará sobre a circunferência que tem o referido ponto como centro e um raio igual à distância medida. Tal como mencionado no Capítulo 4, normalmente não é necessário traçar toda a circunferência de distância, pois, na prática, o navegante geralmente conhece a sua posição estimada e, assim, é suficiente traçar apenas um arco de distância nas imediações da referida posição. A LDP correspondente à distância medida deve ser rotulada com a hora da observação, expressa com 4 dígitos, e o valor da distância.

Ademais, navios de guerra manobrando em formatura necessitam frequentemente determinar a distância aos navios mais próximos e ao guia, algumas vezes sob condições de silêncio radar. A determinação de distâncias é, ainda, importante nas manobras para evitar colisões e situações perigosas no mar.

As distâncias a bordo são medidas por sistemas eletrônicos (especialmente pelo radar, que será estudado no Capítulo 14) ou por métodos visuais.

Os métodos visuais utilizam estadímetros, sextantes, telêmetros e guarda-postos.

11.4.1 Estadímetros

Os estadímetros baseiam-se no princípio de determinação da distância pela medição do ângulo vertical que subtende um objeto de altitude conhecida, utilizando a fórmula:

$$d = h \cdot \text{cotg}\ \alpha$$

onde:

- d é a distância ao objeto visado (fornecida pelo estadímetro);
- h é a altitude conhecida do objeto visado (introduzida no instrumento); e
- α é o ângulo vertical que subtende o objeto (medido com o estadímetro).

a. Estadímetros mecânicos

Os estadímetros mecânicos normalmente permitem a determinação de distâncias entre 250 jardas e 10.000 jardas (0,1 a 5 milhas). Entretanto, as distâncias são medidas com precisão razoável apenas até 2.000 jardas (1 milha). Para distâncias maiores, a precisão dos estadímetros diminui progressivamente.

A altitude do objeto visado, para o qual se determina a distância, deve estar entre 50 pés e 200 pés (15 m e 60 m) para os estadímetros mecânicos.

Embora também usado em navegação costeira e em águas restritas, para determinar a distância a auxílios à navegação ou pontos conspícuos de altitude conhecida, o estadímetro é mais empregado para medir distâncias para outros navios em uma formatura.

Ao medir distâncias para outros navios, introduz-se no estadímetro a altura (em pés) entre a linha-d'água e o tope do mastro (ou a antena de radar mais alta) do navio para o qual se deseja determinar a distância. Na medição de distâncias para auxílios à navegação ou pontos conspícuos, introduz-se no estadímetro a altitude (em pés) do objeto para o qual se deseja determinar a distância.

Os estadímetros mecânicos mais comuns são o do modelo Fiske (tipo Standard), conforme apresentado na Figura 11.25, e o do modelo Brandon (tipo Sextante), constante da Figura 11.26.

Figura 11.25 – Estadímetro Fiske (tipo Standard)

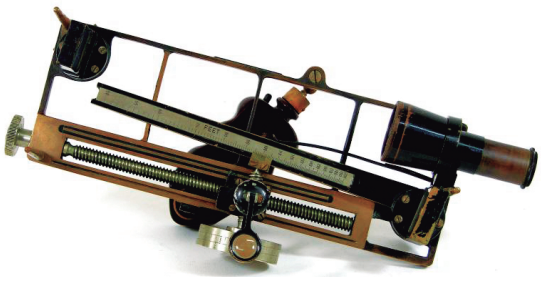
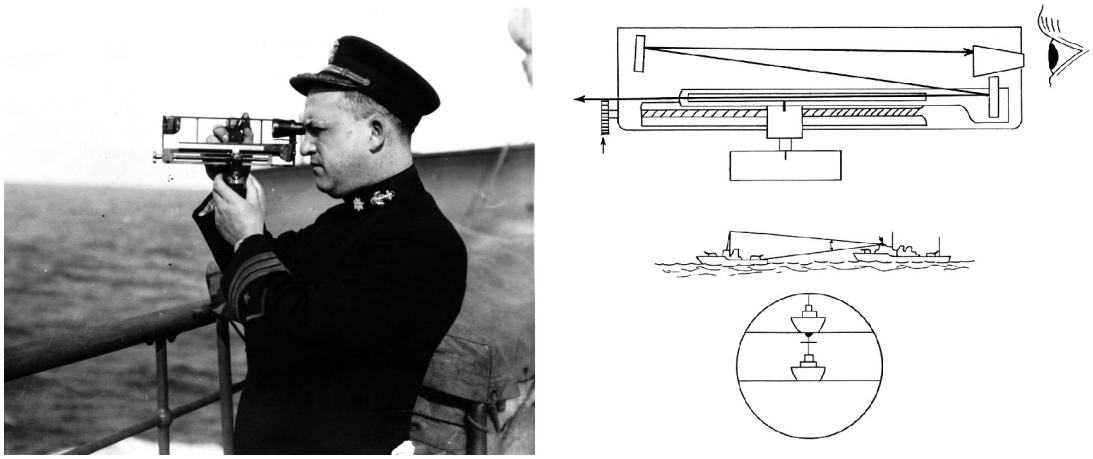


Figura 11.26 – Estadímetro Brandon (tipo Sextante)



A operação do estadímetro Fiske, descrita e esquematizada na Figura 11.27, é típica de ambos os modelos, sendo o uso do tipo Brandon diferente em poucos detalhes.

Figura 11.27 – Operação do Estadímetro Fiske



Suponha-se que se deseja medir a distância para um navio cuja altura entre a linha-d'água e o tope do mastro é de 18,3 metros:

- inicialmente, obtém-se a altura (ou altitude) em pés; neste caso, 18,3 metros correspondem a 60 pés;
- introduz-se o valor da altura (ou altitude) conhecida (60 pés) no braço índice;
- visa-se o navio para o qual se deseja determinar a distância, através da luneta; assim como no sextante, será vista uma imagem direta e uma imagem refletida; gira-se o tambor graduado de modo que o tope da imagem refletida tangencie a parte de baixo (linha-d'água) da imagem direta; e
- lê-se a distância diretamente, em jardas, no tambor graduado.

Quando a altura do mastro do navio para o qual se deseja obter a distância é menor que 50 pés (15 metros), pode-se usar o artifício de introduzir no estadímetro o dobro da altura e, para obter a distância, dividir-se por 2 a leitura do tambor graduado.

O estadímetro mecânico, atualmente, está em desuso nos Navios da Marinha do Brasil, tendo sido substituído pelo estadímetro eletrônico, que será, em seguida, apresentado.

b. Estadímetro eletrônico

Figura 11.28 – Estadímetro eletrônico KVH DataScope em uso no NHo Cruzeiro do Sul



Os Navios da Marinha do Brasil tem utilizado, no momento, o equipamento portátil **KVH DataScope**, que agrega, além de uma Bússola digital, como apresentado no subitem 11.2.2, um Estadímetro eletrônico e um Cronômetro, como apresentado na Figura 11.28.

O princípio de funcionamento é o mesmo do estadímetro mecânico, onde faz-se necessário introduzir a altura (ou altitude) do alvo ou objeto

a ser medida a sua distância. Assim que se mira o alvo no centro do visor ótico, faz-se o ajuste angular no estadímetro eletrônico por meio dos traçados (*segments*) que se empilham horizontalmente, até que essa "pilha" se nivele ao ponto mais alto do alvo ou objeto observado. Na Figura 11.29, pode-se perceber como é feito esse nivelamento.

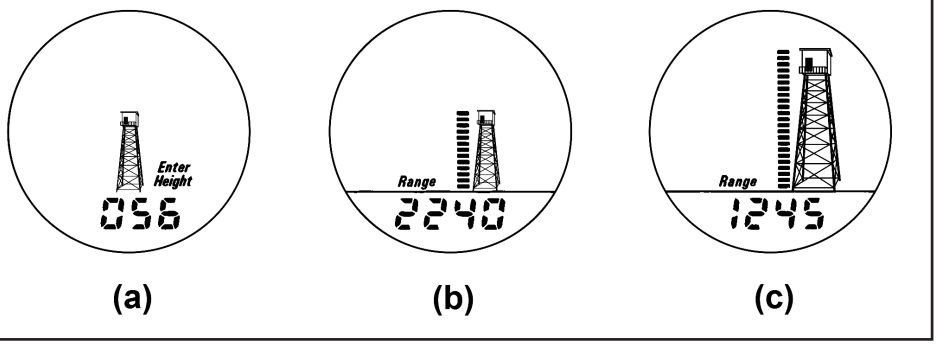
Figura 11.29 – Ajuste angular (nivelamento dos segments) no Estadímetro KVH DataScope



Os valores abaixo do objeto informam o valor da distância, caso a leitura fosse feita naquele estágio do nivelamento. A situação mais à direita, naturalmente, é a correta, que apresenta o valor "450".

Feito esse nivelamento, aperta-se um botão específico e a leitura da distância é feita eletronicamente, apresentando no visor o valor obtido. Esse valor será na mesma unidade de medida da altura (ou altitude) que foi introduzida, ou seja, se informado em metros, a distância será em metros, e assim para qualquer outra unidade (pés, jardas, etc.). A Figura 11.30 apresenta duas diferentes medições para um mesmo objeto observado, que se deseja conhecer a distância.

Figura 11.30 – Leitura da distância no Estadímetro KVH DataScope



Na figura, o visor (a) apresenta o valor de entrada da altura da torre que se quer conhecer a distância; o visor (b) apresenta a distância obtida naquele instante inicial em (a); e o visor (c) apresenta a distância em que o navio se encontra da torre, quando mais próximo a ela.

Lembrando a fórmula anteriormente apresentada ($\mathbf{d = h \,.\, cotg\ \alpha}$), constata-se que à medida que se aproxima do objeto, a distância diminui em razão do aumento do valor do ângulo, que no visor pode ser constatado pelo aumento do número de traçados (*segments*) indicados.

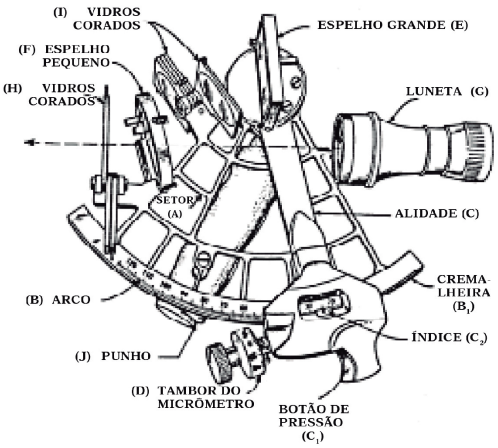
11.4.2 Determinação de Distâncias com o Sextante

O uso do sextante na navegação costeira e em águas restritas já foi mencionado em capítulos anteriores. Este instrumento está detalhadamente apresentado no capítulo 21, Volume

II, deste Manual, na parte referente à Navegação Astronômica. A Figura 11.31 apresenta o Sextante Tamaya, Modelo MS-733, amplamente empregado nos Navios da MB.

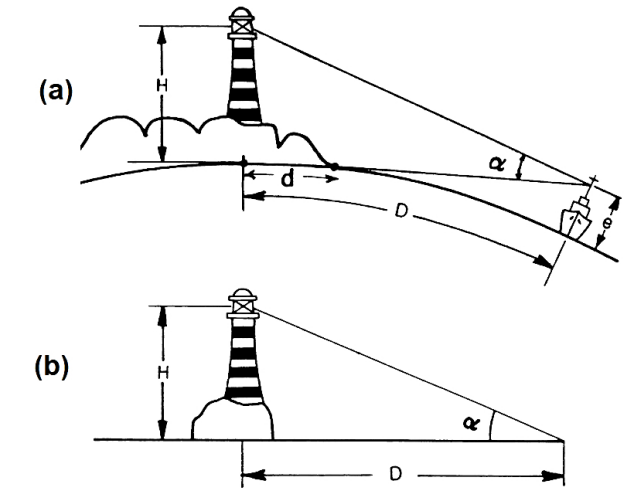
Figura 11.31 – O Sextante e a identificação de suas principais partes componentes





Fundamentalmente concebido para determinar a altura angular dos astros, o sextante permite, também, calcular a distância a um objeto de altitude conhecida, situado aquém do horizonte, se for observado o ângulo vertical que o subtende. Com efeito, suponha-se que um navegador, conforme o esquema apresentado na Figura 11.32 (a), com uma elevação "e", mede o ângulo vertical "α" segundo o qual observa um objeto, cuja altitude "H" se conhece e que se encontra situado aquém do alcance visual ao horizonte (isto é, o objeto é todo visível de bordo).

Figura 11.32 – Medição de ângulo vertical



Na Figura 11.32 (a), vê-se que, teoricamente, a distância "D", na superfície da Terra, não é subentendida diretamente pelo ângulo, mas, na prática, simplifica-se a situação, adotando a resolução de um só triângulo retângulo, conforme a Figura 11.32 (b), uma vez que são aceitáveis as seguintes aproximações:

- a curvatura da Terra é desprezível para as distâncias normalmente medidas, bem como o efeito da refração terrestre;
- a elevação do observador "e" é pequena, quando comparada com "D" e com "H"; e
- a distância entre a linha de costa e a vertical do objeto observado é, normalmente, muito pequena, quando comparada com a distância "D".

Feitas estas simplificações, a distância poderá ser obtida pela fórmula **D = H . cotg α**, cujo esquema está apresentado na Figura 11.32 (b), onde:

D – distância ao objeto visado;

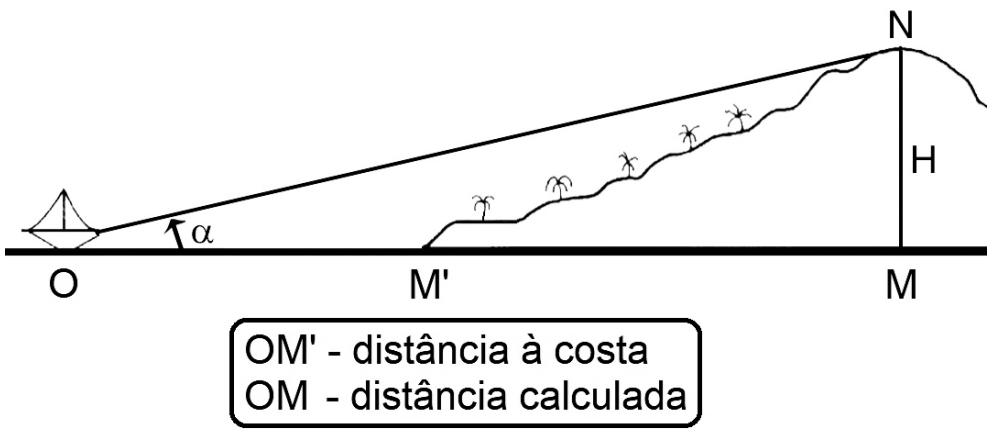
H – altitude conhecida do objeto; e

α – ângulo vertical que subtende o objeto, medido com o sextante.

Note-se, contudo, que o erro causado por estas simplificações só é desprezível quando a distância entre o navio e a linha de costa é significativamente maior que a distância desta à vertical do objeto.

Por seu turno, é preciso sempre considerar que, com o emprego deste método, a distância obtida "D" é a distância ao objeto e não à linha de costa, como mostrado na Figura 11.33.

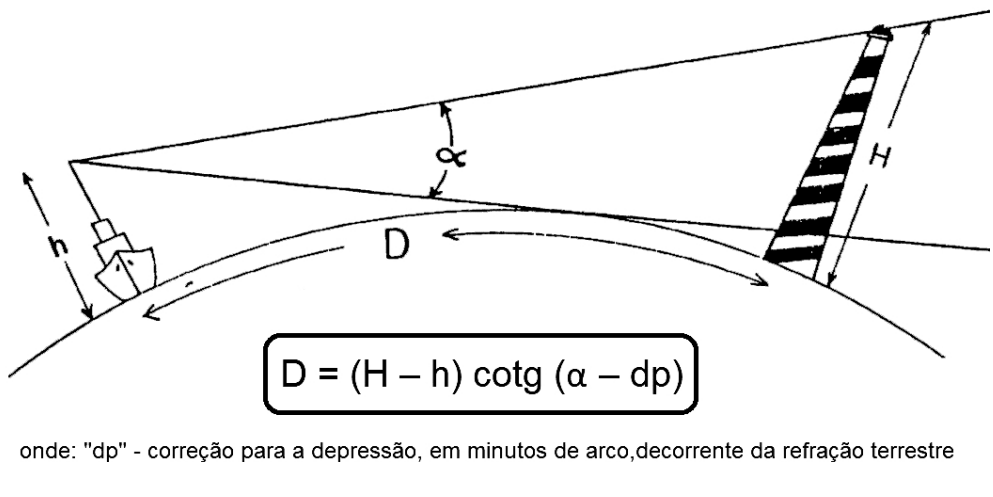
Figura 11.33 – Distância à costa e distância calculada



Visando facilitar a obtenção das distâncias pelos navegantes, foram construídas tábuas, nas quais, entrando-se com os argumentos altitude do ponto observado, em metros, e ângulo vertical observado, obtém-se a distância, em milhas, entre o objeto e o observador. As tábuas em questão constam do Apêndice 1, do Volume 3 deste Manual, denominadas como **Tábua II – Distância pelo Ângulo Vertical**.

Quando o objeto de altura conhecida está além do horizonte (ou seja, quando sua parte inferior não é visível), conforme mostrado na Figura 11.34, o método não é indicado, pelos resultados pouco rigorosos a que conduz. Neste caso, é melhor buscar-se a determinação da posição por outros métodos.

Figura 11.34 – Distância a objeto além do Horizonte

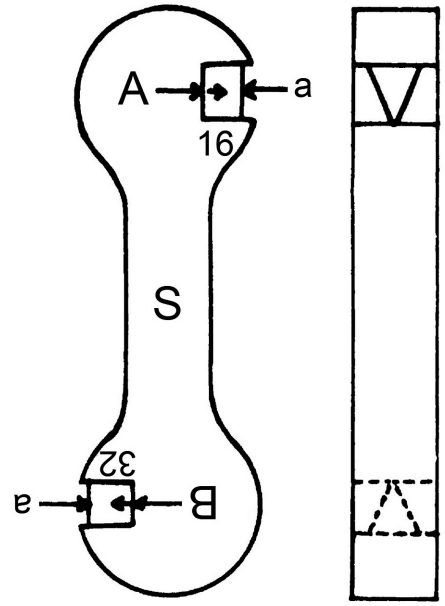


11.4.3 Guarda-Posto

O guarda-posto é um pequeno instrumento de refração luminosa, destinado a oferecer ao navegante, com o auxílio de diagramas especiais, a distância entre dois navios. Seu emprego principal é na navegação em formatura, para a manutenção do posto.

O guarda-posto tem a forma apresentada na Figura 11.35, onde S é um suporte de madeira, metal ou plástico, no qual dois prismas A e B são alojados, com os vértices voltados para o centro. Sob um prisma lê-se o número 16; sob o outro, o número 32.

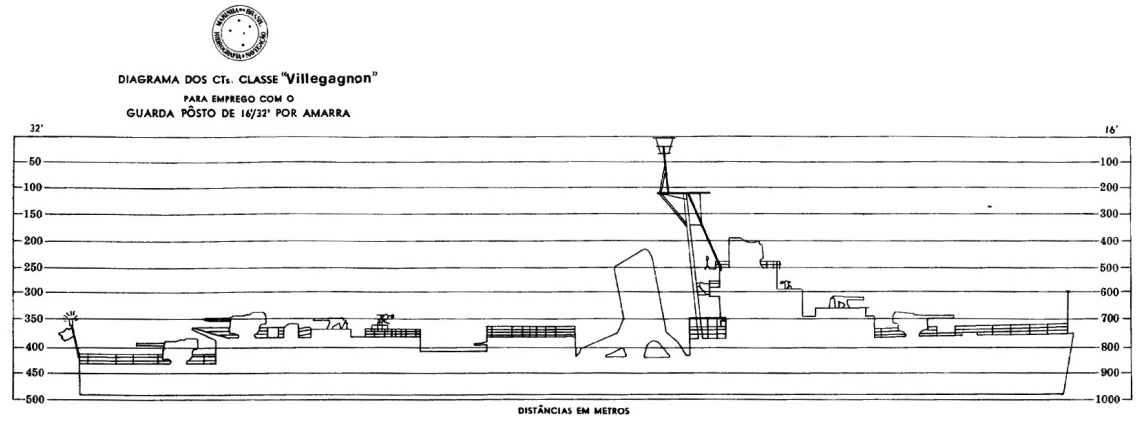
Figura 11.35 – Guarda-Posto



Esses números são os parâmetros de cada prisma e indicam que, na distância de uma amarra (0,1 milha), a imagem de um objeto vista através do prisma será desviada verticalmente de 16 ou 32 pés, conforme o prisma usado. Para determinar a distância a um navio, segura-se o guarda-posto pelo suporte, levando-se o prisma escolhido à altura de um dos olhos, mantendo-se o aparelho perpendicular ao raio luminoso vindo do navio. Faz-se, então, a visada tangenciando a aresta "a" do prisma, mostrada na Figura 11.35, ao mastro do navio para o qual se deseja medir a distância. Nessa ocasião, procura-se ver, simultaneamente, as imagens direta do navio e refratada do seu mastro, observando-se em que ponto da imagem direta cai a imagem refratada do tope do mastro. Com o desvio assim observado, será lida a distância no diagrama relativo ao navio visado, na coluna correspondente ao prisma utilizado (16 ou 32), interpolando-se essa distância a olho, se necessário.

Os diagramas especiais são indispensáveis para a medida de distâncias com o guarda-posto. Na Figura 11.36, está reproduzido o referente aos CT Classe "Villegagnon".

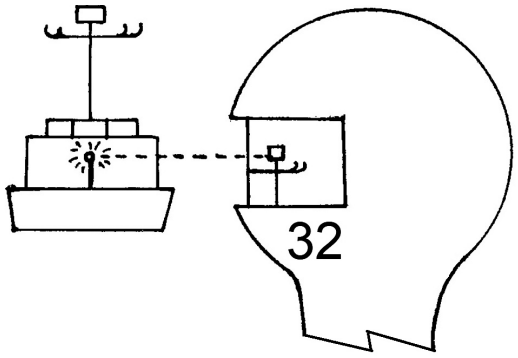
Figura 11.36 – Diagrama para Uso do Guarda-Posto



Normalmente, tais diagramas indicam as distâncias de 50 em 50 metros para o prisma de 32 pés e de 100 em 100 metros para o prisma de 16 pés.

Assim, se, em formatura, um observador de um navio visar um CT Classe "Villegagnon" com o guarda-posto, usando o prisma de 32 pés, e verificar que a imagem refratada do tope do mastro coincide com a luz de alcançado da imagem direta do navio, como mostra a Figura 11.37, no diagrama correspondente obtém-se a distância entre os dois navios: 350 metros.

Figura 11.37 – Visada com o Guarda-Posto



11.4.4 Determinação da Distância a Objeto no Horizonte

A distância ao horizonte (também chamada, em navegação, de alcance geográfico) pode ser determinada, em função da elevação do olho do observador, pela fórmula:

D (em milhas) = 2 $\sqrt{h}$ (em metros)

Na fórmula, "D" é a distância ao horizonte e "h" a altitude (ou elevação) do olho do observador, conforme mostrado na Figura 11.38.

Assim, se o observador está 4 metros acima do nível do mar, sua distância ao horizonte será de: D = $\sqrt{4}$ = 4 milhas.

Desta forma, se houver um pequeno objeto no horizonte, pode-se estimar que a distância do observador até ele será de, aproximadamente, 4 milhas.

Figura 11.38 – Distância ao Horizonte

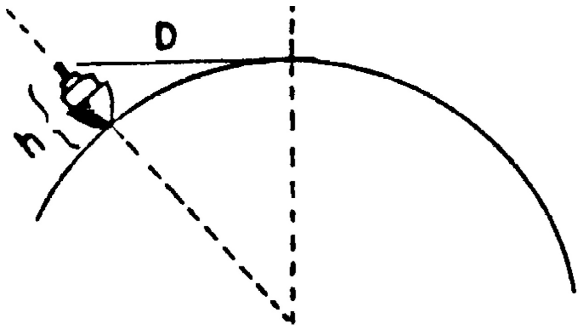
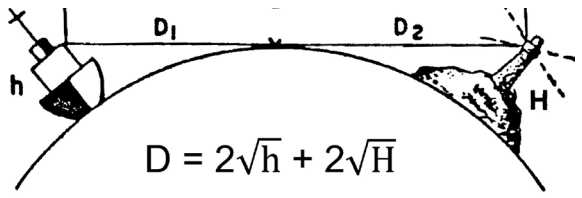


Figura 11.39 – Distância ao Objeto de Altitude Conhecida no Horizonte ("boiando")

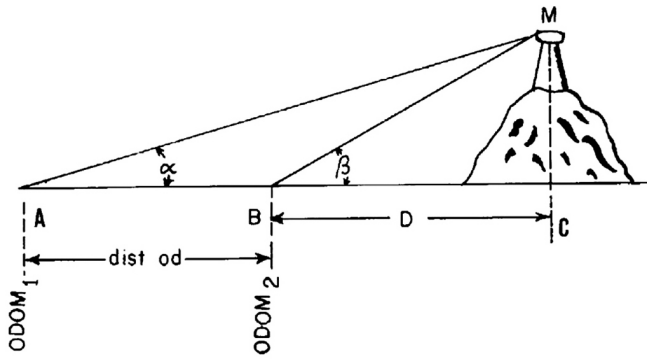


Se a altura do observador acima do nível do mar é de 9 metros e o objeto a ser visado tem uma altitude de 100 metros, conforme apresentado na Figura 11.39, pode-se dizer que, em boas condições de visibilidade, quando do seu avistamento, a distância aproximada para ele será de: D = $2\sqrt{h} + 2\sqrt{H} = 2\sqrt{9} + 2\sqrt{100}$ = 26 milhas.

11.4.5 Cálculo da Distância por Dois Ângulos e Distância Navegada

A distância a um objeto pode ser calculada aproximadamente, desde que se conheçam duas alturas angulares sucessivas do objeto e a distância navegada entre elas, com o navio aproado ao objeto ou dando a popa a ele.

Figura 11.40 – Distância por Dois Ângulos Verticais e Distância Navegada



Na Figura 11.40, quando o navio estava na posição A, um observador mediu a altura angular α, em minutos, do farol M, com um sextante, e anotou a leitura do odômetro neste momento.

A partir do ponto A, tendo navegado em direção ao farol M, depois de um certo tempo, ao atingir a posição B, o observador tornou a medir a altura angular do farol, de valor ß agora, em minutos, e registrou a nova leitura do odômetro. A distância D, em milhas, do observador quando atingiu o ponto B ao farol, é dada pela fórmula:

$$\mathbf{D = Dist\ "od"\ x\ \frac{\alpha}{\beta - \alpha}}$$

Exemplo:

Um observador, em um navio com o rumo na direção do Pão de Açúcar, num determinado momento, mediu a altura angular α, de 2° 15', o odômetro acusando 786,5 milhas; algum tempo depois, a altura angular ß foi de 3° 28' e a leitura do odômetro foi de 790,0 milhas. Qual a distância da segunda posição ao Pão de Açúcar?

α = 2° 15› = 135›;

β = 3° 28› = 208›; e

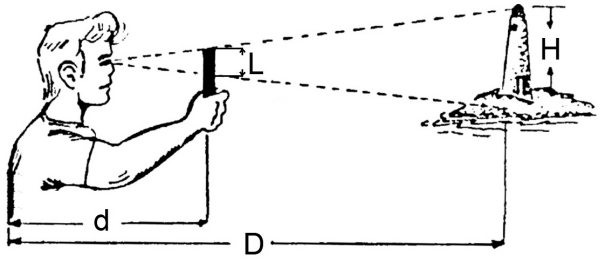
dist "od" = 790,0 – 786,5 = 3,5 milhas.

$$D = \text{Dist "od"} \times \frac{\alpha}{\beta - \alpha} = 3{,}5 \times \frac{135'}{208' - 135'} = 6{,}5 \text{ milhas}$$

11.4.6 Processos Práticos de Medida de Distâncias

Uma boa maneira de se estimar a distância a um objeto de altitude conhecida é utilizando uma régua graduada. Basta estender o braço na horizontal, segurar a régua verticalmente na direção do objeto visado e verificar qual o comprimento na régua que cobre o objeto visado (ou seja, deve-se medir, sobre a escala da régua, a dimensão do objeto), tal como ilustrado na Figura 11.41.

Figura 11.41 – Processo Prático para Estima de Distância (Régua na Vertical)



A distância do olho do observador à régua pode ser facilmente determinada (e tende a ser uma constante para cada observador). Com a altitude conhecida do objeto visado, calcula-se a distância ao objeto, conforme abaixo mostrado.

Exemplo:

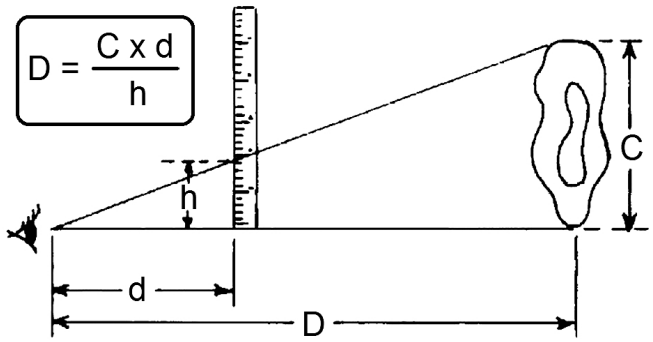
Um farol com 70 metros de altitude cobre 4 centímetros de uma régua afastada 60 centímetros do olho do observador. Então, a distância ao farol será de:

$$D = d \frac{H}{L} = 0{,}6 \times \frac{70}{0{,}04} = 1.050 \text{ m} = 0{,}57 \text{ milha}$$

Este método também pode ser usado horizontalmente, quando se tem um objeto de comprimento conhecido, como a ilha da Figura 11.42. Neste caso, a régua deve ser segurada horizontalmente, com o braço esticado, devendo ser medida, sobre a escala da régua, a dimensão do objeto visado.

Assim, na figura citada, um observador segura a régua a uma distância d = 60 centímetros da vista; a ilha, cujo comprimento é C = 1,2 milha, subtende a parte h = 10 cm da régua.

Figura 11.42 – Método da Régua na Horizontal



Na Figura 11.42, tem-se que:

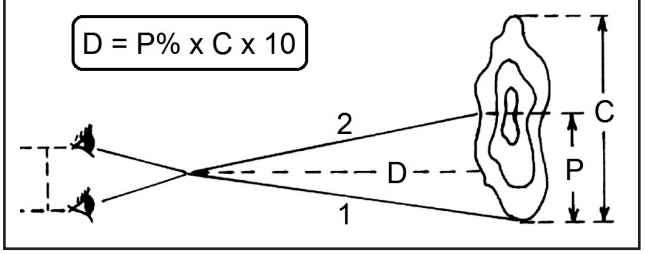
$$\frac{d}{D} = \frac{h}{C} \rightarrow D = \frac{C \times d}{h} = \frac{1{,}2 \times 60}{10} = 7{,}2 \text{ milhas}$$

A distância será expressa na unidade em que se medir a altitude ou o comprimento do objeto. Sendo estas expressas em metros ou pés, para ter a distância em milhas, basta dividir o resultado por 1.852 ou 6.076,12, respectivamente.

A distância a um objeto de comprimento conhecido também pode ser estimada pelo "método do dedo". Para tanto, basta fechar um olho, estender um braço na horizontal, distender o polegar na vertical e, nessa posição, fazer o polegar tangenciar uma das extremidades do objeto. Abrindo o olho e fechando o outro, o polegar "parece" deslocar-se sobre o objeto conhecido. Então, com o comprimento do objeto e estimando a porcentagem desse comprimento que o polegar "percorreu" ao se deslocar aparentemente, tem-se a distância ao objeto, na mesma unidade adotada para medir o seu comprimento, desde que se multiplique a porcentagem anterior por 10.

Assim, na Figura 11.43, sobre a ilha de comprimento C = 2 milhas, o observador estimou que o polegar, ao se deslocar, aparentemente, da posição 1 para a posição 2, percorreu a porcentagem P = 50% de C.

Figura 11.43 – Método do Dedo



A distância à ilha seria:

D = P% x C x 10 = 0,5 x 2 x 10 = 10 milhas.

Embora elementar, esse método oferece resultados cada vez melhores, com o aumento da prática na estimativa percentual do deslocamento aparente do polegar.

11.5 INSTRUMENTOS PARA MEDIÇÃO DE PROFUNDIDADES

A profundidade é uma informação de fundamental importância para a segurança do navio na navegação costeira e, especialmente, quando trafegando em águas restritas.

A carta náutica registra as profundidades na área representada e mostra diversas isóbatas, linhas que interligam pontos de mesma profundidade e permitem visualizar a topografia submarina. Tanto as profundidades como as isóbatas constituem informações muito valiosas para o navegante.

Basicamente, o navegante determina a profundidade da posição em que se encontra com um ou mais dos seguintes propósitos:

- avaliar se a profundidade medida oferece perigo, tendo em vista o calado do navio ou embarcação;
- comparar a profundidade medida com a registrada na carta náutica para a posição por ele determinada, como um meio de verificar essa posição; e
- obter uma linha de posição, pois, conforme visto em capítulos anteriores, a profundidade é uma LDP de que se lança mão na navegação costeira, em condições especiais.

Para determinar profundidades, o navegante, normalmente, dispõe dos seguintes meios:

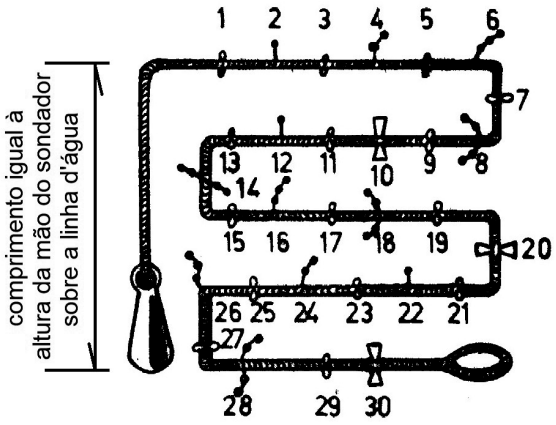
- prumo de mão; e
- ecobatímetro ou ecossonda.

11.5.1 Prumo de Mão

O prumo de mão, conforme o esquema contido na Figura 11.44, consiste em um peso de chumbo de forma troncônica, denominado **chumbada**, tendo na parte superior uma **alça**, ou um orifício, e na base um **cavado**, onde se coloca sabão ou sebo, com a finalidade de trazer uma amostra da qualidade do fundo, indicando a tença.

Na alça ou no orifício da chumbada, dá volta uma linha de barca, onde se faz uma graduação em metros. Geralmente, gradua-se a linha com o zero distante da alça da chumbada de um comprimento igual à altura da mão do operador acima do plano de flutuação. Assim, o operador lê a graduação de sondagem na sua mão. A leitura se torna muito mais fácil e precisa do que se fosse feita ao lume d'água, caso não se adotasse esse "desconto", mormente à noite ou em sondagens feitas de plataformas elevadas.

Figura 11.44 – Prumo de Mão



A partir do zero, nas distâncias de dois, quatro, seis e oito metros, marca-se a linha com um, dois, três e quatro nós em merlim, respectivamente. As sondagens ímpares um, três, cinco, sete e nove metros são marcadas, indistintamente, com uma tira de couro enfiada na linha. Todas as demais subdivisões terminadas nos mesmos algarismos das unidades recebem as mesmas marcas. Assim, por exemplo, em dezesseis metros encontram-se apenas três nós em merlim e em vinte e três metros somente uma tira de couro. Aos dez metros, faz-se uma pinha e prende-se um pedaço de filele branco; aos vinte metros, duas pinhas e filele azul; aos trinta metros, três pinhas e filele encarnado.

O comprimento da linha varia de 25 a 45 metros e o peso da chumbada, de 2,5 a 7 quilos. Normalmente, usam-se dois tipos de prumo, um para profundidades até 25 metros, com chumbada de cerca de 3 quilos, e outro para maiores profundidades, com chumbada mais pesada e linha maior.

Deve-se fazer a graduação com a linha molhada, sendo preferível escolher uma linha já usada e esticada previamente, o que pode ser feito rebocando-a com um peso amarrado ao seu chicote.

Antes de se usar o prumo, é necessário verificar para que altura foi feito o desconto do zero da graduação.

Para determinação da profundidade com o prumo de mão, a velocidade do navio precisa ser reduzida até 3 nós, no máximo, e o operador deve lançar a chumbada com um forte impulso para vante e fazer a leitura quando o prumo estiver aproximadamente a pique e se sentir que a chumbada tocou o fundo (há, neste instante, uma folga na linha).

O fundo é, geralmente, menor que o indicado, por causa da catenária formada pela linha e por não ser feita a leitura exatamente com o prumo a pique. A precisão da medida depende bastante da técnica e da prática do sondador. Conforme mencionado, é comum as chumbadas possuírem na sua base uma parte côncava cheia com sabão, ou sebo, com a finalidade de, ao tocarem o fundo, trazerem uma informação sobre a sua qualidade, o que, em determinadas circunstâncias, é de grande utilidade, especialmente para o fundeio.

Com o navio fundeado, o prumo também serve para indicar se ele garra; para isso, larga-se a chumbada no fundo, com um pouco de seio na linha, e amarra-se o prumo à borda. A inclinação da linha denuncia se o navio está garrando.

11.5.2 Ecobatímetros

a. Princípio fundamental

Um feixe de ondas sonoras ou ultrassonoras é transmitido verticalmente por um emissor instalado no casco do navio; esse feixe atravessa a coluna d'água até o fundo e aí se reflete, retornando a superfície emissora, onde é detectado por um receptor.

O tempo decorrido entre a emissão do sinal e a recepção do eco refletido do fundo é convertido em profundidade, pois a velocidade do som na água é conhecida (≅ 1.500 metros por segundo).

Os ecobatímetros, ou ecossondas, apresentam vantagens sobre os prumos de mão ou mecânicos, por permitirem sondagens contínuas com maiores velocidades empregadas pelo navio, em profundidades não alcançadas por ele e com menor dependência das condições de meteoceanográficas.

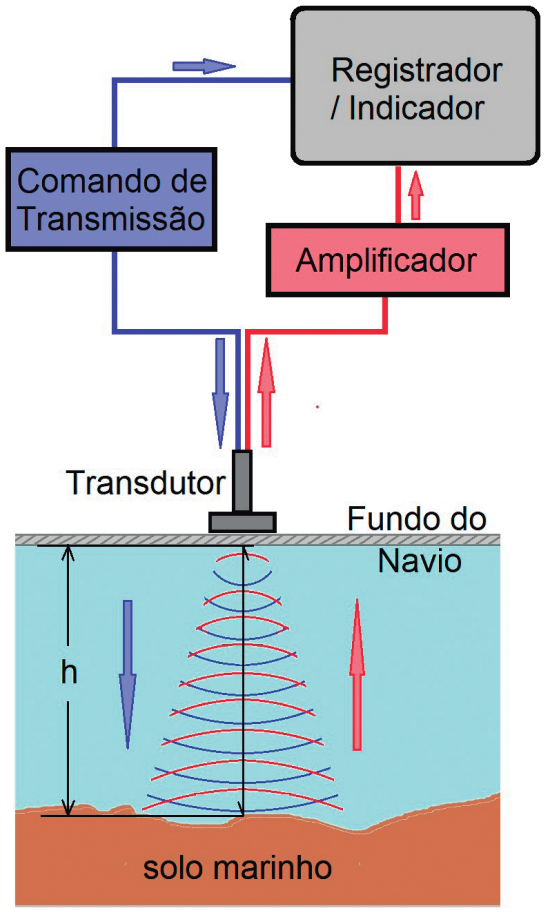
b. Descrição do equipamento

Os Ecobatímetros podem ser sonoros (frequência menor que 20 kHz) ou ultrassônicos (frequência maior que 20 kHz).

O equipamento é constituído, basicamente, pelos seguintes componentes, conforme o esquema contido na Figura 11.45:

- Comando de Transmissão;
- Transmissor / Excitador (não representado);
- Transdutor;
- Receptor;
- Amplificador; e
- Registrador e/ou Indicador.

Figura 11.45 – Ecobatímetro



O comando de transmissão envia, a intervalos de tempo constantes, um pulso ao transmissor / excitador que, recebendo esse sinal, envia ao transdutor um pulso de energia elétrica de potência muito maior que a recebida. O transdutor de emissão é um dispositivo que transforma energia elétrica em sonora. O eco refletido pelo fundo do mar pressiona (impacta) o transdutor de recepção, que transforma a energia sonora em energia elétrica, que é, por sua vez, amplificada e enviada ao medidor de intervalo de tempo. No medidor, é medido o intervalo entre a emissão do pulso e a recepção do eco, que é transformado diretamente em profundidade e apresentado, visual ou graficamente, no registrador / indicador.

Quando o pulso sonoro é transmitido, inicia-se a contagem do tempo, a partir do instante da transmissão. Ao ser recebido o eco refletido no fundo, é feita a medida do intervalo de tempo decorrido entre o instante da transmissão e o instante da recepção do eco.

Assim, a profundidade do local será igual à velocidade do som multiplicada pela metade do intervalo de tempo acima descrito, ou seja, **h = v . t/2** , onde:

h = profundidade medida pelo ecobatímetro;

v = velocidade de propagação do som na água; e

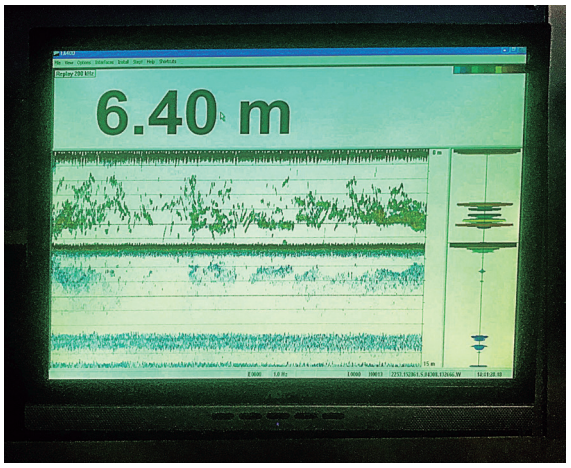
t = intervalo de tempo entre a transmissão do pulso acústico e a recepção do eco refletido no fundo.

A indicação de profundidade pode ser digital e/ou através de registro em uma escala gráfica. As Figuras 11.46 e 11.47 ilustram ecobatímetros com indicadores de profundidade, conforme acima citados. O registro gráfico das profundidades tem a vantagem de proporcionar uma boa visualização do relevo submarino da área onde se navega. Modernamente, em vez do tradicional registro em papel, muitos ecobatímetros apresentam o relevo submarino em telas (*displays*) de alta resolução.

Figura 11.46 – Indicador Digital do Ecobatímetro Furuno FE-700, instalado no NHoF Alte Graça Aranha



Figura 11.47 – Indicador Digital e Registro Gráfico de Profundidades do Ecobatímetro EA400, instalado no NOc Antares



Os transdutores são instalados no fundo do casco do navio, próximo da quilha, e emitem um feixe sonoro (ou ultrassônico) em forma de cone, com um ângulo de abertura que varia de equipamento para equipamento.

Para transformar energia elétrica em pulso sonoro e vice-versa, os transdutores utilizam o princípio da magnetostrição ou da piezeletricidade.

Os fundos duros são melhores refletores que os fundos macios, produzindo, assim, um eco mais forte. Quando no limite do alcance de um ecobatímetro, pode-se ter dificuldades de leitura se o fundo for de lama macia, devido à pouca intensidade do eco produzido.

Atualmente, os ecobatímetros possuem diversos recursos, entre os quais se sobressaem o alarme de baixa profundidade e o alarme de alta profundidade. O alarme de baixa profundidade pode ser ajustado para alertar o navegante quando o navio atinge uma profundidade considerada como limite de segurança para a navegação. Por seu turno, ambos os alarmes (de baixa e alta profundidade), desde que convenientemente ajustados, podem dar ao Oficial de Quarto no Passadiço uma boa indicação de que o navio possa estar garrando, quando fundeado.

c. Medição de profundidades com o ecobatímetro

A profundidade medida com o ecobatímetro, conforme visto, tem como referência o fundo do navio onde estão localizados os transdutores. Portanto, para obter a profundidade do local no instante da sondagem é necessário somar à leitura do ecobatímetro o valor do calado do navio, pois:

PROFUNDIDADE REAL = PROFUNDIDADE ABAIXO DA QUILHA + CALADO

A quase totalidade dos aparelhos permite a introdução do valor do calado, de modo que as indicações do ecobatímetro tenham como referência o nível do mar no instante da medição.

Entretanto, o nível do mar, como se sabe, não é imóvel, variando principalmente em função das marés. As profundidades representadas nas cartas náuticas têm como origem o Nível de Redução, que, para as cartas da DHN, é definido como a média das baixa-mares de sizígia. Desta forma, para comparar com precisão a profundidade medida com a sondagem representada na carta, é preciso considerar a altura da maré no instante da medição, subtraindo-a (no caso de altura da maré positiva) ou, eventualmente, somando-a (no caso relativamente raro de altura negativa da maré, ou seja, de nível atual do mar abaixo do Nível de Redução).

A velocidade de propagação do som na água do mar não é constante e isto constitui uma das fontes de erro nas medidas dos ecobatímetros. Alguns modelos, para uso científico, permitem regular a velocidade do equipamento de modo que corresponda exatamente ao valor da velocidade de propagação do som na água em que se opera.

Os ecobatímetros modernos, destinados a empregos mais precisos, como levantamentos hidrográficos ou pesquisas geofísicas, são classificados em dois tipos: monofeixe e multifeixe.

Os ecobatímetros monofeixe transmitem pulsos de energia acústica projetada para a água sob a forma de um feixe orientado verticalmente, em intervalos de tempo infinitesimal, de maneira a coletar continuamente dados batimétricos ao longo da trajetória percorrida pelo navio. Como toda profundidade deve estar referenciada em uma posição, o posicionador (assim como nos ecobatímetros multifeixe) é utilizado para identificar as coordenadas da profundidade encontrada. A precisão da posição vai depender do modelo escolhido de acordo com a acurácia que o usuário deseja.

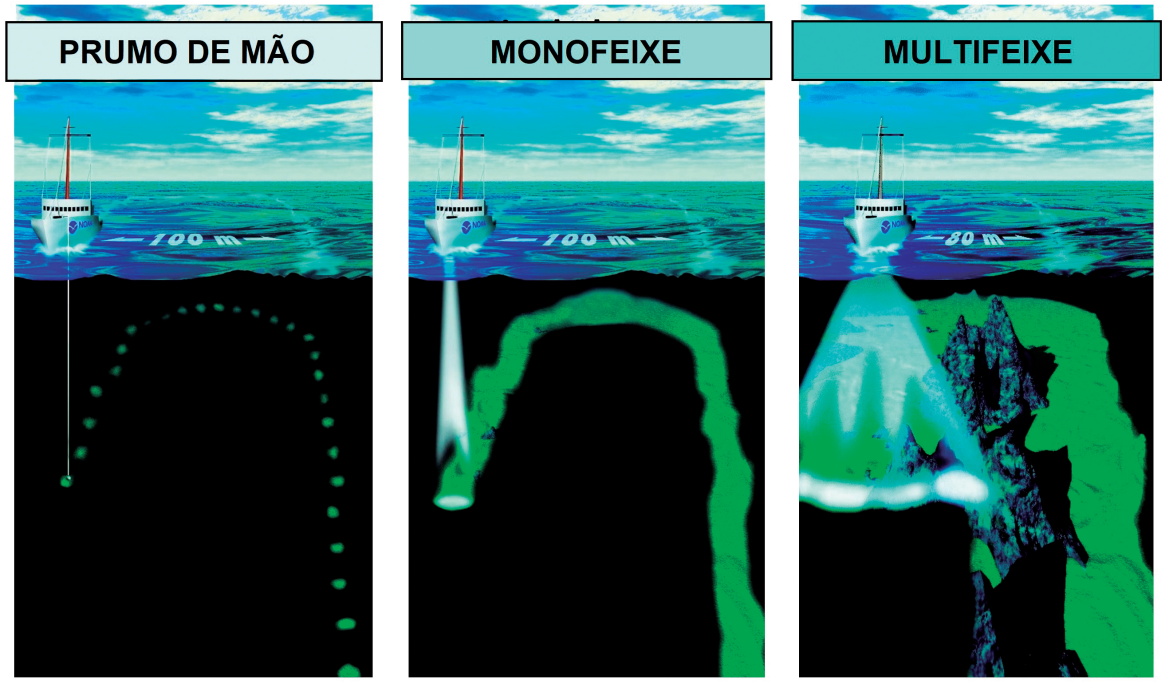
No modelo tradicional de sondagem, utilizavam-se os ecobatímetros monofeixe os quais obtinham dados apenas ao longo da linha de sondagem. O aperfeiçoamento deste equipamento deu origem aos ecobatímetros multifeixe, que obtém dados de profundidade ao longo e uma faixa transversal à embarcação, cobrindo uma área maior do leito marinho, permitindo, assim, a melhor delimitação dos perigos à navegação.

Os ecobatímetros multifeixe possuem muitos canais de transmissão de pulsos e recepção de ecos ajustados eletronicamente durante os movimentos de balanço e caturro, os quais permitem atingir uma faixa maior de direções. Dessa forma, uma área maior é abrangida e coberta em apenas uma passagem da embarcação, permitindo observar as nuances do relevo submarino.

O surgimento dos ecobatímetros modernos permitiu a maior produção de dados batimétricos em menor tempo, agilizando os levantamentos hidrográficos e dando celeridade às atualizações cartográficas.

A Figura 11.48 permite observar as diferenças obtidas no resultado da cobertura do fundo marinho, em um levantamento batimétrico, decorrentes de diferentes métodos de sondagem empregados.

Figura 11.48 – Comparação da cobertura do fundo obtida por diferentes métodos de sondagem



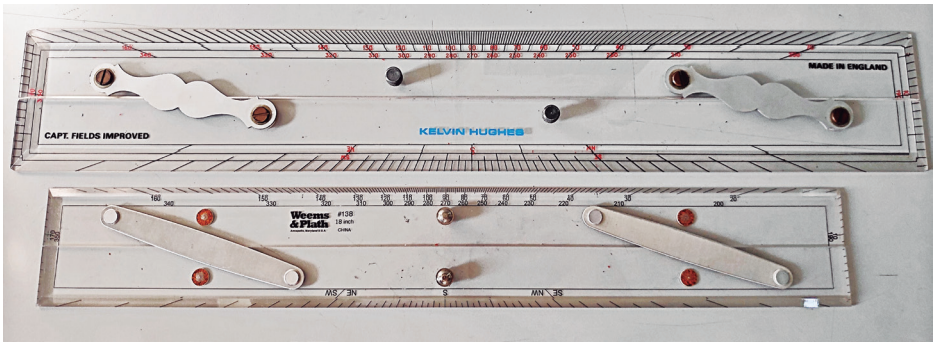
Fonte: Office of Coast Survey / National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)

11.6 INSTRUMENTOS PARA USO DAS CARTAS NÁUTICAS EM PAPEL

11.6.1 Réguas Paralelas e Plotadores

A régua paralela, mostrada na Figura 11.49, constitui a ferramenta tradicional do navegante para determinar a direção de qualquer linha traçada na carta náutica e para traçar uma linha em uma direção especificada.

Figura 11.49 – Réguas Paralelas



Para determinar a direção de uma linha traçada na carta, a régua paralela deve ser deslocada para uma das rosas-dos-rumos representadas na carta náutica, com o cuidado de mantê-la sempre paralela à linha de referência, durante todo o movimento da régua. Alcançada a rosa-dos-rumos, faz-se a leitura da direção verdadeira desejada, tendo-se cuidado para não tomar a direção recíproca.

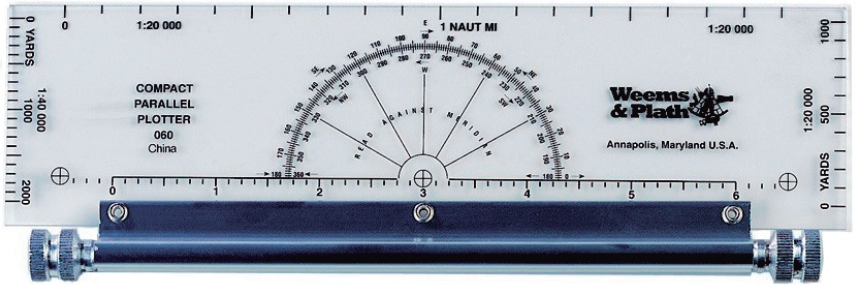
Para traçar uma linha de rumo ou marcação em uma determinada direção, parte-se da rosa-dos-rumos e desloca-se a régua paralela para a posição desejada, com o cuidado de mantê-la sempre paralela à direção de referência.

Existem réguas paralelas (tipo *Captain Fields*) que possuem uma graduação que facilita o seu uso, pois dispensam o deslocamento da régua até a rosa-dos-rumos. Esse tipo de régua utiliza como referência para leitura das direções qualquer meridiano (ou paralelo) representado na carta, em conjunto com a graduação da régua.

De qualquer forma, se, durante o seu movimento, a régua paralela escorregar ou deslizar, deve-se começar de novo todo o procedimento.

Para evitar estes inconvenientes, existem os plotadores paralelos (*parallel plotter*) que possuem roletes que se deslocam paralelamente sobre a carta, mantendo seu alinhamento original, como apresentado na Figura 11.50. Os plotadores paralelos são de fácil manuseio e mais práticos para uso em embarcações menores, onde o emprego da régua paralela torna-se difícil, pela falta de espaço e pelo balanço/caturro da embarcação.

Figura 11.50 – Plotador Paralelo (Parallel Plotter)



O plotador paralelo possui uma graduação que, em conjunto com qualquer meridiano ou paralelo traçado na carta náutica, permite obter direções verdadeiras com facilidade, o que evita ter que deslocar muito o plotador sobre a carta, diminuindo as chances de erros no transporte de rumos e marcações.

Outro plotador utilizado em navegação, o *Navigation Plotter* está mostrado na Figura 11.51. Embora originalmente destinado à navegação aérea, sua simplicidade e conveniência tornou-o muito usado no mar. Ele não possui partes móveis e as direções são lidas nos meridianos representados na carta náutica, conforme ilustrado na Figura 11.52.

Figura 11.51 – Navigation Plotter

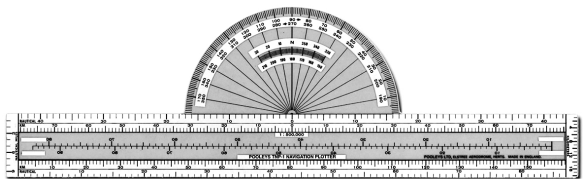
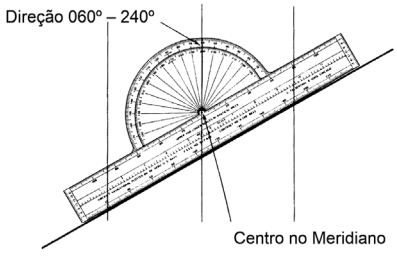


Figura 11.52 – Uso do Navigation Plotter



11.6.2 Compasso de Navegação

Os compassos são instrumentos essenciais na navegação, para medida de distâncias sobre a carta náutica, para cartear posições, para plotagem da posição estimada, para o traçado da LDP distância e do alcance de faróis e outros auxílios à navegação.

Podem ser do tipo mostrado na Figura 11.53a, de ponta seca e feitos para serem utilizados com uma só mão, ou do tipo usado em desenho técnico, com ponta de grafite, como ilustrado na figura 11.53b.

De qualquer modo, é importante que os compassos empregados em navegação sejam capazes de manter exatamente uma abertura neles introduzida, a fim de preservar a precisão das distâncias com eles traçadas ou por eles medidas. Caso haja dúvidas se a abertura ajustada no compasso se modificou durante o manuseio, o navegante deve verificá-la e, se necessário, repetir a operação.

Figura 11.53 – Compassos Usados em Navegação

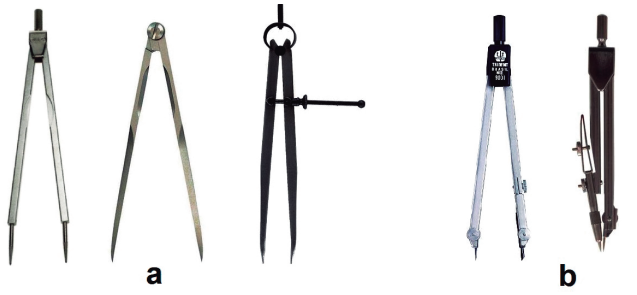


Figura 11.54 – Cintel

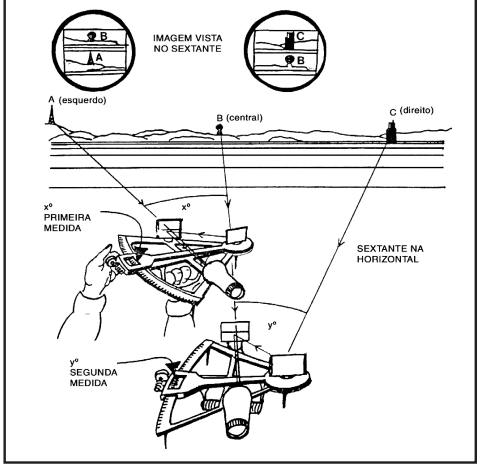


Especialmente quando se pratica navegação radar e se determina a posição por cruzamento de distâncias, é muito útil dispor a bordo de um cintel, como mostrado na Figura 11.54, que permite o traçado de arcos de distância maiores que a abertura máxima de um compasso comum. Se o navegante não dispuser do cintel, poderá ver-se na situação de ter apenas distâncias radar para determinar sua posição, mas não poder plotar as LDPs na carta de maior escala, por causa da limitada abertura de seus compassos.

11.6.3 Estaciógrafo

O estaciógrafo é um instrumento muito útil a bordo, especialmente para a plotagem da posição por segmentos capazes, já abordada no Capítulo 4. A Figura 11.55 apresenta o processo de obtenção de posição por segmentos capazes, com o emprego de sextantes.

Figura 11.55 – Uso do Sextante na Medição dos Segmentos Capazes



O braço central do instrumento é fixo e constitui a referência correspondente à graduação zero. O ângulo da esquerda (medido com o sextante entre o objeto da esquerda e o ponto central) é introduzido no estaciógrafo, movendo-se o braço da esquerda até a graduação correspondente ao ângulo medido. O ângulo da direita (entre o ponto central e o objeto da direita) é ajustado no instrumento deslocando-se o braço da direita até a graduação correspondente ao valor medido.

O estaciógrafo é, então, colocado sobre a carta náutica e orientado de modo que as bordas-índices dos três braços tangenciem as representações cartográficas dos três objetos observados. A posição do navio estará no centro do instrumento, podendo ser marcada a lápis, por meio de um pequeno orifício existente.

A Figura 11.56 apresenta o modelo de estaciógrafo utilizado no Navio de Pesquisa Hidroceanográfico Vital de Oliveira.

Figura 11.56 – Estaciógrafo utilizado no NPqHo Vital de Oliveira



11.6.4 Transferidor Universal (TU)

O transferidor universal (TU) já foi devidamente explicado no Capítulo 5, quando se estudou a navegação estimada. Seu uso é bastante conveniente, tanto no Centro de Operações de Combate (COC) como no Passadiço ou no Camarim de Navegação dos navios maiores.

O TU é fixado no canto superior esquerdo da mesa de navegação. Para utilizá-lo, a carta náutica também deve ser fixada à mesa de navegação, normalmente com fita gomada. A régua do TU é orientada segundo os meridianos da carta, sendo, então, fixada em posição, lendo 000°/180°. A partir desse ponto, a régua pode ser movida para qualquer posição da carta e a direção, na qual está alinhada, pode ser lida na rosa graduada existente no centro do instrumento.

A Figura 11.57 apresenta o modelo de transferidor universal utilizado no Navio de Pesquisa Hidroceanográfico Vital de Oliveira.

Figura 11.57 – Transferidor Universal utilizado no NPqHo Vital de Oliveira



11.6.5 Instrumentos Adicionais para Desenho e Plotagem

a. Lápis e Borrachas

O lápis utilizado em navegação deve ser suficientemente macio para que, em caso de necessidade de uso de borracha, não provoque rasuras nas cartas náuticas. Entretanto, não pode ser muito macio, para não borrar e sujar a carta. Um lápis médio, como o HB ou o nº 2, produz boas plotagens. O uso de lapiseira 0,5 mm com grafite HB também é recomendado.

As linhas devem ser traçadas de leve na carta náutica. Ademais, evite traçá-las mais longas que o necessário. Na plotagem de marcações, conforme anteriormente mencionado, evite prolongar a linha até o ponto marcado, traçando-a apenas nas imediações da posição estimada, a fim de preservar a carta e não rasurar a representação dos pontos notáveis utilizados como referência para as marcações.

As borrachas devem ser macias e apagar sem rasurar ou sujar o papel.

b. Lupa

Uma lupa também é um acessório útil para facilitar a leitura de símbolos cartográficos, notas de precaução e outras informações apresentadas na carta náutica com tipos muito pequenos.

c. Esquadros e Transferidores

Esquadros, transferidores, réguas milimétricas e outros instrumentos de desenho também podem ser utilizados na navegação. Um par de esquadros pode ser empregado para medir a direção de uma linha na rosa-dos-rumos ou transportar uma determinada direção da rosa-dos-rumos para um outro ponto da Carta Náutica. Entretanto, os esquadros podem escorregar ou deslizar sobre a carta, afastando-se da direção original, o que recomenda dar preferência ao uso de réguas paralelas ou dos plotadores acima citados.

11.7 INSTRUMENTOS PARA USO DAS CARTAS NÁUTICAS DIGITAIS

Como já apresentado no Capítulo 2 deste manual, no seu item 2.6, a carta náutica digital é empregada em sistemas informatizados destinados à navegação aquaviária. Pode ser de dois tipos: eletrônica (vetorial) e Raster. A eletrônica é comumente conhecida como ENC (*Electronic Navigational Chart*) e a Raster como RNC (*Raster Navigational Chart*). O acrônimo IENC (*Inland Electronic Navigational Chart*) designa a carta náutica eletrônica específica para águas interiores.

A **carta náutica eletrônica** (**ENC**) é um banco de dados padronizado quanto ao seu conteúdo, estrutura e formato, para uso em um Sistema Eletrônico de Informação e Exibição de Cartas Náuticas. Uma ENC contém todas as informações cartográficas necessárias para uma navegação segura e pode conter informações suplementares além daquelas contidas na carta em papel (por exemplo, rotas recomendadas) que podem ser consideradas necessárias para uma navegação segura.

A **carta náutica Raster** (**RNC**) é a imagem digitalizada e georreferenciada de uma carta náutica em papel, ou seja, é uma imagem formada por uma matriz de pontos (*bitmap*), onde cada ponto ou pixel é associado a uma posição geográfica.

11.7.1 Sistema Eletrônico de Exibição de Cartas Náuticas

As cartas náuticas digitais, sejam ENC, IENC ou RNC, requerem a existência de um Sistema Eletrônico de Exibição de Cartas Náuticas, para que as informações nelas inseridas possam ser visualizadas. Assim, um Sistema Eletrônico de Exibição de Cartas Náuticas é um equipamento eletrônico que, basicamente, opera por meio da integração de diversas informações, entre as quais as recebidas por um sistema de posicionamento eletrônico (como os satelitais GPS e GLONASS) e as existentes nas cartas náuticas digitais, possibilitando a visualização da navegação, em tempo real, em um monitor (*display*).

Como já visto no Capítulo 2, dentre os Sistemas Eletrônicos de Exibição de Cartas Náuticas existentes, destacam-se:

a) o **Sistema Eletrônico de Apresentação de Cartas e Informações / *Electronic Chart Display and Information System*** (**ECDIS**), que é um sistema utilizado para integrar as informações necessárias à navegação às informações das ENC. O Sistema Eletrônico de

Cartas Náuticas (*System Electronic Navigational Chart* – SENC) constitui-se no seu banco de dados interno, onde são armazenadas as ENC, suas atualizações e outras informações. Caso um trecho da derrota não disponha de ENC, o ECDIS poderá utilizar uma RNC, passando a operar no modo *Raster Chart Display System* (RCDS). O emprego do ECDIS cumpre especificações estabelecidas por resoluções da Organização Marítima Internacional – OMI (Intenational Maritime Organization – IMO) –, conforme especificado na Convenção SOLAS; e

b) **Sistemas de Cartas Eletrônicas / *Electronic Chart System* (ECS)** – são sistemas de navegação genéricos, que não cumprem as especificações estabelecidas pela IMO. Existem quatro classes de ECS, cujos requisitos são estabelecidos pela *Radio Technical Commission for Maritime Services* (RTCM).

Relembrando, os padrões RTCM para um ECS contemplam quatro classes, que variam de acordo com seus níveis de funcionalidade. São eles:

1. RTCM ECS classe A: destinam-se à operação como *back-up* de um ECDIS e como auxílio à navegação para navios que operam em áreas marítimas. Devem exibir informações de cartas náuticas digitais e possuir a capacidade de planejamento, monitoramento e gravação de uma viagem;

2. RTCM ECS classe B: destinam-se à operação como auxílio à navegação para navios que operam em áreas marítimas. Não são obrigados a ter todas as capacidades de navegação de um ECS classe A, mas devem exibir informações de cartas náuticas digitais e possuir a capacidade de planejamento, monitoramento e gravação de uma viagem;

3. RTCM ECS classe C: destinam-se à plotagem e ao monitoramento da posição dos navios que geralmente operam em águas interiores. Não são obrigados a ter todas as capacidades de um ECS classe B, como o planejamento e o monitoramento de uma viagem, mas devem exibir informações de cartas náuticas digitais; e

4. RTCM ECS classe D: destinam-se à plotagem da posição dos navios que operam em águas interiores. Não são obrigados a ter todas as capacidades de um ECS classe C, ou ainda de planejar uma viagem e de monitorar a posição do navio. Por outro lado, devem exibir informações de cartas náuticas digitais e possuir a capacidade de plotar a posição do navio.

Na Marinha do Brasil, destaca-se o desenvolvimento, pelo Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM), com apoio da Diretoria-Geral de Desenvolvimento Nuclear e Tecnológico da Marinha (DGDNTM), do sistema denominado **Centro de Integração de Sensores e Navegação Eletrônica (CISNE)**, com capacidade de exibição de cartas eletrônicas, já havendo mais de uma versão instalada em Navios da MB. Esse sistema não possui ainda os atributos de um ECDIS, sendo considerado um ECS.

Conforme a NAVEMARINST Nº 10-15, as seguintes orientações devem ser cumpridas por todos os navios e embarcações da MB que possuam estes sistemas:

a) só deverão ser utilizadas, nesses sistemas, cartas náuticas digitais oficiais atualizadas, produzidas pela DHN ou por Serviços Hidrográficos estrangeiros, as quais tenham sido validadas (homologadas) e distribuídas por um Centro de Coordenação Regional/ *Regional ENC Coordination Centre* (RENC);

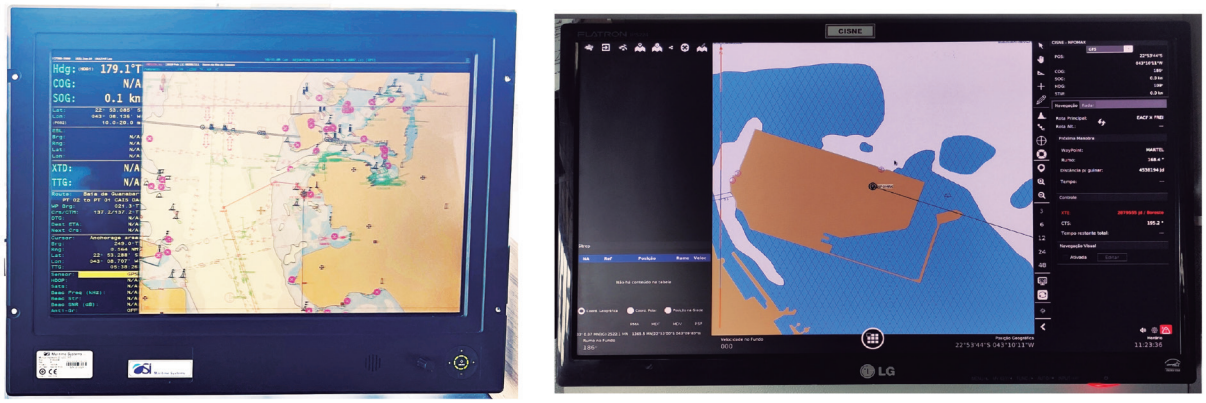
b) seja, obrigatoriamente, mantida andaina de material e cartas em papel;

c) as ocorrências de navegação continuem sendo registradas no modelo DHN-0622-4 (Registro de Ocorrência da Navegação – Folha N-2); e

d) a operação e uso dos sistemas de exibição de cartas náuticas digitais seja feito por pessoal devidamente qualificado e treinado.

A Figura 11.58 apresenta dois modelos de Sistemas Eletrônicos de Exibição de Cartas Náuticas utilizados na MB: o ECDIS, modelo OSI MARITIME SYSTEMS/ ECPINS 5000 6.0, instalado no Navio de Pesquisa Hidroceanográfico Vital de Oliveira, e o CISNE, modelo IPqM / KV080018BA, instalado no Navio Polar Almirante Maximiano.

Figura 11.58 – Sistema Eletrônico de Exibição de Cartas Náuticas



Em relação ao *modus operandi* da navegação com o emprego de cartas náuticas em papel, podem ser apontadas as seguintes vantagens e desvantagens quanto ao emprego do Sistema Eletrônico de Exibição de Cartas Náuticas para a navegação segura de um navio:

a) Vantagens:

- integração da ENC com as informações provenientes da agulha de governo, do GPS e de outros sensores, como o radar e o ecobatímetro;
- plotagem automática da posição do navio, permitindo a representação de seu comprimento, boca, calado, linha de proa, etc.;
- mudança automática de ENC;
- mudança de escala da ENC e ampliação das informações nela contidas;
- acesso a informações digitais de Roteiro, Auxílios-Rádio, Lista de Faróis, Avisos aos Navegantes e mensagens AIS (*Automatic Identification System*);
- capacidade de introduzir na ENC correções, avisos aos navegantes ou qualquer informação julgada útil, por meio de operador ou pelo carregamento de arquivos digitais;
- manutenção de coletâneas e atualizações de ENC por meio de dados obtidos em mídia digital ou pela Internet;
- registro e recuperação de dados de planejamento da derrota e de dados obtidos por ocasião da sua execução (data-hora, posição, profundidade, rumo, velocidade, etc.);
- alteração de uma derrota por meio da introdução de *way-points* pelo teclado ou, graficamente, com auxílio do mouse;
- apresentação do movimento verdadeiro ou relativo do navio;

- realização automática de cálculos de navegação (distâncias entre *way-points*, ETA, SOA, PMA, etc.);
- medição de marcações e distâncias com auxílio do mouse;
- registro de eventos com apresentação gráfica na tela (homem ao mar, largar o ferro, posição de derrelitos, etc.);
- apresentação de imagem radar e Carta Sinótica em sobreposição a ENC;
- seleção de alarmes de tempo, de posição e de profundidade, em relação as informações da ENC, a derrota planejada e a áreas específicas; e
- seleção de alarmes em relação a alvos, quando estiver interfaceada com o radar de navegação.

b) Desvantagens:

- equipamentos eletrônicos sujeitos a falhas;
- dimensões da tela (*display*) menores do que as de uma carta em papel;
- sujeito a poluição de tela (*clutter*); e
- possibilita um excesso de confiança do operador.

11.8 OUTROS INSTRUMENTOS DE NAVEGAÇÃO

11.8.1 Binóculos e Lunetas

Os instrumentos utilizados em navegação para aumentar o poder da visão são os binóculos (Figura 11.59) e as lunetas ou óculos de alcance (Figura 11.60).

Figura 11.59 – Binóculo 7 x 50



Figura 11.60 – Óculo de alcance



Os binóculos são designados por dois números (exemplo: 7x50) que indicam a potência e o tamanho da objetiva, respectivamente.

A potência (ou poder de ampliação) de um binóculo é o número de vezes que o objeto visado é aumentado. Por exemplo, os binóculos de bordo são quase sempre 7x50, o que significa que aumentam sete vezes os objetos visados. Um binóculo 10x aumentará dez vezes o objeto visado.

O primeiro número também significa o quanto o binóculo aproxima o objeto colimado. Se um farol for visado com um binóculo cuja potência é 7x, na distância real de 3,5 milhas, com o binóculo ele será visto como se estivesse a 0,5 milha, isto é, sete vezes mais perto.

A potência de um binóculo é determinada pelo tamanho, curvatura e colocação das suas lentes.

O segundo número da designação de um binóculo é o diâmetro da objetiva, em milímetros.

Um binóculo 7x50 tem objetiva de 50 mm de diâmetro. Objetivas maiores proporcionam mais luz, porém são normalmente mais pesadas.

Chama-se campo de visão de um binóculo o campo visto através das lentes. Geralmente é expresso em medida angular, mas também pode ser dado em metros, para uma distância de 1.000 metros (ou pés, para uma distância de 1.000 pés). Se for dito que um binóculo tem um campo de 150 metros, significa que ele mostrará uma abertura de 150 metros numa distância de 1.000 metros.

Quanto maior o aumento, menor é o campo de visão. É uma necessidade ótica. Assim, se for escolhida uma lente de aumento muito grande (20x, por exemplo), o campo de visão será reduzido. A solução é aumentar o diâmetro da lente, mas o binóculo se torna muito grande e pesado. Por isso, os binóculos normalmente usados em navegação não têm muito poder de ampliação (magnificação) e os que têm são montados em tripé nas asas do Passadiço ou no Tijupá, por serem grandes e pesados. Também ocorre que, em condições normais, há uma perda de cerca de 5% da luz quando um raio luminoso passa através de uma superfície de vidro. Os binóculos possuem inúmeras lentes e, assim, há uma grande perda de luz. Para evitar isso, as lentes sofrem um revestimento, que elimina essa perda e restaura a luz do feixe luminoso. Esse revestimento aparece como uma película azul escura quando a lente é vista sob luz refletida.

A distância interpupilar dos olhos varia de 55 a 70 milímetros. A ajustagem para a distância correta é feita dobrando o binóculo em torno da articulação central e, assim, aproximando ou afastando as lentes entre si. Quando na posição correta, deve ser lida e anotada a marca na escala da articulação, para uso futuro pelo mesmo observador. O binóculo estará corretamente ajustado quando os dois campos de visão circulares se juntarem em um único.

Existem dois tipos de binóculos quanto ao sistema de focagem. Um tem sistema de focagem central, através de um rodete montado entre os dois tubos oculares, para finalidade de foco. Uma das lentes oculares, a da direita, é ajustável para compensar as variações na potência da visão. O outro sistema é de mecanismo de focagem individual, que não possui rodete central. Cada ocular é focada separada e independentemente. Para esse fim, ambas as oculares possuem escala para o conveniente posicionamento dióptrico.

Atualmente, são usados na navegação tipos sofisticados de binóculos. Muitos incorporam agulhas magnéticas (bússolas), para obtenção de marcações magnéticas, e são à prova d'água,

como os modelos mostrados nas Figuras 11.61a e 11.61b. Outros, além de bússola, possuem dispositivo para visão noturna ou sob condições de pouca luz.

Figura 11.61 – Binóculos 7 x 50 com Bússola e Telêmetro

a)



Binóculo 7 x 50
com bússola e telêmetro
brilho relativo: 95%;
campo de visão: 366'

b)



Binóculo 7 x 50
com bússola e telêmetro
brilho relativo: 78%;
campo de visão: 366'

Sempre que usar binóculos, o navegante deve ter o cuidado de passar as alças em torno do pescoço e proteger o instrumento, para que não sofra choques, que, mesmo pequenos, podem causar o desalinhamento das lentes. Uma boa maneira de guardar os binóculos a bordo, com segurança e de modo a tê-los sempre à mão para uso, é confeccionar caixas especiais para os instrumentos, fixadas às anteparas internas do Passadiço.

11.8.2 Instrumentos Diversos

a. Cronógrafo

É um instrumento muito útil para navegação (Figura 11.62), principalmente à noite, para determinação de características de faróis, faroletes e outros auxílios luminosos à navegação, a fim de permitir sua correta identificação. Na falta de um cronógrafo, o navegante deve dispor, no mínimo, de um bom relógio com contagem de segundos. Os cronômetros, essenciais na Navegação Astronômica, são apresentados no Capítulo 21 (Volume II).

Figura 11.62 – Cronógrafo Digital



b. Calculadora Eletrônica

É, também, muito útil ao navegante, desde as mais simples, para os cálculos rotineiros (especialmente os associados à navegação estimada, como determinação de rumos e derrotas) até as calculadoras programáveis, com programas de navegação para operações complexas,

tais como o cálculo de derrotas ortodrômicas e de retas de posição na Navegação Astronômica, além de cômputos de horários de passagem meridiana e conversões horárias.

No Capítulo 32 é apresentado o programa Tamaya Navigator, que reúne, além de outras funcionalidades de interesse à navegação marítima, um banco de dados de efemérides astronômicas e ferramentas para cálculos de diversos problemas da navegação astronômica. Os modelos dos programas atualmente utilizados pelos navios da MB são o Tamaya Navigator NC-2000, NC-2100 ou NC-2200, instalados em um PDA (*Personal Digital Assistant*), conforme mostrado na Figura 11.63, distribuídos pela Diretoria de Hidrografia e Navegação.

Figura 11.63 – PDA com Programa TAMAYA NC-2100G



Os PDA, também chamados de *handhelds* ou *palmtops*, são computadores de dimensões reduzidas, dotados de grande capacidade computacional, mas descontinuados durante a década de 2010, em função da popularização dos *smartphones* e *tablets*, que absorveram praticamente toda a sua funcionalidade. Os remanescentes, hoje fabricados, possuem aplicações específicas, como aqueles empregados para auxílio aos problemas da navegação oceânica, abordados no Volume II deste Manual, nos Capítulos 32 e 33.

A vantagem da utilização da "calculadora" Tamaya está na sua portabilidade e na velocidade de cálculo de fixos astronômicos, diminuindo o risco de erro humano e possibilitando uma navegação mais eficiente.

c. Lanterna

Embora simples, a lanterna não pode deixar de ser mencionada, pela sua utilidade na navegação noturna, para leitura do sextante ou do peloro, anotação dos valores obtidos, etc. Lanternas (e pilhas sobressalentes) devem estar sempre disponíveis à noite. O ideal é que seja equipada com vidro vermelho ou, pelo menos, estar adaptada com um pedaço de papel celofane encarnado, para não prejudicar a "visão noturna" do navegante.

d. Aplicativos de Navegação

O avanço tecnológico permitiu a criação de diversos aplicativos para dispositivos móveis, como apresentado na Figura 11.64, que auxiliam na navegação sem a necessidade do acesso à Internet. Esse tipo de programa utiliza o GPS do equipamento para posicionar-se em tempo real, informando dados como: velocidade no fundo, rumo no fundo, cálculo da distância e marcação, dentre outras funções.

Além disso, existem aplicativos que não somente permitem a criação de rotas personalizadas em cartas náuticas, mas que também visualizam em tempo real a trajetória e informações adicionais de outras embarcações nas proximidades, por serem compatíveis com o Sistema de Identificação Automática (AIS).

Figura 11.64 – Aplicativos de navegação instalados em tablets



Ressalta-se, no entanto, que a Marinha do Brasil não reconhece a utilização de tais aplicativos como método homologado para a navegação.

12 PUBLICAÇÕES NÁUTICAS

12.1 IMPORTÂNCIA E DOTAÇÃO DAS PUBLICAÇÕES NÁUTICAS

Além das Cartas Náuticas, já apresentadas neste Manual e que constituem, sem dúvida, o mais importante documento de auxílio à navegação, os navegantes utilizam, também, diversas outras Publicações Náuticas ou Publicações de Auxílio à Navegação, cujas informações complementam ou ampliam os elementos fornecidos pelas cartas.

A consulta às Publicações Náuticas é indispensável, tanto na fase de planejamento da derrota (estudo da viagem), como na fase de sua execução. Ademais, como já ressaltado no caso das Cartas Náuticas, as Publicações Náuticas também devem ser sempre mantidas atualizadas de acordo com as alterações divulgadas nos "Avisos aos Navegantes".

a) Dotação para os Navios da Marinha do Brasil

Na Marinha do Brasil, cabe à Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) a responsabilidade pelo estabelecimento da dotação de documentos náuticos que os Navios da MB devem obrigatoriamente dispor a bordo. Essa dotação é estabelecida por meio da NAVEMARINST Nº 10-04C, atualizada e promulgada em 15 de junho de 2020.

Essa Instrução Normativa da DHN estabelece que os Navios devem dotar os seguintes documentos náuticos:

I) **Cartas e Publicações em papel**:

- Roteiros (DH1-I, II, III e VI);
- Tábuas das Marés (DG6);
- Cartas Náuticas (andaina mínima);
- Croquis (quando da realização de navegação fluvial nas áreas abrangidas por eles);
- Livro dos Cronômetros e Comparadores (DN13);
- Livro das Agulhas Magnéticas (DN12);
- Tábuas para Navegação Astronômica (DN4);
- Almanaque Náutico (DN5); e
- Lista de Sinais – Hidrovia Paraná-Paraguai (para os Navios sediados na região).

II) **Publicações náuticas digitais**:

- Lista de Faróis (DH2);
- Lista de Auxílios-Rádio (DH8);
- Catálogo de Cartas e Publicações (DH7);
- Relação de Cartas, Publicações e Impressos de Uso na Marinha do Brasil; e
- Lista de Sinais Cegos (DH18).

III) **Quadros**:

- Regras de Governo e Navegação (DHN-0614);
- Balizamento Cego e Luminoso (DHN-4504);
- Sinais Sonoros e Luminosos (DHN-0616);
- Luzes e Marcas (DHN-0615);
- Classificação de Nuvens (DHN-5906); e
- Escala Beaufort – Estado do Mar (DHN-5909).

A andaina mínima de cartas náuticas em papel será composta por todas as cartas náuticas referentes à área geográfica em que o Navio opera, de acordo com o Catálogo de Cartas e Publicações. Quanto aos quadros, todos os navios deverão mantê-los afixados no Passadiço e em local de fácil visualização.

Caso o Navio disponha de um Sistema Eletrônico de Apresentação de Cartas e Informações (ECDIS) ou um Sistema de Cartas Eletrônicas (ECS), deve ser considerado que ele deva dispor, também, de uma andaina mínima de cartas náuticas eletrônicas (ENC) que abranjam as mesmas áreas das cartas náuticas em papel (que são as únicas reconhecidas, oficialmente, para emprego nos Navios da MB).

Compete à Base de Hidrografia da Marinha em Niterói (BHMN), organização subordinada à DHN, fornecer a dotação inicial de Cartas, Publicações Náuticas e Quadros a todos os Navios da MB, bem como a todas as demais Organizações Militares que também devam dotá-las, a exemplo dos Comados de Força, Grupamentos de Navios, Escolas e Centros de Ensino.

b) Dotação para os Navios Mercantes e Embarcações em geral que navegam em Águas Jurisdicionais Brasileiras

Quanto à navegação marítima em geral, realizada em Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB)[1], cabe à DHN, como representante da Autoridade Marítima nacional, entre outras

atribuições delegadas pelo Comandante da Marinha, a emissão das Normas da Autoridade Marítima (NORMAM) afetas à segurança da navegação aquaviária.

Dentre elas, referente ao assunto abordado no presente Capítulo, destacam-se as Normas da Autoridade Marítima para Navegação e Cartas Náuticas – NORMAM 28/DHN, que tem por propósito estabelecer normas, orientações e procedimentos, e divulgar informações sobre a atividade de navegação, para aplicação no mar territorial e nas vias navegáveis interiores brasileiras, contribuindo, consequentemente, para a segurança da navegação, bem como a salvaguarda da vida humana no mar e a prevenção de poluição ambiental por parte de embarcações de quaisquer nacionalidades.

O Capítulo 2 da NORMAM-28/DHN dispõe sobre a dotação de equipamentos, sistemas e publicações de navegação. Com relação às publicações náuticas, apresentadas na Seção II do referido Capítulo, elas se limitam àquelas necessárias à segurança da navegação. Como exemplo, por ser a mais abrangente, citam-se as publicações que as **Embarcações SOLAS**[2] devem possuir a bordo, em local acessível e apropriado, marcadas com o nome da embarcação, relacionadas no item 0210 das referidas Normas:

- Roteiros para os locais de navegação pretendida, publicados pela DHN (última edição);
- Lista de Faróis (última edição) e Lista de Sinais Cegos (última edição);
- Lista de Auxílios-Rádio (última edição);
- Tábua das Marés (última edição);
- Quadros de Nuvens e Estado do Mar / Vento;
- Normas e Procedimentos das Capitanias dos Portos/Fluviais (NPCP/NPCF) onde a embarcação for operar;
- Cartas Náuticas oficiais atualizadas, de acordo com a andaina prevista para as áreas de operação da embarcação;
- Coletânea atualizada de Folhetos de Avisos aos Navegantes relativa ao ano em curso, bem como de Avisos-Rádio;
- Livro de Registro de Cronômetros;
- Livro de Azimutes;
- Almanaque Náutico (última edição);
- Tábua para Navegação (Norie HO-214, ou similar), ou máquina calculadora homologada para emprego em navegação astronômica, ou computador dotado de programa de navegação astronômica homologado;
- Diário de Navegação;

---

[1] O conceito de "Águas Jurisdicionais Brasileiras" perante a Marinha do Brasil, conforme estabelecido na Instrução Normativa Nº 1/MB/MD, de 7 de junho de 2011, "compreendem as águas interiores e os espaços marítimos, nos quais o Brasil exerce jurisdição, em algum grau, sobre atividades, pessoas, instalações, embarcações e recursos naturais vivos e não-vivos, encontrados na massa líquida, no leito ou no subsolo marinho, para os fins de controle e fiscalização, dentro dos limites da legislação internacional e nacional. Esses espaços marítimos compreendem a faixa de 200 milhas marítimas contadas a partir das linhas de base, acrescida das águas sobrejacentes à extensão da Plataforma Continental além das 200 milhas marítimas, onde ela ocorrer".

[2] **Embarcações SOLAS**, conforme definição contida na NORMAM-01/DPC, são embarcações mercantes empregadas em viagens internacionais ou empregadas no tráfego marítimo mercantil entre portos brasileiros, ilhas oceânicas, terminais e plataformas marítimas, com exceção de: embarcações de carga com arqueação bruta inferior a 500; embarcações de passageiros com arqueação bruta inferior a 500 e que não efetuem viagens internacionais; embarcações sem meios de propulsão mecânica; embarcações de madeira, de construção primitiva; embarcações de pesca; e embarcações com Comprimento de Regra (L) menor que 24 metros.

- Convenção Internacional para Salvaguarda da Vida Humana no Mar SOLAS/74 e suas emendas (edição atualizada);
- Convenção Internacional sobre Normas de Treinamento de Marítimos, Expedição de Certificados e Serviço de Quarto (STCW/95 e suas emendas) (edição atualizada); e
- Se estiver portando ECDIS, certificado de qualificação de tripulantes de náutica relativo a Curso de Treinamento Modelo sobre a Utilização Operacional de ECDIS (Curso Modelo 1.27 do STCW), bem como em relação à marca e ao modelo do ECDIS dotado.

Ao final do item, são feitas as seguintes observações em relação às publicações acima relacionadas:

- para efeito de atendimento às publicações requeridas, são aceitas, com exceção das cartas náuticas, publicações tanto em versões analógicas (papel), quanto digitais;
- quando a versão optada for digital, deve ser apresentado um sistema de *backup* em mídia independente do original;
- a dispensa da dotação de cartas náuticas em papel é permitida quando a embarcação dispuser de ECDIS, utilizando cartas eletrônicas oficiais (ENC), bem como um segundo ECDIS como *backup* do principal, instalado segundo o preconizado pela IMO; cartas náuticas em formato RASTER não são aceitas para o atendimento a esta dispensa; e
- para as embarcações estrangeiras afretadas, deverão ser exigidos os quadros adotados pelo país de bandeira da embarcação, indicados pelo Comandante.

Os navios estrangeiros, quando estiverem navegando em águas jurisdicionais brasileiras, estarão sujeitos aos regulamentos estabelecidos pelo governo brasileiro.

c) Publicações Náuticas em meio digital

As seguintes Publicações Náuticas editadas pela DHN, em meio digital, estão disponíveis para consulta e *download* (na página do CHM na internet):

- Catálogo de Cartas e Publicações;
- Carta 12000 (INT 1);
- Lista de Faróis;
- Lista de Sinais Cegos;
- Lista de Auxílios-Rádio;
- Tábuas das Marés;
- Cartas de Correntes de Maré;
- Atlas de Cartas Piloto; e
- Hidrovias: Lista de Sinais e Roteiro da Hidrovia Paraguai-Paraná; e Roteiro da Hidrovia Tietê-Paraná.

12.2 CATÁLOGO DE CARTAS E PUBLICAÇÕES

O **Catálogo de Cartas e Publicações** tem o propósito de apresentar ao navegante todas as cartas náuticas, publicações e impressos em geral editados pela DHN, estando dividido

em três partes. O Catálogo é essencial para a seleção de todas as Cartas e Publicações Náuticas que se deve ter a bordo para executar uma determinada travessia. É oportuno relembrar que, além das cartas dos portos de partida, escala e destino, e das demais cartas a serem utilizadas na singradura, deve-se dispor a bordo das cartas náuticas de aproximação e do interior de todos os portos que possam servir como locais de arribada durante a execução da derrota, para atender a situações inopinadas ou de emergência.

a) Organização do Catálogo

A Parte 1 contém a relação de todas as cartas publicadas pela DHN com a informação dos índices do Catálogo em que estão representadas.

A Parte 2 apresenta os 20 índices em que as cartas são distribuídas. Cada índice contém uma relação detalhada das cartas do trecho representado, com seu número, sua escala, ano da 1ª edição e ano da última edição. Apresenta ainda, para cada índice, um cartograma com as posições relativas das cartas, conforme apresentado, a título de exemplo, na Figura 12.1, o "Índice 5 – De Macau a Maceió".

A Parte 3 relaciona todas as publicações e impressos editados pela DHN, de interesse exclusivo para a navegação, com a informação do número, título e o ano de sua edição.

b) Correções ao Catálogo

O folheto quinzenal "Avisos aos Navegantes" publica em sua Parte IV as correções permanentes que devem constar de imediato no Catálogo. Estas correções devem ser lançadas no texto a ser corrigido, a tinta ou coladas, e registradas no quadro "Registro de Correções", de acordo com as instruções nele contidas. O folheto também pode distribuir folhas com grandes correções, para substituição ou inserção.

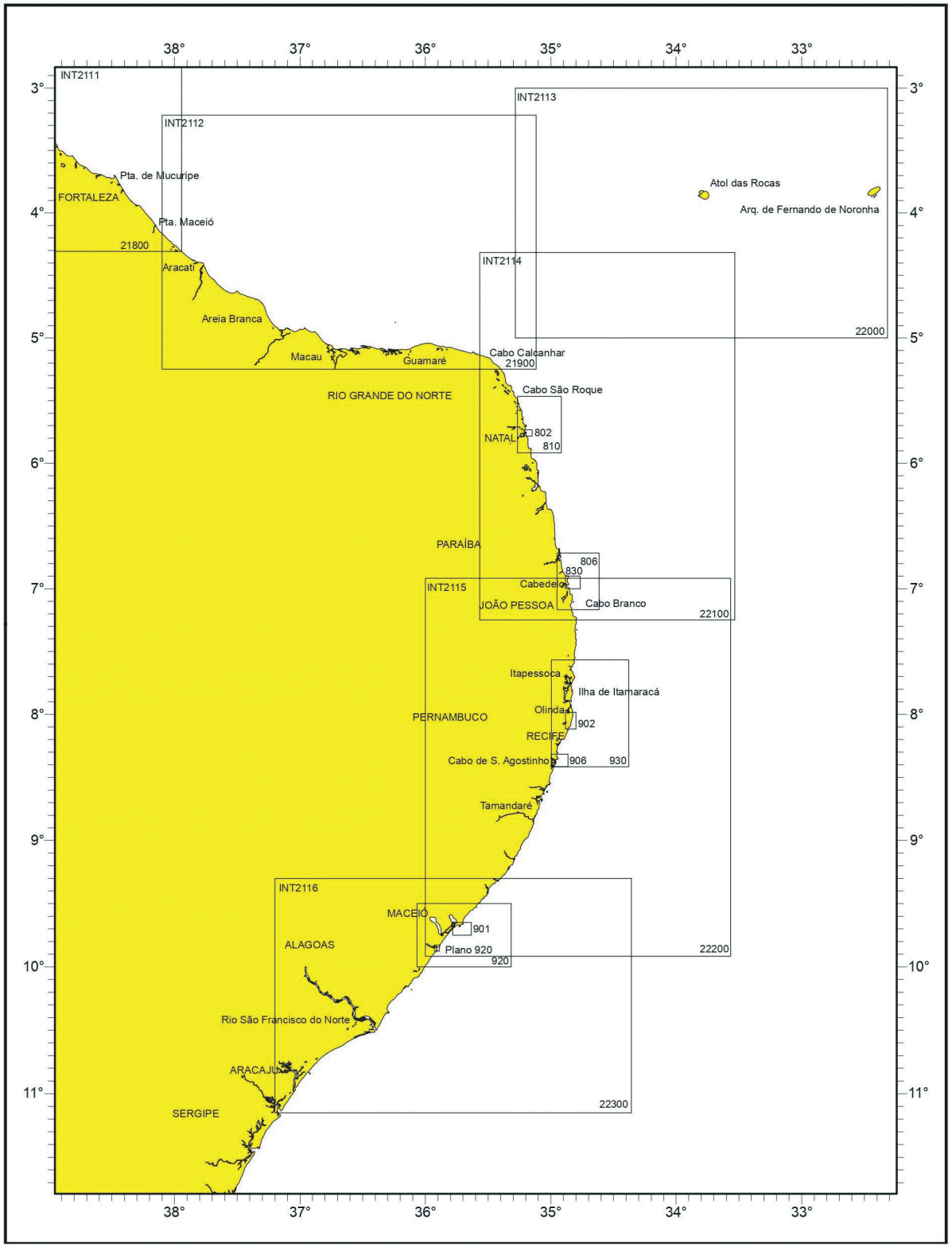
A folha substituta contém toda a matéria da folha a ser substituída mais as correções publicadas nos folhetos quinzenais "Avisos aos Navegantes". Pode conter, ainda, outras correções que não tenham sido divulgadas ainda nos folhetos. Sua numeração é igual à da folha substituída acrescida do número e ano do folheto quinzenal portador. A folha a ser inserida contém matéria nova ou é utilizada quando há necessidade de ampliar o texto da página anterior. Sua numeração é a da página anterior seguida de uma letra minúscula, em ordem alfabética, e do número sequencial e ano do folheto quinzenal portador.

c) Venda das Cartas e Publicações

Como já informado no Capítulo 2, as cartas e publicações náuticas impressas em papel, constantes do Catálogo, poderão ser adquiridas no Posto de Vendas da EMGEPRON ou na página de comércio eletrônico "http://www.cartasnauticasbrasil.com.br".

As cartas náuticas eletrônicas (ENC) da costa brasileira, editadas pelo Centro de Hidrografia da Marinha (CHM), sob delegação da DHN, estão disponíveis para aquisição junto ao IC-ENC ("www.ic-enc.org") ou PRIMAR ("www.primar.org"). A EMGEPRON também é uma distribuidora de ENC oficiais, nacionais e estrangeiras, associada ao PRIMAR.

Figura 12.1 – Exemplo de Índice de Cartas



12.3 CARTA 12.000 (INT 1)

A **Carta 12.000 – Símbolos, Abreviaturas e Termos Usados nas Cartas Náuticas Brasileiras** é uma publicação cuja utilização é essencial para interpretar corretamente todas as informações contidas nas cartas náuticas editadas pela DHN. Ela é baseada nas "Especificações de Cartas da OHI", contendo a coletânea completa de símbolos e abreviaturas que são utilizados nas cartas náuticas nacionais e internacionais, produzidas pelo CHM e editadas pela DHN.

A Carta 12.000 é uma publicação bilíngue, editada em português e em inglês, dividida em quatro seções específicas, cujos grupos de símbolos são nomeados de A até U, como a seguir mencionados:

	GENERALIDADES
A	Número da Carta, Título e Informações Marginais
B	Posições, Distâncias, Marcações e Rosa-dos-Ventos
	TOPOGRAFIA
C	Feições Naturais
D	Edificações
E	Pontos de Referência
F	Portos
G	(não utilizado)
	HIDROGRAFIA
H	Marés e Correntes
I	Profundidades
J	Natureza do Fundo do Mar
K	Rochas, Cascos Soçobrados e Obstruções
L	Instalações ao Largo da Costa
M	Derrotas e Rotas
N	Áreas e Limites
O	(não utilizado)
	AUXÍLIOS À NAVEGAÇÃO
P	Luzes
Q	Boias e Balizas
R	Sinais de Cerração
S	Sistemas de Navegação por Radar, Radio e Satélite
T	Serviços
U	Facilidades para Pequenas Embarcações

A Carta 12.000 é um documento de consulta. Sempre que necessário, deve-se recorrer a ela para conhecer o significado de um símbolo ou abreviatura representados em uma carta náutica oficial, brasileira ou estrangeira.

12.4 ROTEIRO

O Roteiro (publicação DH1) é uma publicação que contém as informações úteis ao navegante com relação à descrição da costa, demanda de portos e fundeadouros, perigos, profundidades em barras e canais, recursos em portos, balizamento, condições meteorológicas predominantes, correntes e marés observadas, etc. A publicação é dividida em três volumes, cada um focalizando determinado trecho da costa, como mostrado a seguir:

Costa Norte – Da Baía do Oiapoque ao Cabo Calcanhar, inclusive o Rio Amazonas e seus afluentes navegáveis e o Rio Pará;

Costa Leste – Do Cabo Calcanhar ao Cabo Frio, incluindo o Atol das Rocas, o Arquipélago de Fernando de Noronha, o Arquipélago de São Pedro e São Paulo e as Ilhas da Trindade e Martin Vaz; e

Costa Sul – Do Cabo Frio ao Arroio Chuí, inclusive as lagoas dos Patos e Mirim.

Além de adotada no Roteiro, esta divisão da costa brasileira também é utilizada em outras Publicações Náuticas.

O Roteiro, na Introdução e no Capítulo I – Informações Gerais, fornece aos navegantes informações importantes para a segurança da navegação e recomendações práticas de grande interesse sobre as cartas náuticas e sua utilização, sinalização náutica, navegação costeira e de aterragem, Avisos aos Navegantes, auxílios-rádio à navegação, praticagem, busca e salvamento, serviços de alfândega e saúde e regulamentos (Mar Territorial, pesca, pesquisa, poluição, etc.).

O Capítulo II contém informações gerais sobre o Brasil, incluindo resumo histórico, organização administrativa, pesos e medidas, hora legal, horário de verão e fusos horários, aspectos físicos, meteorologia (clima, ventos, massas de ar e frentes), oceanografia e principais portos, terminais e serviços portuários.

Os Capítulos I e II são comuns a todos os volumes do Roteiro.

Os capítulos seguintes dos três volumes abrangem trechos significativos da costa, descritos do Norte para o Sul. São subdivididos em seções, correspondentes, tanto quanto possível, a trechos entre dois portos ou a baías onde estejam localizados portos importantes. Essas seções contêm informações como:

- conformação e descrição da costa;
- pontos característicos do trecho (cabos, pontas, portos e terminais, canais, baías e enseadas, pontos notáveis à navegação, etc.);
- perigos ao largo;
- fundeadouros;
- ventos e correntes oceânicas predominantes;
- descrição do acesso aos portos (reconhecimento e demanda, derrota aconselhada, pontos notáveis e auxílios à navegação no acesso e no interior do porto, perigos à navegação, fundeadouros e áreas de manobra, marés e correntes de maré, praticagem, normas de tráfego e permanência específicas para o porto); e
- recursos portuários.

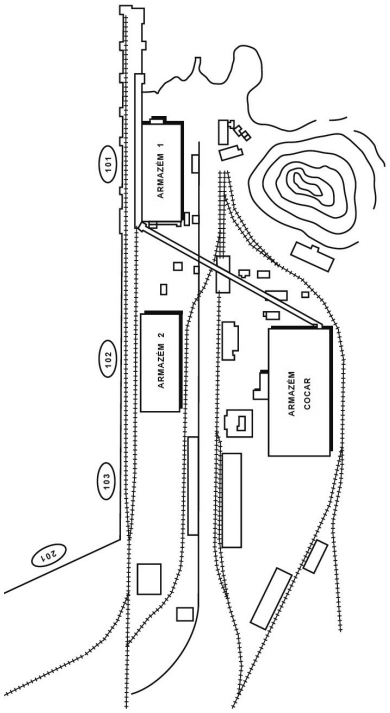
O Roteiro apresenta, no final de cada volume, um Índice Alfabético de nomes geográficos citados no texto, que pode ser considerado como primeira aproximação para a organização de um índice geográfico completo da costa do Brasil.

Além disso, o Roteiro inclui, como Apêndices, vistas da costa, fotografias panorâmicas e plantas dos portos e terminais descritos (a exemplo do mostrado nas Figuras 12.2 e 12.3) e tabelas de distâncias do trecho abrangido.

Figura 12.2 – Roteiro Costa Sul: Vista do Porto de São Francisco do Sul



Figura 12.3 – Planta do Porto de São Francisco do Sul



Na prática, o Roteiro deve ser consultado sempre que se tem necessidade de conhecer, com detalhes, as informações contidas nas cartas. Ademais, antes das aterragens e demandas de portos, é boa norma fazer a leitura do Roteiro, acompanhando-a na carta, com o objetivo de determinar a melhor derrota a seguir, como reconhecer o porto e evitar perigos, escolher os melhores pontos para marcações, conhecer as marés, correntes e ventos predominantes, além do clima e condições de tempo normalmente reinantes.

Periodicamente, o Roteiro é revisto, do que resulta uma nova edição. Nos intervalos entre as edições, ele é mantido atualizado pela distribuição de Folhas de Correções anexas aos Folhetos de Avisos aos Navegantes.

Os Roteiros das hidrovias interiores do Brasil, exceto as constantes no Roteiro Costa Norte citado acima, constituem publicações à parte, cada um dividido de acordo com as características da hidrovia. Nesse contexto, a DHN publica o Roteiro da Hidrovia Paraguai-Paraná (Porto de Cáceres – Porto de Nova Palmira – De Assunção a Cáceres – Canal Tamengo), denominado como publicação DH1-VI, descrevendo a navegação na referida hidrovia, desde a confluência com o Rio Paraná até o porto de Cáceres, e o Roteiro da Hidrovia Tietê-Paraná, denominado como publicação DH1-VII, que descreve a navegação, a sinalização e particularidades do rio Tietê (da foz a Anhumas), do rio Paraná (de Jupiá à foz do Tietê), rio São José dos Dourados e Canal Pereira Barreto.

12.5 LISTA DE FARÓIS

O nome desta publicação, consagrado pela tradição, pode induzir ao erro, pois, embora originariamente fosse realmente apenas uma "Lista de Faróis" da costa, hoje apresenta todos os sinais luminosos das áreas cobertas pelas cartas da DHN, no território nacional.

Relaciona, então, os faróis, aerofaróis, faroletes, barcas-faróis, boias luminosas e luzes particulares, com todas as características que possam, direta ou indiretamente, ser úteis ao navegante. Não inclui boias cegas e balizas, que são registradas na Lista de Sinais Cegos (publicação DH18).

A Lista de Faróis (publicação DH2) divide a costa, como o Roteiro, em Costa Norte, Costa Leste e Costa Sul. Os detalhes sobre os sinais luminosos são dados em oito colunas, sendo cada uma encimada por um título, que discrimina a informação nela contida. A publicação possui, ainda, uma Introdução, onde encontram-se as explicações detalhadas de cada coluna do texto, além de outras informações úteis ao navegante, tais como a Tabela de Alcance Geográfico (em função da elevação da luz e da elevação do observador, sobre o nível do mar), o Diagrama para Cálculo de Alcance Luminoso (em função da intensidade da luz e da visibilidade meteorológica, ou transparência atmosférica) e a descrição do Sistema de Balizamento Marítimo adotado no Brasil.

Recentemente, a Lista de Faróis passou a ser publicada a cada dois anos, como uma nova edição, incorporando todas as alterações nos sinais luminosos ocorridas nos anos anteriores.

A Lista de Faróis será abordada detalhadamente no Capítulo 13 – Auxílios Visuais à Navegação.

12.6 LISTA DE AUXÍLIOS-RÁDIO

A Lista de Auxílios-Rádio (publicação DH8) tem por finalidade reunir em uma única publicação as informações de maior relevância sobre os auxílios radioelétricos à navegação marítima existentes na costa do Brasil e sobre serviços-rádio (incluindo transmissões via satélite) úteis ao navegante que estiver no oceano Atlântico Sul.

Cada capítulo trata de um tipo de serviço. Inicialmente são dadas informações gerais sobre o assunto, em alguns casos com definições e princípios de funcionamento julgados úteis para seu melhor entendimento. Em seguida, são relacionadas, com suas características, as estações rádio localizadas no Brasil e algumas de outros países, que prestam aquele tipo de auxílio.

Um capítulo específico trata das radiocomunicações de socorro e segurança, reproduzindo os artigos pertinentes do Manual do Serviço Móvel Marítimo, publicado pela União Internacional de Telecomunicações (UIT), assim como códigos e abreviaturas usados naquelas comunicações. São relacionadas, também, as estações costeiras que recebem chamadas de socorro e segurança.

O capítulo final aborda os sistemas de navegação eletrônica de longo alcance que podem ser utilizados na área marítima contígua à costa do Brasil.

A Lista de Auxílios-Rádio visa à complementação das publicações próprias dos serviços-rádio, nunca a sua substituição.

As correções e atualizações da Lista de Auxílios-Rádio são efetuadas do seguinte modo:

- o Aviso-Rádio divulga alterações temporárias dos auxílios-rádio relacionados na Lista que, por sua grande importância, devem ser conhecidas com urgência pelo navegante; estas alterações, normalmente, são canceladas por outro Aviso-Rádio;

- o Folheto Quinzenal de Avisos aos Navegantes publica os Avisos-Rádio que continuam em vigor na data de sua publicação e, em sua Seção IV, as correções permanentes ou atualizações que devem constar, de imediato, na publicação, por sua importância. Tais correções devem ser lançadas no texto, a tinta ou coladas, e registradas na folha Registros de Alterações, de acordo com as instruções nela contidas; e

- o Folheto Quinzenal de Avisos aos Navegantes também pode distribuir folhas com grandes correções, para substituição ou inserção; estas folhas registram o número e o ano do folheto que as divulgou, para controle dos utilizadores.

Com o propósito de obter-se uma rápida referência de localização e funcionalidade, todas as estações relacionadas na Lista de Auxílios-Rádio são numeradas com um número-índice, formado por quatro algarismos, que identifica a natureza dos serviços que ela presta, a área geográfica em que se localiza e sua sequência dentro da área geográfica.

De acordo com o serviço que a estação presta, o algarismo dos milhares obedece à seguinte distribuição:

2 – Radiofaróis;

3 – Estações que transmitem sinais horários;

4 – Estações que divulgam boletins meteorológicos e avisos de mau tempo;

5 – Estações que divulgam avisos-rádio náuticos e SAR;

7 – Estações que fazem o tráfego de perigo e segurança; e

8 – Estações costeiras de tráfego comercial.

A área geográfica da estação é identificada pela seguinte distribuição do algarismo das centenas:

0 e 1 – Costa Norte, da baía do Oiapoque ao cabo Calcanhar;

2, 3 e 4 – Costa Leste, do cabo Calcanhar ao cabo Frio e ilhas ao largo;

5, 6 e 7 – Costa Sul, do cabo Frio ao arroio Chuí;

8 – Rios da bacia Amazônica e rio Paraguai; e

9 – Países estrangeiros.

O número sequencial da estação, dentro de sua área geográfica, é dado pelos algarismos das dezenas e unidades obedecendo, tanto quanto possível, à sequência de posição geográfica das estações, de Norte para Sul e de Leste para Oeste.

Assim, por exemplo, a estação 2040 é identificada como um radiofarol, localizado na costa Norte, número sequencial 40. No presente exemplo, trata-se do Radiofarol de Canivete, localizado no Amapá. Por outro lado, uma mesma estação que presta vários serviços terá os números identificadores correspondentes aos serviços que presta diferindo apenas no algarismo do milhar. A estação PPR-Rio Rádio, por exemplo, terá o número 3545 referente à transmissão de sinal horário; 4545 referente à divulgação de boletins meteorológicos; 7545 referente à escuta de perigo e segurança, e etc.

Em todos os capítulos, é usada a "Hora Média de Greenwich" (HMG), de 0000 a 2400. Quando a hora legal for mencionada, ela será acompanhada da expressão "Hora Legal".

Os serviços-rádio de auxílio à navegação, especificamente descritos na Lista de Auxílios-Rádio, após o **Capítulo 1 – Introdução**, são os seguintes:

a. Radiogoniometria

O **Capítulo 2** da Lista de Auxílios-Rádio apresenta os serviços de **Radiogoniometria**, que pode ser definida como um conjunto de operações visando à determinação da direção, segundo a qual uma estação recebe sinais radiotelegráficos transmitidos por outra estação.

O aparelho eletrônico que dá a direção de onde procedem os sinais recebidos é o radiogoniômetro. A propriedade que o radiogoniômetro utiliza é a da variação da intensidade do sinal recebido por meio de uma antena de quadro, de acordo com a posição do plano da antena em relação à direção do sinal.

O ângulo compreendido entre a direção do sinal recebido e o meridiano do observador é a marcação radiogoniométrica da estação transmissora. A marcação radiogoniométrica, corrigida dos desvios que apresenta, é convertida em marcação de Mercator. Esta, traçada na carta, dá a linha de posição do navio em relação à estação transmissora.

Há dois processos para a obtenção de uma marcação radiogoniométrica:

1º – o navio transmite os sinais e uma estação de posição conhecida (a estação radiogoniométrica) determina sua direção e fornece ao navio a marcação obtida; ou

2º – o navio recebe os sinais transmitidos por uma estação de posição conhecida (o radiofarol) e determina sua marcação.

O Capítulo 2 descreve o Radiogoniômetro e o seu uso, a correção da marcação radiogoniométrica, a determinação e a precisão da posição do navio pelo Radiogoniômetro.

As estações radiogoniométricas determinam e informam a direção que recebem de sinais radiotelegráficos transmitidos por outra estação. As direções informadas já são, normalmente, corrigidas dos desvios da onda rádio, exceto da diferença entre a linha de círculo máximo e a loxodrômica, e têm erro menor que 2º, para distâncias até 50 milhas náuticas.

No Brasil, não há estações radiogoniométricas abertas ao público.

Os radiofaróis são estações transmissoras de sinais-rádio especiais, que permitem a determinação de sua direção em relação a uma estação móvel.

Os radiofaróis são divididos em três tipos:

- radiofaróis direcionais, que transmitem sinais-rádio dentro de um setor, normalmente entre 15° e 30°, destinados a dar um rumo de governo definitivo; são usados, primordialmente, na navegação aérea e não existem no Brasil, para a navegação marítima;

- radiofaróis rotativos, que transmitem um feixe direcional de onda rádio, com movimento rotativo uniforme, de maneira semelhante ao feixe luminoso emitido por certos faróis; sua marcação é determinada por meio de receptor comum e um cronógrafo; os radiofaróis deste tipo não existem no Brasil, para a navegação marítima; e

- radiofaróis circulares, que transmitem sinais-rádio com a mesma intensidade em todas as direções, permitindo aos navios obterem suas marcações por meio do radiogoniômetro; este é o tipo mais comum de radiofarol, e a ele pertencem todos os radiofaróis destinados à navegação marítima, instalados no Brasil.

Os radiofaróis, cujas características são informadas na Lista de Auxílios-Rádio, estão agrupados da seguinte maneira:

- radiofaróis para a navegação marítima, na costa do Brasil, relacionados no Apêndice II-2 ao Capítulo 2; e

- radiofaróis para a navegação marítima e a aérea, localizados em outros países, em áreas abrangidas pelas cartas náuticas da DHN, relacionados no Apêndice II-3 ao Capítulo 2.

Como alternativa aos radiofaróis, podem ser utilizadas estações de radiodifusão AM, próximas à costa. Na inexistência de radiofaróis, estas estações alternativas, que encontram-se relacionadas no Apêndice II-4 ao Capítulo 2, facilitam a aterragem.

Para cada radiofarol é informado (Figura 12.4):

- posição;
- frequência;
- tipo de emissão;
- potência; e
- alcance e característica do sinal.

Figura 12.4 – Radiofaróis para a Navegação Marítima (Extrato do Apêndice II-2)

3545 **Rio Rádio (PPR) - Rio de Janeiro**
Lat. 22° 54' S Long. 043° 11' W
Frequências: 4244, 4355, 8634, 12738, 16984, 22603 e 22670,5 kHz.
Emissão: A1A. *Potência:* 2 kW
Horários: 0125 às 0130; 1425 às 1430 e 2125 às 2130.
Característica: Pulsos de segundo durante os 5 minutos dos horários indicados.
Os pulsos dos minutos são mais longos.
DTU1 - Código CCIR: segundos marcados, enfatizados por pulsos dobrados.

3552 **Serviço da Hora do Observatório Nacional (VHF1)(VHF2)-Rio de Janeiro**
Lat. 22° 54' S Long. 043° 13' W
Frequência: A) 160,23 MHz (VHF-1).
B) 171,13 MHz (VHF-2).
Emissão: F3E. *Potência:* 25 kW.
Horário: Contínuo.
Característica:

Todos os Radiofaróis Marítimos posicionados na costa brasileira, relacionados no Apêndice II-2, possuem as seguintes características em comum:

- horário de funcionamento: contínuo;
- natureza do serviço: radiofarol para a navegação marítima;
- setor de utilização: radiofarol circular (RC); e
- administração: Diretoria de Hidrografia e Navegação – Comando da Marinha.

b. Sinais Horários

O **Capítulo 3 – Sinais Horários**, da Lista de Auxílios-Rádio, apresenta informações sobre o Serviço da Hora e sobre as principais estações que transmitem sinais horários no Brasil e em outros países.

Quase todos os sinais horários, atualmente em uso, são irradiados por meio de transmissão automática, obtida por um mecanismo de precisão ligado a um padrão atômico de césio ou rubídio de um observatório, que comanda eletricamente o aparelho transmissor da estação radioemissora. Os sinais horários, assim irradiados, merecem confiança absoluta na sua precisão, que atinge em média 0,1 segundo.

No Brasil, as emissões de sinais horários são supervisionadas pelo Serviço da Hora do Observatório Nacional, organização que, desde 1850, vem cumprindo todas as convenções internacionais já estabelecidas e tem como sua atribuição fundamental a determinação, conservação e disseminação, por todos os meios, da hora legal e científica no território nacional.

Pela legislação nacional, o Brasil possui quatro fusos distintos para a hora legal, que são:

- o primeiro fuso (OSCAR), caracterizado pela hora de Greenwich 'menos duas horas' – compreende o arquipélago Fernando de Noronha e a ilha da Trindade;

- o segundo fuso (PAPA), caracterizado pela hora de Greenwich 'menos três horas' – compreende o Distrito Federal e os Estados do Rio Grande do Sul, de Santa Catarina, do Paraná, de São Paulo, do Rio de Janeiro, de Minas Gerais, do Espírito Santo, de Goiás, do Tocantins, da Bahia, de Sergipe, de Alagoas, de Pernambuco, da Paraíba, do Rio Grande do Norte, do Ceará, do Piauí, do Maranhão, do Pará e do Amapá;

- o terceiro fuso (QUEBEC), caracterizado pela hora de Greenwich 'menos quatro horas' – compreende os Estados de Mato Grosso, de Mato Grosso do Sul, de Rondônia e de Roraima e grande parte do Estado do Amazonas, a leste; e

- o quarto fuso (ROMEO), caracterizado pela hora de Greenwich 'menos cinco horas' – compreende o Estado do Acre e a parte oeste do Estado do Amazonas.

Todos os conceitos e definições sobre a medição do tempo, de interesse à navegação, como **Tempo Universal** (**TU**), **Hora Média de Greenwich** (**HMG**), **Tempo Universal Coordenado** (**TUC**), **Hora Legal** (**HLeg**) e **Fusos Horários** são apresentados no Capítulo 19 do Volume II deste Manual.

O Apêndice III-1, do Capítulo 3 da Lista de Auxílios-Rádio, apresenta uma seleção das principais estações que transmitem sinais horários no Brasil e em outros países. Para cada estação são dadas as características completas dos sinais horários transmitidos, conforme um extrato contido na Figura 12.5.

Os sinais horários são essenciais para o conhecimento e controle dos erros dos cronômetros de bordo, permitindo obter a hora precisa das observações dos astros, elemento fundamental para a navegação astronômica, que é apresentada no Volume II deste Manual.

Figura 12.5 – Estações que Transmitem Sinais Horários (Extrato da Lista de Auxílios-Rádio)

3545 **Rio Rádio (PPR) - Rio de Janeiro**
Lat. 22° 54' S Long. 043° 11' W
Frequências: 4244, 4355, 8634, 12738, 16984, 22603 e 22670,5 kHz.
Emissão: A1A. *Potência:* 2 kW
Horários: 0125 às 0130; 1425 às 1430 e 2125 às 2130.
Característica: Pulsos de segundo durante os 5 minutos dos horários indicados.
Os pulsos dos minutos são mais longos.
DTU1 - Código CCIR: segundos marcados, enfatizados por pulsos dobrados.

3552 **Serviço da Hora do Observatório Nacional (VHF1)(VHF2)-Rio de Janeiro**
Lat. 22° 54' S Long. 043° 13' W
Frequência: A) 160,23 MHz (VHF-1).
B) 171,13 MHz (VHF-2).
Emissão: F3E. *Potência:* 25 kW.
Horário: Contínuo.
Característica:
a) Pulsos de segundo modulados em 1 kHz, com duração de 5 milissegundos; pulsos dos segundos 58, 59 e 60 com duração de 200 milissegundos.
Enunciação da hora falada a cada minuto.
b) Enunciação da hora falada a cada 10 segundos, acompanhada de um sinal sonoro característico identificando o instante de cada 10 segundos.

c. Serviços Radiometeorológicos

O **Capítulo 4** da Lista de Auxílios-Rádio apresenta informações sobre os **Serviços Radiometeorológicos** de apoio ao navegante, os limites das áreas marítimas de previsão do tempo sob a responsabilidade do Brasil e os dados das estações que transmitem o METEOROMARINHA, a previsão do tempo para áreas portuárias e as cartas meteorológicas por fac-símile.

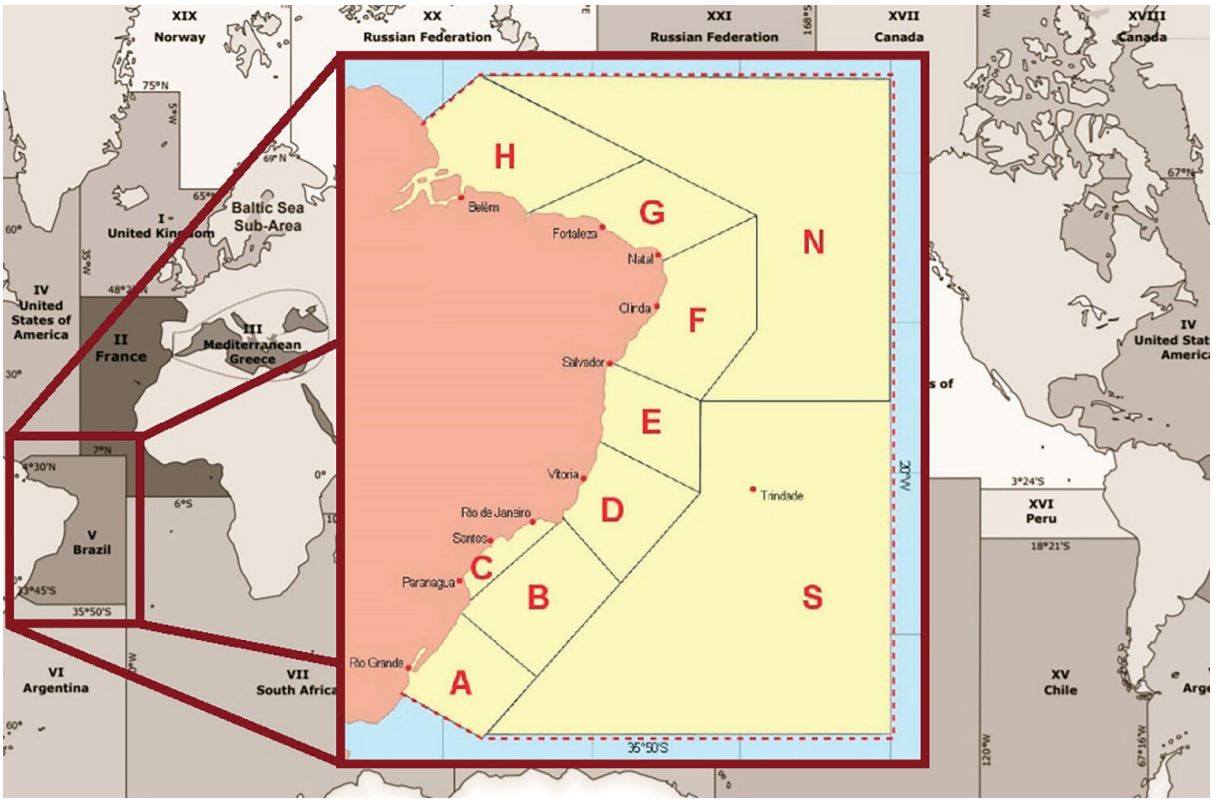
Os serviços meteorológicos de apoio ao navegante obedecem às normas da Organização Meteorológica Mundial (OMM).

As radiocomunicações das mensagens meteorológicas, no Serviço Móvel Marítimo, obedecem às disposições da União Internacional de Telecomunicações (UIT).

A operação do serviço de meteorologia na área marítima de responsabilidade do Brasil cabe ao CHM, por delegação da DHN, e abrange uma determinada área do oceano Atlântico, denominada METAREA V, conforme apresentada na Figura 12.6.

As informações meteorológicas de interesse do navegante, elaboradas pelo CHM, são: o METEOROMARINHA; as Previsões Especiais; e os Avisos de Mau tempo.

Figura 12.6 – METAREA V



As estações que transmitem o METEOROMARINHA, com suas características, estão relacionadas no Apêndice IV-3, do capítulo 3 da Lista de Auxílios-Rádio. Um extrato desse Apêndice consta da Figura 12.7.

Figura 12.7 – Estações de Transmissão de Meteoromarinha (Extrato do Apêndice IV-3)

ESTAÇÕES	HORÁRIOS (HMG)	FREQUÊNCIAS	POTÊNCIA
ESTAÇÃO RÁDIO DA MARINHA NO RIO DE JANEIRO (PWZ–33)	**Radiodados** 0230 às 0330; 0600 às 0730; e 1845 às 1930	6448,0; 12709,0; 16974,0; 4266,0 kHz(2) e 8580,0 kHz	1 kW
ESTAÇÃO	**HORÁRIOS (HMG)**	**SATÉLITE**	
ESTAÇÃO TERRENA COSTEIRA (CES) DE BURUM	0730Z e 1930Z (ou conforme a necessidade)	Transmissões via INMARSAT-C (SafetyNET) Satélite Atlântico Leste (AOR-E)	

Informações detalhadas sobre o uso das previsões meteorológicas em benefício da segurança da navegação marítima são apresentadas no Capítulo 45 do Volume III deste Manual.

d. Avisos-Rádio Náuticos e Avisos-Rádio SAR

O **Capítulo 5** da Lista de Auxílios-Rádio descreve os tipos de **Avisos-Rádio Náuticos e Avisos-Rádio SAR**, fornece dados sobre a divulgação de Avisos-Rádio no Brasil (inclusive na Bacia Amazônica) e informações detalhadas sobre as estações que transmitem Avisos-Rádio Náuticos e Avisos-Rádio SAR em nosso país, bem como sobre as estações estrangeiras que transmitem Avisos-Rádio Náuticos e Avisos-Rádio SAR para áreas marítimas incluídas nas Cartas Náuticas brasileiras.

I. Avisos-Rádio Náuticos

Os Avisos-Rádio Náuticos são mensagens transmitidas aos navios com o propósito de fornecer "informações urgentes" relevantes para a navegação segura, em atendimento ao estabelecido na Regra 4, do Capítulo V da SOLAS, 1974. Em conjunto com os Avisos-Rádio Náuticos, os Avisos de Mau Tempo, previsões meteorológicas e outras mensagens urgentes relacionadas à segurança que são transmitidas a navios compreendem as "Informações de Segurança Marítima" (ISM, em inglês *Maritime Safety Information* – MSI).

Devido à urgência com que se deseja que cheguem aos navegantes, têm como meios principais de divulgação as transmissões via rádio e/ou via satélite. As informações veiculadas são apresentadas no formato mais claro, conciso e não-ambíguo possível.

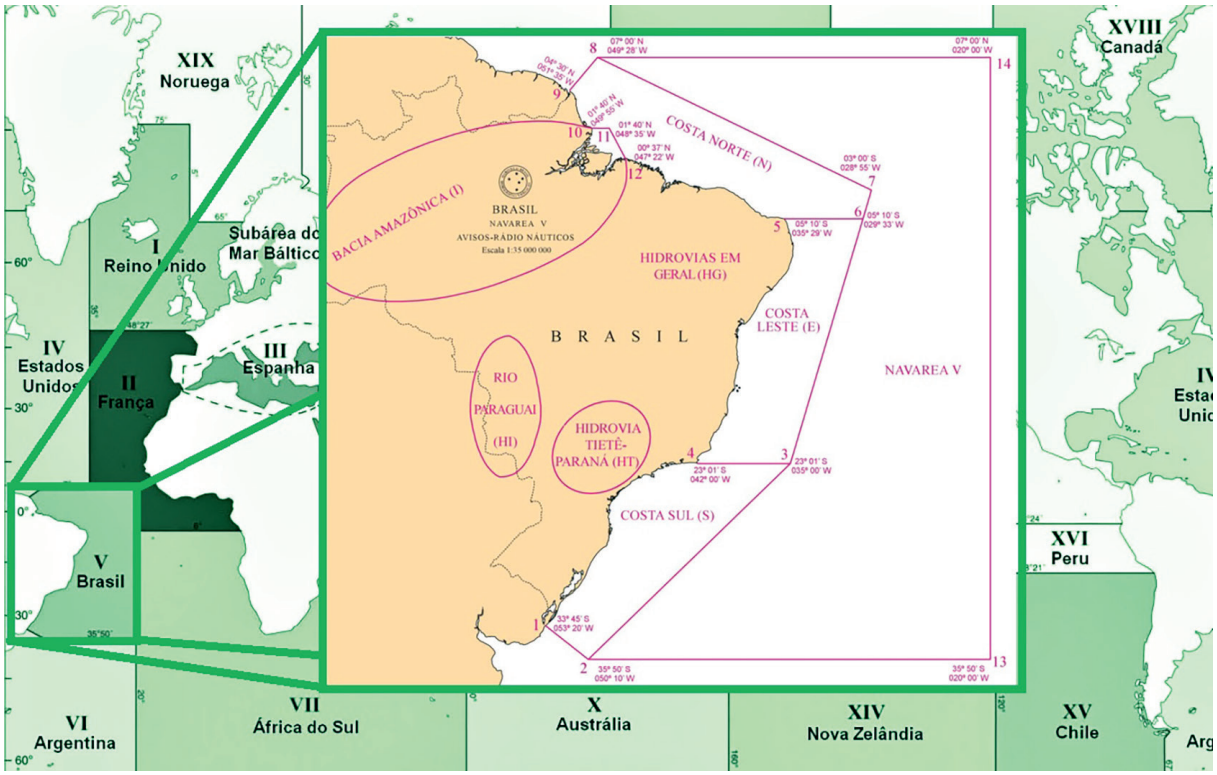
Avisos-Rádio Náuticos são divulgados em proveito do conceito do Serviço Global de Aviso-Rádio Náuticos (*World-Wide Navigational Warning Service* – WWNWS), que consiste num serviço coordenado, nos âmbitos nacional e internacional, de divulgação de Avisos-Rádio Náuticos regulado por legislação pertinente estabelecida pela Organização Marítima Internacional (OMI / IMO) e pela Organização Hidrográfica Internacional (OHI).

Para efeito deste serviço, o mundo está dividido em 21 áreas marítimas denominadas NAVAREA, nas quais podem estar incluídas águas interiores navegáveis por navios de alto-mar. Vale destacar que os limites das NAVAREA não estão relacionados e nem devem prejudicar a delimitação das fronteiras legais entre os países.

No âmbito de cada uma destas áreas existe um Coordenador de NAVAREA (autoridade responsável pela coordenação, coleta e divulgação de Avisos-Rádio Náuticos) e Coordenadores Nacionais (autoridades responsáveis pela coleta e divulgação de Avisos-Rádios Náuticos Costeiros nas respectivas áreas de responsabilidade nacionais).

No caso particular da NAVAREA V, a qual abrange apenas o nosso país, as funções de Coordenador de NAVAREA e de Coordenador Nacional são desempenhadas por meio da Diretoria de Hidrografia e Navegação, por delegação de competência da Autoridade Marítima brasileira – o Comandante da Marinha. A Figura 12.8 apresenta a NAVAREA V, que abrange a área de responsabilidade brasileira pela coordenação, coleta e divulgação dos Avisos-Rádio Náuticos de interesse em parte da área do Atlântico Sul e águas interiores nacionais.

Figura 12.8 – NAVAREA V



Os Avisos-Rádio Náuticos são **classificados** em função do tipo de navegação a que irá, primordialmente, interessar:

- Avisos-Rádio Náuticos **NAVAREA** – divulgam informações de interesse à navegação oceânica praticada na área marítima situada no interior da NAVAREA V (área marítima sob a responsabilidade do Brasil, no âmbito do Serviço Global de Avisos-Rádio Náuticos), porém além dos limites das regiões costeiras;

- Avisos-Rádio Náuticos **Costeiros** – divulgam informações de interesse à navegação costeira praticada nas regiões costeiras situadas no interior da NAVAREA V; e

- Avisos-Rádio Náuticos **Locais** – divulgam informações de interesse à navegação interior praticada em áreas próximas à costa (até, aproximadamente, 3 milhas) ou em vias navegáveis interiores (baías, portos e seus canais de acesso, rios, lagos e lagoas) onde, normalmente, os navios de maior porte navegam com auxílio de práticos locais.

Os Avisos-Rádio Náuticos brasileiros são **identificados** por:

- Avisos-Rádio Náuticos NAVAREA – numeração sequencial anual de quatro algarismos (de 0001 a 6999), seguida de dois algarismos indicativos do ano de entrada em vigor do Aviso;

- Avisos-Rádio Náuticos Costeiros – letra indicativa da região costeira de ocorrência, seguida de numeração sequencial anual de quatro algarismos (de 0001 a 6999) e de dois algarismos indicativos do ano de entrada em vigor do Aviso; e

- Avisos-Rádio Náuticos Locais – letra indicativa da região de ocorrência, seguida de numeração sequencial anual de quatro algarismos (a partir de 7001) e de dois algarismos indicativos do ano de entrada em vigor do Aviso. No caso específico dos Avisos-Rádio

Náuticos Locais dos rios Paraguai, Paraná e Tietê (e seus afluentes), a numeração anual inicia-se em 0001.

Ademais, adotam-se as seguintes letras indicativas das regiões de ocorrência: I - Bacia Amazônica; N – Costa Norte; E – Costa Leste; S – Costa Sul; HG – Hidrovias em Geral (rios, lagos e lagoas em geral); HI – Rio Paraguai e afluentes; e HT – Rios Tietê e Paraná, e afluentes.

Exemplos:

S 7021/17: Aviso-Rádio Náutico Local, da Costa Sul, número 7021, do ano de 2017;

E 0027/18: Aviso-Rádio Náutico Costeiro, da Costa Leste, número 0027, do ano de 2018; e

0123/18: Aviso-Rádio Náutico NAVAREA, número 0123, do ano de 2018.

Os Avisos-Rádio Náuticos são divulgados, no âmbito da NAVAREA V, pelos seguintes meios:

a) Transmissões via satélite, pelo serviço SafetyNET;

b) Radiodifusão em HF, pela Estação Rádio da Marinha no Rio de Janeiro (PWZ 33);

c) Radiodifusão em VHF/HF, pela Rede Nacional de Estações Costeiras (RENEC) da Embratel;

d) Divulgação pela internet, por meio do sítio da DHN/CHM; e

e) Publicação nos folhetos de "Avisos aos Navegantes".

A Figura 12.9 reproduz o Apêndice V-4 da Lista de Auxílios-Rádio, onde são apresentadas as principais informações relativas à divulgação dos Avisos-Rádio Náuticos e SAR.

O SafetyNET é um serviço internacional de difusão e recepção automática de Informações de Segurança Marítima através do sistema EGC Inmarsat, o qual foi especificamente projetado como parte do Sistema Marítimo Global de Socorro e Segurança (*Global Maritime Distress and Safety System* – GMDSS).

O sistema EGC, operado por meio de quatro satélites móveis de comunicação do sistema Inmarsat-C, provê um método global e automático de difusão de Informações de Segurança Marítima (ISM/MSI) a todos os navios localizados em áreas geográficas fixas (como no caso das diversas NAVAREA/METAREA ou das áreas costeiras) ou temporárias (áreas circulares, retangulares), ou ainda a um predeterminado grupo de navios. A cobertura do sistema estende-se, aproximadamente, entre as latitudes 76º S e 76º N.

As mensagens SafetyNET são originadas por instituições formalmente autorizadas e certificadas para participar como provedores de informações no âmbito deste serviço. O CHM, por delegação da DHN, está autorizado a prover todas as ISM/MSI (Avisos-Rádio Náuticos e Informações Meteorológicas) afetas às áreas (NAVAREA e METAREA) sob responsabilidade do Brasil.

Assim, as transmissões de Avisos-Rádio Náuticos, via SafetyNET, são realizadas a partir do CHM, que dispõe de enlace com uma Estação Terrena Costeira (*Land or Coast Earth Station* – LES) autorizada pela Inmarsat. A partir da LES, as mensagens são transmitidas ao satélite AOR-E (Região Oceânica Atlântico Leste) e, deste, de volta à superfície da Terra para recepção pelos usuários equipados com receptores adequados.

Figura 12.9 – Apêndice V-4: Divulgação de Avisos-Rádio Náuticos e SAR

A) TRANSMISSÕES VIA RÁDIO (FAIXA DE HF) – ESTAÇÃO RÁDIO DA MARINHA NO RIO DE JANEIRO			
HORÁRIOS (DIÁRIOS)	**CANAIS (*)**	**FREQUÊNCIAS**	**CONTEÚDOS**
0400Z às 0500Z	RD	4.266,0 kHz (a pedido do navegante) 6.448,0 kHz 8.580,0 kHz 12.709,0 kHz 16.974,0 kHz	- Avisos SAR (português/inglês) - Avisos-Rádio Náuticos NAVAREA e Costeiros, exceto aqueles que já constam nos "Avisos aos Navegantes" (português/inglês) - Avisos-Rádio Náuticos Locais, excetos aqueles que já constam nos "Avisos aos Navegantes" (português)
1430Z às 1545Z	RD		
2130Z às 2145Z	RD		

B) TRANSMISSÕES VIA RÁDIO (FAIXA DE VHF E HF) – REDE DE ESTAÇÕES COSTEIRAS (RENEC) DA EMBRATEL			
HORÁRIOS	**CANAL (*)**	**FREQUÊNCIAS**	**CONTEÚDOS**
Conforme a necessidade	RL	VHF: chamada em 156,8 MHz (Canal 16) e tráfego em canal designado pela estação. HF: chamada em 4.125,0 kHz e tráfego em frequência designada pela estação.	- Avisos SAR (português) - Avisos-Rádio Náuticos Costeiros e Locais de maior relevância (português)

C) TRANSMISSÕES VIA SATÉLITE (INMARSAT-C) – ESTAÇÃO TERRENA COSTEIRA – BURUM – HOLANDA		
HORÁRIOS (DIÁRIOS)	**SATÉLITE**	**CONTEÚDOS**
0030Z e 1230Z (ou conforme a necessidade)	Atlântico Leste (AOR-E)	- Avisos SAR (inglês) - Avisos-Rádio Náuticos NAVAREA e Costeiros (inglês), exceto aqueles que já constam nos "Avisos aos Navegantes"

D) INTERNET	
ENDEREÇOS	**CONTEÚDOS**
https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-segnav-aviso-radio-nautico-tela/avisos-radio-nauticos-e-sar (escolha o link da região de interesse)	- Avisos SAR (português) - Relação completa dos Avisos-Rádio Náuticos NAVAREA, Costeiros e Locais da Área Marítima e Hidrovias em geral (português).
https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-segnav-aviso-radio-nautico-tela/radio-navigational-warnings-and-sar-warnings (escolha o link da região de interesse)	- Avisos SAR (inglês) - Relação completa dos Avisos-Rádio Náuticos NAVAREA e Costeiros da Área Marítima e Hidrovias em geral (inglês).
https://www.marinha.mil.br/chn-6/?q=avisoRadioNautico	- Relação completa dos Avisos-Rádio Náuticos Locais do rio Paraguai e afluentes (português).
https://www.marinha.mil.br/cftp/aviso_radio_nautico	- Relação completa dos Avisos-Rádio Náuticos Locais dos rios Tietê, Paraná e afluentes (português).
https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-segnav/folhetos ou https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-segnav/folhetos-ingles (escolha o link do folheto de interesse)	Avisos aos Navegantes (Área Marítima e Hidrovias em Geral): - Na Seção II: alguns dos Avisos-Rádio Náuticos NAVAREA, Costeiros e Locais em vigor há mais de seis semanas (português). - Na Seção VII: alguns dos Avisos-Rádio Náuticos NAVAREA e Costeiros em vigor há mais de seis semanas (inglês).
https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-segnav/hidrovia-paraguai	Avisos aos Navegantes (Hidrovia Paraguai-Paraná): - Na Seção II: alguns dos Avisos-Rádio Náuticos Locais em vigor há mais de seis semanas (português).
https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-segnav/hidrovia-tiete-parana	Avisos aos Navegantes (Hidrovia Tietê-Paraná): - Na Seção II: alguns dos Avisos-Rádio Náuticos Locais em vigor há mais de seis semanas (português).

II. AVISOS-RÁDIO SAR

Os Avisos-Rádio SAR são mensagens de alerta de emergência SAR (*Search and Rescue*) ou de coordenação de busca e salvamento transmitidas aos navios que se encontram em uma determinada área, em atendimento ao estabelecido na Regra 7 do Capítulo V, da SOLAS, 1974.

Em razão dos compromissos do Brasil relacionados às atividades de Busca e Salvamento (SAR) marítimo, consubstanciados nos dispositivos preconizados em convenções internacionais das quais o País é signatário, a Marinha do Brasil implantou, organizou e opera o Serviço de Busca e Salvamento Marítimo. Este serviço visa atender as emergências relativas à salvaguarda da vida humana no mar, que possam atingir os navegantes no mar e nas vias navegáveis interiores.

O Serviço de Busca e Salvamento Marítimo brasileiro está organizado dentro das regras balizadas nas convenções[3] em que é signatário e regulamentadas pela Organização Marítima Internacional (OMI/IMO), que incluem: o atendimento ao Sistema Marítimo Global de Socorro e Segurança (GMDSS); a divulgação de Informações de Segurança Marítima (ISM/MSI); o estabelecimento de uma Região de Busca e Salvamento Marítimo (*Search and Rescue Region* – SRR); a existência de Centros de Coordenação SAR (MRCC/RCC), conforme necessário; meios adequados para atender as emergências SAR; e a organização de um Sistema de Informações de Navios. Conforme a necessidade, é efetuada coordenação com o Sistema de Busca e Salvamento Aeronáutico.

As atribuições inerentes ao Sistema de Informações de Navios para a área SAR brasileira são executadas pelo Comando de Operações Marítimas e Proteção da Amazônia Azul (COMPAAz), através do Sistema de Informações sobre o Tráfego Marítimo (SISTRAM). As informações a respeito da adesão dos navios ao SISTRAM podem ser encontradas no sítio do Centro Integrado de Segurança Marítima (CISMAR), buscando "Folheto do SISTRAM" em *downloads*. A principal finalidade do SISTRAM, à semelhança dos demais sistemas do mundo, é permitir, no caso de um incidente SAR, a rápida localização das embarcações mais próximas, em condições de prestar auxílio.

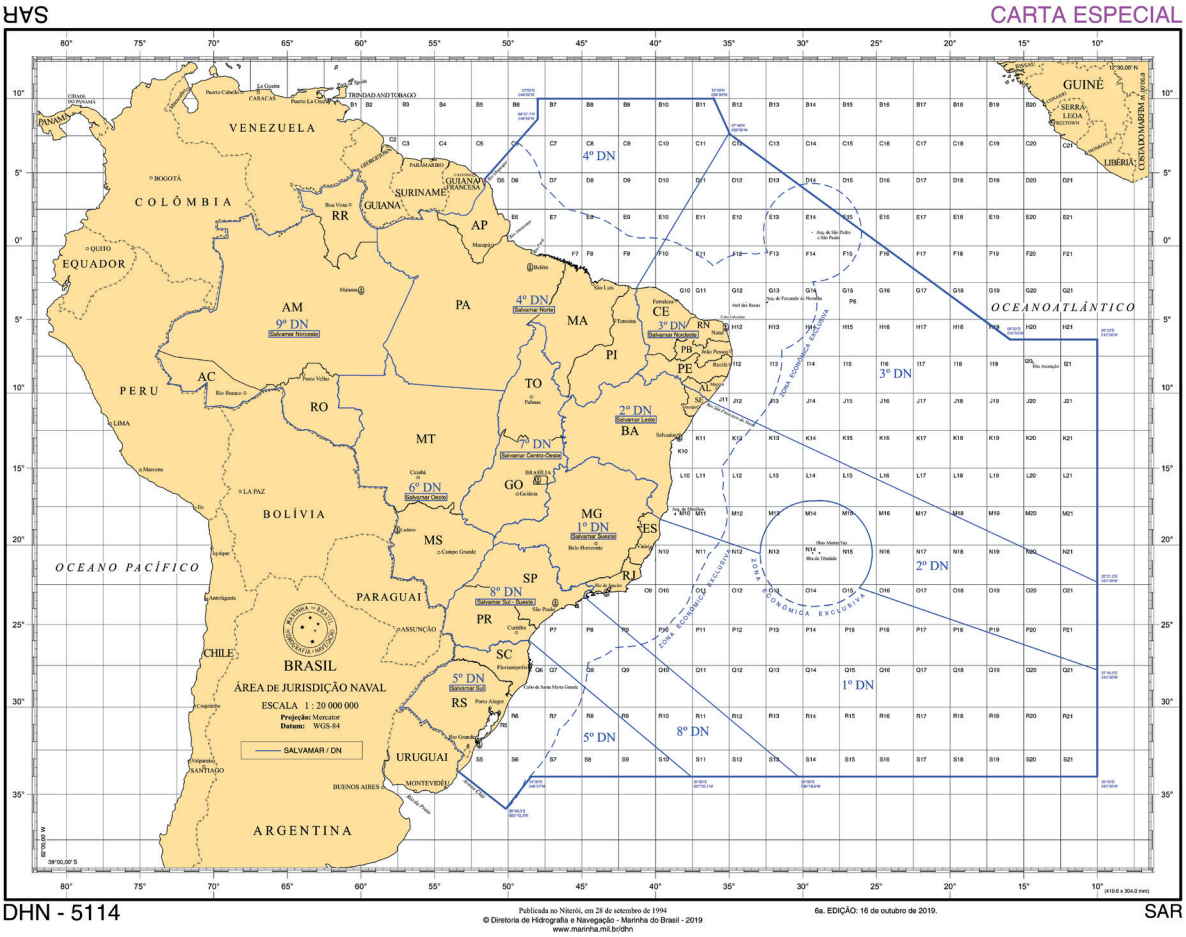
A Região de Busca e Salvamento Marítimo (SRR) sob a responsabilidade do Brasil compreende uma extensa área do oceano Atlântico, que abrange toda a costa brasileira e se estende na direção leste até o meridiano de 10ºW, conforme a Figura 12.10, que apresenta a Carta SAR 5114, editada pela DHN, com o traçado dos limites da Área SAR e suas Subáreas.

Tendo em vista as dimensões da Região de Busca e Salvamento Marítimo (SRR) do Brasil, esta foi dividida em seis sub-regiões, sob responsabilidade dos Centros de Coordenação SAR regionais a seguir indicados:

- SALVAMAR NORTE, situado na cidade de Belém/PA;
- SALVAMAR NORDESTE, na cidade de Natal/RN;
- SALVAMAR LESTE, na cidade de Salvador/BA;
- SALVAMAR SUESTE, na cidade do Rio de Janeiro/RJ;

[3] Essas convenções são a Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar (Convenção SOLAS, 1974, e Protocolo 1988), a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM, Jamaica, 1982) e a Convenção Internacional de Busca e Salvamento Marítimo (Hamburgo, 1979).

Figura 12.10 – Carta SAR 5114 – Áreas SAR e Subáreas



- SALVAMAR SUL-SUESTE, na cidade de São Paulo/SP; e
- SALVAMAR SUL, na cidade de Rio Grande/RS.

As águas interiores do País, especificamente as vias navegáveis da Amazônia Ocidental e da bacia do Rio Paraguai, também possuem Centros de Coordenação SAR, a saber:

- SALVAMAR NOROESTE, na cidade de Manaus/AM, no rio Amazonas;
- SALVAMAR CENTRO-OESTE, na cidade de Brasília/DF; e
- SALVAMAR OESTE, na cidade de Ladário/MS, no rio Paraguai.

Desta forma, quando em situação de perigo, os navegantes em trânsito por essas áreas poderão solicitar auxílio através dos recursos de GMDSS disponíveis a bordo ou então diretamente ao SALVAMAR BRASIL, ou, ainda, conforme a sua posição, nos Centros de Coordenação SAR (SALVAMAR regionais), cujos dados para contato (telefone, Fax e *e-mail*) constam do Capítulo 5 da Lista de Auxílios-Rádio, ora apresentado.

Diferentemente dos Avisos-Rádio Náuticos, os Avisos-Rádio SAR não são classificados em função do tipo de navegação a quem interessa ou da região em que ocorrem. Em face de sua especificidade, possuem identificação própria, de modo a diferenciá-los dos demais avisos.

Os Avisos-Rádio SAR brasileiros são identificados pela sigla "SAR", seguida de numeração sequencial anual de quatro algarismos (a partir de 0001) e de dois algarismos indicativos do ano de divulgação do Aviso.

Exemplo: **SAR 0056/21**

Os Avisos-Rádio SAR são divulgados, no âmbito da região SAR sob responsabilidade do Brasil, pelos seguintes meios:

- transmissões via satélite, pelo serviço SafetyNET;
- radiodifusão em HF, pela Estação Rádio da Marinha no Rio de Janeiro (PWZ 33);
- radiodifusão em VHF/HF, pela Rede Nacional de Estações Costeiras (RENEC) da Embratel; e
- divulgação pela internet.

As informações referentes às periodicidades, horários e canais de transmissão dos Avisos-Rádio SAR constam do Capítulo 5 da Lista de Auxílios-Rádio, ora apresentado.

e. Respondedor Radar – RACON

O Capítulo 6 da Lista de Auxílios-Rádio apresenta informações sobre o princípio de funcionamento do RACON e uma relação com todas as estações RACON existentes na costa do Brasil.

Para cada estação RACON são informados:

- auxílio à navegação onde está instalado o RACON;
- característica do sinal;
- bandas de frequência; e
- alcance.

O RACON está apresentado com detalhes no Capítulo 14 deste Manual (Navegação Radar).

f. Comunicações de socorro e segurança

O Capítulo 7 da Lista de Auxílios-Rádio apresenta informações sobre comunicações de perigo e segurança.

Em 8 de novembro de 1988, numa Conferência das Partes Contratantes da Convenção SOLAS/74, sobre radiocomunicações, foram aprovadas emendas à SOLAS/74, adotando-se o Sistema Global Marítimo de Socorro e Segurança – GMDSS, que entrou em vigor a partir de 1º de fevereiro de 1992, tendo sido implementado em 1º de fevereiro de 1999.

O conceito básico do GMDSS é alertar, rapidamente, as autoridades de busca e salvamento em terra, assim como os navios que navegam nas proximidades de uma embarcação sinistrada, a fim de que possam auxiliar na operação de busca e salvamento dentro do menor tempo possível, sendo a sua característica principal a automação.

O sistema também provê comunicações de urgência e segurança, além de disseminação de informações sobre segurança marítima (MSI) por meio dos Avisos-Rádios Náuticos, Avisos-Rádio SAR e Boletim Meteorológico.

Os apêndices VII-1, VII-2 e VII-3, do Capítulo 7 da Lista de Auxílios-Rádio, reproduzem os seguintes dispositivos do Regulamento Rádio contidos no Manual da UIT:

- Disposições Gerais para uso do GMDSS;
- frequências para o GMDSS;
- procedimentos operacionais para comunicações de socorro no GMDSS;
- procedimentos operacionais para comunicações de urgência e segurança no GMDSS;
- sinais de alerta no GMDSS;
- condições a serem observadas no Serviço Móvel Marítimo;
- regras especiais relacionadas ao uso de frequências;
- ordem de prioridade das comunicações no Serviço Móvel Marítimo e no Serviço Móvel Marítimo por Satélite;
- radiotelefonia;
- abreviaturas e sinais diversos usados em radiocomunicações no Serviço Móvel Marítimo;
- Código Q;
- alfabeto fonético e código de algarismos; e
- disposições operacionais aplicáveis ao Serviço Morse e Sonoro.

O Capítulo, também, aponta a responsabilidade das seguintes Organizações Militares da MB quanto às atividades SAR:

- Comando de Operações Navais (ComOpNav);
- Comando de Operações Marítimas e Proteção da Amazônia Azul (COMPAAz);
- Comando do Distrito Naval (DN), encarregado de Subárea SAR; e
- Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN).

g. Apoio Costeiro

O Capítulo 8 da Lista de Auxílios-Rádio apresenta informações sobre as redes de estações-rádio que prestam serviços de radiocomunicações em apoio ao navegante, quais sejam:

- Rede Nacional de Estações Costeiras (RENEC); e
- Rede Costeira de Apoio ao Iatismo, constituída pelas estações pertencentes aos Iates Clubes.

h. Sistemas de Navegação Eletrônica

O Capítulo 9 da Lista de Auxílios-Rádio fornece informações sobre o sistema NAVSTAR-GPS (*NAVigation System with Time And Ranging – Global Positioning System*), destacando os seguintes aspectos de interesse ao navegante:

- constituição do sistema de posicionamento satelital;

- estrutura do sinal GPS;
- grandezas mensuráveis no sistema;
- efemérides (parâmetros orbitais que permitem calcular a posição no céu de um determinado satélite);
- fontes de erro;
- diluição da precisão;
- Tabelas Padrão de Erros;
- posicionamento: absoluto, relativo, RTK (*Real Time Kinematic*) e Diferencial GPS (DGPS);
- padrão de comunicações – Sistema RTCM SC-104;
- Rede de estações de referência DGPS;
- receptor de correções diferenciais;
- especificações técnicas de um receptor DGPS; e
- Estações de referência DGPS da Marinha do Brasil (coordenadas tridimensionais).

Informações mais detalhadas sobre o sistema GPS e a rede nacional de DGPS estão contidas no Capítulo 35 deste Manual (Navegação por Satélites).

12.7 TÁBUAS DAS MARÉS E CARTAS DE CORRENTES DE MARÉ

A publicação anual DG6, Tábuas das Marés, fornece a previsão de marés para os 54 principais portos, terminais, barras, ilhas oceânicas e fundeadouros brasileiros, relacionados do Norte para o Sul, e para o fundeadouro da Estação Antártica Comandante Ferraz, na Baia do Almirantado, na Antártida.

Os folhetos denominados Cartas de Correntes de Maré apresentam os elementos da corrente de maré para 11 diversos portos e áreas da costa brasileira e águas interiores.

Ambas as publicações já foram devidamente apresentadas no Capítulo 10 deste Manual (Marés e Correntes de Maré; Correntes Oceânicas).

12.8 ATLAS DE CARTAS PILOTO

As Cartas Piloto apresentam informações meteorológicas e oceanográficas de fundamental importância para o navegante, tanto na fase de planejamento como na de execução da derrota.

A DHN publica um Atlas de Cartas Piloto para o Oceano Atlântico abrangendo, no sentido N-S, o trecho de Trinidad ao Rio da Prata e, no sentido E-W, o trecho desde o litoral da América do Sul até o meridiano de 020º W.

O Atlas de Cartas Piloto é constituído por 12 cartas, na Projeção de Mercator, escala 1:10.000.000, sendo uma para cada mês do ano. Para a navegação, as principais informações das Cartas Piloto referem-se a ventos e correntes marítimas. Entretanto, essas cartas apresentam, ainda, informações sobre declinação magnética (mostrando linhas isogônicas e linhas de mesma variação anual da declinação), temperatura do ar e temperatura da água do mar. Ademais, nos versos das Cartas Piloto constam, também, informações sobre nevoeiro, visibilidade, temperatura, vento médio e ocorrência de ventos fortes nos principais portos e ilhas do Brasil.

A Figura 12.11 mostra um trecho da Carta Piloto para o mês de **maio**, expressando as condições médias para este mês.

Em azul, são apresentadas as informações sobre ventos. Para os diversos locais onde aparecem representadas, as rosas dos ventos indicam, em percentagens, as direções de onde sopram os ventos e, na **escala Beaufort** (Figura 12.12), a velocidade média no mês, por octante.

A percentagem de ocorrência de ventos em determinada direção, quando não indicada diretamente, pode ser determinada comparando-se o comprimento da seta, medida a partir da circunferência, com a **Escala Percentual de Ventos**, representada na Figura 12.13. O número de "penas", na extremidade das setas, indica a força média dos ventos, na escala Beaufort.

No centro das rosas dos ventos, inscritas em uma circunferência, estão indicadas as percentagens de ocorrência de calmarias.

Figura 12.11 – Extrato da Carta Piloto – Maio

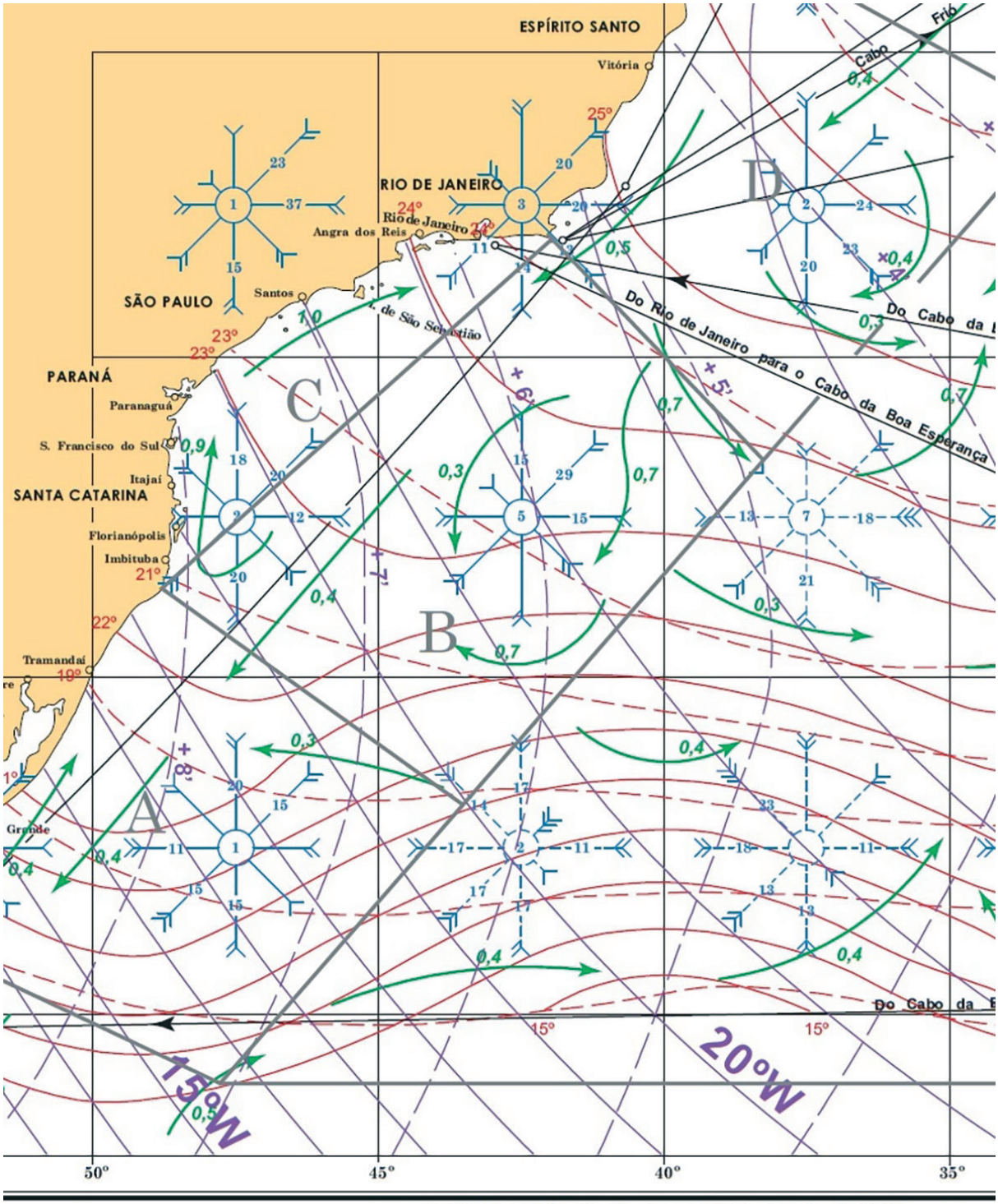


Figura 12.12 – Escala Beaufort

Designação Beaufort	Velocidade em nós	Aspecto do mar
0 — Calmaria	< 1	Espelhado.
1 — Bafagem	1 a 3	Mar encrespado em pequenas rugas com aparência de escamas, sem cristas.
2 — Aragem	4 a 6	Ligeiras ondulações curtas, de 30 cm de altura, com cristas vidradas, mas sem arrebentação.
3 — Fraco	7 a 10	Grandes ondulações de 60 cm, com princípio de arrebentação. Alguns carneiros.
4 — Moderado	11 a 16	Pequenas vagas, 1,50m, com freqüentes carneiros.
5 — Fresco	17 a 21	Vagas moderadas, de forma longa e 2,40m de Vagas moderadas, de forma longa e 2,40m de Vagas moderadas, de forma longa e 2,40m de
6 — Muito fresco	22 a 27	Grandes vagas de 3,60 m de altura. Muitas cristas brancas. Freqüentes borrifos.
7 — Forte	28 a 33	Mar grosso; vagas de 4,80m de altura. A espuma da arrebentação se dispõe em estrias, indicando a direção do vento. Muitos borrifos.
8 — Muito forte	34 a 40	Vagalhões regulares de 5,50 a 7,50m com faixas espessas e espuma branca e fanca arrebentação.
9 — Duro	41 a 47	Vagalhões de 7,00m a 10,00m com faixas de espuma densa. O mar rola. A visibilidade começa a ser afetada.
10 — Muito duro	48 a 55	Grandes vagalhões de 9 a 12m. O vento arranca as faixas de espuma, arrebentando as vagas em cascata. Visibilidade reduzida. A superfície do mar é quase toda coberta de estrias brancas.
11 — Tempestuoso	56 a 63	Vagalhões excepcionalmente grandes, até 16,00m. A visibilidade é afetada. Os navios de tamanho médio desaparecem no cavalo das vagas.
12 — Furacão	64 e acima	Mar branco de espuma; respingos saturam o ar. A visibilidade é seriamente afetada.

Exemplo: no mês de maio, na costa do Estado de Santa Catarina, os ventos são os seguintes (vide a Figura 12.11):

DIREÇÃO	FREQUÊNCIA	ESCALA BEAUFORT
NORTE	18%	Força 3
NORDESTE	20%	Força 3
LESTE	12%	Força 3
SUDESTE	10%	Força 3
SUL	20%	Força 3
SUDOESTE	13%	Força 4
OESTE	7%	Força 3
NOROESTE	9%	Força 3
CALMARIA	2%	"Zero"

As percentagens de ventos não indicadas diretamente nas Cartas Piloto foram obtidas na Escala Percentual de Ventos, conforme mostrado na Figura 12.13.

Figura 12.13 – Escala Percentual de Ventos



Nas Cartas Piloto, as CORRENTES são representadas em verde. As setas indicam a direção predominante e os números a velocidade média, em nós, das correntes marítimas à superfície.

Na Figura 12.11, por exemplo, pode-se afirmar que, no mês de maio, a corrente ao largo de Santos flui para ENE (no rumo 060º), com velocidade média de 1,0 nó.

Em linhas cheias encarnadas são apresentadas as isotermas, que indicam, em graus Celsius, a temperatura da água do mar na superfície. Pode-se dizer, por exemplo, que, no mês de maio, a temperatura média da água do mar na superfície, na altura de Angra dos Reis, é de 24º C (vide a Figura 12.11).

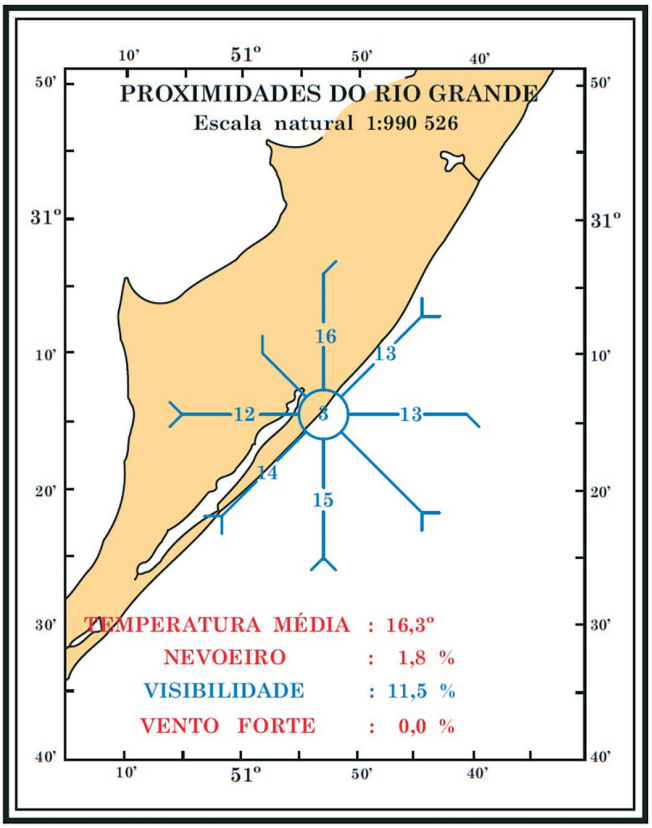
Em linhas tracejadas encarnadas são representadas as isotermas que indicam, em graus Celsius, a temperatura do ar à superfície. A Figura 12.11 indica que, no mês de maio, a temperatura média do ar à superfície em Florianópolis é de 21º C.

Em linhas cheias representadas em roxo são plotadas nas Cartas Piloto as linhas isogônicas (de mesmo valor de declinação magnética) para o ano de 2015, de acordo com a atual edição do Atlas das Cartas Piloto, de 2019. As linhas unindo pontos de mesma variação anual de declinação são representadas por linhas tracejadas, também em roxo. A Figura 12.11, por exemplo, indica que a declinação magnética para 2015 no Rio de Janeiro é de 22º W e sua variação anual é cerca de + 6'.

Conforme citado, no verso de cada página mensal das Cartas Piloto são apresentadas, para o mês a que se refere a carta, informações sobre temperatura média, nevoeiro, visibilidade, ventos predominantes e ocorrência de ventos fortes nos principais portos e ilhas e em alguns outros pontos selecionados da costa brasileira.

A Figura 12.14 mostra, por exemplo, as condições médias para as proximidades do Rio Grande, no sul do Brasil, no mês de maio.

Figura 12.14 – Proximidades do Rio Grande – Maio



Além destas informações, as Cartas Piloto apresentam os limites das Áreas de Previsão (áreas Alfa, Bravo, Charlie, Delta, Echo, Foxtrot, Golf, Hotel, Área Norte Oceânica e Área Sul Oceânica), para as quais são divulgadas diariamente previsões meteorológicas.

12.9 ALMANAQUE NÁUTICO

Publicação anual da DHN, o Almanaque Náutico (DN5) é indispensável na Navegação Astronômica. Fornece elementos essenciais para obtenção da posição utilizando o Sol, a Lua, os 4 Planetas (Vênus, Marte, Júpiter e Saturno) e as 57 Estrelas usadas em Navegação Astronômica.

Além disso, apresenta informações sobre nascer e pôr do Sol e da Lua, passagem meridiana do Sol, da Lua e dos 4 Planetas acima citados, hora e duração dos crepúsculos, tábuas da Estrela Polar, elementos para correção de alturas observadas com o sextante, dados sobre hora legal e fusos horários, cartas celestes, etc.

O Almanaque Náutico é apresentado detalhadamente no Volume II deste Manual, na parte referente à Navegação Astronômica.

12.10 OUTRAS PUBLICAÇÕES NÁUTICAS

A DHN publica, ainda, diversas outras Publicações Náuticas, além de Tábuas, Tabelas e Gráficos usados na navegação. Todas essas publicações possuem as orientações necessárias para sua correta utilização, dispensando maiores comentários.

A relação de todas essas publicações e impressos de interesse exclusivo para a navegação encontra-se listada na Parte 3 do Catálogo de Cartas e Publicações.

12.11 AVISOS AOS NAVEGANTES

As Publicações de Auxílio à Navegação têm como propósito contribuir para a segurança da navegação, no entanto só podem, de fato, inspirar confiança e prestar um real auxílio ao navegante quando são mantidas permanentemente atualizadas. Os Avisos aos Navegantes (AVGANTES) são os meios utilizados para promover a tempestiva atualização das Cartas e Publicações Náuticas, enquanto os Avisos-Rádio Náuticos (AvRaN) têm o papel de divulgar as informações com caráter de urgência relativas à navegação.

Os Avisos-Rádio Náuticos já foram apresentados na alínea d, do item 12.6 – Lista de Auxílios-Rádio.

12.11.1 Avisos aos Navegantes (AVGANTES)

Avisos aos Navegantes são informações sobre alterações à navegação na costa, rios, lagos e lagoas navegáveis, divulgadas para alertar os navegantes, promover a tempestiva atualização das Cartas e Publicações Náuticas, e ainda divulgar outras informações, de caráter geral, sob a classificação de Avisos Permanentes Especiais (APE).

São divulgados por folhetos, disponibilizados no site do CHM, com diferentes periodicidades. Os referentes à Área Marítima e Hidrovias em Geral são publicados com intervalo de 15 dias, os da Hidrovia Paraguai-Paraná são mensais e os da Hidrovia Tietê-Paraná são trimestrais.

Os Avisos referentes às atualizações de cartas náuticas usam as mesmas letras atribuídas às áreas usadas na numeração dos Avisos-Rádio Náuticos, e são classificados da seguinte forma:

- **Avisos Temporários** – informações de correções de caráter transitório. As correções decorrentes destes avisos devem ser feitas a lápis. São numerados da seguinte forma: letra(s) indicativa(s) das regiões de ocorrência, numeração sequencial a partir de 1, a letra (T) e ano de entrada em vigor do Aviso;

- **Avisos Preliminares** – antecipam informações de correções que, posteriormente, serão objeto de Avisos Permanentes. As correções decorrentes destes avisos devem ser feitas a lápis. São numerados da seguinte forma: letra(s) indicativa(s) das regiões de ocorrência, numeração sequencial a partir de 1, a letra (P) e ano de entrada em vigor do Aviso; e

- **Avisos Permanentes** – informações de correções definitivas. As correções decorrentes destes avisos devem ser feitas a caneta ou por inserção de "bacalhaus", conforme o caso. Após a realização da correção, o campo "Pequenas Correções" (canto inferior esquerdo da carta) deve ser preenchido com o ano e o número do Aviso Permanente correspondente. São numerados da seguinte forma: numeração sequencial a partir de 1 e ano de entrada em vigor do Aviso.

Importante notar que as numerações são sequenciais ao longo do ano, independentemente da área a que se referem.

12.11.2 Organização do Folheto Área Marítima e Hidrovias em Geral

O folheto "Avisos aos Navegantes – Área Marítima e Hidrovias em Geral" compreende sete seções, conforme abaixo discriminadas.

Seção I – Informações Gerais – descreve a estrutura do folheto, apresenta informações sobre a classificação, definição e a numeração dos Avisos-Rádio Náuticos, Avisos Temporários, Preliminares e Permanentes, sobre a divulgação do folheto e das Informações de Segurança Marítima, bem como recomendações e advertências aos navegantes. Nesta Seção são também divulgados os canais e horários de divulgação de informações de segurança marítima (MSI), como já dito, atinentes à meteorologia e às informações com caráter de urgência.

Seção II – Avisos-Rádio Náuticos – apresenta alguns dos Avisos-Rádio Náuticos que, na data de edição do folheto, estão em vigor há mais de 6 semanas. Ao serem incluídos pela primeira vez, os Avisos-Rádio Náuticos são apresentados em inteiro teor. Nos folhetos subsequentes, são indicados apenas por meio de seus números e dos números dos folhetos nos quais foram publicados em inteiro teor.

Não constam, nessa Seção, os Avisos-Rádio SAR (busca e salvamento) e os Avisos-Rádio Náuticos relativos à interdição de área marítima, realização de reboques, ocorrência de derrelitos, regatas, movimentação de navios engajados em levantamentos marítimos e outros eventos de curta duração. Tais Avisos-Rádios são, exclusivamente, divulgados via rádio/satélite e disponibilizados na internet.

Também não constam nessa Seção os Avisos-Rádio relativos aos rios Paraguai, Paraná e Tietê, e afluentes, os quais são apresentados na Seção II dos "Avisos aos Navegantes Hidrovia Paraguai-Paraná" e "Avisos aos Navegantes Hidrovia Tietê-Paraná".

Seção III – Correções às Cartas Náuticas – apresenta os Avisos Temporários, Preliminares e Permanentes, com vistas à atualização das cartas náuticas da área marítima e das hidrovias nacionais, à exceção das cartas dos rios Paraguai, Paraná e Tietê, e afluentes, as quais são divulgadas por meio da Seção III dos "Avisos aos Navegantes Hidrovia Paraguai-Paraná" e "Avisos aos Navegantes Hidrovia Tietê-Paraná".

Os Avisos Temporários, Preliminares e Permanentes que entraram em vigor na quinzena a que se refere o folheto estão apresentados em inteiro teor. O intervalo de numeração destes Avisos consta na folha de rosto do folheto. Quando não houver nenhum Aviso novo na quinzena, será inserida neste campo a expressão "Nenhum Aviso".

Os Avisos Temporários e Preliminares em vigor, porém já divulgados em folhetos anteriores, estão indicados apenas por seus números e os números dos folhetos mais recentes nos quais foram divulgados em inteiro teor.

Todos os Avisos Temporários e Preliminares em vigor são publicados em inteiro teor nos folhetos números 1 e 13 de cada ano.

Seção IV – Correções às Publicações Náuticas – apresenta as informações destinadas à correção da Lista de Faróis, da Lista de Auxílios-Rádio, dos Roteiros e de outras publicações náuticas (Catálogo de Cartas e Publicações, Lista de Sinais Cegos, etc.) da área marítima e das hidrovias nacionais (áreas fluviais e lacustres), à exceção das publicações específicas dos rios Paraguai, Paraná e Tietê, e afluentes, as quais são divulgadas pelos "Avisos aos Navegantes Hidrovia Paraguai-Paraná" e "Avisos aos Navegantes Hidrovia Tietê Paraná".

Seção V – Avisos Permanentes Especiais (APE) – apresenta, em inteiro teor, os Avisos Permanentes Especiais que entraram em vigor na quinzena a que se refere o folheto. Os Avisos Permanentes Especiais em vigor, porém já divulgados em folhetos anteriores, são indicados apenas por meio de seus números e dos números dos folhetos mais recentes nos quais foram divulgados em inteiro teor. Anualmente, nos folhetos números 1 e 13, são divulgados, em inteiro teor, todos os Avisos Permanentes Especiais em vigor.

À parte a semelhança dos nomes, Avisos Permanentes Especiais (APE) não constituem alterações permanentes à carta náutica e, portanto, não devem ser confundidos com os já mencionados Avisos Permanentes. São numerados em ordem sequencial única e anual, precedida da abreviatura "APE".

Seção VI – Notícias Diversas – apresenta informações sobre a produção de cartas e publicações náuticas e notas aos usuários.

Seção VII – Reproduções de Trechos, Quadros e Notas – fornece as "Correções de Trechos", os "Quadros" e as "Notas", vulgarmente denominados "bacalhaus", a serem inseridos nas cartas náuticas.

Para a atualização das cartas náuticas, os navegantes devem acompanhar, sistematicamente, as correções e informações disponibilizadas nas Seções III e VII dos "Avisos aos Navegantes" e congregadas, semestralmente, na publicação **DH20 – Relação das Cartas e Publicações Náuticas e respectivas correções permanentes divulgadas por Avisos aos Navegantes**.

13 AUXÍLIOS À NAVEGAÇÃO

13.1 IMPORTÂNCIA E CLASSIFICAÇÃO DOS AUXÍLIOS À NAVEGAÇÃO

Além das Cartas e Publicações Náuticas, dos instrumentos e equipamentos de navegação e dos demais meios de apoio postos à disposição do navegante (como a difusão de Avisos aos Navegantes e de informações meteorológicas), os auxílios à navegação também constituem fatores essenciais para a segurança da navegação.

Um auxílio à navegação é um dispositivo, sistema ou serviço externo à embarcação, estabelecido para auxiliar o navegante a determinar sua posição e rumo, alertar sobre os eventuais perigos à navegação existentes na sua derrota e demarcar os limites dos canais de navegação. O termo auxílio à navegação evoluiu de seu conceito original (quando significava um sinal externo ao navio, cuja percepção e identificação dependiam apenas de observações visuais e acústicas) e hoje compreende também os sistemas eletrônicos e serviços, cuja configuração completa abrange os segmentos de bordo e os externos ao navio (instalados em terra ou, até mesmo, em satélites).

Entre as principais funções dos auxílios à navegação, podem ser citadas:

- possibilitar a determinação da posição do navio;
- indicar uma aterragem;
- alertar sobre a existência e a posição de perigos à navegação;

- orientar os movimentos do navio;
- demarcar os limites dos canais de navegação;
- evitar a perda de navios, vidas humanas e mercadorias;
- proteger o meio ambiente (auxiliando a evitar desastres ambientais); e
- poupar tempo e combustível.

Assim, dentro da categoria de auxílios à navegação, incluem-se os auxílios visuais, sonoros e radioelétricos, como a seguir apresentados:

a. auxílios visuais à navegação são aqueles destinados a possibilitar a orientação ou o posicionamento do navegante, ou a transmitir-lhe determinada informação, por sua forma, cor e/ ou luz emitida. Os auxílios visuais à navegação podem ser luminosos ou cegos, conforme se destinam a orientar o navegante de dia e de noite (luminosos), ou apenas durante o dia (cegos). Eles podem ser naturais ou construídos pelo homem. No Brasil, os termos "sinal náutico" e "sinalização náutica" são muito comuns e consagrados ao se referirem aos auxílios visuais à navegação externos à embarcação, providos por uma autoridade responsável pela sinalização náutica de uma determinada região, área ou porto, como a seguir definidos nas Normas da Autoridade Marítima para Auxílios à Navegação (NORMAM-17/DHN);

- **Sinal náutico** é um auxílio visual à navegação, construído pelo homem e externo à embarcação, estabelecido para transmitir informações ao navegante, de forma a possibilitar-lhe um posicionamento seguro, podendo ser uma estrutura fixa ou flutuante, com formas e cores legalmente definidas, dotada ou não de equipamento luminoso e de artefatos visuais, destinada a indicar uma posição geográfica e transmitir uma informação específica ao navegante; e

- **Sinalização náutica** é o conjunto de sinais náuticos visuais, fixos ou flutuantes, externos à embarcação, especificamente estabelecidos com o propósito de garantir uma navegação segura e econômica nas vias navegáveis;

b. auxílios sonoros à navegação são dotados de algum tipo de equipamento acústico (apito, sino, gongo, sirene ou buzina de cerração) e destinam-se a orientar o navegante mediante a emissão de sons especiais, em situações de visibilidade restrita, quando os sinais cegos e luminosos, devido à cerração, nevoeiro ou bruma, só dificilmente são vistos, mesmo em distâncias muito curtas. No Brasil, estão em desuso em virtude do uso do radar por quase todos os navios e, também, devido à meteorologia normalmente benigna que predomina em nossas costas, onde condições de má visibilidade não são comumente observadas. Entretanto, são usados na sinalização de plataformas de perfuração e exploração submarina. É importante mencionar que a estrutura deverá ter um ou mais sinais sonoros, disposto(s) de maneira que seja(m) audível(eis), em qualquer direção, quando da aproximação da estrutura. No exterior, entretanto, ainda são bastante empregados; e

c. sistemas eletrônicos, denominados **auxílios radioelétricos à navegação**, destinam-se a possibilitar a orientação ou o posicionamento do navio mediante o emprego de ondas de rádio. É um exemplo desse sistema eletrônico o Sistema de Identificação Automático, conhecido como AIS AtoN – *Automatic Identification System as Aids to Navigation*. Outro sistema relevante é o VTS – *Vessel Traffic Service*, que se trata de um serviço com capacidade de prover monitorização ativa do tráfego aquaviário, cujo propósito é ampliar a segurança da vida humana no mar, a segurança da navegação e a proteção ao meio ambiente nas áreas em que haja intensa movimentação de embarcações ou risco de acidente de grandes proporções.

Mesmo com os sofisticados equipamentos de navegação hoje disponíveis (oferecendo alta precisão de posicionamento e informações praticamente contínuas) e com Publicações e Cartas Náuticas cada vez mais confiáveis e detalhadas, o navegante ainda não pode prescindir dos tradicionais auxílios à navegação, especialmente quando se desloca em águas restritas, onde é reduzido o tempo para decidir e ordenar uma guinada ou manobra de máquinas.

13.2 AUXÍLIOS VISUAIS À NAVEGAÇÃO

13.2.1 Tipos de Auxílios Visuais

Os principais tipos de auxílios visuais são:

- **Luminosos**: faróis, faroletes, luzes de alinhamento, boias luminosas, balizas articuladas e barcas-faróis; e
- **Cegos**: boias cegas e balizas.

Observação: A boia de amarração não é considerada um auxílio à navegação de acordo com a Associação Internacional de Autoridades em Auxílios à Navegação Marítima e Farois (International Association of Marine Aids to Navigation and Ligthrouse Authorities, IALA).

13.2.2 Descrição dos Auxílios Visuais

a. Faróis

São auxílios à navegação constituídos por uma estrutura fixa, de forma e cores distintas, montados em pontos de coordenadas geográficas conhecidas na costa ou em ilhas oceânicas, bancos, rochedos, recifes ou margens de rios, dotados de equipamento luminoso exibindo luz com característica predeterminada, com alcance luminoso noturno maior que 10 milhas náuticas.

Os componentes essenciais de um farol são a estrutura e o aparelho de luz. A estrutura deve ser resistente às intempéries, fácil de ser vista e reconhecida pelo navegante. O equipamento luminoso é constituído pela fonte de luz, por um aparelho ótico que concentre os raios luminosos na direção do horizonte e por um acessório que dê ritmo à luz exibida. A Figura 13.1 apresenta quatro diferentes faróis da costa brasileira, de distintas estruturas, a seguir discriminados:

- Salinópolis, PA – armação cônica em treliça metálica com coluna central;
- Abrolhos, BA – torre troncônica metálica;
- Rasa, RJ – torre quadrangular de alvenaria, com tope cilíndrico; e
- Albardão, RS – torre cilíndrica de concreto armado.

Figura 13.1 – Faróis da Costa Brasileira



Salinópolis



Abrolhos



Rasa



Albardão

Utilizam-se vários critérios para classificar os faróis. Serão mencionados aqui apenas quanto à sua finalidade e ao regime de funcionamento.

Classificação dos faróis quanto à sua **finalidade**:

- **Faróis de aterragem**: destinados ao reconhecimento e demanda de um determinado porto e à correção da posição dos navios que vêm de alto-mar. Situados em pontos salientes da costa ou em ilhas conspícuas, possuem geralmente um alcance geográfico e luminoso suficiente para serem vistos e reconhecidos a uma distância superior a 20 milhas. Ademais, é comum dotá-los de equipamentos eletrônicos que auxiliam a sua identificação e reforçam seus ecos radar. Exemplos: Farol Natal, RN (alcance geográfico: 22 milhas), Farol Olinda, PE (alcance geográfico: 22 milhas), Farol Rasa, RJ (alcance geográfico: 23 milhas) e Farol Moela, SP (alcance geográfico: 24 milhas);

- **Faróis de cabotagem**: destinados à navegação costeira, são situados em pontos que o navegante tem interesse em reconhecer, como cabos, pontas e ilhas. Sua distribuição pela costa deverá ser tal que permita aos navegantes de cabotagem (que, em geral, dispõem de recursos menos sofisticados que os de longo curso e se servem prioritariamente de sinais visuais) verificarem sempre sua posição, de modo a garantir-lhes uma navegação segura em singraduras entre portos. Exemplos: Farol Itapajé, CE (alcance geográfico: 18 milhas), Farol Santo Alberto, RN (alcance geográfico: 16 milhas), Farol Ponta de Pedras, PE (alcance geográfico: 18 milhas), Farol Itapuã, BA (alcance geográfico: 14 milhas), Farol Maricás, RJ (alcance geográfico: 21 milhas); e

- **Farol principal de porto**: constitui o principal auxílio visual à demanda do porto, depois do farol de aterragem. Exemplo: o Farol Santa Cruz (alcance geográfico: 14 milhas), demarcando a barra da baía de Guanabara, é o farol principal do porto do Rio de Janeiro, cujo farol de aterragem é, conforme visto, o Farol Rasa (alcance geográfico: 23 milhas).

Outras classificações, como farol de alinhamento e farol de balizamento, serão adiante estudadas, neste mesmo capítulo.

Classificação dos faróis quanto ao regime de funcionamento:

- **Faróis guarnecidos**: são faróis que dispõem, permanentemente, de pessoal em suas instalações, destinado a garantir seu contínuo funcionamento; são classificados como "faróis guarnecidos" e indicados pelo símbolo "G" na Lista de Faróis da DHN. Vale destacar que essa notação se limita à Lista de Faróis, não sendo utilizada nas cartas náuticas, em face de não estar prevista nas especificações cartográficas da OHI; e

- **Faróis automáticos**: operam automaticamente, sendo esta condição indicada nas cartas náuticas pela abreviatura (SG) – "Sem Guarnição", para que os navegantes fiquem cientes de que uma eventual irregularidade no sinal poderá não ser corrigida tão prontamente quanto ocorreria em um farol guarnecido.

b. Faroletes

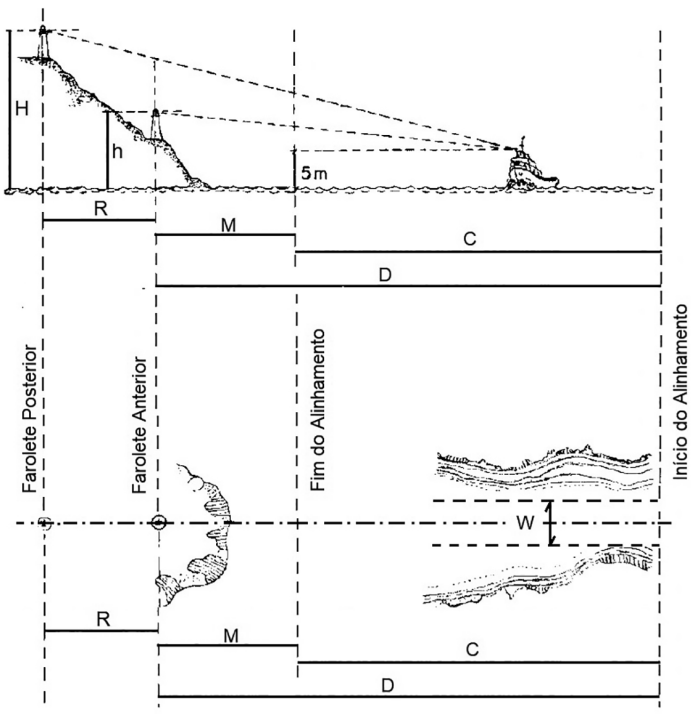
São auxílios visuais à navegação providos de estrutura fixa, montada em um ponto de coordenadas geográficas conhecidas, encimada por um equipamento luminoso exibindo luz dotada de característica predeterminada, com alcance luminoso noturno menor ou igual a 10 milhas náuticas.

Desta forma, a distinção entre faróis e faroletes é apenas convencional, tendo sido arbitrado que um sinal fixo com alcance luminoso noturno, superior a 10 milhas, seria denominado farol e um com alcance luminoso noturno, igual ou menor que 10 milhas, seria chamado farolete.

c. Luzes de Alinhamento

São sinais fixos (faróis, faroletes ou balizas) usados aos pares, para assinalar a direção de um canal ou da entrada de um porto. De fato, o alinhamento constitui um dos melhores recursos de que se dispõe para indicar um rumo no fundo a ser seguido pelo navegante. Um alinhamento é constituído por dois sinais estabelecidos no prolongamento retilíneo do eixo de um canal. O sinal mais próximo é chamado de anterior e o mais afastado de posterior. O sinal posterior é de maior altitude que o anterior e está localizado por trás deste, a uma distância considerável. A Figura 13.2 apresenta um esquema com os elementos de um alinhamento.

Figura 13.2 – Elementos de um Alinhamento



O navegante utiliza um alinhamento conservando os dois sinais que o constituem em um mesmo plano vertical (plano este que contém os dois sinais e a linha central, ou eixo, do canal).

O navegante estima o quanto está afastado do alinhamento (eixo do canal) pela observação do deslocamento vertical aparente entre os dois sinais, um em relação ao outro.

A aplicação mais comum de alinhamento em sinalização náutica é marcar a linha central ou eixo de um canal, com o propósito de indicar ao navegante quando ele estiver fora dessa linha central.

O alinhamento é um auxílio à navegação tanto diurno como noturno. Durante o dia, os navegantes orientam-se pelas estruturas dos sinais; à noite, pelas luzes exibidas.

Os dois sinais que constituem o alinhamento devem, tanto quanto possível, obedecer aos seguintes requisitos:

- as formas das estruturas dos sinais e suas pinturas devem ser iguais ou se completarem; e
- as luzes devem ter a mesma cor.

O estabelecimento de um alinhamento requer estudo detalhado. Um alinhamento a ser usado como sinalização náutica deverá ter uma boa sensibilidade lateral, definida como a propriedade pela qual o navegante percebe uma alteração transversal da posição do seu navio, em relação ao alinhamento. A sensibilidade lateral é medida pela rapidez com que os sinais do alinhamento se afastam lateralmente, um em relação ao outro, quando o navio se movimenta transversalmente no canal.

Para o cálculo da sensibilidade lateral, são levados em conta fatores como a largura do canal (W), o comprimento do canal (C) e a distância do início do alinhamento ao sinal anterior (D). Uma sensibilidade lateral conveniente vai definir a distância entre os sinais (R) e a diferença de altura entre eles, conforme apresentado na Figura 13.2.

d. Boia

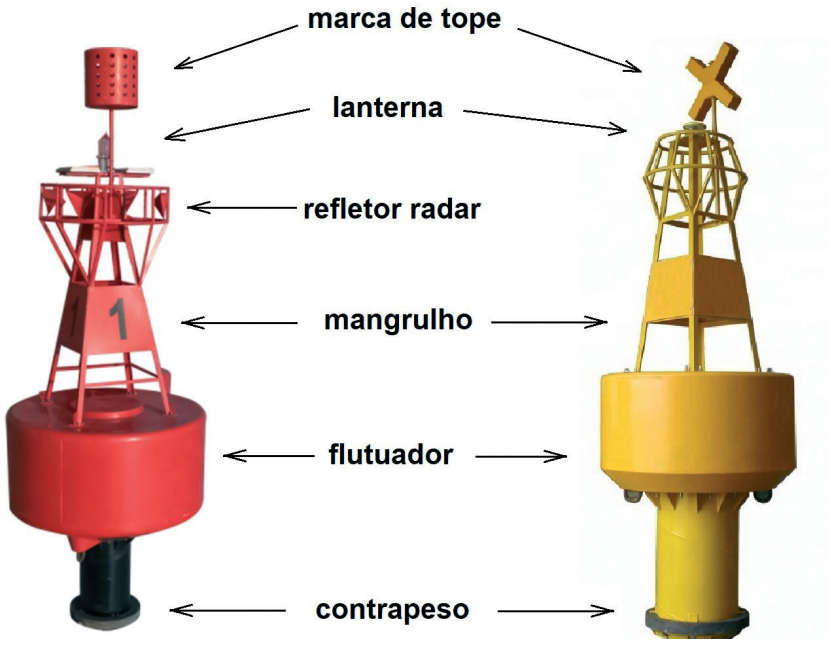
É um corpo flutuante de dimensões, formas e cores definidas, estabelecida em posição geográfica determinada, fundeada por meio de equipamento de fundeio específico, dotada ou não de equipamento luminoso, sonoro ou radioelétrico, encimada ou não por marca de tope, a fim de:

- indicar ao navegante o caminho a ser seguido;
- indicar os limites de um canal navegável, seu início e fim, ou a bifurcação de canais;
- alertar o navegante quanto à existência e indicar a posição de um perigo à navegação;
- indicar a existência de águas seguras;
- indicar a existência e a direção de cabos ou tubulações submarinos;
- delimitar áreas especiais (tais como áreas de despejo de dragagem ou áreas de exercícios militares); e
- indicar zonas de separação de tráfego ou outra característica especial de uma determinada área, mencionada em documentos náuticos apropriados.

As boias, que podem ser luminosas (quando providas de aparelho de luz) ou cegas, destinam-se, respectivamente, a orientar a navegação de dia e de noite, ou apenas no período diurno. Ademais, as boias podem portar dispositivos sonoros, refletor radar e outros acessórios como o Sistema de Identificação Automática (Automatic, Identification System, AIS).

Uma boia luminosa, conforme apresentada na Figura 13.3, consiste de um corpo flutuante livre, dotado de um contrapeso para equilíbrio, e de uma estrutura vertical em forma de treliça, denominada mangrulho, cuja finalidade é sustentar o aparelho de luz, o refletor radar (quando houver), a marca de tope e o AIS (quando houver).

Figura 13.3 – Boia Luminosa Convencional



A forma e a cor do corpo da boia, a marca de tope exibida e o ritmo e a cor da luz devem permitir a identificação e a determinação do propósito de uma boia luminosa.

As boias cegas não são dotadas de aparelho de luz, sendo identificadas e reconhecidas pelo seu formato, sua cor e sua marca de tope.

No que se refere aos acessórios das boias, citam-se os dispositivos sonoros, as marcas de tope e os refletores radar (quando houver).

As marcas de tope, já mencionadas, são figuras geométricas colocadas no tope das boias, que, por sua forma, cor e combinação, permitem identificar, durante o dia, o propósito do sinal. Já eram empregadas anteriormente, mas sua adoção foi recomendada pela IALA no Sistema Uniforme de Balizamento, tanto na Região "A", como na Região "B", onde se situa o Brasil, como será visto adiante.

Os refletores-radar destinam-se a reforçar os ecos das boias, melhorando sua conspicuidade radar. Não é um item obrigatório.

O AIS destina-se a permitir a identificação da boia nas cartas eletrônicas de navegação. Não é um acessório obrigatório.

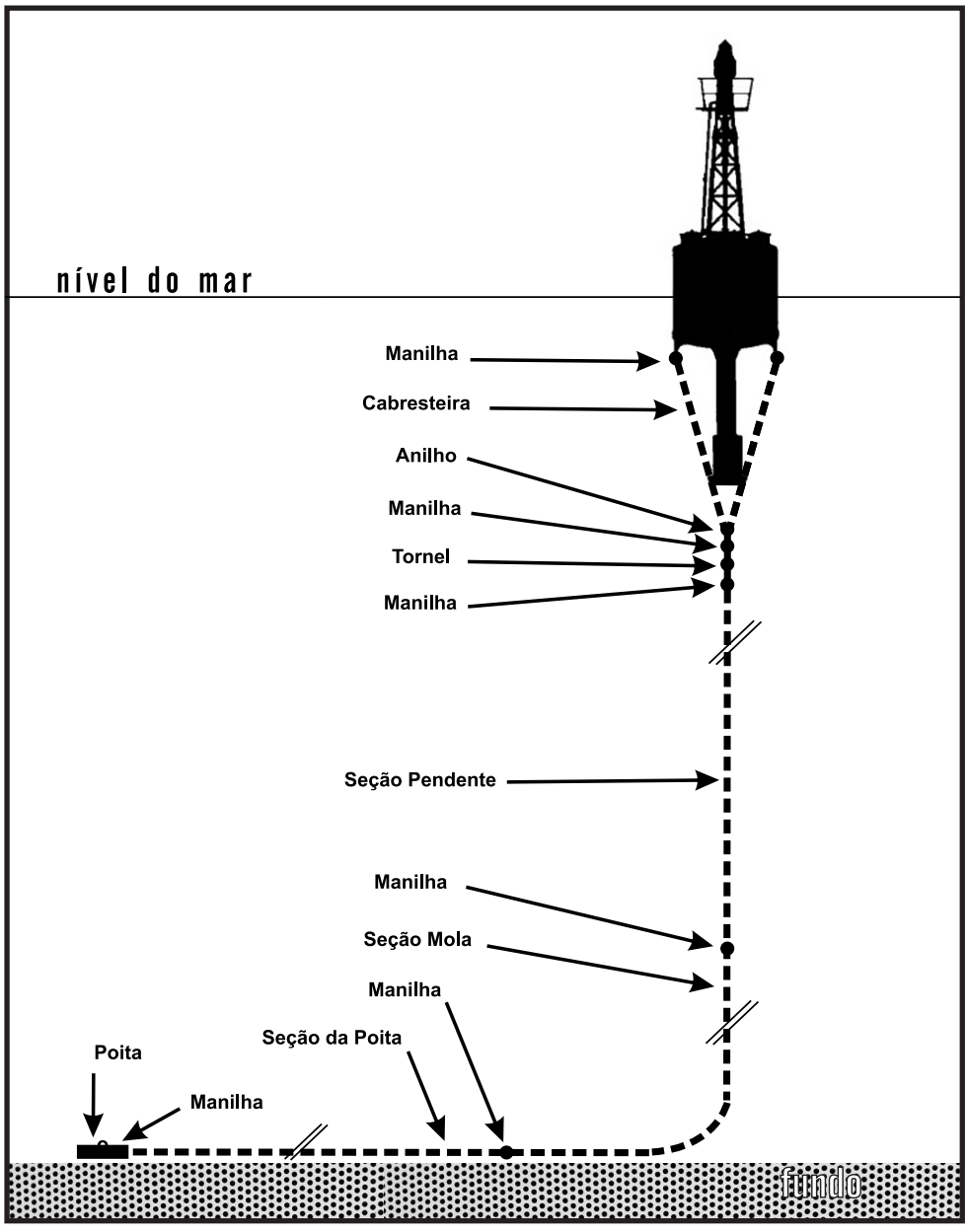
Outros acessórios destinados a reforçar o eco radar e facilitar a identificação radar de uma boia (ou qualquer outro auxílio à navegação), como o RACON, serão explicados no Capítulo seguinte, que aborda a Navegação Radar.

Quanto às fontes de energia, as boias luminosas são hoje elétricas, utilizando baterias, geralmente em conjunto com uma fonte alternativa de energia, como painéis solares, geradores de onda (WAG – *Wave Activated Generator*), geradores eólicos, ou os denominados sistemas

híbridos, que combinam duas ou mais fontes alternativas de energia, dentre as acima citadas (exemplo: sistema de energia utilizando baterias, painel solar e gerador de onda).

O equipamento de fundeio para uma boia, cujas principais partes componentes são mostradas na Figura 13.4, consiste basicamente de uma corrente, denominada amarra, ligada a um corpo morto que repousa no fundo (poita), ou a um ferro, em local geográfico previamente determinado para o seu posicionamento.

Figura 13.4 – Equipamento de Fundeio de uma Boia



Uma observação essencial sobre as boias, aplicável também a qualquer outro auxílio à navegação flutuante, é que não se deve confiar cegamente na sua posição. As boias podem garrar, afastando-se de suas posições predeterminadas por ação da corrente, do vento, ou da colisão de navios ou embarcações; em virtude de redes de pesca que se enroscam no seu aparelho de fundeio; ou por outros problemas.

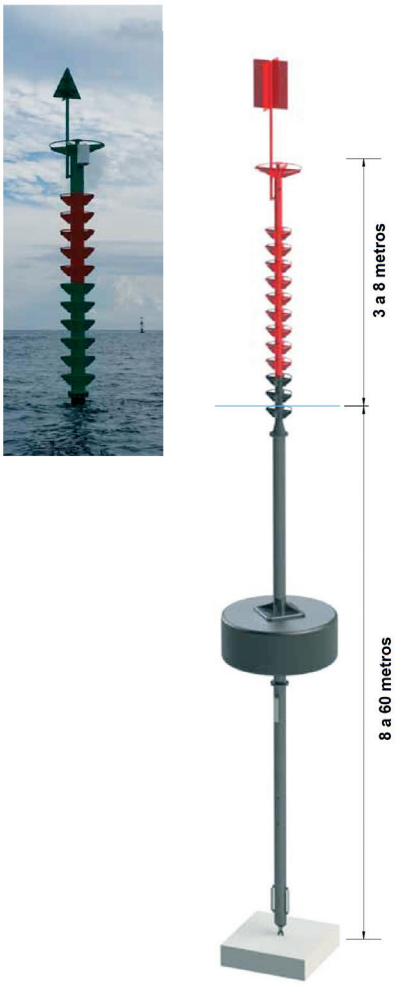
Assim, embora as informações que prestam sejam importantíssimas, não se deve navegar pelas boias. É necessário que o navegante tenha sempre sua posição determinada por outros meios e use as informações proporcionadas pelas boias apenas para confirmar a sua navegação. Ademais, as boias não devem ser utilizadas como referência para obtenção de LDPS (linhas de posição) para definir a posição do navio ou embarcação.

Um outro tipo de boia é a **Boia Articulada**, que é um sinal luminoso, estabelecido em posição geográfica determinada, constituído por uma estrutura tubular longa, dotada de corpo de flutuação submerso, e de plataforma em sua extremidade superior, destinada à instalação de equipamentos de sinalização. A boia articulada é fundeada, em uma posição geográfica determinada, por meio de uma poita e ligada a esta por meio de articulação "Cardan" ou similar.

A boia articulada poderá ainda ser dotada de marca de tope.

A Figura 13.5 apresenta um esquema de uma boia articulada.

Figura 13.5 – Boia Articulada

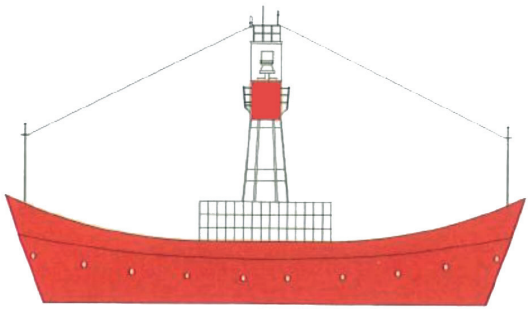


O corpo do sinal, a haste e a plataforma superior, bem como a característica luminosa exibida, obedecerão às cores determinadas de acordo com o seu emprego, conforme estabelecido no Sistema de Balizamento Marítimo da IALA – Região "B", regulado pela NORMAM 17/DHN. Esse conjunto de características indica ao navegante a finalidade a que se destina o sinal.

e. Barca-Farol

É uma plataforma flutuante de grande porte fundeada em posição geográfica preestabelecida, normalmente com formato hidrodinâmico, com propulsão própria ou não, guarnecida ou não, dotada de equipamentos eletrônicos de auxílio à navegação (RACON e AIS AtoN) ou não, constituída, essencialmente, de uma torre encimada por um equipamento luminoso que exiba uma luz com ritmo e cor determinados e cujo alcance luminoso seja superior a dez milhas náuticas. A Figura 13.6 apresenta um esquema de uma barca-farol, conforme contido na publicação NAVIGUIDE/2018 da IALA.

Figura 13.6 – Esquema de Barca-farol conforme o NAVIGUIDE/2018 da IALA



Quanto à fonte de energia, as barcas-faróis modernas são geralmente elétricas, dispondo de baterias e painéis solares, ou acionadas por diesel geradores automáticos.

As barcas-faróis são empregadas para assinalar um perigo isolado em mar aberto, mas o seu uso reduziu-se consideravelmente há algum tempo, em razão de seus elevados custos de construção, operação e manutenção, sendo substituídas por faróis sobre plataformas fincadas no fundo do mar ou por grandes boias automáticas. Entretanto, com a criação de Zonas de Separação de Tráfego e a necessidade de disciplinar o tráfego marítimo em áreas cada vez mais distantes, o seu emprego vem renascendo.

Outro tipo de sinal náutico flutuante de grande porte que, por suas características semelhantes e afinidades, deve ser estudado em conjunto com as barcas-faróis, é constituído pelas boias gigantes ou superboias, conhecidas como LNB (*Large Navigational Buoys*) ou LANBY *(Large Automatic Navigational Buoy*), que possuem 10 metros, ou mais, de diâmetro e podem ser dotadas de sofisticados equipamentos de auxílio à navegação, como o RACON e o AIS AtoN, em acréscimo a um sistema luminoso. A Figura 13.7 apresenta um exemplo de boia LANBY.

Figura 13.7 – Boia LANBY



A tendência inicial, em termos de sinais flutuantes de grande porte, foi substituir as barcas-faróis existentes por LANBY. Contudo, estudos comparativos entre boias gigantes e barcas-faróis automáticas mostraram que:

- as LANBY são mais convenientes para áreas menos expostas e mares moderados, enquanto as barcas-faróis são mais apropriadas para mar aberto;

- o custo de docagem de uma LANBY é maior que o de uma barca-farol, já que sua forma circular ocupa maior espaço;

- durante o dia, a barca-farol é melhor vista e assegura melhores condições de serviço ao pessoal de manutenção;

- quando rebocada, a barca-farol, por sua forma de casco de navio, oferece menor resistência hidrodinâmica que a LANBY;

- quando fundeada, a orientação do casco de uma barca-farol é um excelente indicador da corrente de maré; e

- uma barca–farol é mais fácil de ser atracada e de se atracar ao seu contrabordo.

No Brasil, atualmente, não há barcas-faróis e boias LANBY em operação.

f. Baliza

É um sinal visual fixo, cego, constituído de uma haste, com pintura de cor ou cores determinadas, fabricado em ferro, madeira ou outro material, encimado obrigatoriamente por marca de tope característica da informação que deve transmitir ao navegante, dotado ou não de refletor radar, estabelecido em águas rasas, sobre pedras, bancos ou recifes ou fixados em terra.

Em rios, lagoas e lagos, as balizas, normalmente, são fixadas em terra e dotadas de painel de sinalização que indica ao navegante a ação a empreender.

As balizas são o mais simples e econômicos dos sinais de auxílio à navegação, mas nem por isso de fácil instalação. Como sinais cegos, destinam-se a fornecer indicações ao navegante durante o período diurno.

Na sinalização náutica fluvial adotada no Brasil, as balizas desempenham um importante papel, recebendo placas com símbolos especiais, que indicam ao navegante a ação a empreender para manter-se no canal, a bifurcação de canais e a existência de perigo isolado.

Tais símbolos, que serão adiante estudados, são pintados nas placas das balizas com material refletivo (tinta ou fita adesiva), do tipo usado em sinalização rodoviária, para permitir também a identificação noturna, através do uso de holofote.

Ademais, as balizas utilizadas na sinalização náutica fluvial exibem ainda placas de quilometragem /milhagem, com o quilômetro do rio em que estão instaladas, medido da foz do rio para montante. As placas de quilometragem das balizas constituem um importante auxílio ao posicionamento e à navegação fluvial. Os números indicativos dos quilômetros são pintados com material retrorrefletivo.

Um outro tipo de baliza é a **Baliza Articulada**, que é também um sinal cego, constituído de uma haste que se articula à poita por meio de um sistema "Cardan" ou similar, dotado de corpo de flutuação submerso, encimado obrigatoriamente por marca de tope, dotado ou não de refletor radar, estabelecido em águas rasas.

As balizas articuladas são muito úteis para limitar ou definir as margens de um canal estreito ou de uma área de manobra delicada, onde a mudança de posição de uma boia luminosa (que gira pela ação do vento ou, principalmente, da corrente de maré) poderia levar a situações perigosas, em especial para os navios de grande porte.

13.2.3 Balizamento

É o conjunto de balizas, boias, barcas-faróis, objetos naturais ou artificiais, padronizados ou não, e de faróis e faroletes de responsabilidade da MB ou de entidades extra-MB que concorrem para a garantia da segurança da navegação em uma região ou área perfeitamente definida, como canais de acesso e bacias de evolução de portos e terminais, marinas e hidrovias.

Os sinais do balizamento, cegos e luminosos, fixos ou flutuantes, podem dispor de equipamentos sonoros. Além disso, podem fazer parte do balizamento auxílios radioelétricos à navegação, como radiofaróis e respondedores–radar (RACON).

Os balizamentos podem ser classificados segundo vários critérios. Um dos mais usuais é dividi-lo entre balizamento fixo (faroletes e balizas) e balizamento flutuante (boias luminosas e boias cegas).

Outro critério divide o balizamento em balizamento cego (balizas e boias cegas) e balizamento luminoso (faroletes e boias luminosas).

Uma classificação importante é a que separa os balizamentos em:

a) balizamento marítimo: aquele instalado em baías, enseadas e no canal de acesso e bacia de evolução de portos e terminais marítimos; e

b) balizamento fluvial: instalado ao longo de rios (lagos e lagoas), como auxílio à navegação interior.

Normalmente, o balizamento fluvial tem regras próprias, em complemento às regras para o balizamento marítimo.

Nos balizamentos, os sinais fixos e flutuantes que os compõem, exceto os faróis e as luzes de alinhamento, são estabelecidos de acordo com uma direção convencional, denominada "**Direção Convencional do Balizamento**", considerada pela NORMAM 17/DHN, conforme o Sistema de Balizamento Marítimo da IALA, como sendo aquela assumida pelo navegante que, vindo do mar, demanda uma baía, enseada, porto, estuário, lagoa ou rio.

Nos lagos não associados a rios, a direção convencional do balizamento será a do sentido Norte/Sul verdadeiro; e nos rios não associados a uma baía, enseada ou estuário marítimos, a direção convencional do balizamento será sempre da foz para a nascente.

13.2.4 Identificação dos Sinais de Auxílio à Navegação

O navegante que avista um farol, farolete, boia, baliza ou qualquer outro auxílio visual à navegação, mesmo estando distante do sinal, deve ser capaz de identificá-lo rapidamente. Para isso, sinais de uma mesma região devem apresentar formatos e padrões de pintura distintos e exibirem luzes diferentes, cada uma com sua característica própria, de modo que não haja risco de confusão com sinais vizinhos.

Assim, os sinais de auxílio à navegação são identificados:

a) durante o período diurno: pela cor, pela forma que se apresenta ao navegante, pela marca de tope e pela numeração, se houver, apresentada em sua estrutura; e

b) durante o período noturno: pela característica luminosa.

As Figuras 13.1, 13.3, 13.5 e 13.7, já apresentadas neste Capítulo, permitem identificar alguns diferentes exemplos de estruturas e padrões de pintura utilizados nos auxílios visuais à navegação, atualmente empregados.

13.2.5 Luzes de Auxílio à Navegação

a. Emissões Luminosas ou Luzes

Entende-se por emissão luminosa, emissão de luz ou apenas luz, a radiação capaz de causar uma impressão visual, com característica regular, para ser empregada em um sinal de auxílio à navegação. As luzes podem ser classificadas como:

a) **luz onidirecional** é aquela que exibe ao navegante, em todo o seu entorno, uma mesma característica;

b) **luz direcional** é aquela que exibe ao navegante, com um mesmo ritmo, em um setor bem estreito, uma cor definida para indicar uma direção, podendo ser flanqueada por setores de cores ou intensidades diferentes;

c) **luz de setor** é aquela que exibe ao navegante, com um mesmo ritmo e diferentes cores, diferentes setores do horizonte; e

d) **luzes de alinhamento** são aquelas componentes de um conjunto composto por dois sinais fixos, com luzes de mesma cor, que, associadas, definem para o navegante uma direção que coincide com o eixo de um canal, um rumo a ser seguido ou uma referência para manobra.

b. Termos Gerais

Os termos a seguir definidos são os mais frequentemente utilizados na prática da navegação marítima. São eles:

Característica: é a aparência pela qual as luzes são identificadas, obtida pela combinação de seus principais aspectos: ritmo e cor. O ritmo é formado por uma determinada sequência de emissões luminosas e eclipses, de durações específicas e regularmente repetidos. Quanto à cor, ela será específica em acordo à finalidade do sinal náutico. Assim, a característica de uma luz de auxílio à navegação é devida à combinação entre o ritmo e a cor com que ela é exibida ao navegante.

Período: intervalo de tempo compreendido entre os inícios de dois ciclos sucessivos idênticos na característica de uma luz rítmica.

Fase: cada um dos sucessivos aspectos de emissão luminosa (luz) ou de ausência (obscuridade), em um mesmo período.

Fase detalhada: descrição, em termos de intervalos de tempo, da duração de cada uma das diversas fases que constituem um período.

Emissão luminosa, emissão de luz ou luz: radiação capaz de causar uma impressão visual, com característica regular, para ser empregada em um sinal náutico.

Lampejo: intervalo de luz em relação a outro de maior duração de ausência total de luz (obscuridade) em um mesmo período.

Eclipse: intervalo de obscuridade entre dois sucessivos lampejos em um mesmo período.

Ocultação: intervalo de obscuridade relativamente mais curto que o de luz em um mesmo período.

Isofase: intervalo de tempo em que a luz e a obscuridade têm igual duração em um mesmo período.

c. Características das Luzes

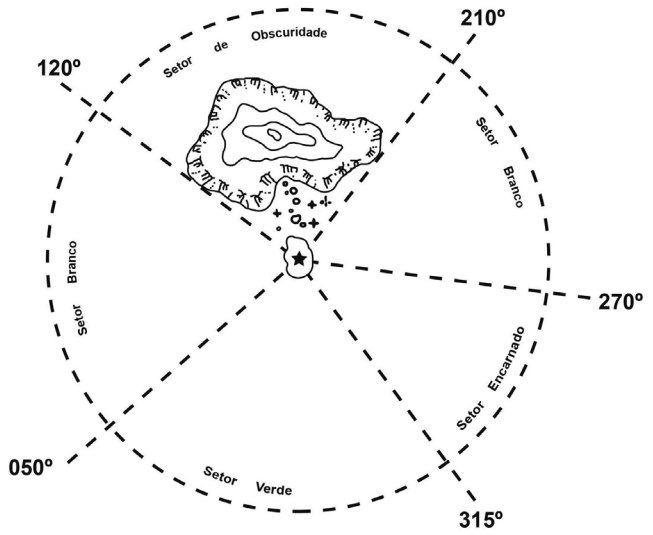
O Apêndice A apresenta as características das luzes exibidas pelos sinais de auxílio à navegação, com as suas respectivas descrições e ilustrações, conforme estabelecidas na Lista de Faróis, publicada pela DHN.

d. Limites de Setores

Os limites de setores de luz, arco de visibilidade, luz de alinhamento e luz de direção são dados por marcações verdadeiras, de 000° a 360°, tomadas ao largo (do mar para o sinal), no sentido do movimento dos ponteiros do relógio.

Assim, por exemplo, o esquema do farol mostrado na Figura 13.8 teria setores de luz como os limites nela apresentados.

Figura 13.8 – Limites de Setores de Luz



Setor de visibilidade	210° – 120° (270°)
Setor branco	210° – 270° (60°)
Setor encarnado	270° – 315° (45°)
Setor verde	315° – 050° (95°)
Setor branco	050° – 120° (70°)
Setor de obscuridade	120° – 210° (90°)

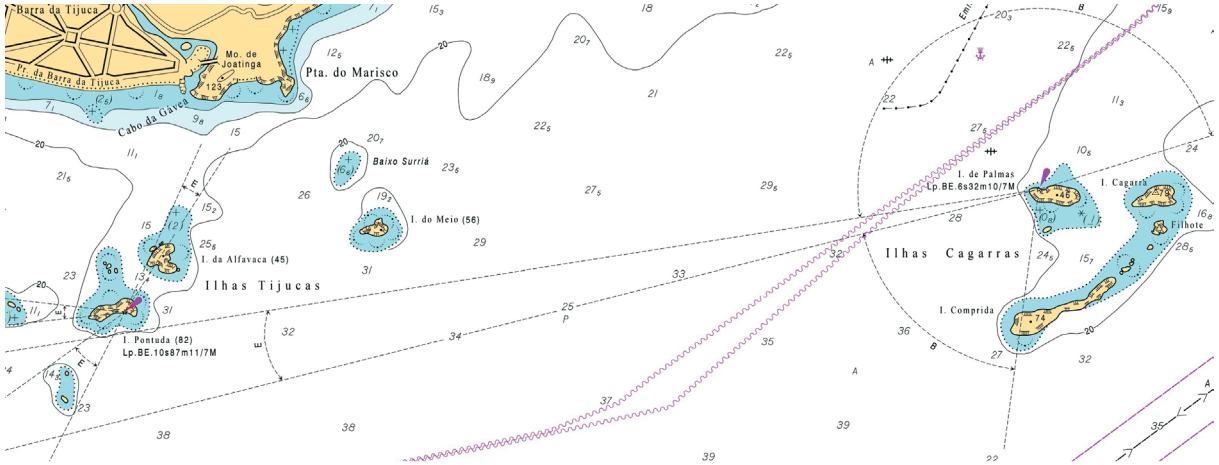
Os setores coloridos, de cor diferente da característica do farol, podem ser usados para indicar a direção de um perigo ou a passagem livre entre perigos.

No que se refere ao arco de visibilidade ou setor de visibilidade de um farol, é importante mencionar que, muitas vezes, a luz de um sinal não pode ser observada de todos os azimutes, ou seja, tal luz não é visível para todas as posições em volta do farol, porque a topografia do local obscurece alguns setores (ver a Figura 13.8).

Os setores de visibilidade dos faróis são indicados na Lista de Faróis. Conforme citado, os setores de visibilidade são descritos por marcações verdadeiras tomadas do largo (do mar para o sinal), no sentido horário. Ou seja, as marcações que limitam o setor de visibilidade são as marcações com que o navegante avista o farol (e não as marcações com que o faroleiro avistaria o navio).

Na Figura 13.9, por exemplo, que contém um trecho da carta 1501 e um extrato da Lista de Faróis, os setores de visibilidade do Farol de Palmas seriam descritos como: B. 008°– 076° (068°); E. 076º – 081º (005º); e B. 081°– 252° (171°). Por sua vez, os setores de visibilidade do Farol da Ilha Pontuda (todos Encarnados) seriam descritos como: E. 027º – 055º (028º); E. 085º – 096º (011º); e E. 205º – 213º (008º).

Figura 13.9 – Setores de Visibilidade dos Faróis de Palmas e de Ilha Pontuda - Carta 1501



2700 G 0362	Palmas 1501	23 01,55 43 12,31	Lp. B.E. 6s B.E. 1,0 – Ecl. 5,0 B. 353 E. 105	32	B. 10 E. 7 15	Torre troncônica de concreto armado sobre base quadrangular, branca 3	Setores de visibilidade B. 008° – 076° (068°) E. 076° – 081° (005°) B. 081° – 252° (171°)
2702 G 0402	Ilha Pontuda 1501	23 02,28 43 18,22	Lp. B.E. 10s B.E. 0,5 – Ecl. 9,5 B. 596 E. 172	87	B. 11 E. 7 22	Torre cilíndrica metálica sobre base de concreto armado, branca 3	Setores encarnados 027° – 055° (028°) 085° – 096° (011°) 205° – 213° (008°)

Nessa mesma figura, faz-se oportuno observar que o setor encarnado do Farol de Palmas indica um perigo existente a SSW da Ilha Pontuda, cujo farol, existente nessa ilha, também indica o mesmo perigo para o setor encarnado 027º – 055º. Isso permitirá ao navegante, ao se aproximar da barra da baía da Guanabara, pelo quadrante W-SW, no período noturno, ser alertado da proximidade do perigo, caso aviste a luz encarnada proveniente de um desses dois auxílios à navegação.

Como visto na situação acima apresentada, o conhecimento das peculiaridades da visibilidade no mar, para qualquer navegante, tem aplicação não apenas no melhor aproveitamento e entendimento dos sinais visuais, mas também em toda e qualquer observação visual, em proveito da segurança da navegação. O Apêndice B deste Capítulo apresenta as características dos fatores ambientais e do observador que devem ser consideradas na solução dos problemas da navegação no mar.

13.2.6 Alcances dos Auxílios Visuais à Navegação

a. Alcance Luminoso

É a maior distância em que uma luz pode ser vista, meramente em função de sua intensidade luminosa e da visibilidade meteorológica média da região.

O **Diagrama de Alcance Luminoso,** apresentado na página seguinte (Figura 13.10), originário da Lista de Faróis (item 3.5 – ALCANCES), possibilita ao navegante determinar a distância aproximada em que uma luz pode ser avistada à noite (alcance luminoso), em função de sua intensidade luminosa e da visibilidade meteorológica predominante no momento da observação.

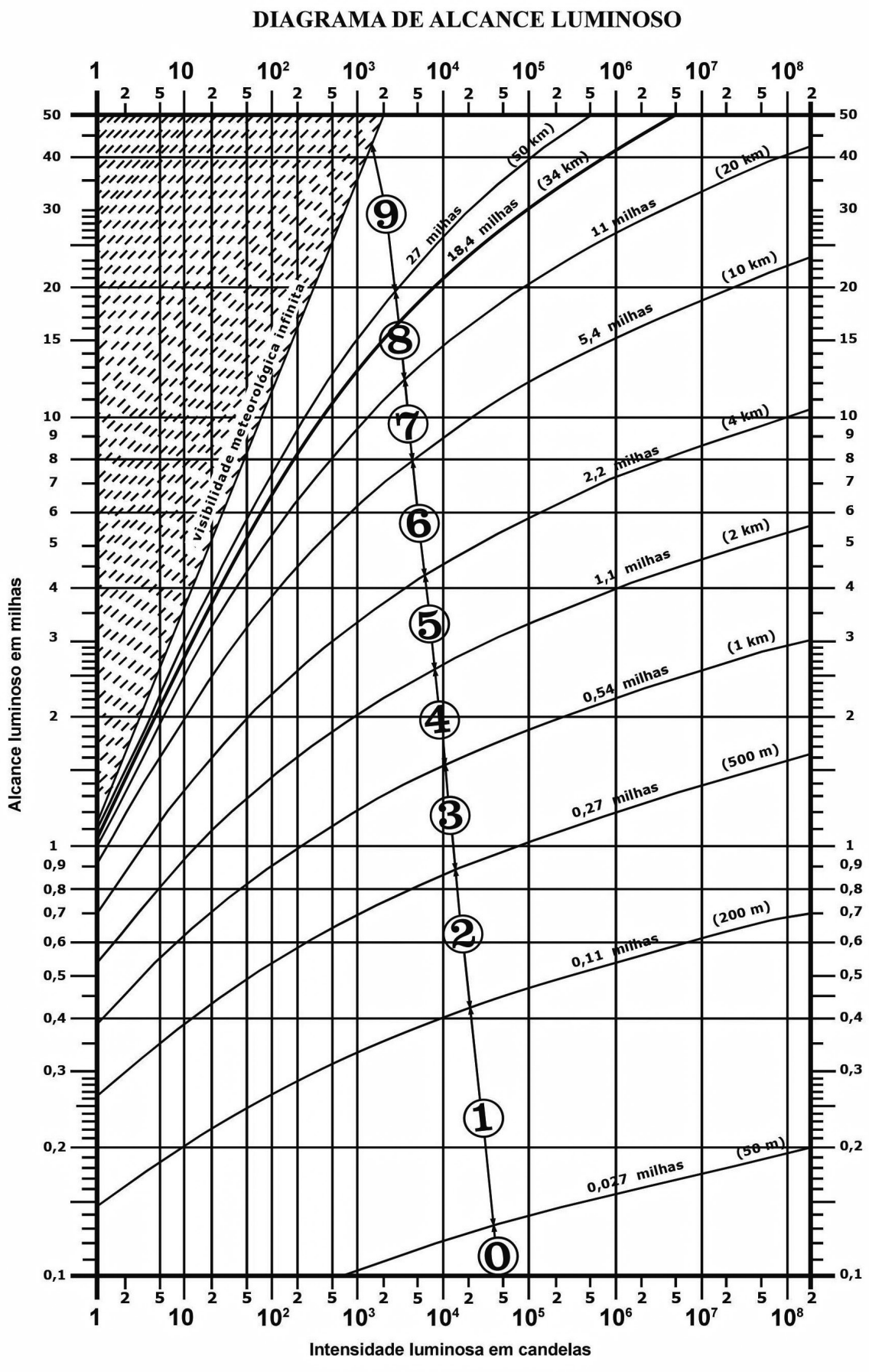
A **Intensidade luminosa** é o fluxo luminoso que parte de uma fonte luminosa, em uma dada direção, geralmente expresso em **candelas** (**cd**), cujo valor é informado na coluna 4 da Lista de Faróis.

A **Visibilidade Meteorológica** (**V**) é a maior distância da qual um objeto negro, de dimensões adequadas, pode ser visto e reconhecido durante o dia, contra o céu no horizonte, desde que a iluminação do ambiente esteja no mesmo nível que a normal diurna. O seu valor é expresso em milhas náuticas.

O coeficiente de **Transparência Atmosférica** (**T**), cujos valores são numerados de zero a nove (equivalente a décimos da unidade), é decorrente do fato de que a luz, ao se propagar, sofre uma absorção natural do meio, mesmo que puro. Ao atravessar uma atmosfera real, a energia luminosa sofre perdas, devido à sua reflexão em partículas d'água em suspensão. À proporção que a altitude aumenta, mais seco é o ar, mais límpida é a atmosfera, melhor se propaga a luz e maiores distâncias são atingidas. Entretanto, para a navegação marítima, as camadas mais baixas são as mais relevantes quanto à transparência atmosférica, em que são frequentes as garoas, as chuvas e as brumas ou nevoeiros. Assim, um coeficiente T = 0,85 significa que o raio luminoso, ao percorrer uma milha náutica, tem sua intensidade luminosa reduzida para 85%, havendo uma absorção através da atmosfera de 15%.

Assim, o alcance luminoso é obtido entrando-se no diagrama, na sua borda inferior (linha horizontal) com o valor da intensidade luminosa em candelas (cd), e com o valor da visibilidade meteorológica (V), discriminada sobre suas curvas. Projetando-se, então, horizontalmente, no diagrama, o ponto de interseção para uma das colunas laterais (verticais), obtém-se o alcance luminoso, em milhas náuticas, no momento da observação. De outro modo, por exemplo, para um valor de visibilidade meteorológica (V) de 5,4 milhas náuticas, tem-se um valor de coeficiente de transparência atmosférica (T) equivalente a 7 (ou seja 0,7), valor este que também pode ser utilizado com a intensidade luminosa em candelas para a obtenção do alcance luminoso do farol, para aquele determinado instante.

Figura 13.10 – Diagrama de Alcance Luminoso (Lista de Faróis)



O Apêndice B deste Capítulo apresenta os conceitos e fundamentos matemáticos de interesse ao conhecimento e à determinação da visibilidade no mar.

A visibilidade no mar é função, entre outros, dos seguintes fatores: a altitude do observador e do objeto visado; a refração atmosférica; a transparência da atmosfera; as condições inerentes ao objeto; e a capacidade visual do observador. No caso de corpos que emitem luz como os faróis, a visibilidade, evidentemente, é função, também, da intensidade e da cor da luz emitida.

EXEMPLOS:

a) O Farol Ilha do Boi nº 1 possui intensidade luminosa de 10.050 candelas. No momento da observação, a visibilidade meteorológica reinante era de 10 milhas náuticas. Entrando no diagrama com esses valores, obtém-se um alcance luminoso para o farol de 14 milhas náuticas;

b) O Farol Cabo Frio possui uma intensidade luminosa de 5.696.000 candelas. No momento da observação, o coeficiente de transparência atmosférica (T) era igual a 0,85. Entrando no diagrama com a intensidade luminosa e o coeficiente de transparência atmosférica, obtém-se um alcance luminoso de 49 milhas náuticas; e

c) O Farol Santa Cruz possui intensidade luminosa de 3.066 candelas. No momento da observação, a visibilidade meteorológica reinante era de 10 milhas náuticas (correspondente a um coeficiente de transparência atmosférica T = 0,74). Entrando no diagrama com esses valores, obtém-se um alcance luminoso de 9,5 milhas náuticas (para uma visibilidade meteorológica de 10 milhas).

b. Alcance Nominal

É o alcance de uma luz a uma atmosfera homogênea na qual a visibilidade meteorológica é de 10 milhas náuticas, para um observador de vista normal, sob condições normais de contraste.

c. Alcance Geográfico

É a maior distância na qual uma luz pode ser vista, levando–se em conta unicamente a curvatura da Terra, com a elevação da fonte luminosa e a altura do olho no observador sobre o nível do mar.

Como apresentado no Apêndice B, a linha de visada do observador a um objeto distante é, no máximo, o comprimento tangente à superfície curva do mar. É desse ponto de tangência que as distâncias tabulares são calculadas. A Tabela de Alcance Geográfico, reproduzida na Figura 13B.6, ao final do Apêndice B, fornece o alcance geográfico em milhas náuticas, levando-se em conta a altura sobre o nível do mar em que se encontra o olho do observador e a elevação da luz sobre o nível médio do mar, ou seja, sua altitude, ambas em metros. Conforme mencionado no Apêndice, a tabela utiliza, para cálculo do alcance geográfico, a fórmula:

$$D = 1{,}93 \left(\sqrt{H} + \sqrt{h} \right)$$

em que D é o alcance geográfico, H é a altitude do observador e h é a altitude do objeto visado.

No caso de valores não tabulados de altitude do olho do observador e/ou do objeto visado, obtém-se o alcance geográfico por interpolação linear.

Assim, para se obter a visibilidade real geográfica do objeto, entra-se na Tabela de Alcance Geográfico, primeiramente, com a altura do olho do observador sobre o nível do mar, em metros, e, em seguida, com a elevação sobre o nível médio do mar (ou seja, a altitude) do objeto, também em metros. Na tabela, o cruzamento das duas entradas apresenta a distância máxima em que um objeto ou uma luz apareça no horizonte, em milhas náuticas.

EXEMPLOS:

a) Um observador no passadiço de um navio, na altura de sete (7) metros sobre o nível do mar, tenta avistar um farol cujo foco luminoso possui uma elevação (altitude) de sessenta (60) metros. Entrando na tabela com os dois valores, obtém-se 20,0 milhas náuticas, que será a distância visual máxima na qual o observador poderá avistar o farol, ou seja, o alcance geográfico do farol.

b) A altura do olho do observador sobre o nível do mar é de 15 metros, e a altitude do objeto visado é 42 metros. O alcance geográfico, obtido por interpolação na tabela será de 19,93 milhas.

Ao ser estabelecido um farol, os valores dos dois alcances, geográfico e luminoso, devem ter sido fixados com antecedência. A partir desses alcances, então, a altitude e o aparelho de luz são definidos de modo a que satisfaçam às condições exigidas.

Nos faróis de aterragem, deseja-se que o navegante possa avistá-los da maior distância possível, de dia ou de noite. Neste caso, a intensidade luminosa e, consequentemente, o alcance luminoso, deverá ser, no mínimo, igual ao alcance geográfico, pois não adiantaria construir um farol que possua um alcance geográfico de 40 milhas e um alcance luminoso de apenas 10 milhas nas condições ideais, se o seu objetivo é ser avistado o mais longe possível.

Por outro lado, ocorrem situações em que não interessa ao navegante avistar um farol desde muito longe, se só irá marcá-lo efetivamente quando estiver mais próximo. Isto poderia, inclusive, gerar erros ou dificuldades na identificação dos sinais. Para estes casos, o alcance luminoso poderá ser inferior ao geográfico.

Como ao navegante interessa saber a que distância poderá avistar pela primeira vez um determinado sinal, a DHN registra nas cartas apenas o menor entre os dois alcances.

13.3 SISTEMA DE BALIZAMENTO MARÍTIMO

Conforme anteriormente definido, balizamento é o conjunto de sinais de auxílio à navegação, geralmente de menor porte (faroletes, sinais de alinhamento, balizas, boias luminosas e boias cegas), instalados para proporcionar segurança à navegação no canal de acesso e bacia de evolução de portos e terminais, ou ao longo de rios, lagos e lagoas, destinando-se a:

- demarcar os limites de canais navegáveis e áreas de manobra;
- indicar águas seguras;
- alertar sobre a presença e indicar a posição de perigos à navegação; e
- indicar a presença de cabos ou canalizações submarinos e outras áreas especiais.

13.3.1 Antecedentes Históricos

Até 1976, havia em uso no mundo mais de trinta sistemas diferentes de balizamento, muitos dos quais contraditórios entre si. Este fato resultava em situações confusas, particularmente à noite, quando um navegante poderia deparar-se, inesperadamente, com uma luz cujo significado não lhe parecia claro. Tal confusão era especialmente perigosa quando a luz não identificada sinalizava um perigo novo, ainda não cartografado, tal como um casco soçobrado recente. A dúvida do navegante acerca da melhor ação a seguir era inevitável, levando-o a tomar uma decisão errada e muitas vezes desastrosa.

Desde o aparecimento das boias luminosas, no final do século XIX, ocorreram muitas controvérsias sobre a melhor maneira de usá-las. Assim, alguns países eram favoráveis à utilização de luzes encarnadas para sinalizar o lado de bombordo nos canais, enquanto outros eram partidários de colocá-las a boreste.

Outra diferença de opinião fundamental girava em torno dos princípios a serem aplicados aos sinais de auxílio ao navegante. A maioria dos países adotou o princípio do Sistema Lateral, em que os sinais indicam os lados de bombordo e boreste de uma rota a ser seguida, de acordo com uma direção estipulada. Outros países, no entanto, foram partidários do princípio de sinais Cardinais, no qual os perigos e o setor onde se poderá encontrar águas navegáveis estão indicados mediante uma ou mais boias ou balizas posicionadas em relação aos quatro quadrantes.

Ao longo dos anos, numerosas tentativas foram feitas para conciliar as diferentes opiniões, porém sem sucesso. A maior aproximação a um acordo internacional sobre um sistema de balizamento unificado foi alcançada em Genebra, em 1936. Infelizmente, redigido sob os auspícios da Liga das Nações, nunca foi ratificado, devido ao deflagrar da Segunda Guerra Mundial. O acordo propunha o uso indistinto dos sinais Laterais ou Cardinais, porém separando-os em dois sistemas diferentes. Também dispunha o uso da cor encarnada para sinais de bombordo e reservava, genericamente, a cor verde para marcar cascos soçobrados.

Ao terminar a Segunda Guerra Mundial, muitos países tiveram seus auxílios à navegação destruídos e o processo de reconstrução tornou-se premente. Na ausência de algo melhor, adotaram as regras de Genebra, com ou sem modificações para adaptá-las às condições locais e aos equipamentos disponíveis. Este procedimento conduziu a amplas e algumas vezes conflitivas diferenças, especialmente nas águas densamente navegadas do noroeste da Europa.

Grande parte do continente americano e alguns países do Pacífico continuaram adotando "encarnado a boreste" e utilizando, unicamente, o sistema de balizamento lateral.

Essa situação insatisfatória era do perfeito conhecimento da IALA – na época, Associação Internacional de Sinalização Náutica, hoje denominada como Associação Internacional de Autoridade em Auxílios à Navegação Marítima e Faróis –, que, em 1969, constituiu uma Comissão Técnica para examinar a questão e sugerir soluções.

Foram três os problemas básicos enfrentados pela Comissão:

a) a necessidade de aproveitar ao máximo os equipamentos existentes para evitar gastos desnecessários;

b) a forma de utilizar as cores verde e encarnado para sinalização de canais; e

c) a necessidade de combinar as regras dos sistemas Lateral e Cardinal.

As tentativas para alcançar uma unidade completa tiveram escasso êxito. Uma série de acidentes desastrosos ocorridos na área do Estreito de Dover, em 1971, imprimiu um novo ímpeto aos esforços da Comissão. Os cascos soçobrados situados no corredor de um Esquema de Separação de Tráfego desafiaram todas as tentativas efetuadas para sinalizá-los de maneira facilmente compreensível.

Para encarar as exigências conflitivas, considerou-se necessário, como primeiro passo, formular dois sistemas: um, usando a cor, encarnada para sinalizar o lado de bombordo dos canais e outro, empregando a mesma cor para marcar o lado de boreste. Esses sistemas foram denominados A e B, respectivamente.

As regras para o Sistema A, que incluíam tanto os sinais Cardinais como os Laterais, foram completadas em 1976 e aprovadas pela Organização Marítima Internacional (IMO). O sistema começou a ser introduzido em 1977 e seu uso foi gradualmente estendido através da Europa, Austrália, Nova Zelândia, África, Golfo Pérsico e alguns países da Ásia.

As regras para o Sistema B foram concluídas no início de 1980 e procurou-se adequá-las para aplicação nos países das Américas do Norte, Central e do Sul, Japão, Coreia do Sul e Filipinas.

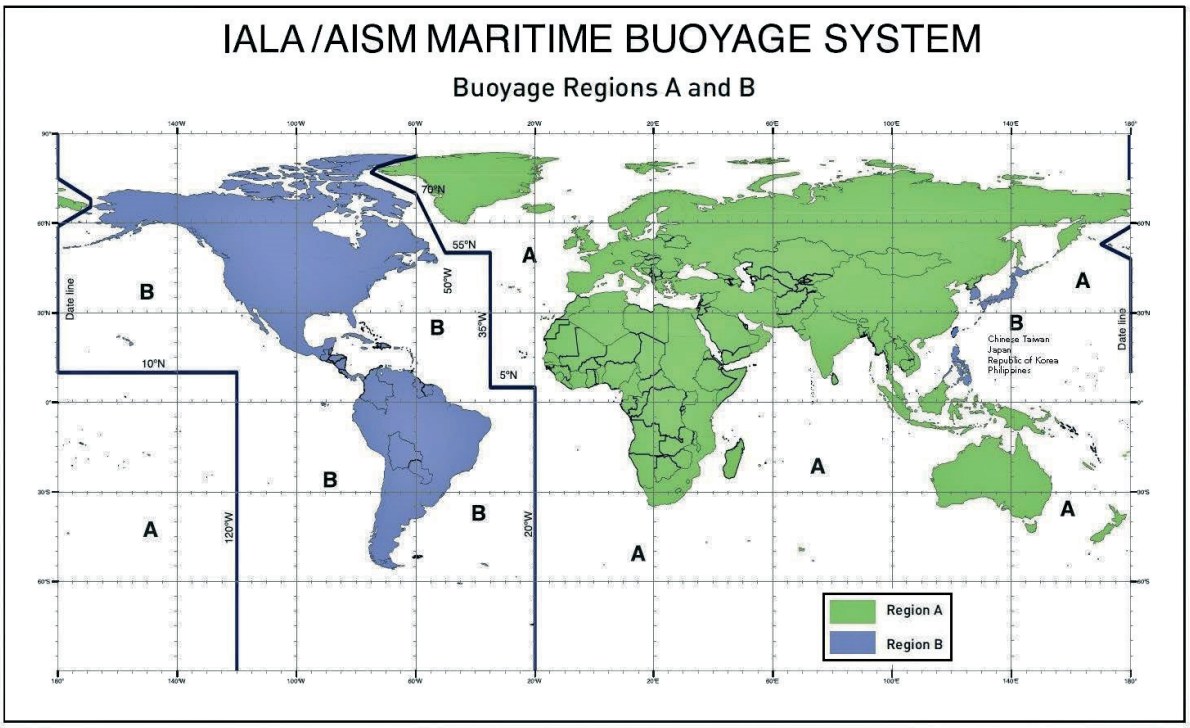
Entretanto, devido à similitude entre os dois sistemas, o Comitê Executivo da IALA combinou-os em um único conjunto de regras, conhecido como **Sistema de Balizamento Marítimo da IALA**. Esse sistema único adotado permitiria que as autoridades de sinalização náutica escolhessem, sobre uma base regional, entre usar o encarnado a bombordo ou a boreste, optando, respectivamente, pela Região A ou Região B.

Para viabilizar esse conjunto único de regras e satisfazer às necessidades dos países componentes da Região B, propôs-se introduzir nas regras acordadas do sistema A alguns pequenos acréscimos. Essas adições eram de natureza menor e não exigiam uma mudança significativa no Sistema A de balizamento, já em processo de introdução, na época.

Durante a Conferência convocada pela IALA, em novembro de 1980, com a assistência da IMO e da OHI, reuniram-se os responsáveis pelo balizamento de 50 países e representantes de 9 organismos internacionais relacionados com auxílios à navegação e acordaram adotar as regras do novo Sistema Combinado. Também foi decidido que os limites das regiões seriam representados em um mapa anexo às regras, conforme apresentado adiante na Figura 13.11, periodicamente atualizado.

O Brasil, por intermédio da DHN, assinou o Acordo e optou pela Região "B", decisão aprovada pelo Decreto Presidencial nº 92.267, de 3 de janeiro de 1986.

Figura 13.11 – Sistema de Balizamento Marítimo da IALA – Regiões A e B



Fonte: IALA Recomendation R1001 – THE IALA MARITIME BUOYAGE SYSTEM (Edition 1.1 - June 2017)

Assim, o sistema de balizamento marítimo da IALA passou a auxiliar, pela primeira vez, o navegante de qualquer nacionalidade a determinar sua posição, navegar com segurança e evitar os perigos, sem temer a ambiguidade. Esta foi, sem dúvida, uma importante e positiva contribuição para a segurança da vida humana, do meio ambiente e da propriedade no mar.

Uma das mais significantes mudanças em relação aos sistemas de balizamento ocorreu em 2010 com a inclusão do sinal de novos perigos, que tem por finalidade indicar qualquer obstrução à navegação recentemente descoberta e ainda não indicada em documentos náuticos ou que ainda não tenha sido suficientemente divulgada. Os novos perigos incluem obstruções tais como: bancos de areia, rochas, cascos soçobrados e outros resultantes da ação do homem.

13.3.2 Sistema de Balizamento Marítimo da IALA

a. Generalidades

Objetivo – O Sistema de Balizamento Marítimo da IALA apresenta normas que se aplicam a todos os sinais do balizamento, fixos e flutuantes, servindo para indicar:

- os limites laterais de canais navegáveis;
- perigos naturais e outras obstruções, tais como cascos soçobrados;
- outras áreas ou peculiaridades importantes para o navegante; e
- novos perigos (perigos ainda não cartografados).

Tipos de Sinais – O sistema de balizamento possui diferentes tipos de sinais, que podem ser usados de forma combinada:

- **Sinais Laterais**, cujo emprego está associado a uma "direção convencional do balizamento", geralmente usados em canais bem definidos. Estes sinais indicam bombordo e boreste da rota a ser seguida. Onde um canal se bifurca, um sinal lateral modificado pode ser usado para indicar a via preferencial. Os sinais laterais diferem entre as Regiões de balizamento A e B;

- **Sinais Cardinais**, cujo emprego está associado ao da agulha de navegação, são usados para indicar o setor (quadrante) onde se poderá encontrar águas navegáveis;

- **Sinais de Perigo Isolado**, para indicar perigos isolados de tamanho limitado, cercados por águas navegáveis;

- **Sinais de Águas Seguras**, para indicar que em torno de sua posição as águas são navegáveis; por exemplo, sinais de meio de canal ou sinais de aterragem;

- **Sinais Especiais**, cujo objetivo principal não é orientar a navegação, mas indicar uma área ou peculiaridade mencionada em documentos náuticos; e

- **Novos Perigos**, cujo objetivo é sinalizar um novo perigo à navegação ainda não representado em documentos náuticos.

Caracterização de Sinais – O significado de um sinal depende de uma ou mais das seguintes particularidades:

- à noite, cor e ritmo da luz; e

- de dia, cor, formato e marca de tope.

b. Sinais Laterais

A "**direção convencional do balizamento**", que deve ser indicada nos documentos náuticos apropriados, pode ser:

- a direção geral tomada pelo navegante, vindo do alto-mar, ao aproximar-se de um porto, rio, estuário ou outra via navegável; ou

- a direção determinada pela autoridade apropriada, em consulta a países vizinhos, se necessário.

No Brasil, a "direção convencional do balizamento" é sempre vindo do mar e, no caso da navegação fluvial, subindo o rio.

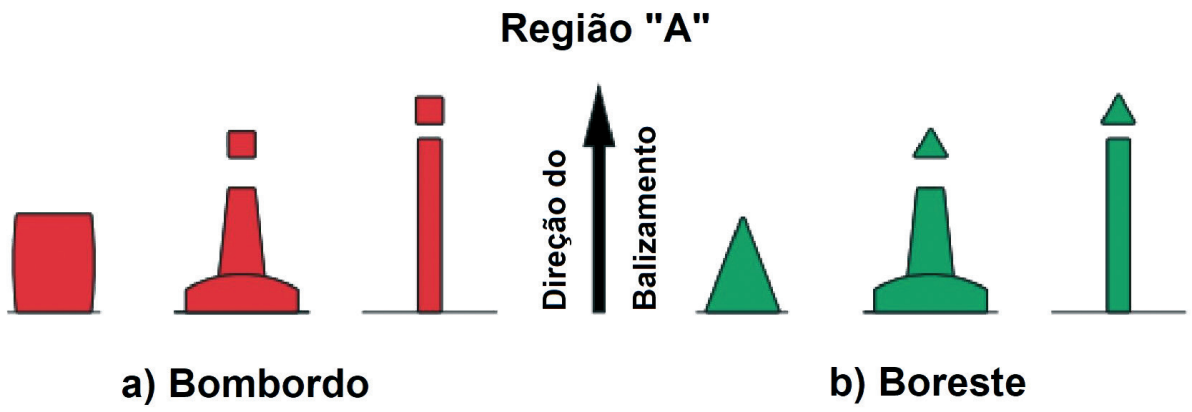
Regiões de Balizamento – Existem duas Regiões Internacionais de Balizamento, A e B, onde os sinais laterais diferem. Essas Regiões de Balizamento, esquematicamente apresentadas na Figura 13.11, englobam os países nela assinalados em verde ou azul, conforme a Região adotada, A ou B, respectivamente.

A Região A abrange os países da Europa, África, Ásia (em sua grande maioria) e Oceania; a Região B abrange os países das Américas do Norte, Central e do Sul, Japão, Coreia do Sul, Taiwan e Filipinas.

Sinais Laterais usados na Região A:

Região "A"	Sinais de Bombordo (Figura 13.12a)	Sinais de Boreste (Figura 13.12b)
Cor	Encarnado	Verde
Formato (boias)	Cilíndrico, pilar ou charuto	Cônico, pilar ou charuto
Marca de tope (se houver)	Cilindro encarnado	Cone verde com o vértice para cima
Luz (se houver)		
Cor	Encarnada	Verde
Ritmo	Qualquer, com exceção de Grupos de Lampejos Compostos (2+1)	Qualquer, com exceção de Grupos de Lampejos Compostos (2+1)

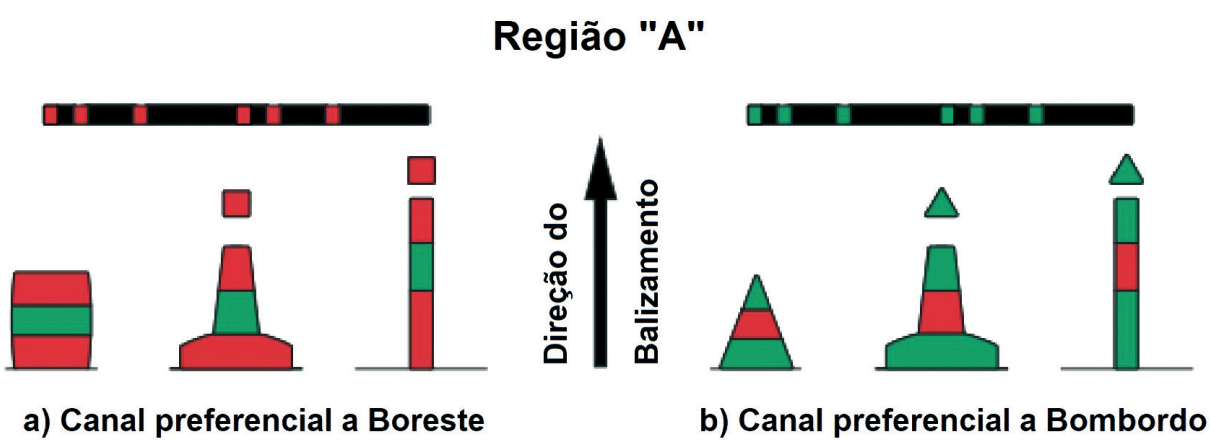
Figura 13.12 – Sinais Laterais usados na Região A – Bombordo e Boreste



No ponto em que um canal se bifurca, seguindo a direção convencional do balizamento, o canal preferencial pode ser indicado pelos sinais laterais de bombordo ou boreste modificados, como se segue:

Região "A"	Canal preferencial a Boreste (Figura 13.13a)	Canal preferencial a Bombordo (Figura 13.13b)
Cor	Encarnado com uma faixa larga horizontal verde	Verde com uma faixa larga horizontal encarnada
Formato (boias)	Cilíndrico, pilar ou charuto	Cônico, pilar ou charuto
Marca de tope (se houver)	Cilindro encarnado	Cone verde com o vértice para cima
Luz (se houver)		
Cor	Encarnada	Verde
Ritmo	Grupos de Lampejos Compostos (2+1)	Grupos de Lampejos Compostos (2+1)

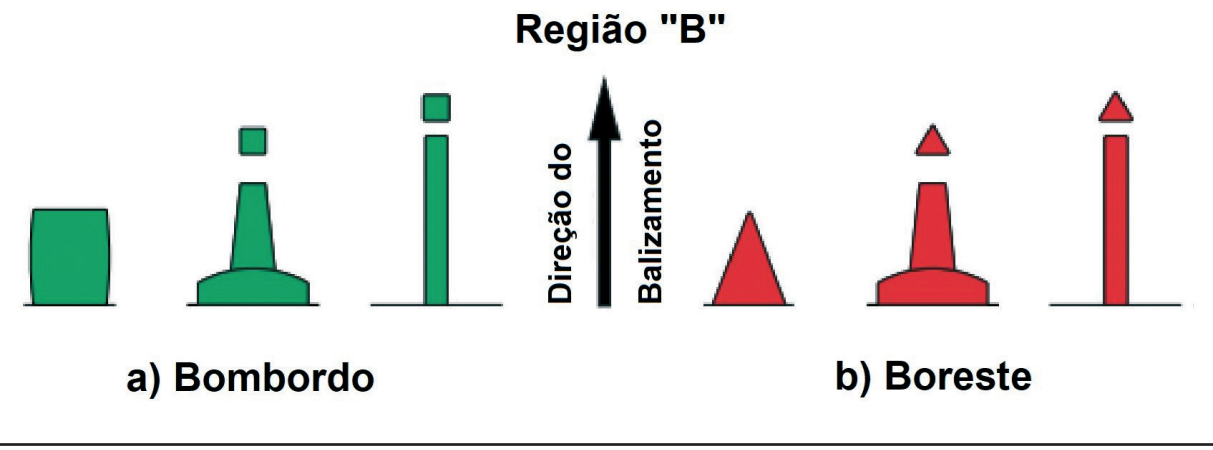
Figura 13.13 – Sinais Laterais usados na Região A – Canais Preferenciais a Boreste e a Bombordo



Sinais Laterais usados na Região B (onde se inclui o Brasil):

Região "B"	Sinais de Bombordo (Figura 13.14a)	Sinais de Boreste (Figura 13.14b)
Cor	Verde	Encarnado
Formato (boias)	Cilíndrico, pilar ou charuto	Cônico, pilar ou charuto
Marca de tope (se houver)	Cilindro verde	Cone encarnado com o vértice para cima
Luz (se houver)		
Cor	Verde	Encarnada
Ritmo	Qualquer, com exceção de Grupos de Lampejos Compostos (2+1)	Qualquer, com exceção de Grupos de Lampejos Compostos (2+1)

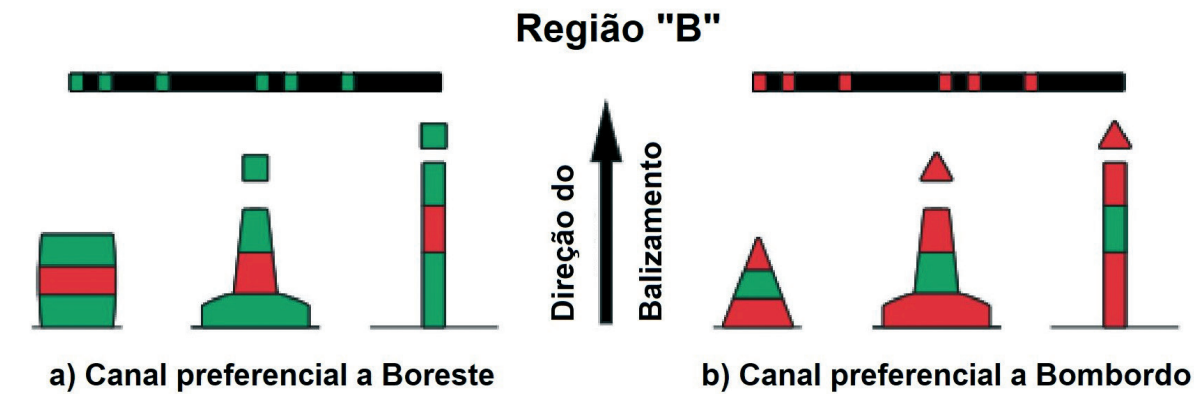
Figura 13.14 – Sinais Laterais usados na Região B – Bombordo e Boreste



No ponto em que um canal se bifurca, seguindo a direção convencional do balizamento, o canal preferencial pode ser indicado pelos sinais laterais de bombordo ou boreste modificados, como se segue:

Região "B"	Canal preferencial a Boreste (Figura 13.15a)	Canal preferencial a Bombordo (Figura 13.15b)
Cor	Verde com uma faixa larga horizontal encarnada	Encarnado com uma faixa larga horizontal verde
Formato (boias)	Cilíndrico, pilar ou charuto	Cônico, pilar ou charuto
Marca de tope (se houver)	Cilindro verde	Cone encarnado com o vértice para cima
Luz (se houver)		
Cor	Verde	Encarnada
Ritmo	Grupos de Lampejos Compostos (2+1)	Grupos de Lampejos Compostos (2+1)

Figura 13.15 – Sinais Laterais usados na Região B - Canais Preferenciais a Boreste e a Bombordo



Identificação com letras ou números – Se os sinais que demarcam as margens de um canal forem marcados com números ou letras, a sequência dessas indicações deve acompanhar a direção convencional do balizamento.

c. Sinais Cardinais

Definição de Quadrantes e Sinais Cardinais – Os quatro quadrantes (Norte, Leste, Sul e Oeste) são limitados pelas marcações verdadeiras NW–NE, NE–SE, SE–SW, SW–NW, tomadas a partir do ponto de referência (ponto a ser indicado pelo sinal e sobre o qual se deseja chamar a atenção do navegante).

Um sinal Cardinal recebe o nome do quadrante no qual se encontra.

O nome de um sinal Cardinal indica o quadrante em que o navegante deve passar, em relação à posição do sinal.

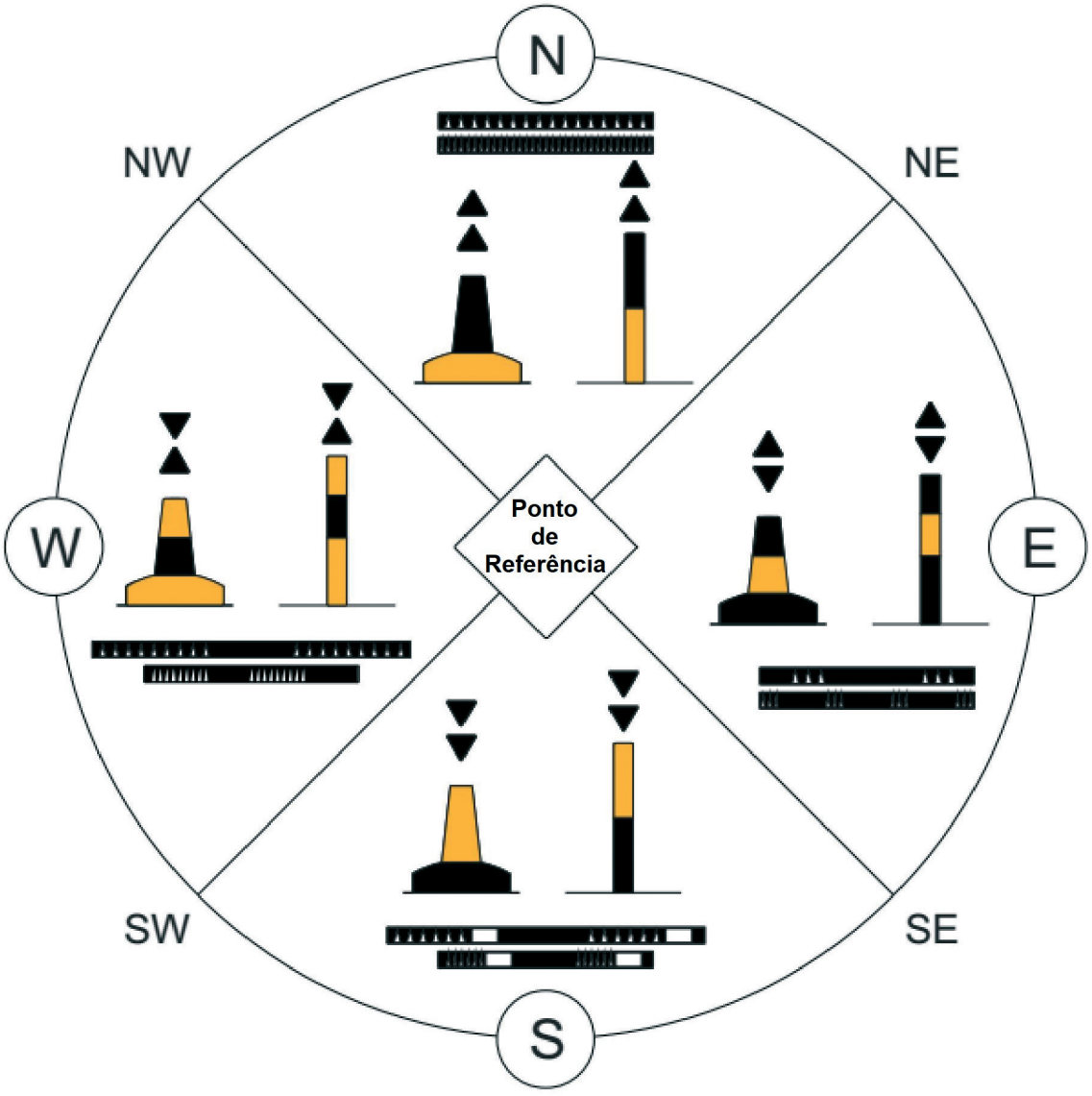
Uso dos Sinais Cardinais – Um sinal Cardinal pode ser usado, por exemplo:

- para indicar que as águas mais profundas numa área se encontram no lado (quadrante) que tem o nome do sinal; e
- para indicar o lado seguro para passar um perigo, especialmente em mar aberto.

Sinais Cardinais:

	Sinal Cardinal Norte (Figura 13.16 N)	**Sinal Cardinal Sul** (Figura 13.16 S)
Cor	Preta sobre amarela	Amarela sobre preta
Formato (boias)	Pilar ou charuto	Pilar ou charuto
Marca de tope	2 cones pretos, um sobre o outro, com os vértices para cima	2 cones pretos, um sobre o outro, com os vértices para baixo
Luz (se houver)		
Cor	Branca	Branca
Ritmo	Lampejos rápidos ou muito rápidos	Grupos de lampejos muito rápidos (6) + lampejo longo, a cada 10 segundos; ou grupos de lampejos rápidos (6) + lampejo longo, a cada 15 segundos

Figura 13.16 – Sinais Cardinais



	Sinal Cardinal Leste (Figura 13.16 E)	Sinal Cardinal Oeste (Figura 13.16 W)
Cor	Preto com uma faixa larga horizontal amarela	Amarelo com uma faixa larga horizontal preta
Formato (boias)	Pilar ou charuto	Pilar ou charuto
Marca de tope	2 cones pretos, um sobre o outro, base a base	2 cones pretos, um sobre o outro, ponta a ponta
Luz (se houver)		
Cor	Branca	Branca
Ritmo	Grupos de lampejos triplos muito rápidos a cada 5 segundos, ou rápidos a cada 10 segundos	Grupos de lampejos muito rápidos (9), a cada 10 segundos; ou grupo de lampejos rápidos (9), a cada 15 segundos.

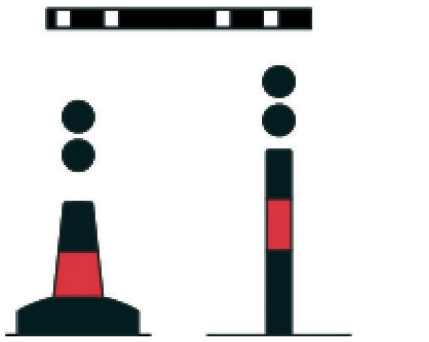
A marca de tope constituída por 2 cones é o indicador diurno mais importante de um sinal cardinal e deve ser usada sempre que praticável; seu tamanho deve ser o maior possível, com uma visível separação entre os cones. A marca de tope para um sinal cardinal deverá ser sempre obrigatória.

d. Sinais de Perigo Isolado

Definição de Sinais de Perigo Isolado – Um sinal de Perigo Isolado é aquele construído sobre, fundeado sobre ou junto de um perigo isolado de dimensões relativamente pequenas, que tenha águas navegáveis em toda a sua volta.

	Perigo Isolado (Figura 13.17)
Cor	Preta, com uma ou mais faixas largas horizontais encarnadas
Formato (boias)	Opcional, porém sem conflitar com os sinais laterais preferindo-se os formatos charuto e pilar
Marca de tope	2 esferas pretas, uma sobre a outra
Luz (se houver)	
Cor	Branca
Ritmo	Grupo de lampejos (2)

Figura 13.17 – Sinal de Perigo Isolado



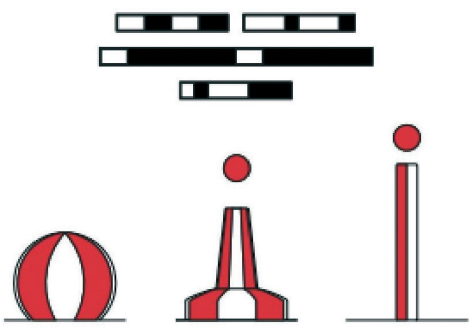
A marca de tope constituída por 2 esferas pretas é um indicador diurno muito importante de todo sinal de Perigo Isolado, e seu tamanho deve ser o maior possível, com uma visível separação entre as esferas. A marca de tope para um sinal de Perigo Isolado é obrigatória.

e. Sinais de Águas Seguras

Definição de Sinais de Águas Seguras – Estes sinais servem para indicar a existência de águas navegáveis em todo o seu entorno, o meio de um canal, um ponto de aterragem ou um ponto de espera.

	Águas Seguras (Figura 13.18)
Cor	Listras verticais encarnadas e brancas
Formato (boias)	Esférico, pilar ou charuto
Marca de tope (se houver)	Uma esfera encarnada
Luz (se houver)	
Cor	Branca
Ritmo	Isofásico, ou de ocultação, ou lampejo longo a cada 10 segundos, ou Morse "A" (.–)

Figura 13.18 – Sinal de Águas Seguras



f. Sinais Especiais

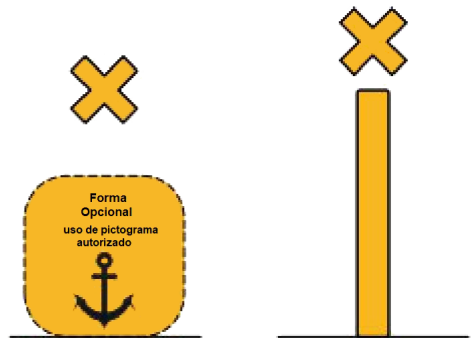
Definição de Sinais Especiais – São sinais cujo objetivo não é orientar a navegação, mas indicar uma área ou característica especial, mencionada nos documentos náuticos apropriados, como:

- boias dos Sistemas de Aquisição de Dados Oceânicos (ODAS);
- sinais de separação de tráfego, em que o uso de sinalização convencional de canal pode causar confusão;
- sinais de área de despejos;
- sinais de área de exercícios militares;
- sinais de cabo ou tubulação submarino;
- sinais de área de recreação ou de restrição à navegação;
- sinais para delimitação de perímetro de segurança nas proximidades de usinas hidrelétricas;
- sinais para delimitação de áreas de fundeio;
- sinais para delimitação de extremidade de construções sobre e sob águas;
- sinais para delimitação de obras sendo realizadas sobre e sob águas;
- sinais para delimitação de instalações *offshore* para geração de energias renováveis;
- sinais para indicação de áreas aquícolas; e
- sinais para outros fins especiais.

As obstruções submarinas, quando consideradas perigos à navegação, como dutos ou cabos elétricos, cabos submarinos para telecomunicações, cabeças-de-poço, áreas de despejo, etc, devem ser sinalizadas com os Sinais Especiais, em acordo ao item 0318 da NORMAM 17/DHN.

	Especiais (Figura 13.19)
Cor	Amarela
Formato (boias)	Opcional, mas sem conflitar com sinais de auxílio à navegação
Marca de tope (se houver)	Formato de "X" amarelo
Luz (se houver)	
Cor	Amarela
Ritmo	Ver as observações abaixo especificadas quanto ao ritmo das luzes

Figura 13.19 – Sinal Especial



Observações quanto ao ritmo das luzes em um sinal Especial, quando houver:

i. possíveis ritmos: grupo de ocultação; lampejo simples, exceto lampejo longo a cada dez segundos; grupo de lampejo com quatro, cinco ou excepcionalmente seis lampejos; grupo de lampejo composto; ou código Morse, com exceção das letras "A" e "U"; e

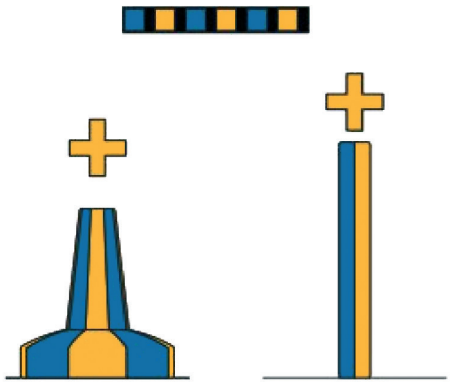
ii. apenas em boias para o Sistema de Aquisição de Dados Oceânicos (ODAS) deve ser utilizada a luz amarela de grupo de lampejos com cinco lampejos (com frequência de uma emissão a cada dois segundos) dentro de um período de vinte segundos, ou seja, Lp(5) A. 20s.

g. Sinais de Novos Perigos

Definição de Sinais de Novos Perigos – Estes sinais servem para indicar qualquer obstrução à navegação recentemente descoberta e ainda não indicada em documentos náuticos ou que ainda não tenha sido suficientemente divulgada. Os novos perigos incluem obstruções tais como: bancos de areia, rochas, cascos soçobrados e outros resultantes da ação do homem.

	Novos perigos (Figura 13.20)
Cor	Listras verticais azul e amarela alternadas
Formato (boias)	Pilar ou charuto
Marca de tope (se houver)	Uma cruz amarela
Luz (se houver)	
Cor	Azul e amarela
Ritmo	Um segundo de lampejo azul e um segundo lampejo amarelo com 0,5 segundo de obscuridade entre eles

Figura 13.20 – Sinal de Novos Perigos



As seguintes recomendações devem ser atendidas ao se propor o estabelecimento de um sinal de Novo Perigo:

i. o novo perigo deve ser sinalizado por iniciativa do responsável pelo balizamento local, que deverá informar, imediatamente, a sua ocorrência ao Centro de Hidrografia da Marinha (CHM) e ao Agente da Autoridade Marítima;

ii. pelo menos um dos sinais usados para balizar um novo perigo deverá ser duplicado. O sinal utilizado para duplicação deve ser idêntico ao seu par em todos os aspectos;

iii. qualquer sinal luminoso usado com o propósito de sinalizar um novo perigo deve ter a característica luminosa de sinal cardinal ou lateral, rápida (R) ou muito rápida (MR); e

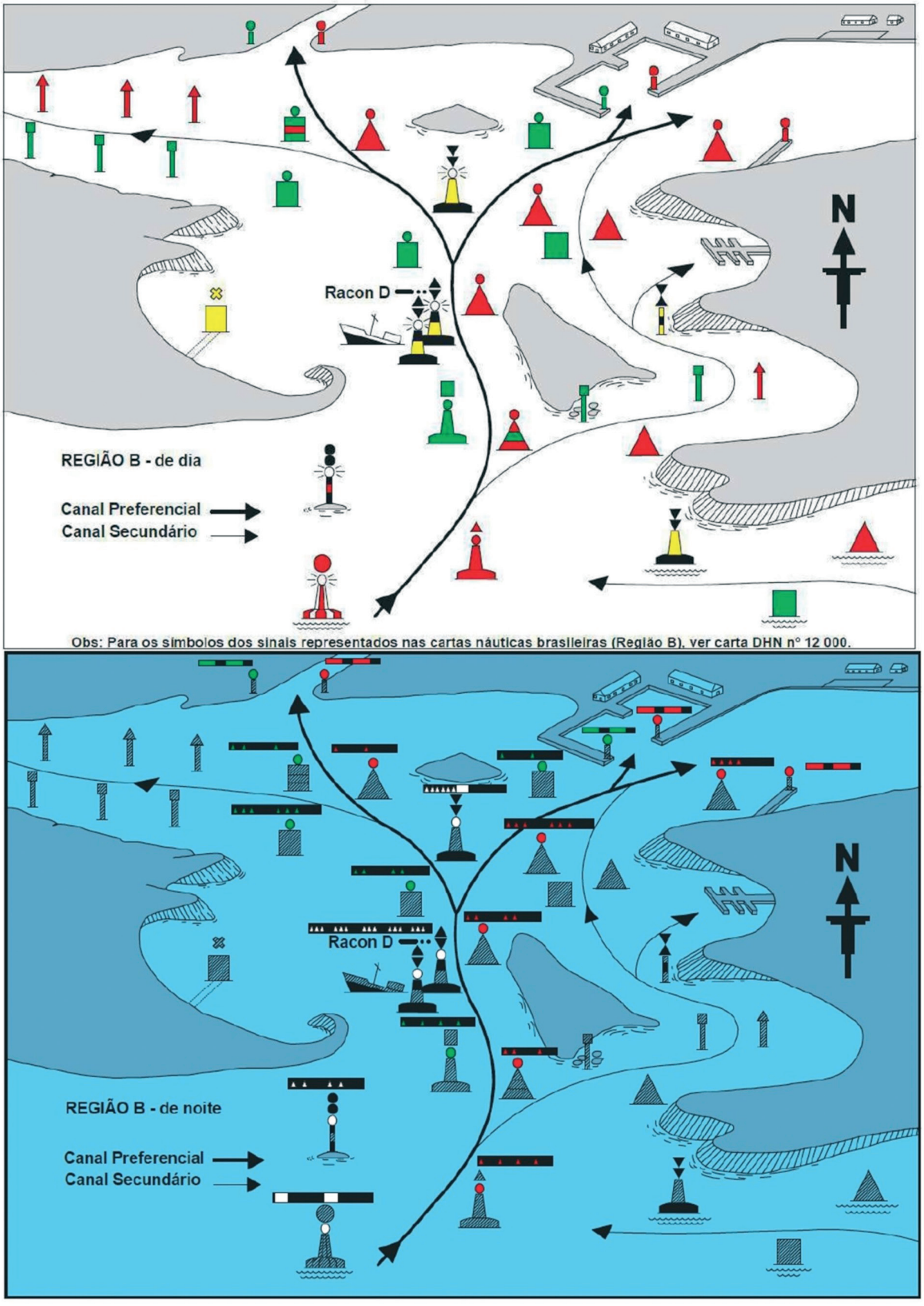
iv. um novo perigo poderá ser sinalizado, ainda, por um Racon transmitindo a letra "D" (-··) em código Morse, mostrando o comprimento de uma milha náutica na tela do radar.

13.3.3 Utilização do Sistema de Balizamento Marítimo da IALA

A Figura 13.21, constante da página seguinte, apresenta um exemplo de utilização do Sistema de Balizamento Marítimo da IALA na Região "B", adotado pelo Brasil.

O Apêndice C apresenta, em conjunto, os sinais laterais, os sinais de perigo isolado, os de águas seguras, os especiais e os de novos perigos, e os sinais cardinais do Sistema de Balizamento da IALA, para a Região "B", conforme representados na Lista de Faróis – 37ª Edição, 2020-2021, publicada pela DHN.

Figura 13.21 – Uso do Sistema de Balizamento da IALA - Região B, Diurno e Noturno



13.3.4 Numeração de Balizamentos

Em alguns canais, o número elevado de sinais de balizamento torna recomendável numerá-los, para evitar erros de identificação.

O critério adotado para a numeração do balizamento é o seguinte:

a) a numeração dos vários canais e alinhamentos é independente entre si;

b) a numeração de canais é uma só para todo o balizamento, quer se trate de boias cegas, boias de luz ou faroletes;

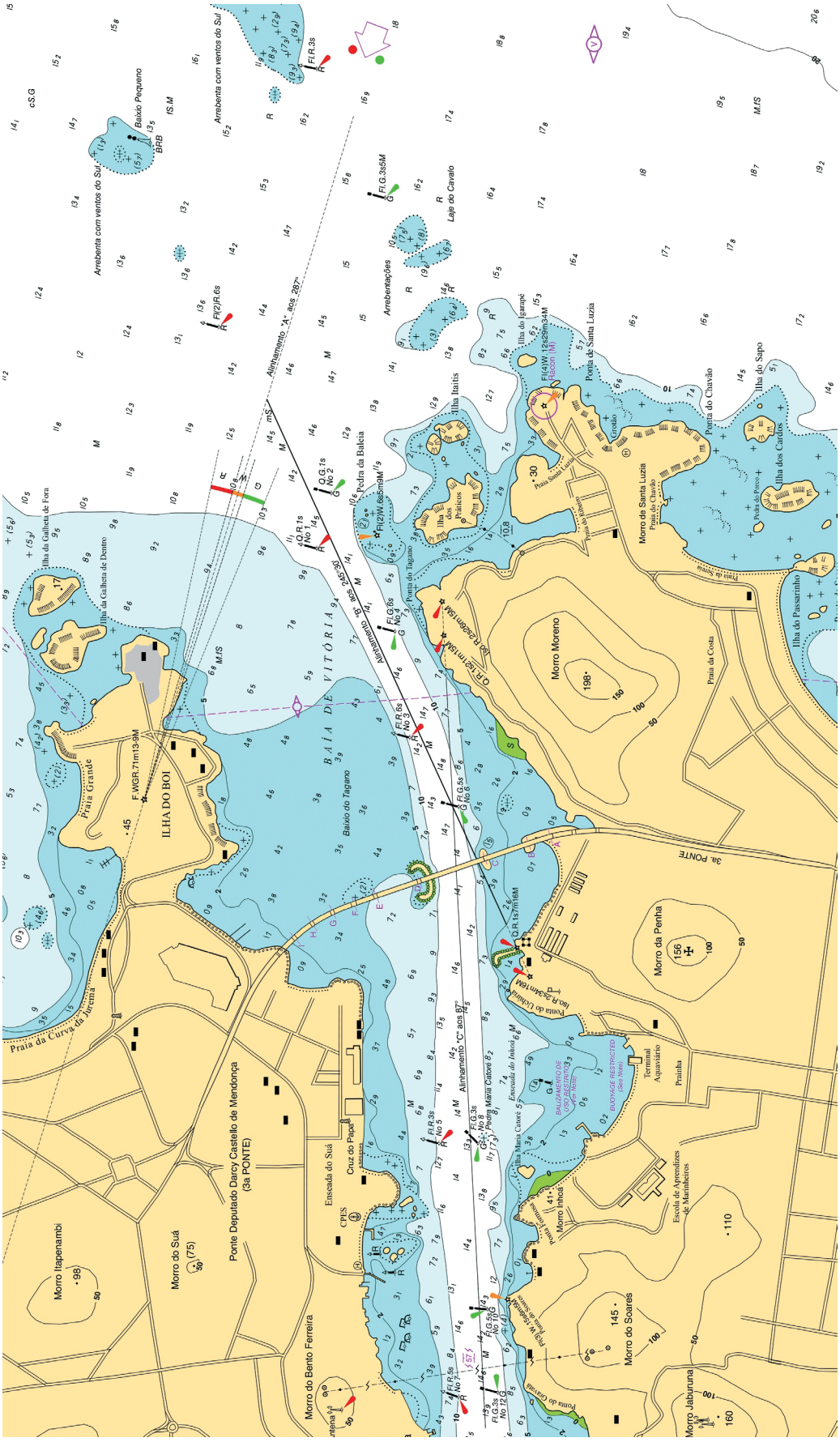
c) o balizamento encarnado recebe números ímpares e o verde números pares; os alinhamentos são identificados por letras, em ordem alfabética;

d) a numeração será sucessiva e em ordem crescente; para os canais, a partir da entrada nos portos, e para os alinhamentos, a partir da boia mais próxima à entrada.

e) além das boias, faroletes e balizas de canais de acesso e de alinhamento, só deverão ser numeradas as que, de outro modo, não possam ser facilmente identificadas pelo navegante, ou referidas nas cartas e publicações.

A Figura 13.22, na página seguinte, apresenta um trecho da Carta 1401 (Portos de Vitória e Tubarão) como exemplo de balizamento em que as boias são identificadas por números e os alinhamentos por letras, respeitando a ordenação sucessiva e crescente, conforme os critérios acima estabelecidos, e em cumprimento ao Sistema de Balizamento da IALA, Região B, adotado no Brasil.

Figura 13.22 – Exemplo de numeração de balizamento – Carta 1401 – Portos de Vitória e Tubarão


Arrebenta com ventos do Sul
Baixio Pequeno
Alinhamento "A" aos 287°
Arrebentações
Laje do Cavalo
Ilha Itaitis
Ponta de Santa Luzia
Ilha do Sapo
Ponta do Chavão
Ilha dos Cardos
Pedra da Balcia
Ilha da Gaibeta de Fora
Ilha da Gaibeta de Dentro
Praia Grande
ILHA DO BOI
Alinhamento "B" aos 252°30'
BAÍA DE VITÓRIA
Baixio do Tagano
Ponta do Tagano
Morro Moreno
Praia da Costa
Ilha do Passarinho
3a. PONTE
Morro da Penha
Praia da Curva da Jurema
Ponte Deputado Darcy Castello de Mendonça (3a PONTE)
Enseada do Suá
Cruz do Papa
Alinhamento "C" aos 87°
Ilha Maria Ortiz
Ilha Maria Cotovi
Enseada do Inhoá
Terminal Aquaviário
Praiinha
Morro Inhoá
Escola de Aprendizes de Marinheiros
Morro Itapenambi
Morro do Suá
Morro do Bento Ferreira
Morro do Soares
Morro Jaburuna
Ponta do Ceasa
Ponta Pedra
Ponta Fonte Grande
Ponta do Lameirão
Ponta do Cavalo
Ponta do Cavalo
Ponta do Cavalo

13.4 SINALIZAÇÃO NÁUTICA COMPLEMENTAR

O Decreto nº 92.267/1986, que aprovou o Sistema de Balizamento Marítimo – Região "B" da IALA, para emprego no Brasil, autoriza em seu Artigo 2º, o emprego de sinalização complementar nas águas interiores e nas águas jurisdicionais brasileiras, desde que autorizada pela DHN.

A sinalização náutica complementar tem por finalidade atender a situações específicas dos balizamentos fluvial e lacustre, servindo ainda para indicar ao navegante as obras sobre águas porventura existentes, tais como: pontes, cais, píeres, molhes, enrocamentos, marinas, terminais, dolfins, plataformas diversas, trapiches ou quaisquer outras estruturas.

13.4.1 Balizamento Fluvial e Lacustre

No balizamento das hidrovias interiores, sempre que as características se assemelharem às do ambiente marítimo, seja pela retitude do curso, ou pela distância entre as margens, devem ser utilizados os sinais previstos para o balizamento marítimo, considerando-se como "direção convencional do balizamento" o sentido de jusante para montante[1] (isto é, subindo o rio). Na sinalização fluvial, entende-se por margem esquerda a margem situada do lado esquerdo de quem desce o rio, navegando de montante para jusante. A margem direita, portanto, é a margem situada do lado direito de quem desce o rio.

Quando as características da hidrovia impedirem a utilização dos sinais previstos para o balizamento marítimo (pelo estreitamento do curso, pela sua sinuosidade ou por qualquer outra razão), devem ser usados os sinais fixos mais adiante descritos, destinados a indicar aos navegantes os perigos à navegação e as ações a empreender para manter-se no canal.

Os sinais náuticos complementares previstos para os balizamentos fluvial e lacustre, instalados nas margens dos rios, lagoas e lagos, recomendam ações a ser empreendidas pelo navegante, fornecendo também outras informações de interesse, como: pontos naturais, obstruções, distâncias em quilômetros, proibições e facilidades encontradas, servindo ainda para disciplinar o tráfego das embarcações.

Os sinais náuticos complementares são representados por balizas, com painéis de sinalização[2], exibindo uma ou mais informações para o navegante, na forma de símbolos gráficos. Um sinal complementar instalado em uma margem de um rio deve ser obedecido no trecho compreendido entre ele e o próximo sinal complementar de margem.

As dimensões dos painéis devem permitir ao navegante identificá-los plenamente a uma distância suficiente para empreender a ação neles indicada. Essa distância deve ser sempre em função das condições da via navegável e das embarcações que a utilizam.

---

[1] A **montante** é um lugar situado acima de outro, em relação a um rio. A montante é o lugar que está mais próximo das cabeceiras de um rio, a nascente é o ponto mais a montante de um rio. Por sua vez, a jusante indica o lado de baixo, o lado da foz de um rio. A foz é o lado mais a jusante de um rio.

[2] Um **painel de sinalização** é uma placa com forma, dimensão e cores definidas, complementada ou não por simbologia gráfica, para utilização na sinalização náutica complementar, de rios, lagos e lagoas ou construções sobre vias navegáveis. Normalmente, os painéis de sinalização têm sua simbologia gráfica materializada por meio de materiais retrorreflexivos, com o propósito de melhorar sua visualização pelo navegante.

O painel de sinalização deverá exibir uma cor básica de fundo cuja finalidade é oferecer o melhor contraste possível com o símbolo gráfico que contém a informação relevante para o navegante. As combinações previstas são:

- painel laranja ou encarnado – símbolo na cor preta;
- painel na cor branca – símbolo na cor verde ou encarnada; e
- painel na cor preta – símbolo na cor amarela ou branca.

Dentre as combinações acima, os painéis de cor preta têm seu uso regulamentado nas alíneas correspondentes, a seguir. As outras combinações possíveis podem ser empregadas a critério da autoridade responsável, para os sinais cujas descrições não mencionam cores.

Basicamente, os painéis nas cores laranja ou encarnada são empregados exclusivamente em sinalização diurna, quando é necessário um contraste com um fundo de vegetação predominante. Os painéis brancos com símbolos nas cores verde ou encarnada são empregados também como sinalização noturna, pois, quando iluminados pela embarcação, além de indicar a ação a empreender, também permitem ao navegante identificar a margem na qual estão instalados.

a. Sinal de recomendação para navegar junto à margem

É aquele que exibe, em um painel quadrangular, duas faixas laterais, representando as margens do rio, com uma seta reta na mesma cor, junto à faixa correspondente à margem de interesse. A Figura 13.23 apresenta as combinações previstas para o sinal, de acordo com o Anexo C da NORMAM 17/DHN.

Figura 13.23 – Sinal de recomendação de navegar junto à margem



b. Sinal de recomendação para mudar de margem

É aquele que exibe, em um painel quadrangular, duas faixas laterais, representando as margens do rio, com uma seta curva de mesma cor, indicando a margem para a qual se deve seguir, conforme o caso, a partir da atual posição da embarcação. A Figura 13.24 apresenta as combinações previstas para o sinal, de acordo com o Anexo C da NORMAM 17/DHN.

Figura 13.24 – Sinal de recomendação para mudar de margem



c. Sinal de recomendação para navegar no meio do rio

É aquele que exibe, em um painel quadrangular, duas faixas laterais, representando as margens do rio, com uma seta de mesma cor entre elas. A Figura 13.25 apresenta as combinações previstas para o sinal, de acordo com o Anexo C da NORMAM 17/DHN.

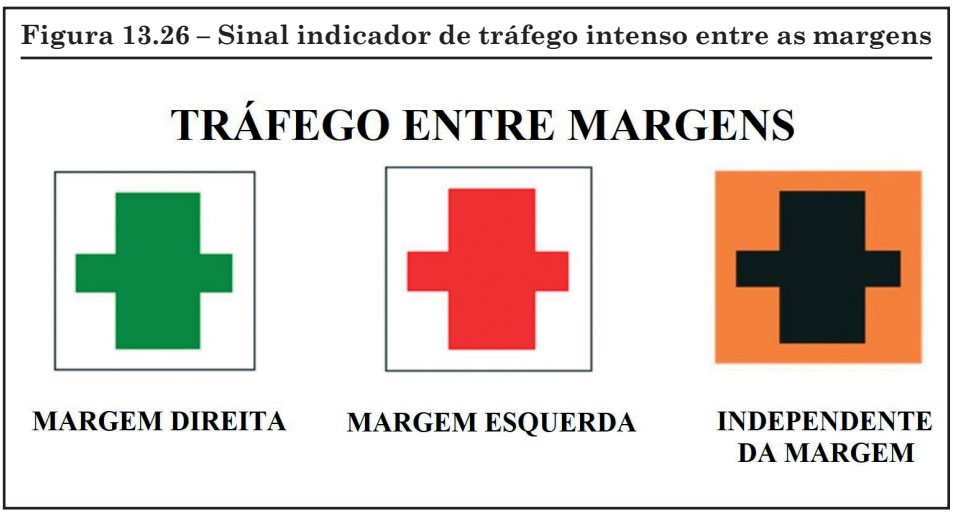
Figura 13.25 – Sinal de recomendação para navegar no meio do rio



d. Sinal indicador de tráfego intenso entre as margens

É aquele que exibe, em um painel quadrangular, uma cruz com o braço horizontal visivelmente mais fino. A Figura 13.26 apresenta as combinações previstas para o sinal, de acordo com o Anexo C da NORMAM 17/DHN.

Figura 13.26 – Sinal indicador de tráfego intenso entre as margens



e. Sinal de alinhamento

É aquele que, instalado em pares, em uma mesma margem, exibe um painel quadrangular com uma faixa central, para recomendar um rumo a ser seguido pelo navegante. A Figura 13.27 apresenta as combinações previstas para o sinal, de acordo com o Anexo C da NORMAM 17/DHN.

Figura 13.27 – Sinal de Alinhamento



f. Sinal de quilometragem percorrida

É aquele que exibe, em um painel retangular, um número correspondente, antecedido pelo símbolo "KM". A Figura 13.28 apresenta as combinações previstas para o sinal, de acordo com o Anexo C da NORMAM 17/DHN.

Figura 13.28 – Sinal de quilometragem percorrida



g. Sinal de redução de velocidade

É aquele que exibe, em um painel quadrangular, a letra "R". A Figura 13.29 apresenta as combinações previstas para o sinal, de acordo co m o Anexo C da NORMAM 17/DHN.

Figura 13.29 – Sinal de redução de velocidade



h. Sinal de fundeio proibido

É aquele que exibe, em um painel quadrangular, uma âncora sob uma diagonal da mesma cor, para indicar a proibição de fundeio na área assinalada ou no alinhamento de dois sinais iguais de fundeio proibido. A Figura 13.30 apresenta as combinações previstas para o sinal, de acordo com o Anexo C da NORMAM 17/DHN.

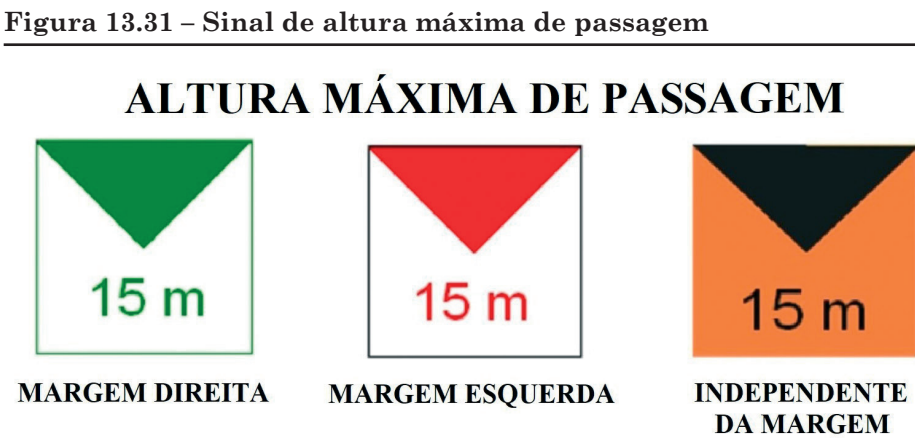
Figura 13.30 – Sinal de fundeio proibido



i. Sinal de altura máxima de passagem

É aquele que, em um painel quadrangular, exibe em sua metade superior um triângulo com um vértice para baixo e, na sua metade inferior, na mesma cor do triângulo, a indicação da máxima altura permitida, em metros, para passagem sob o obstáculo. A Figura 13.31 apresenta as combinações previstas para o sinal, de acordo com o Anexo C da NORMAM 17/DHN.

Figura 13.31 – Sinal de altura máxima de passagem



j. Sinal de bifurcação de canal

É aquele que, em um painel quadrangular na cor preta, exibe o símbolo "Y" na cor amarela. Os dois segmentos superiores do "Y" indicam que há dois canais navegáveis contornando um obstáculo de dimensões apreciáveis, como uma ilha. Se houver um canal principal a ser demandado, o segmento superior correspondente ao canal principal terá uma largura visivelmente maior que a do segmento correspondente ao canal secundário. Se necessário, para melhorar o contraste com o fundo, pode-se inscrever o símbolo e sua moldura quadrangular em um painel

quadrangular maior, de qualquer das cores básicas especificadas na NORMAM 17/DHN para os painéis, preferencialmente, da mesma cor do símbolo. A Figura 13.32 apresenta a configuração prevista para o sinal, de acordo com o Anexo C da referida Norma.

Figura 13.32 – Sinal de bifurcação de canal



k. Sinal de Perigo Isolado

É aquele que exibe dois símbolos "+", na cor branca, sobrepostos e inscritos, cada um, em um painel circular pintado de preto. É usado para indicar obstáculos de dimensões reduzidas, como uma pedra ou um casco soçobrado, cercados de águas navegáveis. Se necessário, para melhorar o contraste com o fundo, pode-se inscrever os dois símbolos em um painel quadrangular de qualquer das cores básicas especificadas na NORMAM 17/DHN para os painéis, preferencialmente, da mesma cor do símbolo. A Figura 13.33 apresenta a configuração prevista para o sinal, de acordo com o Anexo C da referida Norma.

Figura 13.33 – Sinal de Perigo Isolado



No caso da Hidrovia Paraguai-Paraná, a sinalização náutica complementar estabelecida neste subitem 13.4.1, não se aplica ao balizamento especial existente a jusante da Barragem de Itaipu, que foi aprovado pelo "Comitê Intergovernamental da Hidrovia Paraguai-Paraná" e cujas regras são as constantes do anexo D da NORMAM 17/DHN.

13.4.2 Sinalização de Cais, Píeres, Molhes, Enrocamentos, Marinas, Terminais, Dolfins e Trapiches

Para efeito deste Manual, são considerados cais, píeres, molhes, enrocamentos, marinas, terminais, dolfins e trapiches as construções junto a terra, que se estendem sobre as águas para servir à acostagem, à atracação ou à proteção de navio e embarcação de qualquer espécie.

As extremidades, quinas ou outros pontos julgados pertinentes das obras sobre águas citadas neste subitem:

a) caso estejam associadas a uma direção convencional do balizamento e delimitem a margem de um canal bem definido, podem ser sinalizadas por um Sinal Lateral (ver o subitem 13.3.2, alínea b); e

b) caso não estejam associadas a uma direção convencional do balizamento, devem ser sinalizadas, no período noturno, por luzes fixas na cor amarela, com alcance mínimo de duas milhas náuticas.

As obras sobre águas citadas neste subitem, complementarmente, devem ser iluminadas por luzes fixas, que não interfiram na visibilidade dos navegantes, de modo a mostrarem todas as suas extensões.

13.4.3 Sinalização de Pontes

Em razão da possibilidade de ocorrência de colisão com os pilares de pontes existentes sobre vias navegáveis ou pela limitação da altura de seus vãos livres e/ou das profundidades existentes sob as mesmas, a IALA, por meio da publicação R0113 – *The Marking of Fixed Bridges and Other Structures over Navigable Waters,* estabeleceu um conjunto de normas suplementares ao *Maritime Buoyage System and other Aids to Navigation* (*MBS*) destinado a garantir a segurança de pontes e de embarcações que por sob elas trafeguem.

Os aspectos mais relevantes da R0113/IALA, contidos na NORMAM 17/DHN, são apresentados nas alíneas a seguir:

a. Melhor Ponto de Passagem

Em alguns casos, pode ser necessário ou mesmo desejável indicar às embarcações o ponto de passagem mais apropriado sob uma ponte. Na referidas Normas, este ponto é denominado como “melhor ponto de passagem”.

O “melhor ponto de passagem” será determinado pelo interessado, no caso a Autoridade Portuária responsável pela via navegável, e submetido à aprovação do Agente da Autoridade Marítima local (Capitania dos Portos, Delegacia ou Agência), considerando os seguintes fatores:

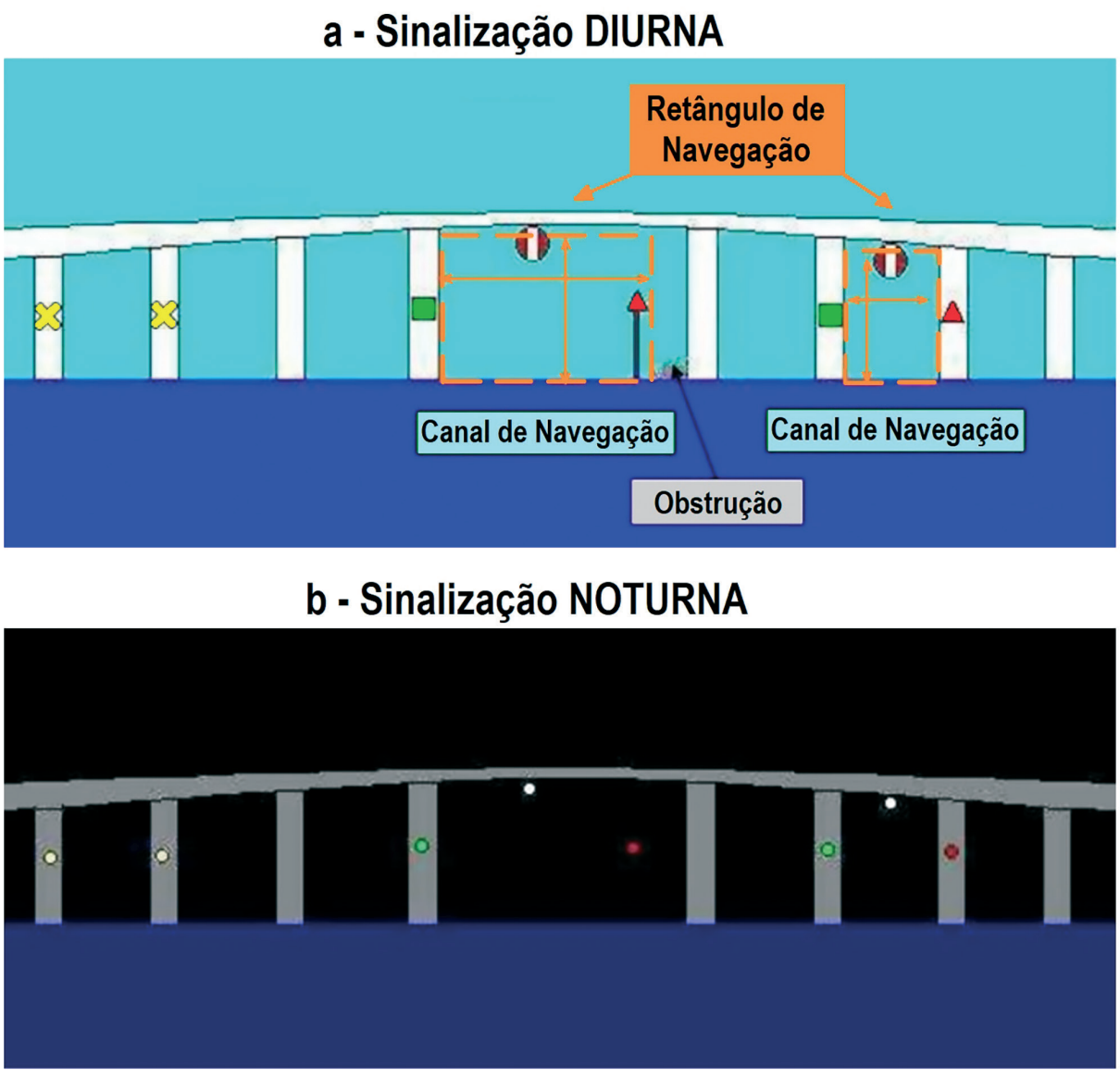
1. o “retângulo de navegação” e o “canal de navegação” sob o vão de interesse, conforme definidos na alínea b a seguir;

2. profundidade sob a ponte, particularmente onde não for uniforme;
3. proteção dos pilares da ponte e outras obstruções; e
4. necessidade de tráfego em mão única ou em mão dupla.

b. Retângulo de Navegação e Canal de Navegação

Denomina-se Retângulo de Navegação (ver a Figura 13.34a), os espaços livres existentes sob uma ponte, resultantes da conjugação do "vão livre horizontal" e do "vão livre vertical". O vão livre horizontal é o espaço horizontal sem obstrução física à navegação, na menor lâmina d'água prevista para o local. O vão livre vertical é o espaço vertical, dentro do vão livre horizontal, sem obstrução física à navegação, entre a parte inferior da estrutura da ponte e a maior lâmina d'água prevista para o local.

Figura 13.34 – Sinalização de Pontes



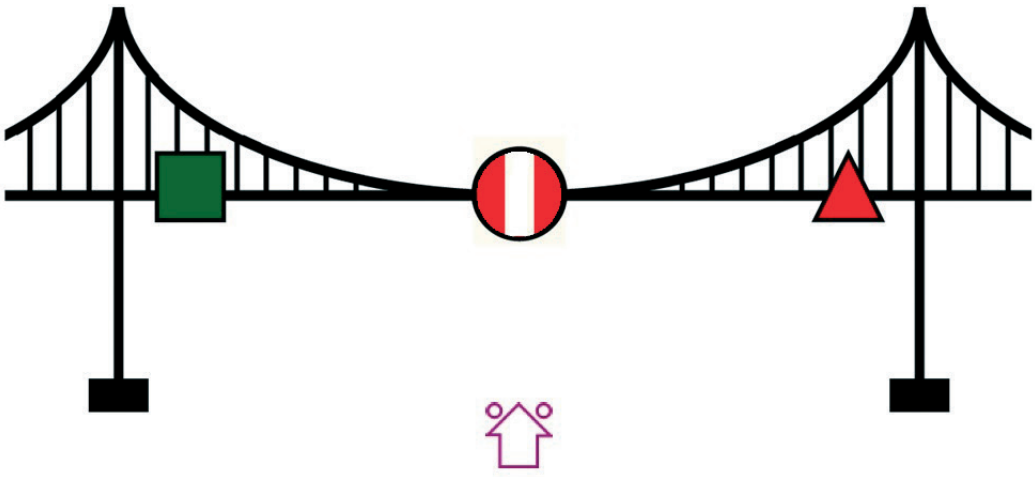
Vale destacar que o vão livre horizontal não define, por si só, o canal de navegação sob a ponte. O canal de navegação será no máximo equivalente (em posição e largura) ao vão livre horizontal, podendo ser restringido por outros fatores, como o calado das embarcações que por ele trafegam, a batimetria do local ou o estabelecimento de uma distância de segurança em relação aos pilares ou estruturas de proteção da ponte.

c. Sinalização Visual diurna (ver a Figura 13.34a)

Se a navegação for possível em toda a largura do vão livre sob a ponte, os sinais devem ser localizados nos pilares da ponte que o limitam:

- a boreste: um painel exibindo um triângulo equilátero encarnado sólido, com um vértice para cima;
- a bombordo: um painel exibindo um quadrado verde sólido; e
- o "melhor ponto de passagem": pode ser indicado por um painel circular com faixa vertical branca entre duas faixas encarnadas, indicativo de "Águas Seguras", fixado no vão entre os pilares, conforme apresentado na Figura 13.35.

Figura 13.35 – Sinalização Visual Diurna de Ponte (R0113 IALA)



Se a navegação for apenas parcialmente possível sob o vão livre, os sinais devem ser posicionados de modo a indicar os limites do canal navegável. Tal sinalização poderá ser feita por meio de faroletes ou boias com a coloração atinente a sinais laterais de boreste e bombordo (ver a Figura 13.14).

Se existir mais de um canal navegável sob a ponte, o mesmo procedimento indicado nos parágrafos acima deve ser utilizado para cada canal, como representado na Figura 13.34a.

Os vãos livres navegáveis que não sejam balizados com painéis verdes e/ou encarnados, indicativos de "Sinal Lateral", como, por exemplo, os vãos usados por embarcações miúdas, podem ser balizados com painéis indicativos de "Sinal Especial" sobre fundo preto (ver a Figura 13.34a).

Os vãos livres não navegáveis não exibirão quaisquer painéis ou outros sinais, ou seja, não serão identificados para o navegante.

d. Sinalização Visual noturna (ver a Figura 13.34b)

Se a navegação for possível em toda a largura do vão livre sob a ponte, os sinais luminosos devem ser localizados nos pilares da ponte que o limitam:

- a boreste: uma luz rítmica encarnada indicativa de Sinal Lateral de Boreste;
- a bombordo: uma luz rítmica verde indicativa de Sinal Lateral de Bombordo; e
- o "melhor ponto de passagem": uma luz rítmica branca indicativa de Sinal de Águas Seguras, fixada no vão entre os pilares.

Para garantir um reconhecimento positivo, as luzes acima descritas devem ter um alcance luminoso mínimo de duas milhas náuticas, instaladas de modo a serem visíveis em todos os setores e direções de importância para o navegante e não podem ser obstruídas por partes da estrutura da ponte.

Se a navegação for apenas parcialmente possível sob o vão livre, os sinais devem ser posicionados de modo a indicar os limites do canal navegável. Tal sinalização poderá ser feita por meio de faroletes ou boias com a coloração atinente a sinais laterais de boreste e bombordo.

Se existir mais de um canal navegável sob a ponte, o mesmo procedimento indicado nos parágrafos anteriores deve ser utilizado para cada canal, como representado na Figura 13.34b.

Os vãos livres navegáveis que não forem balizados por luzes verdes e/ou encarnadas, indicativas de "Sinal Lateral" como, por exemplo, aqueles a serem utilizados por embarcações miúdas, podem ser sinalizados por luzes amarelas indicativas de "Sinal Especial" que deverão ser posicionadas da mesma forma que o descrito nos parágrafos anteriores (ver Figura 13.34b).

Os vãos livres não navegáveis não exibirão sinalização náutica noturna, ou seja, não serão identificados para o navegante. A critério do interessado pode-se deixar os pilares desses vãos sem iluminação, admitindo-se, como alternativa, o uso de luzes fixas brancas indicando sua existência, para aumentar a proteção contra colisão noturna ou, ainda, iluminá-los com refletores.

e. Auxílios Radioelétricos e Acessórios

I – Refletores radar

As pontes que cruzem sobre águas navegáveis são, normalmente, reconhecíveis na tela de um radar. Entretanto, os limites do canal ou os pilares raramente são distinguíveis de forma clara.

O reconhecimento dos pilares ou limites de canal no radar pode ser obtido por meio de refletores radar localizados em dolfins, boias ou postes fixados à estrutura da ponte. A distância entre a ponte e os refletores deverá ser igual ou superior a vinte metros, para garantir que os refletores sejam claramente distinguidos na tela do radar.

II – RACON

Um RACON de curto alcance poderá ser empregado para indicar o "melhor ponto de passagem" sob uma ponte.

O emprego de mais de um RACON, para indicar um ou mais vãos navegáveis sob uma ponte, deve ser avaliado em face das possíveis limitações técnicas inerentes a essa solução.

Nos casos em que seja desejável empregar dois RACON para indicar os limites de um vão navegável sob uma ponte, os códigos recomendados são:

- a boreste: Código Morse **T** (**-**); e
- a bombordo: Código Morse **B** (**- . . .**).

13.5 LISTA DE FARÓIS

A Lista de Faróis (DH2) é uma publicação de auxílio à navegação editada pela DHN e atualizada pelo CHM, de acordo com as Resoluções Técnicas da OHI. Ela contém todas as informações sobre faróis, aerofaróis, faroletes, boias luminosas e luzes particulares ou de obstáculos aéreos que interessam aos navegantes, existentes na costa, nos rios, nas lagoas e nas ilhas do Brasil, assim como nas costas e ilhas dos países estrangeiros que possuam suas terras representadas nas cartas náuticas brasileiras.

A Lista de Faróis é periódica, editada bienalmente, e encadernada em brochura. Ela pode ser adquirida, na forma impressa, no Posto de Vendas da EMGEPRON, situado na Base de Hidrografia da Marinha em Niterói (BHMN) ou na página de comércio eletrônico "http://www.cartasnauticasbrasil.com.br". Ela pode, também, ser obtida em meio digital, gratuitamente, no sítio da DHN na internet, no endereço:

"https://www.marinha.mil.br/chm/sites/www.marinha.mil.br.chm/files/u1974/lf-completa.pdf"

A Lista de Faróis apresenta as informações referentes aos sinais luminosos dispostas em colunas, na sequência que se segue:

- **1ª coluna – NÚMERO DE ORDEM NACIONAL E NÚMERO INTERNACIONAL**

a) Número de Ordem Nacional

Este número é designado pelo Centro de Hidrografia da Marinha, obedecendo a uma sequência, de acordo com a posição geográfica do sinal. É constituído de um a quatro algarismos, podendo, excepcionalmente, ter uma ou duas casas decimais.

b) Número Internacional

Este número é o da Lista de Faróis britânica e representa o Número Internacional do sinal. É atribuído objetivando evitar qualquer confusão quando se pretende fazer referência ao sinal, sendo constituído por um grupo alfanumérico composto por uma letra maiúscula seguida de quatro algarismos, podendo, excepcionalmente, ter uma ou duas casas decimais.

- **2ª coluna – LOCAL, NOME, CARTA NÁUTICA E CLASSIFICAÇÃO**

Os locais são mencionados quando constituem áreas restritas e bem definidas, como os portos, canais e estreitos. Nestes casos, os nomes dos sinais são precedidos de um traço.

Exemplo: **Canal Grande do Curuá**

– Boia nº 2

Os nomes são diferenciados por tipos de letra, como se segue:

NEGRITO – faróis e barcas-faróis com alcance igual ou superior a 15 milhas náuticas.

REDONDO – faróis e barcas-faróis com alcance inferior a 15 milhas náuticas, faroletes, luzes de obstáculos aéreos e luzes particulares.

ITÁLICO – boias.

As cartas são as de maior escala da região onde se situa o sinal e a elas são referidas as coordenadas da 3ª coluna.

Os faróis guarnecidos[3] recebem nesta coluna a letra "G".

- **3ª coluna – POSIÇÃO**

Indica as coordenadas geográficas do sinal, normalmente aproximadas ao centésimo do minuto, com o propósito de facilitar sua identificação na carta náutica mencionada na 2ª coluna. O datum destas coordenadas geográficas é o mesmo datum da carta mencionada na 2ª coluna.

- **4ª coluna – CARACTERÍSTICA, PERÍODO, FASE DETALHADA E INTENSIDADE**

Fornece a característica da luz do sinal; o período e a fase detalhada; e a sua intensidade luminosa em candelas.

Alguns sinais que sofrem interferência de luzes de fundo têm suas intensidades maiores que as necessárias para dar os alcances luminosos informados na 6ª coluna, visando garantir estes alcances.

- **5ª coluna – ALTITUDE**

Informa a altitude da luz em metros.

- **6ª coluna – ALCANCES**

Oferece o alcance luminoso, em milhas náuticas, calculado pela fórmula de Allard, considerando-se um período noturno, observador com vista desarmada, ausência de interferência de luzes de fundo, com coeficiente de transparência atmosférica (T) igual a 0,85, correspondente a um valor de visibilidade meteorológica de 18,4 milhas náuticas; e o alcance geográfico, também em milhas náuticas, considerando os olhos (desarmados) do observador elevados 5 metros sobre o nível do mar.

Os alcances informados nesta coluna são os obtidos das tabelas teóricas, aproximados ao valor inteiro inferior da tabela mais próximo.

- **7ª coluna – DESCRIÇÃO E ALTURA**

Descreve a estrutura do sinal em detalhes, informando o tipo, formato, material da construção, cor etc. e a altura da luz.

- **8ª coluna – OBSERVAÇÕES**

Contém observações julgadas oportunas para melhor esclarecimento dos utilizadores e informa a existência de refletor radar, respondedor radar (RACON), radiofarol, estação de sinais, setor de visibilidade, interferência de luzes de fundo etc.

Como exemplo, a Figura 13.36 apresenta um extrato da Lista de Faróis que contém os dados fornecidos, de acordo com as informações acima apresentadas, para o farol Cabo Frio.

[3] Farol guarnecido – o farol que em suas instalações dispõe, permanentemente, de pessoal destinado a garantir seu contínuo funcionamento. É indicado na Lista de Faróis pela letra "G" na coluna "Classificação".

Figura 13.36 – Dados sobre o farol Cabo Frio (Extrato da Lista de Faróis)

COSTA SUL

(1) Nº DE ORDEM E Nº INTER-NACIONAL	(2) LOCAL NOME CARTA NÁUTICA CLASSIFICAÇÃO	(3) POSIÇÃO	(4) CARACTERÍSTICA PERÍODO FASE DETALHADA INTENSIDADE	(5) ALTI-TUDE	(6) ALCANCES LUMINOSO E GEOGRÁFICO	(7) DESCRIÇÃO E ALTURA	(8) OBSERVAÇÕES
			ESTADO DO RIO DE JANEIRO				
		S/W					
2400 G 0352	**Cabo Frio** 1503 **G**	23 00,81 42 00,05	Lp. B. 10s B. 1,2 – Ecl. 8,8 5696000	140	49 27	Torre troncônica metálica, branca 16	Setor de visibi-lidade 231° – 118° (247°) Estação de radiocomunicação

Então, dos dados apresentados para o farol de Cabo Frio na Figura 13.36, obtém-se como informações de interesse ao navegante:

1ª Coluna:

Nº DE ORDEM: 2400.

Nº INTERNACIONAL: G 0352.

2ª Coluna:

LOCAL E NOME: Cabo Frio (impresso em negrito, para indicar que é um sinal importante, com alcance igual ou superior a 15 milhas).

CARTA NÁUTICA: 1503 (número da carta náutica em papel de maior escala onde está representado o farol Cabo Frio).

CLASSIFICAÇÃO: a letra "G" informa que o farol é guarnecido.

3ª Coluna:

POSIÇÃO: Lat. 23° 00,81' S; Long. 042° 00,05' W.

4ª Coluna:

CARACTERÍSTICA: Lampejo Branco (Lp. B.).

PERÍODO: 10 segundos.

FASE DETALHADA: Lampejo de 1,2 segundo e Eclipse de 8,8 segundos (B.1,2 – Ecl.8,8).

INTENSIDADE LUMINOSA: 5.696.000 candelas.

5ª Coluna:

ALTITUDE DO FOCO: 140 metros (acima do Nível do Médio do Mar)

6ª Coluna:

ALCANCE LUMINOSO: 49 milhas.

ALCANCE GEOGRÁFICO: 27 milhas.

7ª Coluna:

DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA: Torre troncônica metálica, branca (ver Figura 13.37).

ALTURA DA TORRE: 16 metros.

8ª Coluna:

OBSERVAÇÕES: Setor de Visibilidade: 231° – 118° (247°). Estação de radiocomunicação.

O navegante, a fim de complementar o seu conhecimento sobre o farol, deverá consultar a parte final da Lista de Faróis, onde constam as fotografias dos faróis e faroletes listados, na seção respectiva à localização geográfica do farol (no caso, Costa Sul), e observar a fotografia do farol como mais um elemento para sua identificação, com o propósito de facilitar o seu reconhecimento visual, a partir do mar. A Figura 13.37 reproduz a fotografia contida na Lista de Faróis (página 245 da edição 2020-2021).

A Lista de Faróis, tal como qualquer outra publicação de auxílio à navegação, está sujeita a constantes correções e deve ser mantida atualizada. As correções à Lista de Faróis são publicadas na Seção IV do folheto quinzenal "Avisos aos Navegantes".

A Lista de Faróis é complementada pela publicação DH18 – Lista de Sinais Cegos, também editada pela DHN e atualizada pelo CHM, contendo informações referentes a todos os sinais cegos (boias cegas, balizas e placas de ponte) existentes na costa, ilhas, portos, lagoas, lagos e rios navegáveis brasileiros.

Figura 13.37 – Reprodução do Farol Cabo Frio (Extrato da Lista de Faróis)



13.6 SISTEMA DE IDENTIFICAÇÃO AUTOMÁTICO COMO AUXÍLIO À NAVEGAÇÃO

Um Sistema de Identificação Automático, empregado como um auxílio à navegação, é um transceptor (equipamento transmissor-receptor) operando na faixa de VHF Móvel Marítimo, destinado a transmitir ao navegante diversas informações de interesse da segurança da navegação, destacando-se, dentre outras, o nome e o tipo do sinal náutico, seu número de ordem, sua posição e sua condição operacional. Esse tipo de equipamento é mundialmente conhecido pela sua designação na língua inglesa como ***Automatic Identification System – Aid to Navigation*** **(AIS AtoN)**.

Um AIS AtoN pode ser implementado de três formas: Real, Sintético e Virtual.

a. AIS AtoN Real

Uma estação AIS AtoN Real está localizada no próprio auxílio à navegação, cuja posição e estado são transmitidos como mensagem AIS.

b. AIS AtoN Sintético

Um AIS AtoN Sintético é produzido por uma transmissão originada em uma Estação Base AIS localizada longe do auxílio à navegação real ao qual está associado.

Existem 2 tipos de AIS AtoN Sintéticos:

- o **AIS AtoN Sintético Monitorado** – o auxílio à navegação associado ao AIS AtoN existe fisicamente e há um meio qualquer de comunicação entre o AtoN e a Estação Base AIS, capaz de confirmar sua posição e estado para transmissão como mensagem AIS; e

- o **AIS AtoN Sintético Previsto** – o auxílio à navegação associado ao AIS AtoN existe fisicamente, mas não é monitorado para se confirmar seu estado ou posição.

Os AIS AtoN Sintéticos Previstos somente são aceitáveis quando associados a auxílios à navegação fixos, não podendo ser jamais associados a sinais flutuantes. O estado do AtoN não poderá ser verificado e somente serão atendidas as condições de prover um meio de identificação positivo em qualquer condição ambiental.

c. AIS AtoN Virtual

Um AIS AtoN Virtual simula um auxílio à navegação que não existe fisicamente ou o substituirá de forma provisória ou temporária, sendo transmitido a partir de uma Estação Base AIS, podendo ser aplicado nos seguintes casos:

- para marcar imediatamente um naufrágio ou novo perigo;

- em áreas onde não é exequível estabelecer um auxílio à navegação físico;

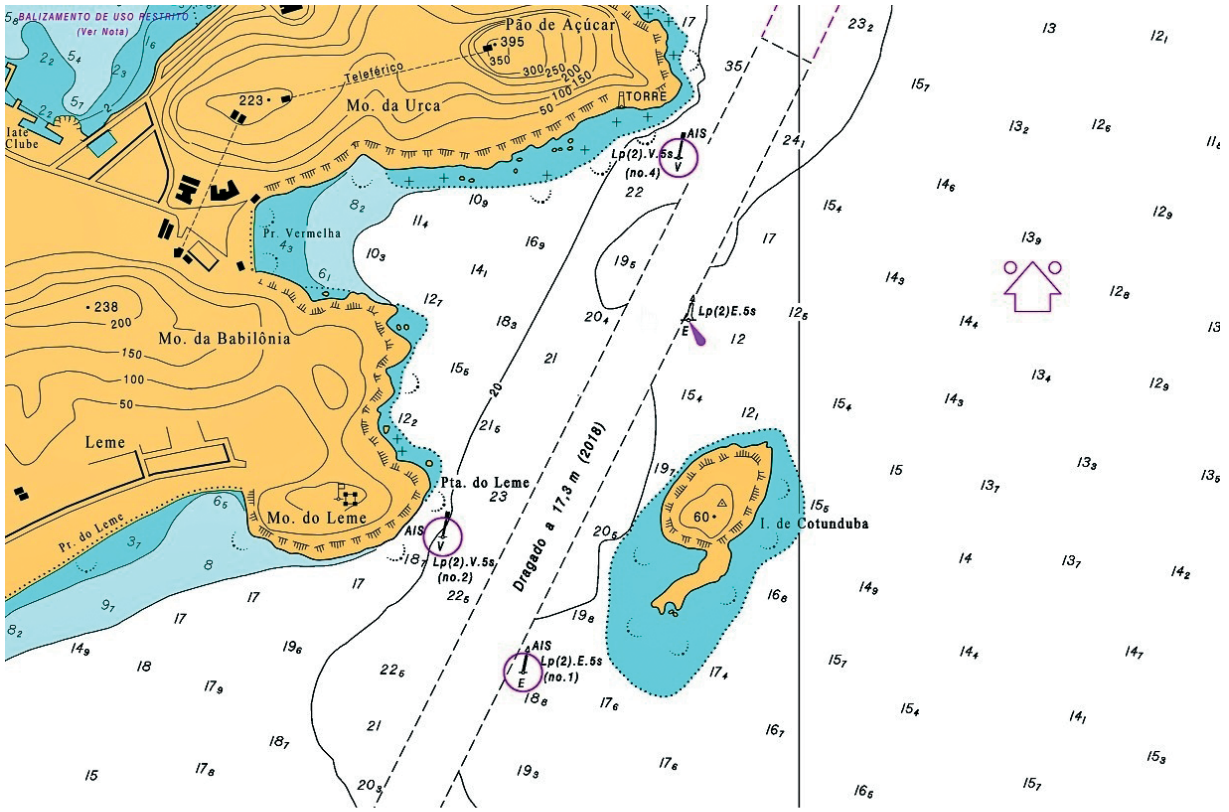
- onde os auxílios são deslocados sazonalmente devido ao gelo;

- quando um auxílio físico está fora de sua posição, por exemplo, devido a um desastre natural, abalroamento ou vandalismo; e

- onde um auxílio físico à navegação poderia interferir na navegação local, sendo necessário a utilização de um AtoN Virtual para garantir a segurança da navegação.

A Figura 13.38, que se segue, mostra um trecho do canal de Cotunduba, de acesso ao porto do Rio de Janeiro, que contém um Sistema de Identificação Automático Real (**AIS AtoN Real**), empregado como um auxílio à navegação, conforme representado na Carta 1511 e como informado no extrato da Lista de Faróis.

Figura 13.38 – Trecho do balizamento do Canal de Cotunduba com AIS AtoN Real



2422.01	– *Boia nº 1* 1511	22 58,12 43 09,34	Lp. (2) E. 5s E. 0,5 – Ecl. 1,0 E. 0,5 – Ecl. 3,0	5	Articulada encarnada	AIS AtoN Real MMSI 997101201
2422.03	– *Boia nº 2* 1511	22 57,87 43 09,50	Lp. (2) V. 5s V. 0,5 – Ecl. 1,0 V. 0,5 – Ecl. 3,0	5	Articulada verde	AIS AtoN Real MMSI 997101202
2422.05	– *Boia nº 4* 1511	22 57,17 43 09,03	Lp. (2) V. 5s V. 0,5 – Ecl. 1,0 V. 0,5 – Ecl. 3,0	5	Articulada verde	AIS AtoN Real MMSI 997101203

APÊNDICE A AO CAPÍTULO 13

CARACTERÍSTICAS DAS LUZES EXIBIDAS PELOS SINAIS DE AUXÍLIO À NAVEGAÇÃO

Os quadros contidos no presente Apêndice, que apresentam as diferentes características das luzes exibidas pelos sinais de auxílio à navegação, com suas respectivas descrições e ilustrações, constam da Lista de Faróis – 37ª Edição, 2020-2021, publicada pela DHN.

CLASSIFICAÇÃO	DESCRIÇÃO	ABREVIATURA (Ritmo e cor)	ILUSTRAÇÃO
a – FIXA	Luz contínua e uniforme e com uma cor constante, não sendo aplicada em sinais náuticos.	F. B.	
b – RÍTMICA	Luz intermitente e com periodicidade regular.		
1 – OCULTAÇÃO	Luz na qual a duração total das somas das fases em um mesmo período é nitidamente mais longa que a duração total dos eclipses, e na qual os eclipses têm igual duração.		
1.1 – Ocultação Simples	Luz na qual os eclipses se repetem regularmente.	Oc. E.	
1.2 – Grupo de Ocultação	Luz na qual os grupos de eclipses em número especificado são repetidos em intervalos regulares.	Oc(2) B.	
1.3 – Grupo de Ocultação Composto	Luz em que as ocultações são combinadas em sucessivos grupos de diferentes ocultações que se repetem regularmente.	Oc(2+1)B.	
2 – ISOFÁSICA	Luz em que todas as durações de luz e de obscuridade são iguais.	Iso. A.	
3 – LAMPEJO	Luz na qual a duração da emissão luminosa, em cada período, é claramente menor que a duração do eclipse e na qual essa emissão luminosa tem sempre a mesma duração.		
3.1 – Lampejo Simples	Luz na qual a emissão luminosa é regularmente repetida em uma frequência inferior a 50 vezes por minuto.	Lp. B.	

CLASSIFICAÇÃO	DESCRIÇÃO	ABREVIATURA (Ritmo e cor)	ILUSTRAÇÃO
3.2 – Lampejo Longo	Luz em que a emissão luminosa com duração igual ou superior a 2 segundos é repetida regularmente.	LpL. V.	
3.3 – Grupo de Lampejos	Luz em que um determinado número de lampejos (dois, três ou mais) é repetido regularmente.	Lp(3) B.	
3.4 – Grupo de Lampejos Composto	Luz em que os lampejos são combinados em sucessivos grupos de diferentes números, que se repetem regularmente.	Lp(3+1) E.	
4 – RÁPIDA	Luz em que as emissões luminosas são repetidas em uma frequência igual ou superior a 50 vezes por minuto e inferior a 80 vezes por minuto.		
4.1 – Luz Rápida Contínua	Luz em que as emissões luminosas rápidas são repetidas regularmente, por tempo indeterminado.	R. B.	
4.2 – Grupo de Luz Rápida	Luz em que um determinado grupo de emissões luminosas rápidas é repetido regularmente.	R(3) B.	
– Grupo de Luz Rápida (6 emissões) mais Lampejo Longo	Característica de luz de uso exclusivo para indicar um sinal cardinal sul.	R(6) B. + LpL. B.	
5 – MUITO RÁPIDA	Luz em que as emissões luminosas são repetidas com frequência igual ou superior a 80 vezes por minuto e inferior a 160 vezes por minuto.		
5.1 – Luz Muito Rápida Contínua	Luz em que as emissões luminosas muito rápidas são repetidas regularmente, por tempo indeterminado.	MR. B.	

CLASSIFICAÇÃO	DESCRIÇÃO	ABREVIATURA (Ritmo e cor)	ILUSTRAÇÃO
5.2 – Grupo de Luz Muito Rápida	Luz em que um determinado grupo de emissões luminosas muito rápidas é repetido regularmente.	MR (3) B.	
– Grupo de Luz Muito Rápida (6 emissões) mais Lampejo Longo	Característica de luz de uso exclusivo para indicar um sinal cardinal sul.	MR(6)B. + LpL.B.	
6 – ULTRARRÁPIDA	Luz em que as emissões luminosas ultrarrápidas são repetidas com frequência igual ou superior a 160 vezes por minuto e inferior a 300 vezes por minuto.		
6.1 – Luz Ultrarrápida Contínua	Luz em que as emissões luminosas ultrarrápidas são regularmente repetidas, por tempo indeterminado.	UR. B.	
6.2 – Luz Ultrarrápida Interrompida	Luz em que a sequência de emissões luminosas ultrarrápidas é interrompida regularmente por um eclipse de duração longa e constante.	URIn. B.	
7 – EM CÓDIGO MORSE	Luz em que as emissões luminosas têm durações nitidamente diferentes e são combinadas com eclipses para representar um ou mais caracteres do alfabeto em código Morse.	Mo(U) B.	
8 – FIXA E DE LAMPEJO	Luz em que uma luz fixa é combinada com outra de lampejo de maior intensidade luminosa.	FLp. B.	
8.1 – Fixa e de Grupo de Lampejos	Luz em que uma luz fixa é combinada em intervalos regulares com grupo de lampejos de intensidades luminosas maiores que a da luz fixa.	FLp(2) B.	

CLASSIFICAÇÃO	DESCRIÇÃO	ABREVIATURA (Ritmo e cor)	ILUSTRAÇÃO
9 – ALTERNADA	Luz que exibe diferentes cores alternadamente.		
9.1 – Alternada Contínua	Luz que muda de cor contínua e regularmente.	Alt. B.E.V.	
9.2 – Lampejo Alternado	Luz em que os lampejos se repetem regular e alternadamente, com duas cores indicadas em uma frequência inferior a 50 vezes por minuto.	Lp.Alt.B.E.	
9.3 – Grupo de Lampejos Alternados	Luz em que o grupo de lampejos indicado se repete, regular e alternadamente, em cores diferentes.	Lp(2)Alt.B.V.	
		Lp.Alt.B.B.E.E.	
9.4 – Grupo de Lampejos Compostos Alternados	Luz semelhante à de grupo de lampejos alternados, mas, neste caso, os sucessivos grupos de lampejos, em um mesmo período, têm número diferente de lampejos e cores diferentes.	Lp(2+ 1)Alt.B.V.	
9.5 – Ocultação Alternada	Luz em que o eclipse se repete regularmente, enquanto que as luzes se apresentam com cores alternadas.	Oc.Alt.B.V.	
9.6 – Fixa Alternada e de Lampejo	Luz fixa que se combina, em intervalos regulares, com outra de lampejos de maior intensidade e de cor diferente.	F.B.Alt.Lp.E.	
9.7 – Fixa Alternada e de Grupo de Lampejos	Luz fixa que se combina, em intervalos regulares, com outra de grupo de lampejos, de maior intensidade e de cor diferente.	F.B.Alt. Lp (2) V.	

APÊNDICE B AO CAPÍTULO 13

A VISIBILIDADE NO MAR

O conhecimento das peculiaridades da visibilidade no mar tem aplicação não apenas no melhor aproveitamento e entendimento dos sinais visuais, mas também em toda e qualquer observação visual, como, por exemplo, a tomada de marcações; a medida de ângulos horizontais ou verticais; e a observação de outros navios, de pontos conspícuos, da linha da costa e da topografia.

A visibilidade no mar é função dos seguintes fatores principais:

a) altitudes do observador e do objeto visado;

b) refração atmosférica;

c) transparência da atmosfera;

d) condições inerentes ao objeto; e

e) capacidade visual do observador.

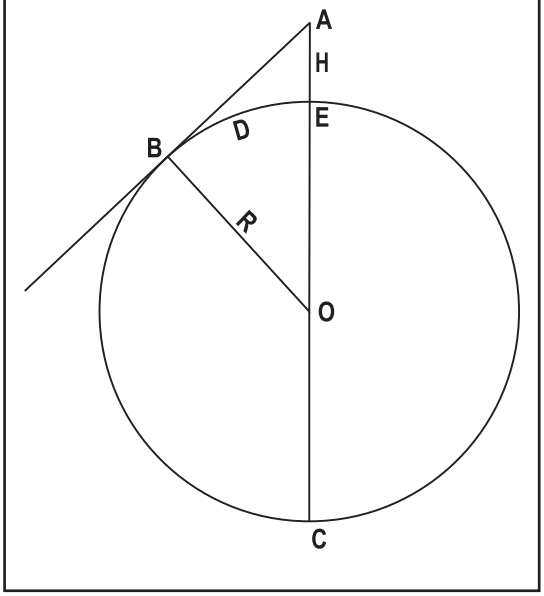
No caso de corpos que emitem luz, como os faróis, a visibilidade, evidentemente, é função, também, da intensidade e da cor da luz emitida.

1. ALTITUDES DO OBSERVADOR E DO OBJETO VISADO

Em condições atmosféricas idênticas, um observador avistará objetos a distâncias tanto maiores quanto maiores forem as altitudes do observador e do objeto visado.

Conforme o esquema contido na Figura 13B.1, um observador A, situado a uma altitude H, estará a uma distância do horizonte EB praticamente igual à distância AB, em virtude da relação entre a altitude (H) e o raio da Terra (R = OB = OE).

Figura 13B.1 - Distância ao Horizonte



Da Figura 13B.1 obtém–se:

$AB^2 = AC \times AE$; ou

$D^2 = (2R + H).H = 2RH + H^2 \rightarrow D = \sqrt{2HR\,(1+\frac{H}{2R})}$ e, como o fator entre parênteses é praticamente igual à unidade, pode-se escrever $D = \sqrt{2HR}$.
Tomando R = 6.368.000 metros (Lat = 42º) e exprimindo D em milhas, vem:

$D = (1/1.852)\ \sqrt{(2 \times 6.368.000 \times H} \rightarrow$

$D = (3.568,756/1.852)\ \sqrt{H} = 1,927\ \sqrt{H} \rightarrow$ aproximando, obtém-se:

$$\mathbf{D = 1,93\ \sqrt{H}}$$

Uma outra maneira de deduzir essa fórmula é a seguinte: na Figura 13B.2, no triângulo AOB tem-se: cos ß = R / (R + H), em que R e H são expressos na mesma unidade.

A simplificação desta fórmula conduz a:

$\beta = \sqrt{2H/R}$ radianos.

Assim, pode-se agora calcular a distância D.

O comprimento do arco EB em milhas náuticas é igual ao número de minutos de arco do ângulo ß. A fim de obter D em milhas náuticas, tem-se que converter ß de radianos para minutos de arco.

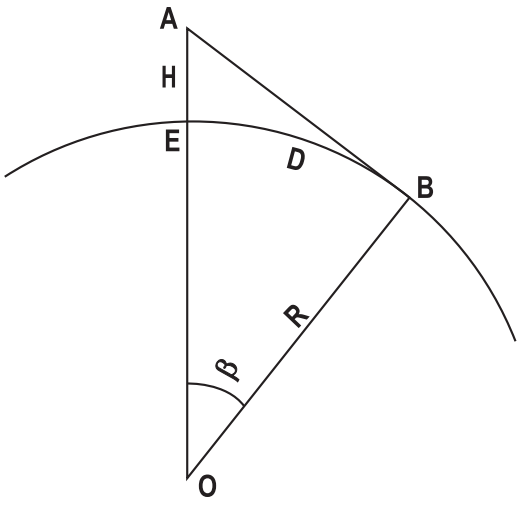
Para isso:

$D = 3.438 \sqrt{2H/R}$ (milhas náuticas).

Fazendo-se R = 6.368.000 m, obtém-se:

$D = 1{,}927 \sqrt{H}$ ou, aproximando: $D = 1{,}93 \sqrt{H}$.

Figura 13B.2 – Horizonte Geométrico



Poder-se-ia, também, obter D diretamente da equação ß = fazendo-se:

$D = R.\beta = R \sqrt{2H/R} = \sqrt{2HR} = 1{,}93 \sqrt{2H}$, sendo D em milhas náuticas e H em metros.

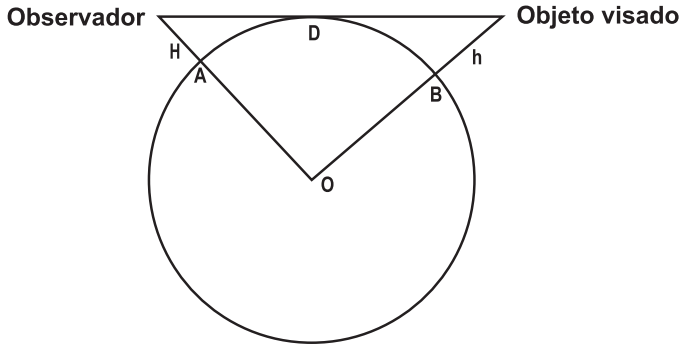
Então, esta fórmula fornece a distância absoluta ao horizonte, em milhas, em função da altitude do observador, em metros. Na prática, pode-se adotar o valor $D = 2 \sqrt{H}$.

A distância a que um observador, situado a uma altitude H (Figura 13B.3), poderá avistar um objeto de altitude h será, evidentemente, a soma das duas distâncias ao horizonte:

$$\mathbf{D = 1{,}93 (\sqrt{H} + \sqrt{h})}$$

Da mesma forma, na prática, será suficiente adotar o valor $D = 2 (\sqrt{H} + \sqrt{h})$.

Figura 13B.3 – Alcance Geográfico



2. REFRAÇÃO ATMOSFÉRICA

Considerou-se, até agora, o raio luminoso propagando-se em linha reta, o que, na realidade, não acontece, em virtude do fenômeno da refração.

Denomina-se **refração** à inclinação dos raios luminosos resultantes de sua passagem por sucessivas camadas atmosféricas de densidades diferentes.

Nas camadas inferiores da atmosfera, os raios luminosos e as ondas eletromagnéticas centimétricas (ondas radar) são refratados de maneira similar, de modo que seguem uma trajetória curva. A curvatura depende dos gradientes verticais de temperatura e umidade, sendo, portanto, variável. Valores médios foram determinados, após um grande número de

observações, para vários lugares da Terra, tendo-se verificado que, para conveniência de cálculo, a trajetória dos raios luminosos (e das ondas radar) pode ser considerada um arco de círculo.

O efeito normal da refração que resulta da propagação dos raios luminosos pelas camadas atmosféricas próximas à superfície da Terra (às vezes denominada, por isso, refração terrestre) é elevar os objetos, tendendo a aumentar o alcance geográfico.

Para aplicação imediata do navegante, a DHN inclui na Lista de Faróis a Tabela de Alcance Geográfico, reproduzida na Figura 13B.6 ao final deste Apêndice, em cujo cálculo já foi aplicado o valor da refração considerada normal nas águas brasileiras. No cálculo da tabela foi empregada a fórmula $D = 1{,}927\ (\sqrt{\mathbf{H}} + \sqrt{\mathbf{h}})$.

A tabela fornece o alcance geográfico em milhas náuticas, entrando-se com a altura sobre o nível do mar em que se encontra o olho do observador (isto é, a altitude do observador), em metros, e a elevação do objeto visado sobre o nível médio do mar (ou seja, sua altitude), também em metros.

EXEMPLO:

Altitude do observador: h = 9m; altitude do objeto visado: H = 16m. Pela tabela, o alcance geográfico D é igual a 13,5 milhas. Pela fórmula simplificada, $D = 2(\sqrt{9} + \sqrt{16}) = 14$ milhas náuticas.

Verifica-se, portanto, que a omissão da refração e a utilização da fórmula simplificada conduziram a um erro de pouca significação para um conhecimento rápido do alcance geográfico.

No uso da Tabela de Alcance Geográfico (Figura 13B.6), será suficiente fazer uma interpolação aritmética quando os elementos de entrada não estiverem tabulados.

3. TRANSPARÊNCIA DA ATMOSFERA

A visibilidade no mar também é função da transparência da atmosfera.

Os meios óticos são mais ou menos transparentes, absorvendo/dispersando diferentemente a energia luminosa que os atravessa.

Durante sua transmissão na atmosfera, a energia luminosa é atenuada por absorção e dispersão pelas moléculas de ar, em especial pela ação das partículas de água e de poeira em suspensão no ar.

À proporção que a altitude aumenta, mais seco é o ar, mais límpida é a atmosfera, melhor se propaga a luz e maiores distâncias são alcançadas. Entretanto, interessa ao navegante a transparência atmosférica nas camadas mais baixas, onde são frequentes as garoas, chuvas, névoas secas, cerrações, brumas ou nevoeiros.

As variações da transparência ocorrem, principalmente, devido à ação mais ou menos difusora das partículas de água e de poeira em suspensão na atmosfera, segundo suas dimensões, sua natureza, suas cores e as dos feixes luminosos que as atravessam. Observa- se, por exemplo, que a difusão decorrente do nevoeiro é maior que a da chuva e esta é tanto mais prejudicial quanto mais fina. Verifica-se, assim, que a transparência atmosférica varia principalmente com o estado higrométrico do ar e com a quantidade e as dimensões das poeiras que nele flutuam. Estas são, pois, as causas que afetam a transparência.

Conforme visto, a atmosfera absorve parte da energia luminosa que nela se propaga. A magnitude dessa absorção depende das condições atmosféricas reinantes. O fator de transparência atmosférica, ou coeficiente de transparência atmosférica (T), indica a quantidade de transmissão de luz, por milha náutica, através da atmosfera.

Assim, o coeficiente de transparência atmosférica (T) representa a relação entre a quantidade de luz recebida (Q') e a quantidade emitida (Q), após ter-se propagado por 1 milha náutica. Este fator é sempre inferior à unidade.

$$T = \frac{Q'}{Q}$$

Um fator (T) = 0,85 significa que o raio luminoso, ao percorrer 1 milha náutica, tem sua intensidade luminosa reduzida para oitenta e cinco por cento (85%), havendo uma absorção através da atmosfera de quinze por cento (15%).

Para o Atlântico Norte e condições similares, é costume adotar para coeficiente de transparência atmosférica (T) o valor 0,74. Para áreas tropicais, nas quais se inclui a costa brasileira, usa-se T = 0,85.

Ainda relacionado com a transparência atmosférica está o conceito de visibilidade, que é a propriedade da atmosfera que determina a aptidão de um observador ver e identificar, durante o dia, objetos notáveis e, durante a noite, luzes ou corpos iluminados. A medida desta propriedade é expressa em unidades de distância.

A visibilidade meteorológica é determinada como a maior distância da qual um objeto negro, de dimensões apropriadas, pode ser visto e reconhecido, durante o dia, contra o céu no horizonte, ou, durante a noite, se a iluminação do ambiente for tal qual a do período diurno. Tem como símbolo "V" e, em meteorologia marinha, seu valor é dado em milhas náuticas.

Existe uma relação entre a visibilidade meteorológica (V) e o coeficiente de transparência atmosférica (T), ou seja: $T = (0,05)^{1/V}$, em que T e V devem ser expressos nas mesmas unidades. Esta fórmula permite construir uma tabela que relacione T e V, como mostrada na Figura 13B.4.

Figura 13B.4 – Relação entre Transparência e Visibilidade

Fator T	Visibilidade meteorológica (milhas náuticas)
0,10	1,3
0,20	1,8
0,30	2,5
0,40	3,2
0,50	4,3
0,60	6,0
0,70	8,5
0,74	10,0
0,80	14,0
0,85	18,4
0,90	29,0
1,00	ILIMITADA (TEÓRICA)

4. CONDIÇÕES INERENTES AO OBJETO

Dimensões – a distância a que um objeto é visível varia proporcionalmente à superfície de sua seção máxima em um plano perpendicular à direção em que o objeto é visado. Por exemplo, suponha-se que a torre cilíndrica de um farol, em vez de fixada no solo, estivesse no ar, com sua base constantemente voltada para o observador. A área máxima acima referida seria, nesse caso, a própria área da base, muito menor do que a dimensão principal do caso real. É claro que o farol, naquelas condições, só seria visível a uma pequena distância, tanto menor quanto maior fosse a diferença entre as duas áreas.

No caso da visibilidade no mar, há ainda a assinalar a preponderância das dimensões verticais, o que explica a facilidade com que são avistadas colunas de faróis, chaminés, mastros, torres e outras estruturas verticais, relativamente a longos, porém baixos, trechos da costa, ou edificações alongadas e de pequena altura.

Natureza – quanto à facilidade com que são avistados ao longe, os objetos podem ser refletivos ou difusores, de acordo com a sua capacidade de enviar, em determinada direção, uma maior ou menor quantidade da luz recebida.

Cor – a visibilidade é, ainda, função da cor do objeto. A capacidade de refletir a luz varia com a tonalidade da cor, sendo maior nas cores claras e menores nas escuras.

Os números a seguir indicam, aproximadamente, para as diversas cores, a capacidade de refletir a luz:

Branco	→	70 a 80%
Amarelo	→	50 a 75%
Cinza claro	→	50 a 70%
Azul	→	30 a 50%
Verde	→	15 a 40%
Encarnado	→	20 a 30%
Cores escuras	→	5 a 10%
Preto	→	0%

Sobre a cor, é preciso considerar, também, o contraste do objeto com o fundo em que é projetado. Sendo esse um fator de elevada importância na visibilidade, é fundamental levá-lo em conta ao ser estudada a cor que deverá ter a estrutura de um farol.

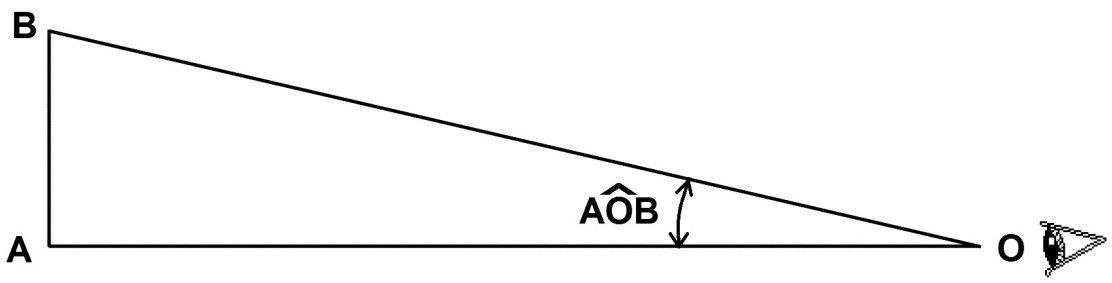
5. CAPACIDADE VISUAL DO OBSERVADOR

Acuidade visual, também denominada “poder separador do olho”, é a menor distância angular que deve haver entre dois pontos, para que o olho possa distingui-los um do outro.

Quanto menor for o ângulo, maior será a acuidade visual. Como apresentado no esquema contido na Figura 13B.5, um observador O distinguirá a imagem AB quando o ângulo AÔB,

formado pelos raios visuais que subtendem os extremos dessa imagem, for igual ou superior à sua **acuidade visual.**

Figura 13B.5 – Acuidade Visual



Vistas sob ângulos menores, as imagens apresentam um caráter pontual, pois deixa de ser percebida a relação entre as dimensões.

A acuidade visual de um olho normal, chamada "**acuidade visual padrão**", foi experimentalmente determinada, obtendo–se os seguintes valores:

afastamento angular vertical → 1'

afastamento angular horizontal → 5'

Pode-se, a partir disso, também, inferir a razão da maior facilidade de o navegante avistar os corpos dos faróis, chaminés, mastros, torres e outras estruturas predominantemente verticais, em relação a longos, porém baixos, trechos da costa, ou edificações alongadas e de pouca altura.

Da Figura 13B.5, pode-se concluir que:

AB = AO tg AÔB

AO = AB cotg AÔB

No caso da **Distância Angular Vertical**, ter-se-á:

AB = AO tg 1' = 0,00029 AO

AO = AB cotg 1' = 3.438 AB

Assim, poderão ser distinguidos dois pontos verticalmente afastados:

- de um metro, à distância de 3.438 metros;
- de um decímetro, à distância de 344 metros;
- de um centímetro, à distância de 34 metros; e
- de um milímetro, à distância de 3 metros.

No caso da **Distância Angular Horizontal**, teremos:

AB = AO tg 5' = 0,00145 AO

AO = AB cotg 5' = 688 AB

Então, poderão ser distinguidos dois pontos horizontalmente afastados:

- de um metro, à distância de 688 metros;

- de um decímetro, à distância de 69 metros;
- de um centímetro, à distância de 7 metros; e
- de um milímetro, à distância de 7 decímetros.

O ângulo mínimo de visão distinta aumenta com a miopia do observador e com a obscuridade do fundo em que a imagem se projeta.

No caso de o observador utilizar um binóculo para visar o objeto, as distâncias acima devem ser multiplicadas pelo fator de aumento dos binóculos.

Um binóculo 7x50, do tipo normalmente encontrado nos passadiços dos navios, tem um fator de aumento igual a 7. Desta forma, dois pontos verticalmente afastados de 1 metro poderão ser distinguidos a uma distância máxima de: 3.438 x 7 = 24.066m = 13 milhas (dependendo das condições de visibilidade e de estar dentro do alcance geográfico correspondente às altitudes do observador e do objeto visado).

Figura 13B.6 – Tabela de Alcance Geográfico

TABELA DE ALCANCE GEOGRÁFICO

Elevação em metros (H)	Altura dos olhos do observador em metros (h)																					
m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	35	40	45
	Alcance em milhas náuticas = 1,927 (√H + √h)																					
0	1,9	2,7	3,3	3,9	**4,3**	4,7	5,1	5,5	5,8	6,1	6,7	7,2	7,7	8,2	8,6	9,0	9,4	9,8	10,2	10,6	11,4	12,2	12,9
1	3,9	4,7	5,3	5,8	**6,2**	6,6	7,8	7,4	7,7	8,0	8,6	9,1	9,6	10,1	10,5	11,0	11,4	11,8	12,1	12,5	13,3	14,1	14,9
2	4,7	5,5	6,1	6,6	**7,0**	7,4	7,8	8,2	8,5	8,8	9,4	9,9	10,4	10,9	11,3	11,8	12,2	12,6	12,9	13,3	14,1	14,9	15,7
3	5,3	6,1	6,7	7,2	**7,6**	8,1	8,4	8,8	9,1	9,4	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,4	12,8	13,2	13,5	13,9	14,7	15,5	16,3
4	5,8	6,6	7,2	7,7	**8,2**	8,6	9,0	9,3	9,6	9,9	10,5	11,1	11,6	12,0	12,5	12,9	13,3	13,7	14,1	14,4	15,3	16,0	16,8
5	6,2	7,0	7,6	8,2	**8,6**	9,0	9,4	9,8	10,1	10,4	11,0	11,5	12,0	12,5	12,9	13,3	13,7	14,1	14,5	14,9	15,7	16,5	17,2
6	6,6	7,4	8,1	8,6	**9,0**	9,4	9,8	10,2	10,5	10,8	11,4	11,9	12,4	12,9	13,3	13,8	14,2	14,5	14,9	15,3	16,1	16,9	17,6
7	7,0	7,8	8,4	9,0	**9,4**	9,8	10,2	10,5	10,9	11,2	11,8	12,3	12,8	13,3	13,7	14,1	14,5	14,9	15,3	15,7	16,5	17,3	18,0
8	7,4	8,2	8,8	9,3	**9,8**	10,2	10,5	10,9	11,2	11,5	12,1	12,7	13,2	13,6	14,1	14,5	14,9	15,3	15,6	16,0	16,9	17,6	18,4
9	7,7	8,5	9,1	9,6	**10,1**	10,5	10,9	11,2	11,6	11,9	12,5	13,0	13,5	14,0	14,4	14,8	15,2	15,6	16,0	16,3	17,2	18,0	18,7
10	8,0	8,8	9,4	9,9	**10,4**	10,8	11,2	11,5	11,9	12,2	12,8	13,3	13,8	14,3	14,7	15,1	15,5	15,9	16,3	16,6	17,5	18,3	19,0
11	8,3	9,1	9,7	10,2	**10,7**	11,1	11,5	11,8	12,2	12,5	13,1	13,6	14,1	14,6	15,0	15,4	15,8	16,2	16,6	16,9	17,8	18,6	19,3
12	8,3	9,4	10,0	10,5	**11,0**	11,4	11,8	12,1	12,5	12,8	13,4	13,9	14,4	14,9	15,3	15,7	16,1	16,5	16,9	17,2	18,1	18,9	19,6
13	8,9	9,7	10,3	10,8	**11,3**	11,7	12,0	12,4	12,7	13,0	13,6	14,2	14,7	15,1	15,6	16,0	16,4	16,8	17,1	17,5	18,3	19,1	19,9
14	9,1	9,9	10,5	11,1	**11,5**	11,9	12,3	12,7	13,0	13,3	13,9	14,4	14,9	15,4	15,8	16,2	16,7	17,0	17,4	17,8	18,6	19,4	20,1
15	9,4	10,2	10,8	11,3	**11,8**	12,2	12,6	12,9	13,2	13,6	14,1	14,7	15,2	15,6	16,1	16,5	16,9	17,3	17,7	18,0	18,9	19,7	20,4
16	9,6	10,4	11,0	11,6	**12,0**	12,4	12,8	13,2	13,5	13,8	14,4	14,9	15,4	15,9	16,3	16,7	17,1	17,5	17,9	18,3	19,1	19,9	20,6
17	9,9	10,7	11,3	11,8	**12,3**	12,7	13,0	13,4	13,7	14,0	14,6	15,2	15,7	16,1	16,6	17,0	17,4	17,8	18,1	18,5	19,3	20,1	20,9
18	10,1	10,9	11,5	12,0	**12,5**	12,9	13,3	13,6	14,0	14,3	14,9	15,4	15,9	16,4	16,8	17,2	17,6	18,0	18,4	18,7	19,6	20,4	21,1
19	10,3	11,1	11,7	12,3	**12,7**	13,1	13,5	13,8	14,2	14,5	15,1	15,6	16,1	16,6	17,0	17,4	17,8	18,2	18,6	19,0	19,8	20,6	21,3
20	10,5	11,3	12,0	12,5	**12,9**	13,3	13,7	14,1	14,4	14,7	15,3	15,8	16,3	16,8	17,2	17,7	18,1	18,4	18,8	19,2	20,0	20,8	21,5
22	11,0	11,8	12,4	12,9	**13,3**	13,8	14,1	14,5	14,8	15,1	15,7	16,2	16,7	17,2	17,7	18,1	18,5	18,9	19,2	19,6	20,4	21,2	22,0
24	11,4	12,2	12,8	13,3	**13,7**	14,2	14,5	14,9	15,2	15,5	16,1	16,7	17,1	17,6	18,1	18,5	18,9	19,3	19,6	20,0	20,8	21,6	22,4
26	11,8	12,6	13,2	13,7	**14,1**	14,5	14,9	15,3	15,6	15,9	16,5	17,0	17,5	18,0	18,4	18,9	19,3	19,7	20,0	20,4	21,2	22,0	22,8
28	12,1	12,9	13,5	14,1	**14,5**	14,9	15,3	15,6	16,0	16,3	16,9	17,4	17,9	18,4	18,8	19,2	19,6	20,0	20,4	20,8	21,6	22,4	23,1
30	12,5	13,3	13,9	14,4	**14,9**	15,3	15,7	16,0	16,3	16,6	17,2	17,8	18,3	18,7	19,2	19,6	20,0	20,4	20,8	21,1	22,0	22,7	23,5
35	13,3	14,1	14,7	15,3	**15,7**	16,1	16,5	16,9	17,2	17,5	18,1	18,6	19,1	19,6	20,0	20,4	20,8	21,2	21,6	22,0	22,8	23,6	24,3
40	14,1	14,9	15,5	16,0	**16,5**	16,9	17,3	17,6	18,0	18,3	18,9	19,4	19,9	20,4	20,8	21,2	21,6	22,0	22,4	22,7	23,6	24,4	25,1
45	14,9	15,7	16,3	16,8	**17,2**	17,6	18,0	18,4	18,7	19,0	19,6	20,1	20,6	21,1	21,5	22,0	22,4	22,8	23,1	23,5	24,3	25,1	25,9
50	15,6	16,4	17,0	17,5	**17,9**	18,3	18,7	19,1	19,4	19,7	20,3	20,8	21,3	21,8	22,2	22,7	23,1	23,5	23,8	24,2	25,0	25,8	26,6
55	16,2	17,0	17,6	18,1	**18,6**	19,0	19,4	19,7	20,1	20,4	21,0	21,5	22,0	22,5	22,9	23,3	23,7	24,1	24,5	24,8	25,7	26,5	27,2
60	16,9	17,7	18,3	18,8	**19,2**	19,6	20,0	20,4	20,7	21,0	21,6	22,1	22,6	23,1	23,5	24,0	24,4	24,8	25,1	25,5	26,3	27,1	27,9
65	17,5	18,3	18,9	19,4	**19,8**	20,3	20,6	21,0	21,3	21,6	22,2	22,7	23,2	23,7	24,2	24,6	25,0	25,4	25,7	26,1	26,9	27,7	28,5
70	18,0	18,8	19,5	20,0	**20,4**	20,8	21,2	21,6	21,9	22,2	22,8	23,3	23,8	24,3	24,7	25,2	25,6	25,9	26,3	26,7	27,5	28,3	29,0
75	18,6	19,4	20,0	20,5	**21,0**	21,4	21,8	22,1	22,5	22,8	23,4	23,9	24,4	24,9	25,3	25,7	26,1	26,5	26,9	27,2	28,1	28,9	29,6
80	19,2	20,0	20,6	21,1	**21,5**	22,0	22,3	22,7	23,0	23,3	23,9	24,4	24,9	25,4	25,9	26,3	26,7	27,1	27,4	27,8	28,6	29,4	30,2
85	19,7	20,5	21,1	21,6	**22,1**	22,5	22,9	23,2	23,5	23,9	24,4	25,0	25,5	25,9	26,4	26,6	27,2	27,6	28,0	28,3	29,2	30,0	30,7
90	20,2	21,0	21,6	22,1	**22,6**	23,0	23,4	23,7	24,1	24,4	25,0	25,5	26,0	26,5	26,9	27,3	27,7	28,1	28,5	28,8	29,7	30,5	31,2
95	20,7	21,5	22,1	22,6	**23,1**	23,5	23,9	24,2	24,6	25,4	25,5	26,0	26,5	27,0	27,4	27,8	28,2	28,6	29,0	29,3	30,2	31,0	31,7
100	21,2	22,0	22,6	23,1	**23,6**	24,0	24,4	24,7	25,1	26,3	25,9	26,5	27,0	27,4	27,9	28,3	28,7	29,1	29,5	29,8	30,7	31,5	32,2
110	22,1	22,9	23,5	24,1	**24,5**	24,9	25,3	25,7	26,0	27,2	26,9	27,4	27,9	28,4	28,8	29,2	29,7	30,0	30,4	30,8	31,6	32,4	33,1
120	23,0	23,8	24,4	25,0	**25,4**	25,8	26,2	26,6	26,9	28,1	27,8	28,3	28,8	29,3	29,7	30,1	30,5	30,9	31,3	31,7	32,5	33,3	34,0
130	23,9	24,7	25,3	25,8	**26,3**	26,7	27,1	27,4	27,8	28,9	28,6	29,2	29,7	30,1	30,6	31,0	31,4	31,8	32,2	32,5	33,4	34,2	34,9
140	24,7	25,5	26,1	26,7	**27,1**	27,5	27,9	28,3	28,6	29,7	29,5	30,0	30,5	31,0	31,4	31,8	32,2	32,6	33,0	33,4	34,2	35,0	35,7
150	25,5	26,3	26,9	27,5	**27,9**	28,3	28,7	29,1	29,4	30,5	30,3	30,8	31,3	31,8	32,2	32,6	33,0	33,4	33,8	34,2	35,0	35,8	36,5
160	26,3	27,1	27,7	28,2	**28,7**	29,1	29,5	29,8	30,2	30,7	31,1	31,6	32,1	32,6	33,0	33,4	33,8	34,2	34,6	34,9	35,8	36,6	37,3
170	27,1	27,9	28,5	29,0	**29,4**	29,8	30,2	30,6	30,9	31,2	31,8	32,3	32,8	33,3	33,7	34,2	34,6	35,0	35,3	35,7	36,5	37,3	38,1
180	27,8	28,6	29,2	29,7	**30,2**	30,6	31,0	31,3	31,6	31,9	32,5	33,1	33,6	34,0	34,5	34,9	35,3	35,7	36,1	36,4	37,3	38,0	38,8
190	28,5	29,3	29,9	30,4	**30,9**	31,3	31,7	32,0	32,3	32,7	33,2	33,8	34,3	34,7	35,2	35,6	36,0	36,4	36,8	37,1	38,0	38,7	39,5
200	29,2	30,0	30,6	31,1	**31,6**	32,0	32,4	32,7	33,0	33,3	33,9	34,5	35,0	35,4	35,9	36,3	36,7	37,1	37,4	37,8	38,7	39,4	40,2
220	30,5	31,3	31,9	32,4	**32,9**	33,3	33,7	34,0	34,4	34,7	35,3	35,8	36,3	36,8	37,2	37,6	38,0	38,4	38,8	39,1	40,0	40,8	41,5
240	31,8	32,6	33,2	33,7	**34,2**	34,6	35,0	35,3	35,6	35,9	36,5	37,1	37,6	38,0	38,5	38,9	39,3	39,7	40,0	40,4	41,3	42,0	42,8
260	33,0	33,8	34,4	34,9	**35,4**	35,8	36,2	36,5	36,9	37,2	37,7	38,3	38,8	39,2	39,7	40,1	40,5	40,7	41,3	41,6	42,5	43,3	44,0
280	34,2	35,0	35,6	36,1	**36,6**	37,0	37,3	37,7	38,0	38,3	38,9	39,5	40,0	40,4	40,9	41,3	41,7	42,1	42,4	42,8	43,6	44,4	45,2
300	35,3	36,1	36,7	37,2	**37,7**	38,1	38,5	38,8	39,2	39,5	40,1	40,6	41,4	41,6	42,0	42,4	42,8	43,2	43,6	43,9	44,8	45,6	46,3
320	36,4	37,2	37,8	38,3	**38,8**	39,2	39,6	39,9	40,3	40,6	41,1	41,7	42,2	42,6	43,1	43,5	43,9	44,3	44,7	45,0	45,9	46,7	47,4
340	37,5	38,3	38,9	39,4	**39,8**	40,3	40,6	41,0	41,3	41,6	42,2	42,7	43,2	43,7	44,1	44,6	45,0	45,4	45,7	46,1	46,9	47,7	48,5
360	38,5	39,3	39,9	40,4	**40,9**	41,3	41,7	42,0	42,3	42,7	43,2	43,8	44,3	44,7	45,2	45,6	46,0	46,4	46,8	47,1	48,0	48,7	49,5
380	39,5	40,3	40,9	41,4	**41,9**	42,3	42,7	43,0	43,3	43,7	44,2	44,8	45,3	45,7	46,2	46,6	47,0	47,4	47,8	48,1	49,0	49,8	50,5
400	40,5	41,3	41,9	42,4	**42,8**	43,3	43,6	44,0	44,3	44,6	45,2	45,8	46,2	46,7	47,2	47,6	48,0	48,0	48,7	49,1	49,9	50,7	51,5

APÊNDICE C AO CAPÍTULO 13

SISTEMA DE BALIZAMENTO MARÍTIMO DA IALA

Os quadros contidos no presente Apêndice, que apresentam as características das luzes exibidas pelos sinais de auxílio à navegação adotados no Brasil, conforme o Sistema de Balizamento Marítimo da IALA para a Região "B", com suas respectivas descrições e representações cartográficas, constam da Lista de Faróis – 37ª Edição, 2020-2021, publicada pela DHN.

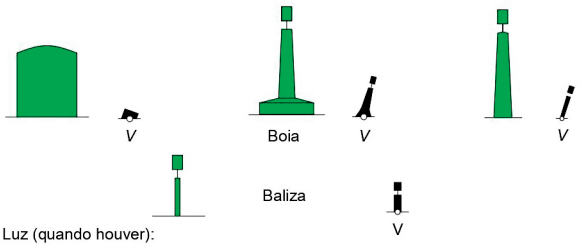
REGIÃO "B"
SISTEMA DE BALIZAMENTO MARÍTIMO DA IALA
BALIZAMENTO CEGO E LUMINOSO
SINAIS LATERAIS

BOMBORDO

Cor: verde

Formato: cilíndrico, pilar ou charuto

Tope (se houver): cilindro verde



Luz (quando houver):

Cor: verde

Ritmo: qualquer, exceto Lp (2 + 1)



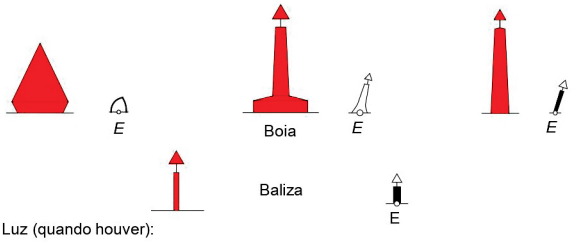
Para serem deixadas por bombordo por quem entra nos portos. Quando luminosa, a boia exibe luz verde com qualquer ritmo, exceto grupo de lampejos compostos (2 + 1) por período.

BORESTE

Cor: encarnada

Formato: cônico, pilar ou charuto

Tope (se houver): cone encarnado com o vértice para cima



Luz (quando houver):

Cor: encarnada

Ritmo: qualquer, exceto Lp (2 + 1)



Para serem deixados por boreste por quem entra nos portos. Quando luminosa, a boia exibe luz encarnada com qualquer ritmo, exceto grupo de lampejos compostos (2 + 1) por período.

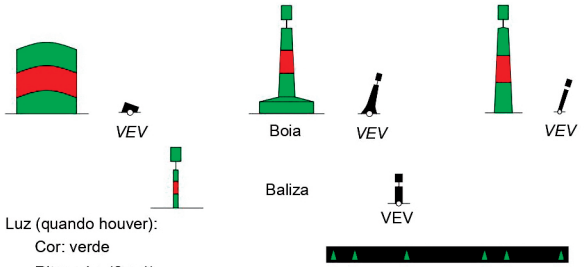
CANAL PREFERENCIAL A BORESTE

(BOMBORDO MODIFICADO)

Cor: verde com uma faixa larga horizontal encarnada

Formato: cilíndrico, pilar ou charuto

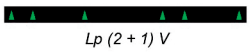
Tope (se houver): cilindro verde



Luz (quando houver):

Cor: verde

Ritmo: Lp (2 + 1)





Quando um canal se bifurca e o canal preferencial for a boreste, o sinal lateral de bombordo modificado, pode ser usado. Quando luminosa, a boia exibe luz verde com um grupo de lampejos compostos (2 +1) por período.

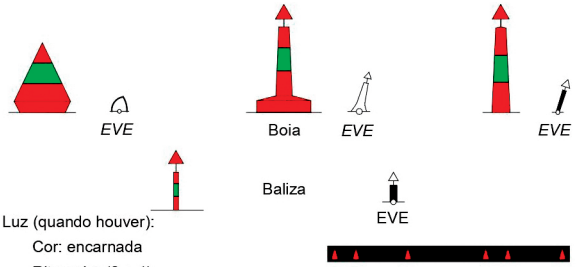
CANAL PREFERENCIAL A BOMBORDO

(BORESTE MODIFICADO)

Cor: encarnada com uma faixa larga horizontal verde

Formato: cônico, pilar ou charuto

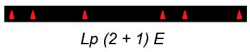
Tope (se houver): cone encarnado com o vértice para cima



Luz (quando houver):

Cor: encarnada

Ritmo: Lp (2 + 1)





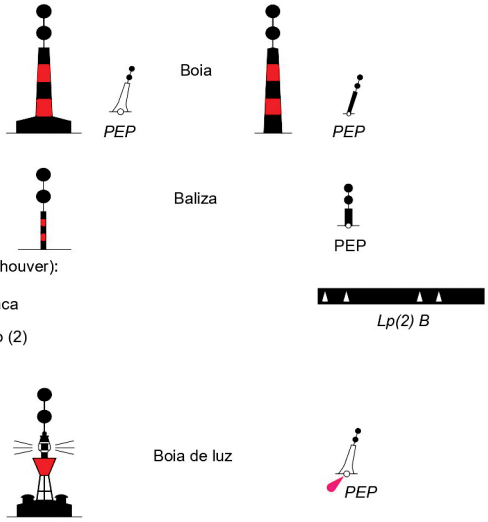
Quando um canal se bifurca e o canal preferencial for a bombordo, o sinal lateral de boreste modificado, pode ser usado. Quando luminosa, a boia exibe luz encarnada com um grupo de lampejos compostos (2 + 1) por período.

PERIGO ISOLADO

Tope: duas esferas pretas, uma sobre a outra

Cor: preta com uma ou mais faixas largas horizontais encarnadas

Formato: pilar ou charuto



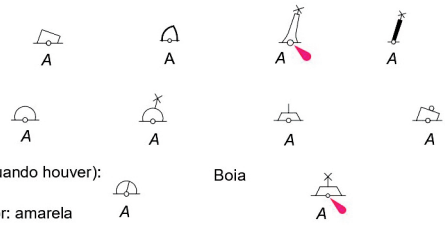
Indicam perigos isolados. O sinal de perigo isolado é aquele construído sobre, ou fundeado junto ou sobre um perigo que tenha águas navegáveis em toda a sua volta. Quando luminosa, a boia exibe luz branca com dois lampejos por período.

BALIZAMENTO ESPECIAL

Tope (se houver): formato de "X" amarelo

Cor: amarela

Formato: opcional, mas sem conflitar com outros sinais



Ritmo:
Oc (...);
Lp. (exceto LpL 10s);
Lp (4), Lp (5) ou Lp (6);
Lp (...+...); ou
Mo (exceto "A" ou "U").

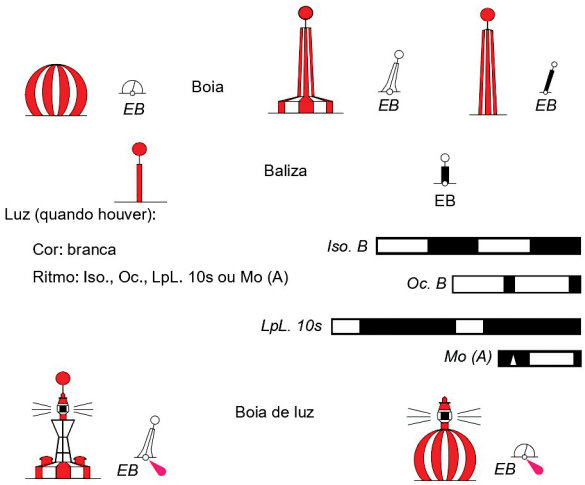
Sinais que não são primordialmente destinados a orientar a navegação mas que indicam uma área ou característica especial mencionada em documentos náuticos apropriados. Exemplo: boias oceanográficas; sinais de separação de tráfego, onde o uso de sinalização convencional de canal possa causar confusão; área de despejos; área de exercícios militares; cabo ou tubulação submarina; área de recreação; prospecções geológicas; dragagens; varreduras; ruínas; áreas de segurança e outros fins especiais.

ÁGUAS SEGURAS

Tope: (se houver): uma esfera encarnada

Cor: faixas verticais encarnadas e brancas

Formato: esférico, pilar ou charuto exibem tope esférico



Indicam águas navegáveis em torno do sinal; incluem sinais de linha de centro, e sinais de meio de canal. Quando luminosa, a boia exibe luz branca isofásica ou de ocultação ou de lampejo longo a cada 10 segundos ou em código Morse exibindo a letra "A".

NOVOS PERIGOS

O termo "Novo Perigo" é usado para descrever obstruções recentemente descobertas e ainda não indicadas em cartas e documentos náuticos. Os novos perigos incluem obstruções como bancos de areia, rochas ou perigos resultantes da ação do homem tais como cascos soçobrados.

Sinalização de novos perigos:

1. Os novos perigos devem ser balizados de acordo com as presentes normas. Se o perigo oferecer risco especialmente grave à navegação, no mínimo um dos sinais usados para balizá-lo deverá ser duplicado por um sinal adicional.

2. Qualquer sinal luminoso com o propósito de assinalar novos perigos deve ter a característica luminosa cardinal ou lateral (MR) ou (R).

3. Qualquer sinal usado para duplicação deve ser idêntico ao seu par em todos os aspectos.

4. Um novo perigo pode ser defendido por um sinal de racon codificado "D" mostrando um comprimento de uma milha náutica na tela do radar.

5. O sinal usado para duplicação pode ser retirado quando se julgar que o novo perigo que ele assinala já teve sua existência suficientemente divulgada.

SINAIS CARDINAIS

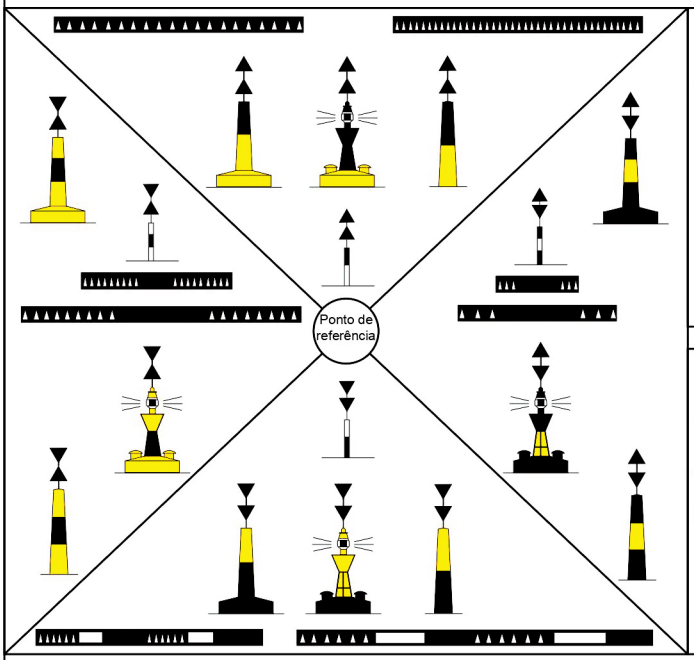
1. Os quatro quadrantes (Norte, Sul, Leste e Oeste) são limitados pelas direções verdadeiras NW—NE, NE—SE, SE—SW, SW—NW, tomados a partir do ponto de referência.
2. O ponto de referência indica o ponto a ser defendido ou indicado pelo sinal.
3. Um sinal cardinal recebe o nome do quadrante no qual ele se encontra.
4. O nome de um sinal cardinal indica o quadrante em que o navegante deve se manter; o referido quadrante tem centro no ponto de referência.

   Eles podem ser usados, por exemplo:

   a) Para indicar que as águas mais profundas estão no quadrante designado pelo sinal;

   b) Para indicar o quadrante seguro em que o sinal deve ser deixado para ultrapassar um perigo; e

   c) Para chamar atenção para um ponto notável num canal tal como uma mudança de direção, uma junção, uma bifurcação, ou o fim de um baixio.



SINAL CARDINAL NORTE

Tope: dois cones pretos, um sobre o outro, com vértices para cima

Cor: preta sobre amarela

Formato: pilar ou charuto

Luz (quando houver):

Cor: branca

Ritmo: R ou MR

SINAL CARDINAL LESTE

Tope: dois cones pretos, um sobre o outro base a base

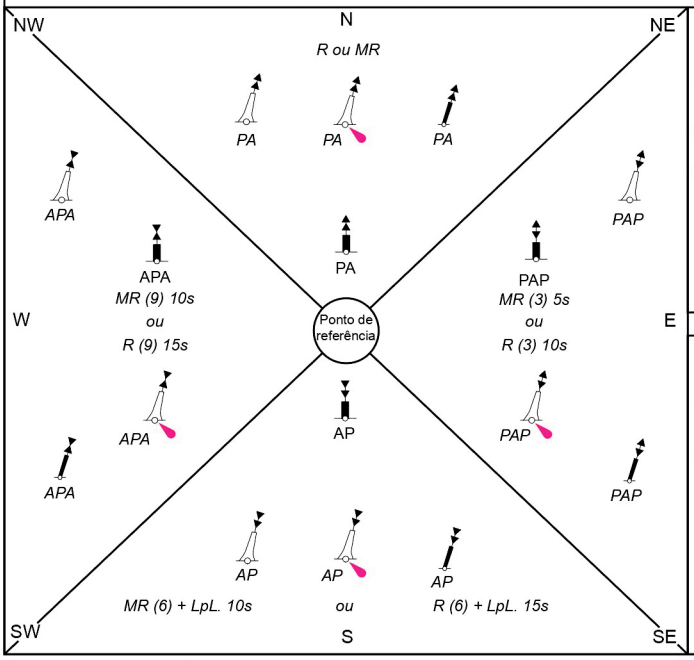
Cor: preta com uma faixa larga horizontal amarela

Formato: pilar ou charuto

Luz (quando houver):

Cor: branca

Ritmo: MR (3) 5s ou R (3) 10s



SINAL CARDINAL SUL

Tope: dois cones pretos, um sobre o outro, com vértices para baixo

Cor: amarela sobre preta

Formato: pilar ou charuto

Luz (quando houver):

Cor: branca

Ritmo: MR (6) + LpL. 10s ou R (6) + LpL. 15s

SINAL CARDINAL OESTE

Tope: dois cones pretos, um sobre o outro ponta a ponta

Cor: amarela com uma faixa larga horizontal preta

Formato: pilar ou charuto

Luz (quando houver):

Cor: branca

Ritmo: MR (9) 10s ou R (9) 15s

14

NAVEGAÇÃO RADAR

14.1 EQUIPAMENTO RADAR

14.1.1 DESENVOLVIMENTO E CLASSIFICAÇÃO

O **Radar**, abreviatura derivada da expressão, em inglês, "***Radio Detection And Ranging***", tem origem antiga. A formulação matemática básica é encontrada nas Equações de Maxwell, apresentadas em 1871, que permitiram um estudo amplo e profundo dos fenômenos de propagação das ondas eletromagnéticas. Os trabalhos de Maxwell foram confirmados por Hertz, em 1888. Em 1904, o alemão Hulsmeyer patenteava uma invenção denominada "Método para informar ao observador a presença de objetos metálicos com ondas eletromagnéticas". Em 1922, Guglielmo Marconi apresentou um trabalho em que descrevia as possibilidades da radiodetecção (radiodeterminação) usando a reflexão das ondas eletromagnéticas.

Na década de 1930, com as ameaças de guerra, houve um acentuado impulso nas pesquisas em torno do Radar. A Inglaterra tomou a dianteira, ultrapassando os Estados Unidos e, em 1936, produzia um Radar com alcance de 35 milhas náuticas. Em 1938, foi instalada na costa leste da Inglaterra uma cadeia de estações radar, destinadas a detectar aviões inimigos e orientar as aeronaves de defesa aérea. Esse recurso possibilitou a vitória na "Batalha da Inglaterra". Em 1940, foi desenvolvida pela Universidade de Birmingham uma válvula capaz de produzir pulsos de elevada potência, trabalhando com comprimento de onda de 9 cm. Estava criada a Magnetron, que tornou possível a construção de equipamentos Radar de pequeno tamanho, para instalação a bordo de navios e aeronaves.

Após a 2ª Guerra Mundial, o Radar, até então de uso exclusivamente militar, passou a ser empregado em outras atividades e a ser fabricado comercialmente.

Os navios de guerra, dependendo de seu tipo e porte, muitas vezes possuem diversos equipamentos Radar, com diferentes finalidades. Os principais tipos são:

- **Radar de Busca de Superfície**, destinado a detectar alvos de superfície e determinar com precisão suas distâncias e marcações. As ondas eletromagnéticas são emitidas na direção da superfície do mar e, por isso, o Radar de Busca de Superfície é capaz de detectar não só embarcações, mas também aeronaves voando em baixa altitude. Ademais, o Radar de Busca de Superfície pode, também, prover informações para navegação.

- **Radar de Busca Aérea**, cujas funções principais são detectar alvos aéreos e determinar suas distâncias e marcações, a longa distância, pela manutenção de uma busca de 360° em torno do navio, até altitudes elevadas. Suas ondas eletromagnéticas são emitidas de modo a detectar alvos aéreos voando em altitudes médias e elevadas. Os Radares de Busca Aérea são de alta potência, maior do que a dos Radares de Busca de Superfície, para permitir a detecção de alvos pequenos a grandes distâncias, a fim de possibilitar alarme antecipado e garantir ao navio um tempo de reação adequado.

- **Radar de Busca Combinada**, que pode comportar-se ora como sendo de busca de superfície e ora como sendo de busca aérea.

- **Radar Determinador de Altitude** (***Height-Finding Radar*** ou ***Three-Coordinate Radar***), cuja função principal é determinar com precisão a distância, a marcação e a altitude de alvos aéreos detectados pelo Radar de Busca Aérea. Por isso, os Radares Determinadores de Altitude também são conhecidos como **Radares 3-D**. Estes radares também podem ser usados pelos controladores aéreos do navio para vetorar aeronaves da defesa aérea durante interceptação de alvos aéreos inimigos.

- **Radar de Direção de Tiro**, cujas principais funções são a aquisição de alvos originalmente detectados e designados pelos radares de busca, e a determinação de marcações e distâncias dos referidos alvos, com elevado grau de precisão. Alguns Radares de Direção de Tiro são usados para dirigir canhões, enquanto outros são empregados para dirigir mísseis. Uma vez adquirido pelo Radar de Direção de Tiro, os movimentos do alvo passam a ser automaticamente acompanhados, sendo este acompanhamento automático transmitido ao sistema de armas do navio, para sua orientação.

- **Radar de Aproximação de Aeronaves**, instalado em navios-aeródromos para orientar o pouso de aeronaves, especialmente em condições de má visibilidade. Os Radares de Aproximação têm curto alcance e buscam apenas em um setor (geralmente voltado para a popa do navio-aeródromo).

- **Radar de Navegação**, cujas principais finalidades são a obtenção de linhas de posição (LDP) para determinação da posição do navio na execução da navegação e a detecção e medição de distâncias e marcações para outras embarcações, a fim de evitar colisões no mar.

Além destes, os navios e aeronaves militares, orgânicas ou não, podem ser dotados com outros tipos de Radar, tal como o **Radar de Alarme Aéreo Antecipado**, conduzido pelas aeronaves AEW (***Airborne Early Warning***). As aeronaves AEW mais novas utilizam um único Radar 3-D para executar tanto a busca, como a determinação de altitude de alvos. Os interceptadores normalmente utilizam um único equipamento Radar, combinando busca e direção de tiro. As funções desse Radar são detectar aeronaves inimigas e possibilitar sua interceptação e destruição.

Os navios mercantes e demais embarcações normalmente dispõem apenas de equipamentos Radar destinados à navegação e ao acompanhamento de outros navios, de modo a evitar riscos de colisão. Nos navios de guerra menores, muitas vezes um único Radar de Busca de Superfície desempenha também as funções de Radar de Navegação.

Este capítulo apresentará um breve exame das características mais importantes de um sistema de Radar de Navegação e das técnicas fundamentais para sua operação, com as quais o navegante deve estar familiarizado, a fim de usar o Radar com eficácia, tanto na navegação como para evitar colisão no mar.

14.1.2 Princípio de Funcionamento e Componentes Básicos

a. Princípio de funcionamento

Embora os equipamentos Radar possam ser classificados, quanto ao tipo de modulação, em Radar de Pulsos, Radar de Onda Contínua e Radar Dopller, será apresentado apenas o princípio de funcionamento do Radar de Pulsos, pois este é, normalmente, o tipo de Radar empregado na navegação marítima.

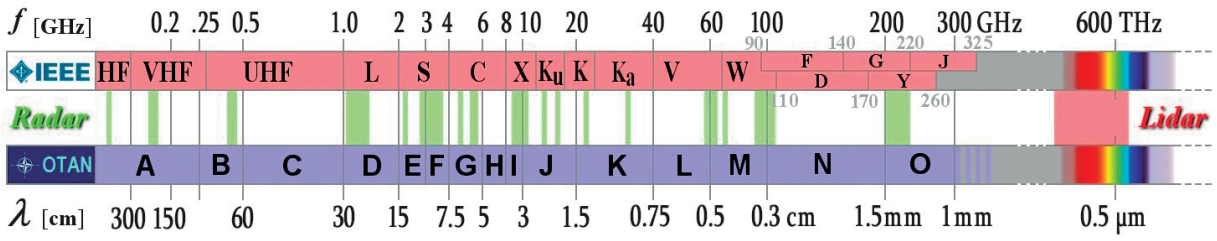
O princípio básico do Radar de Navegação é a determinação de distância para um objeto, ou "alvo", pela medida do tempo requerido para um pulso de energia de radiofrequência (RF), transmitido sob a forma de onda, deslocar-se da fonte de referência até o alvo e retornar como um eco. O Radar de Navegação, como foi visto, é um radar de pulsos, que emite ondas de frequência muito elevada, em pulsos de duração extremamente curta, e mede o intervalo de tempo entre a transmissão do pulso e a recepção do eco proveniente do alvo. A metade do intervalo de tempo, multiplicada pela velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas, determina a distância do alvo. Os pulsos transmitidos pela antena formam um feixe que, no Radar de Navegação, é bastante estreito no plano horizontal, mas que pode ser bem mais largo no plano vertical. A antena é normalmente de forma parabólica e gira no sentido dos ponteiros do relógio, de forma a varrer 360° em torno de sua posição. A marcação do alvo é determinada pela orientação da antena no instante de recepção do eco por ele refletido.

Sendo a distância ao alvo determinada pela medição do tempo requerido para um pulso de energia deslocar-se até o alvo e retornar como um eco, é necessário que este ciclo seja completado antes que seja transmitido o pulso seguinte. Essa é a razão porque os pulsos transmitidos (de duração extremamente curta, muitas vezes de cerca de 1 microssegundo ou menos) devem ser separados por um intervalo de tempo relativamente longo, durante o qual não há transmissão. De outra forma, se o eco fosse recebido durante a transmissão do pulso seguinte, usando a mesma antena para transmissão/recepção, este eco, relativamente fraco, seria bloqueado pelo forte pulso transmitido.

O espectro de ondas eletromagnéticas contém frequências de até 10^{24} Hz. Esse intervalo é subdividido em diferentes subescalas devido a diferentes propriedades físicas. A subdivisão das frequências em diferentes intervalos (bandas) era, no início, definida de acordo com critérios que atenderam determinados empregos, mas que, hoje, estão obsoletos. Uma nova classificação, em escala internacional, ainda não foi estabelecida totalmente. A designação tradicional de bandas de frequência é frequentemente utilizada na literatura.

Atualmente, existem dois sistemas de designação válidos para bandas de frequência usadas para um radar, que são comparados na Figura 14.1.

Figura 14.1 – Bandas de frequência para uso em Radar



Fonte: Christian Wolff, em https://www.radartutorial.eu/07.waves/wa04.pt.html

O IEEE[1] (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) favorece o sistema que se originou historicamente e cuja distribuição (intencionalmente não sistemática das letras à designação da banda) se origina da época da 2ª Guerra Mundial.

Por seu turno, a OTAN (Organização do Tratado do Atlântico Norte) adota uma nova classificação de bandas, cujos limites são adaptados às tecnologias e possibilidades de medição nas diferentes faixas de frequência. Elas são quase logaritmicamente distribuídas e o sistema está aberto às altas frequências. Este sistema de designação tem origem militar e se baseia na divisão de bandas para a guerra eletrônica, na qual o equipamento radar ocupa um lugar essencial.

Cada banda de frequências é destinada a uma aplicação específica. Os Radares de Navegação, de acordo com a classificação da IEEE, usam as bandas S (10 centímetros), para navegação costeira e de alto-mar, e X (3 centímetros), para aterragem/aproximação e navegação em águas restritas (canais, portos, baías e enseadas).

b. Componentes de um Sistema Radar Básico

Um sistema radar básico, como apresentado na Figura 14.2, é constituído por 6 componentes principais, cujas funções podem ser resumidamente definidas como se segue:

- **Fonte** (unidade de força): fornece todas as voltagens AC e DC necessárias para a operação dos componentes do sistema.

- **Modulador**: dispara o Transmissor e, simultaneamente, envia pulsos de sincronização para o Indicador e outros componentes. Circuitos de tempo (que podem estar, ou não, localizados no Modulador) estabelecem a **frequência de repetição de impulsos** (**FRI**) na qual o Modulador gera seus pulsos de disparo e de sincronização, ou seja, o número de pulsos transmitidos por segundo.

[1] ***O Institute of Electrical and Electronics Engineers*** é uma organização profissional sem fins lucrativos, fundada nos Estados Unidos, dedicada ao avanço da tecnologia em benefício da humanidade. O IEEE, quando criado em 1963, tinha como meta promover o conhecimento no campo da engenharia elétrica, eletrônica e computação. Atualmente, sua abrangência incorpora áreas como a micro e nanotecnologias, ultrassom, bioengenharia, robótica, materiais eletrônicos, e muitos outros.

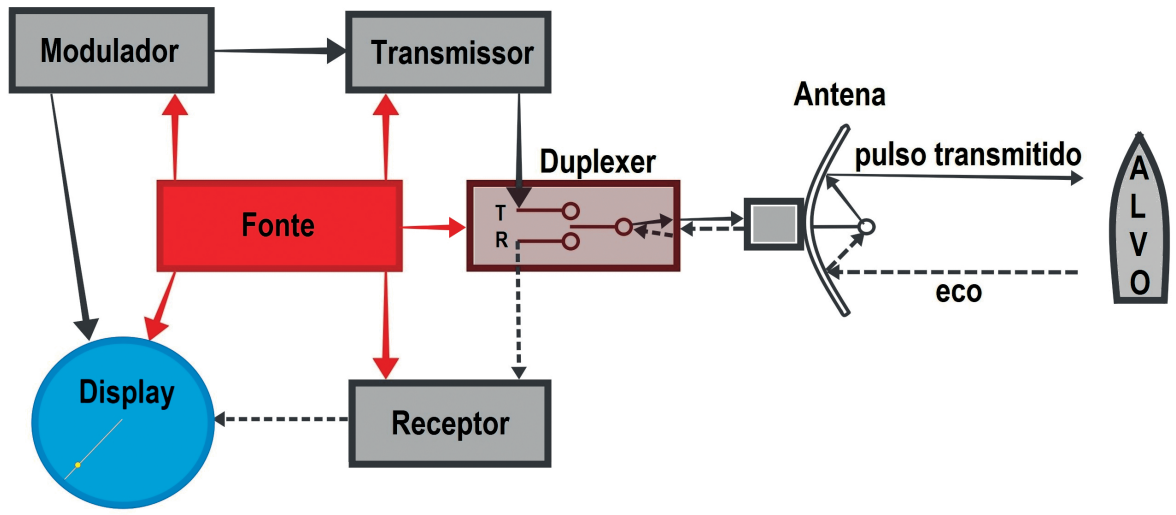
- **Transmissor**: gera energia em radiofrequência (RF), sob a forma de pulsos curtos de alta potência. A chave T/R (**Duplexer**) controla os ciclos de transmissão de pulsos e de recepção de ecos (quando a transmissão é bloqueada).

- **Sistema de Antena**: recebe os pulsos de energia RF do Transmissor e os irradia em um feixe altamente direcional. Ademais, recebe os ecos, transmitindo-os para o Receptor.

- **Receptor**: amplifica os ecos reproduzindo-os como pulsos de vídeo, e os transmite para o Indicador (Display).

- **Indicador (*Display*)**: produz uma indicação visual dos pulsos dos ecos, em uma maneira que forneça as informações desejadas dos alvos detectados.

Figura 14.2 – Diagrama em Bloco de um Sistema Radar Básico



c. Características de um Sistema Radar

Existem certas características (ou constantes) associadas a qualquer sistema radar, que são comumente utilizadas para sua descrição.

São elas:

- Frequência (Frequência da Portadora);
- Frequência de Repetição de Impulsos (FRI);
- Largura do Pulso;
- Velocidade de Rotação da Antena; e
- Largura do Feixe.

Frequência da Emissão Radar (Frequência da Portadora)

A frequência da portadora é a frequência na qual a energia de radiofrequência (RF) é gerada. Os principais fatores que influenciam a seleção da frequência da portadora são a direcionalidade desejada para o feixe radar, o alcance a ser obtido e os aspectos envolvidos na

geração e recepção de energia de RF em micro-ondas. Por outro lado, a frequência da portadora determina as dimensões físicas da antena do radar.

Para determinação da marcação e para concentração da energia transmitida de modo que sua maior parte seja útil, a antena deve ser altamente direcional. Quanto mais alta a frequência da portadora, menor o comprimento de onda (pois $\lambda = c/f$, sendo λ o comprimento de onda, c a velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas e f a sua frequência de emissão) e, assim, menor a antena requerida para um determinado padrão de energia irradiada.

Para uma mesma potência, um radar operando em uma frequência mais baixa alcança distâncias maiores que um equipamento que utiliza frequência mais alta. Assim, quanto maior o alcance desejado, menor a frequência e, consequentemente, maior o comprimento de onda e maior a antena requerida.

Além disso, o problema de gerar e amplificar energia de RF em frequências extremamente altas é complexo, exigindo componentes especiais, entre os quais a "klystron[2]" e a "magnetron[3]". É muito difícil amplificar os ecos de RF da portadora, em virtude das altas frequências empregadas. Assim, não são usados amplificadores de RF nos equipamentos radar. Em vez disso, a frequência do eco é heterodinada[4] com a de um oscilador local, em um misturador de cristal, para produzir uma frequência diferente, denominada frequência intermediária, que é suficientemente baixa para ser amplificada em vários estágios de amplificação, no receptor.

Conforme visto, os radares de navegação operam nas faixas de frequência S (comprimento de onda de 10 cm), para navegação oceânica e navegação costeira, e X (comprimento de onda de 3 cm), para navegação em águas restritas (aproximação/aterragem e navegação em portos e canais). Para instalações em que se exige uma imagem extremamente detalhada, como no radar para navegação fluvial, ou nas instalações em que as dimensões da antena devam ser reduzidas ao mínimo (como nos radares de aviação), utilizam-se comprimentos de onda ainda menores (1,25 cm e 0,9 cm).

Nos radares da banda X, a imagem é mais detalhada e os contornos são mais bem delineados que nos radares da banda S. Em contrapartida, o alcance é menor (para a mesma potência) e, além disso, os radares da banda X são mais afetados por fenômenos atmosféricos e meteorológicos (chuva, granizo, neve, etc.), que degradam a qualidade da apresentação, podendo até mascarar completamente a imagem.

Em virtude das particularidades de cada faixa de frequências, os navios atuais geralmente possuem 2 radares de navegação, sendo um na banda S e um na banda X.

Frequência de Repetição de Impulsos (FRI)

A FRI (em inglês *pulse repetition rate* – PRR) é o número de pulsos transmitidos por segundo.

---

[2] O **klystron** é um tubo de vácuo de micro-ondas de alta potência, com velocidade modulada, que é usado em radares como amplificador ou oscilador. Um klystron usa a energia cinética de um feixe de elétrons para a amplificação de um sinal de alta frequência.

[3] O **magnetron** é um tubo de vácuo de alta potência que funciona como um oscilador de micro-ondas auto-excitado. Campos magnéticos e de elétrons cruzados são usados no magnetron para produzir a saída de alta potência necessária em equipamentos radar. Esse dispositivo pode ser usado em transmissores de radar como osciladores pulsados ou CW (*continuous-wave*) em frequências que variam de aproximadamente 600 a 95 000 mega-hertz.

[4] É submetida a um **heteródino**, que é um aparelho que permite produzir oscilações de alta frequência, puras ou moduladas.

Conforme visto, deve ser deixado um intervalo de tempo suficiente entre dois pulsos sucessivos transmitidos, de modo que o eco de qualquer alvo localizado dentro do alcance máximo do sistema possa retornar e ser recebido, pois, do contrário, a recepção dos ecos dos alvos mais distantes seria bloqueada pelo pulso transmitido seguinte. Assim sendo, o alcance máximo de um radar depende da sua FRI.

Suponha-se que a FRI de um radar é de 1.000 PPS (pulsos por segundo) e que a sua largura de pulso, ou comprimento de pulso, é de 1 microssegundo. Então, o radar transmite 1.000 pulsos de 1 microssegundo de duração em cada segundo (1.000.000 de microssegundos). Desta forma, em cada 1.000 microssegundos, o radar transmite durante 1 microssegundo (largura do pulso) e permanece em silêncio durante 999 microssegundos. É neste intervalo de tempo entre dois pulsos sucessivos, em que o radar não transmite, que os ecos dos alvos podem ser recebidos. Esse intervalo (no caso igual a 999 microssegundos) irá, teoricamente, definir o alcance máximo do radar, conforme explicado a seguir.

A velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas na atmosfera é de 299.708.000 m/s ou 161.829 milhas náuticas por segundo, ou, ainda, 0,161829 milha náutica por microssegundo. Portanto, neste exemplo, o alcance máximo teórico do radar cujo intervalo de tempo entre os pulsos transmitidos é de 999 microssegundos seria:

$$A = \frac{999 \times 0{,}161829}{2} = 80{,}83 \text{ milhas náuticas}$$

Na realidade, entretanto, o alcance máximo de um radar depende da sua potência, em relação à sua FRI. Assumindo que uma potência suficiente é irradiada, é possível aumentar a distância máxima na qual os ecos podem ser recebidos, através da redução da frequência de repetição de impulsos, para prover maior intervalo de tempo entre os pulsos transmitidos. Contudo, a FRI deve ser alta bastante para permitir que um número suficiente de pulsos atinja o alvo e retorne ao radar, possibilitando sua detecção.

Com a antena girando, o feixe de energia atinge o alvo por um período relativamente curto.

Durante este tempo, um número suficiente de pulsos deve ser transmitido, de modo que retornem ao radar os ecos necessários à produção de uma boa imagem no indicador (*display*). Com a antena girando a 15 RPM, um radar com FRI de 1.000 PPS emitirá cerca de 11 pulsos por cada grau de rotação da antena. Portanto, a persistência requerida para a imagem radar, ou seja, a medida do tempo em que a tela retém a imagem dos ecos, e a velocidade de rotação da antena é que determinam a mais baixa FRI que pode ser usada.

Largura de Pulso

A largura de pulso é a duração de cada pulso de energia de RF transmitido, medida em microssegundos. Esta característica também pode ser expressa em termos de distância (igual à velocidade da luz vezes a duração do pulso), sendo, então, denominada comprimento de pulso.

A distância mínima na qual um alvo pode ser detectado por um determinado radar é determinada basicamente pela sua largura de pulso. Se um alvo está tão próximo do transmissor que o seu eco retorna para o receptor antes que a transmissão do pulso termine, a recepção do eco, obviamente, será mascarada pelo pulso transmitido. Por exemplo, um radar com uma largura de pulso de 1 microssegundo terá um alcance mínimo de 162 jardas, pois, como a velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas é de 0,161829 milha por microssegundo, ou 324 jardas por microssegundo, o eco de um alvo situado a menos da metade deste valor

(162 jardas) retornará para o radar ainda durante o tempo de transmissão do pulso de RF. Isto significa que o eco de um alvo dentro desta distância mínima (metade do comprimento de pulso) não será visto na tela do radar, em virtude de ser mascarado pelo pulso transmitido. Consequentemente, se forem necessários alcances mínimos de valores muito reduzidos, deve-se utilizar uma largura de pulso reduzida (cerca de 0,1 microssegundo).

A largura de pulso, entretanto, não pode ser muito reduzida. Os radares que operam com larguras de pulso maiores têm maior alcance, pois uma quantidade maior de energia é transmitida em cada pulso. Muitos radares são projetados para operação com pulsos curtos e pulsos longos. Vários deles mudam automaticamente para pulso curto quando se selecionam escalas de distâncias curtas. Em outros radares, todavia, cabe ao operador selecionar a largura de pulso adequada à escala de distâncias utilizada.

Enquanto o alcance máximo de detecção é sacrificado, quando se usa largura de pulso curta são obtidos maior precisão em distância e melhor poder de discriminação em distância.

Com pulso curto, é obtida uma melhor definição da imagem do alvo na tela do radar e, assim, a precisão da distância medida é maior.

O poder de discriminação em distância de um radar é definido como a menor distância entre dois alvos situados na mesma marcação, para que apareçam como imagens distintas na tela do radar. Tal como no caso do alcance mínimo, o poder de discriminação em distância de um radar é igual à metade do comprimento de pulso (largura de pulso expressa em termos de distância). Caso dois alvos na mesma marcação estejam situados a uma distância menor que o seu poder de discriminação em distância, seus ecos aparecerão no indicador como uma única imagem alongada.

Velocidade de Rotação da Antena

Conforme visto, é necessário que o alvo seja atingido por um número suficiente de pulsos transmitidos para possibilitar sua detecção e a formação de uma imagem nítida na tela do indicador (*display*). Desta forma, a detecção aumenta com a redução da velocidade de rotação da antena, pois, assim, um número maior de pulsos de RF irá atingir o alvo.

Por exemplo, em uma instalação radar cuja FRI é de 1.000 PPS e a abertura do feixe transmitido, no plano horizontal, é de 2°, a velocidade de rotação da antena é de 6 RPM. Neste caso, a antena varrerá:

em 1 minuto → 6 x 360º = 2.160º
em 1 segundo → 2.160º / 60 = 36º

Para cobrir a abertura do feixe no plano horizontal (2°) a antena gastará: 2/36 = 0,05555 segundo. Como a FRI é de 1.000 PPS, neste período serão emitidos cerca de 55 pulsos.

Se a velocidade de rotação da antena for aumentada para 12 RPM, o número de pulsos emitidos quando a antena gira a abertura do seu feixe no plano horizontal (2°) cairá para a metade. Assim, um determinado alvo será atingido por um menor número de pulsos em cada varredura.

Com uma FRI alta, a antena pode girar rapidamente, sem que isso diminua o número de pulsos de RF que atinge o alvo. Além disso, o eco produzido na tela do radar se renova rapidamente (para 20 RPM, uma vez em cada 3 segundos), de modo que não será necessário que

a tela seja de alta persistência. Nos radares de navegação, a velocidade de rotação da antena é, normalmente, inferior a 60 RPM.

As antenas convencionais de radar giram mecanicamente. Recentemente, outro tipo mais moderno passou a ser empregado nos sistemas navais: as **antenas estacionárias** (***phased arrays***), nas quais o feixe gira eletronicamente.

Largura do Feixe

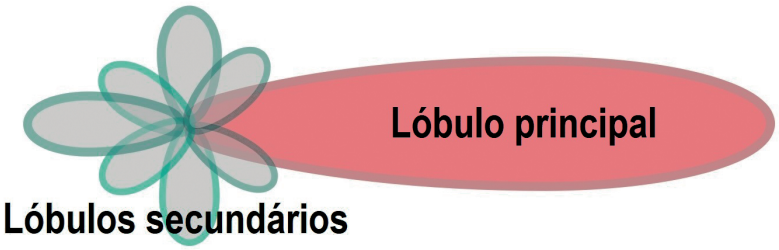
Conforme mencionado, o feixe de ondas eletromagnéticas emitido por um radar de navegação tem uma largura (ou abertura) bastante estreita no plano horizontal, mas pode ser bem largo no plano vertical.

Como o feixe é tridimensional, costuma-se defini-lo por suas larguras no plano horizontal e no plano vertical.

O diagrama polar horizontal de irradiação de um feixe radar tem o aspecto mostrado na Figura 14.3, com o lóbulo principal e lóbulos secundários, que são feixes adicionais de baixa intensidade de energia, inevitavelmente irradiados na maioria dos radares, devido, principalmente, às limitações no tamanho e na forma da antena.

A largura do feixe no plano horizontal é geralmente pequena, da ordem de 1° a 2° nos radares marítimos. É esta abertura que vai definir o poder de discriminação em marcação do radar, definido como a diferença mínima em marcação para que dois alvos situados à mesma distância do radar apareçam como imagens distintas na tela do indicador. O valor angular do poder de discriminação em marcação é igual à largura do feixe no plano horizontal.

Figura 14.3 – Diagrama Polar Horizontal de Irradiação



Se for desejado expressar o poder de discriminação em marcação em medidas lineares, é necessário considerar a distância dos alvos à instalação radar e usar a fórmula:

$$d_t = 35{,}3427\ (a \times L)$$

sendo:

$\mathbf{d_t}$ = poder de discriminação em marcação (discriminação tangencial), em jardas;

a = largura horizontal do feixe, em graus; e

L = distância do radar aos alvos, em milhas náuticas.

Assim, para um radar cuja abertura do feixe no plano horizontal é 1,5°, a menor separação entre dois alvos situados à mesma distância de 10 milhas do radar, para que apareçam como ecos distintos na tela do indicador, será dada por: dt = 35,3427 x 1,5 x 10 = 530 jardas.

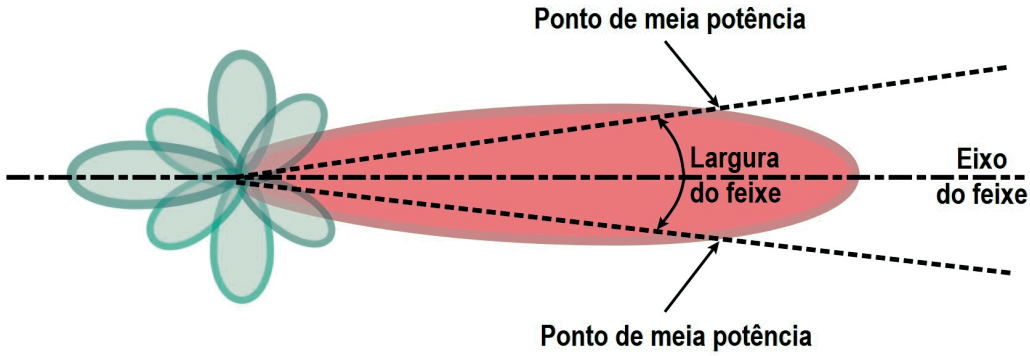
Este, portanto, é o valor do poder de discriminação em marcação do radar para a distância de 10 milhas. Para alvos situados a 5 milhas, o mesmo radar teria um poder de discriminação em marcação (ou discriminação tangencial) de 265 jardas.

A intensidade de campo em um feixe radar não é a mesma em toda a superfície do lóbulo. Ela é mais forte no eixo, diminuindo para os bordos e, ao mesmo tempo, reduzindo-se com o aumento da distância à antena. Normalmente, por convenção, a largura do feixe é medida entre pontos nos quais a intensidade de campo é 71% do seu valor máximo. Expressa em termos de razão de potência, define-se largura do feixe como a abertura angular entre pontos de meia potência, como pode ser visualizada na Figura 14.4.

A largura do feixe no plano vertical é relativamente grande, sendo valores típicos entre 15° e 30°.

A largura do feixe depende da frequência (ou comprimento de onda) da energia transmitida, da forma e das dimensões da antena.

Figura 14.4 – Largura do Feixe



Para uma antena de determinado tamanho (abertura), larguras de feixes menores são obtidas com o uso de comprimentos de ondas mais curtos (frequências mais altas). Para um dado comprimento de onda, larguras de feixes mais estreitas são obtidas com o uso de antenas maiores.

14.1.3 Características da Propagação Radar

a. Refração: o Horizonte Radar

Se as ondas radar se propagassem em linha reta, a distância ao horizonte dependeria apenas da altura da antena (assumindo a existência de potência suficiente para que os pulsos transmitidos alcançassem o horizonte). Assim, sem os efeitos da refração, a distância ao horizonte radar seria igual à do horizonte geográfico, para uma mesma elevação da antena, qual seja: D = 1,93 √H (sendo D a distância, em milhas, e H a altitude da antena, em metros).

Tal como os raios luminosos, as ondas radar são sujeitas à refração na atmosfera, como resultado da propagação através de regiões de densidades diferentes. As ondas radar,

entretanto, são mais afetadas que os raios luminosos, em virtude das frequências empregadas nos radares.

O efeito da refração normal, assumindo condições atmosféricas padrões, é encurvar para baixo a trajetória das ondas radar, acompanhando a curvatura da Terra e aumentando o horizonte radar, em relação ao horizonte geográfico. Assim, a distância ao horizonte radar pode ser encontrada pela fórmula:

$$D_r = 2{,}21 \sqrt{H}$$

sendo:

D_r = distância ao horizonte radar, em milhas náuticas; e

H = altitude da antena do radar, em metros.

Desta forma, o horizonte radar excede o horizonte geográfico em cerca de 14%.

O horizonte radar não limita, por si mesmo, a distância de detecção de alvos. Assumindo que haja uma potência adequada, podem ser detectados alvos além do horizonte radar, desde que suas superfícies de reflexão se elevem acima do referido horizonte, de forma análoga à detecção visual de objetos situados além do horizonte geográfico.

Assim, se quisermos estimar a distância de detecção radar de um objeto de altitude conhecida, basta computar o alcance geográfico para o referido objeto, considerando a elevação da antena do radar, e acrescentar 14% ao valor obtido, tal como no exemplo abaixo:

altitude da antena do radar = 50 metros;

altitude do alvo = 100 metros;

alcance geográfico D = 1,93 ($\sqrt{H}$ + $\sqrt{h}$) = 32,95 MN;

distância de detecção radar Dr = D + 14% D = 37,6 MN;

Embora a fórmula para obtenção da distância ao horizonte radar, em milhas náuticas, tenha sido calculada para um comprimento de onda de 3 centímetros, ela pode ser empregada para outros comprimentos de onda utilizados em radares de navegação.

Condições atmosféricas muito diferentes das condições padrões produzem refrações anormais, tais como:

I. Super-Refração

Em tempo calmo, sem turbulência, quando ocorre uma camada superior de ar quente e seco sobre uma camada de superfície de ar frio e úmido, pode surgir uma condição denominada super-refração, cujo efeito é aumentar a curvatura para baixo da trajetória da onda radar, aumentando, assim, o alcance de detecção. A super-refração ocorre muitas vezes nos trópicos, quando uma brisa terrestre (terral) quente e seca sopra sobre correntes oceânicas mais frias.

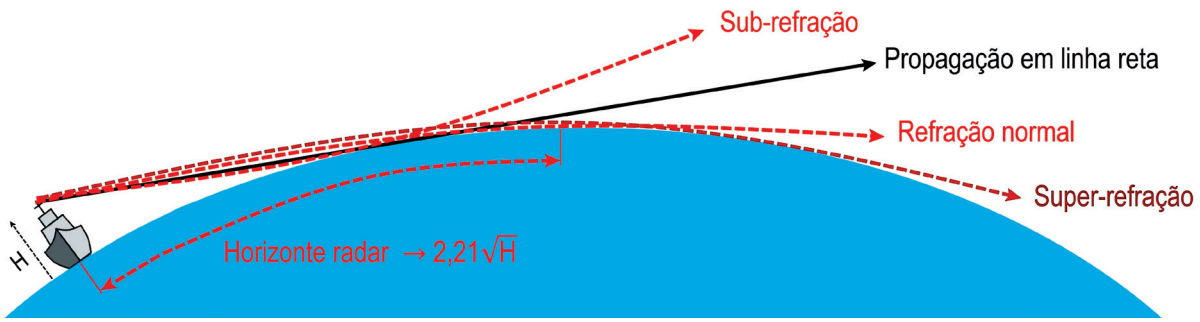
II. Sub-Refração

Se uma camada de ar frio e úmido se superpõe a uma camada estreita de ar mais quente e seco, pode ocorrer uma condição denominada sub-refração, cujo efeito é encurvar para cima a trajetória das ondas radar e, assim, diminuir o alcance máximo de detecção. A sub-refração também afeta o alcance mínimo do radar e pode resultar na impossibilidade de detectar alvos

baixos à curta distância. A sub-refração pode ocorrer em regiões polares, quando massas de ar frio se movem sobre correntes oceânicas mais quentes.

A Figura 14.5 apresenta, esquematicamente, o horizonte radar, quando em condições normais, e os efeitos da super-refração e da sub-refração, quando essas condições se modificam, como acima apontadas.

Figura 14.5 – Horizonte radar, Super-refração e Sub-refração



III. Propagação em Dutos

Muitos operadores de radar sabem que, em certas situações, seus equipamentos são capazes de detectar alvos em distâncias extremamente longas, enquanto que em outras não detectam alvos situados dentro do alcance visual, mesmo com o radar nas melhores condições de operação.

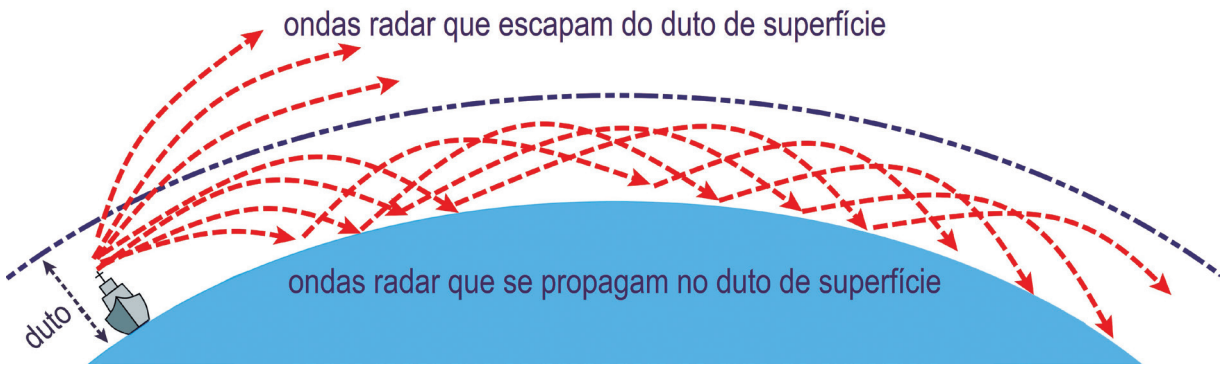
Esses fenômenos ocorrem durante casos extremos de super-refração. A energia irradiada em ângulo próximo da horizontal (1° ou menos) propaga-se em uma camada da atmosfera denominada **duto de superfície**.

Embora existam dutos elevados (dutos de altitude), para navegação radar interessam especialmente os dutos de superfície, formados entre a superfície do mar e uma camada relativamente baixa, nos quais as ondas radar são refratadas para baixo, na direção da superfície do mar, onde se refletem para cima, refratam-se para baixo de novo, dentro do duto, e assim por diante, como se a propagação ocorresse no interior de um conduto, tal como, por exemplo, um guia de ondas. A Figura 14.6 apresenta um esquema da propagação das ondas radar em um duto de superfície.

A energia que se propaga no duto sofre perdas muito pequenas. Assim, podem ser detectados alvos em distâncias extremamente grandes, muito além do horizonte-radar. Através da propagação em dutos, alvos de superfície foram detectados a distâncias da ordem de 1.400 milhas, com radares de potência relativamente baixa.

Há uma grande perda de energia nas ondas que escapam do duto, reduzindo-se, desta forma, as chances de detecção de alvos situados acima do duto. Além disso, o efeito de duto, às vezes, reduz o alcance efetivo do radar. Em situações de dutos extremamente baixos, quando a antena está acima do duto, pequenos alvos de superfície abaixo do duto podem não ser detectados (esta situação não ocorre com muita frequência).

Figura 14.6 – Propagação em duto de superfície



Embora a formação de dutos possa acontecer em qualquer lugar, o clima e as condições de tempo em algumas áreas tornam sua ocorrência mais provável. O efeito de duto ocorre com maior frequência nos seguintes locais:

Costa Atlântica dos Estados Unidos – o efeito de duto é comum no verão ao longo da parte nordeste da costa, mas na região da Flórida a tendência sazonal é inversa, com um máximo na estação fria (inverno).

Europa Ocidental – existe um máximo pronunciado nas condições de dutos nos meses de verão, na parte leste do Atlântico em torno das Ilhas Britânicas e no Mar do Norte.

Região do Mediterrâneo – a variação sazonal na região é muito marcante, com efeitos de dutos mais ou menos como regra no verão. As condições são aproximadamente as padrões durante o inverno. Na área central do Mediterrâneo, o efeito de duto é provocado pelo fluxo de ar quente e seco do sul, que se move sobre o mar e, assim, causa uma oportunidade excelente para formação de dutos. No inverno, entretanto, o clima no Mediterrâneo é mais ou menos igual ao do Atlântico e, deste modo, não é favorável à criação de dutos.

Mar Arábico – o fator meteorológico dominante na região do Mar Arábico é a monção de sudoeste, que sopra do início de junho a meados de setembro e cobre toda a área com ar equatorial úmido, até alturas consideráveis. Quando esta situação meteorológica está totalmente desenvolvida, nenhuma ocorrência de dutos deve ser esperada. Durante a estação seca, por outro lado, as condições são diferentes. Os dutos, então, são a regra, não uma exceção, e, em algumas ocasiões, alcances extremamente longos (até 1.500 milhas) foram observados em alvos fixos. Quando a monção de sudoeste começa, em princípios de junho, os dutos desaparecem na costa indiana do Mar Arábico. Ao longo das costas ocidentais, entretanto, podem ainda permanecer condições que favoreçam a formação de dutos. O Estreito de Ormuz (Golfo Pérsico) é particularmente interessante no que diz respeito ao embate da monção com o *shamal* (um vento de noroeste) que vem do Norte sobre o Iraque e o Golfo Pérsico. O estreito está no limite entre os dois sistemas de ventos e, assim, uma frente é formada, com o *shamal* quente e seco por cima e a monção úmida e fria por baixo. Consequentemente, as condições são favoráveis para formação de um duto extenso, que é de grande importância para a operação do radar no Estreito de Ormuz.

Baía de Bengala – as tendências sazonais das condições para formação de dutos na Baía de Bengala são as mesmas do Mar Arábico, com condições padrões durante a monção sudoeste de verão. Dutos são encontrados durante a estação seca.

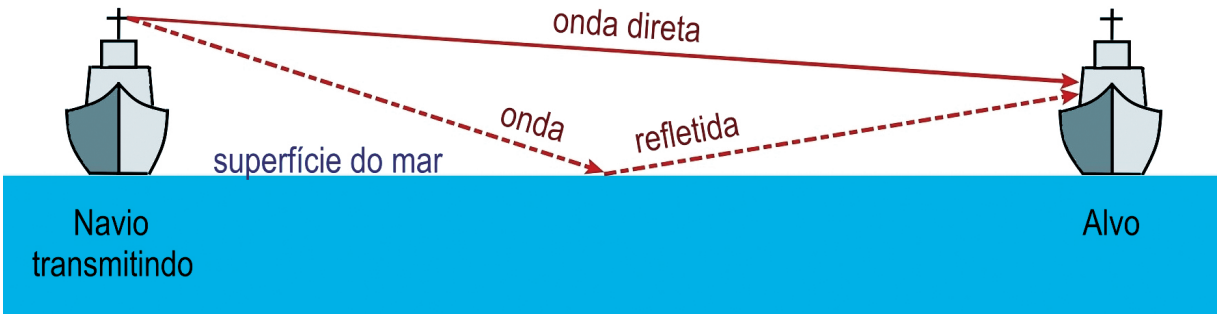
Oceano Pacífico – Foram observadas ocorrências frequentes de formação de dutos em torno de Guadalcanal, na costa leste da Austrália e nas proximidades da Nova Guiné e Coréia. Ao longo da costa oeste dos Estados Unidos, as observações indicam frequentes efeitos de duto, mas não são disponíveis indicações claras quanto às suas tendências sazonais. As condições meteorológicas no Mar Amarelo e no Mar do Japão são aproximadamente iguais àquelas da costa nordeste dos Estados Unidos. Assim sendo, a formação de dutos nessa área deve ser comum no verão. As condições ao sul do Mar da China aproximam-se da costa sudeste dos Estados Unidos, mas somente durante os meses do inverno, quando efeitos de dutos podem ser esperados. Durante o restante do ano, a Monção Asiática modifica o clima nessa área, mas nenhuma informação é disponível sobre a prevalência de formação de dutos durante essa época. Os ventos alísios no Pacífico geralmente conduzem à formação de dutos muito baixos sobre o mar aberto.

O aumento do alcance radar devido ao efeito do duto nem sempre é desejável. O operador deverá ter cuidado na identificação de ecos, pois pode haver ambiguidade e confusão entre os ecos normais e os ecos de pulsos que se propagaram pelo duto. Ademais, o operador não devidamente instruído pode julgar que a não detecção de alvos a grandes distâncias se deve a condições insatisfatórias de seu aparelho radar e não à ausência de condições anômalas de propagação.

b. Efeito da superfície do mar na propagação radar

Na propagação das ondas radar, ocorrem reflexões múltiplas na superfície do mar (ou em qualquer outra superfície extensa). Assim, as frentes de ondas que atingem um alvo, como representado na Figura 14.7, são, na verdade, compostas de ondas diretas e ondas refletidas na superfície do mar.

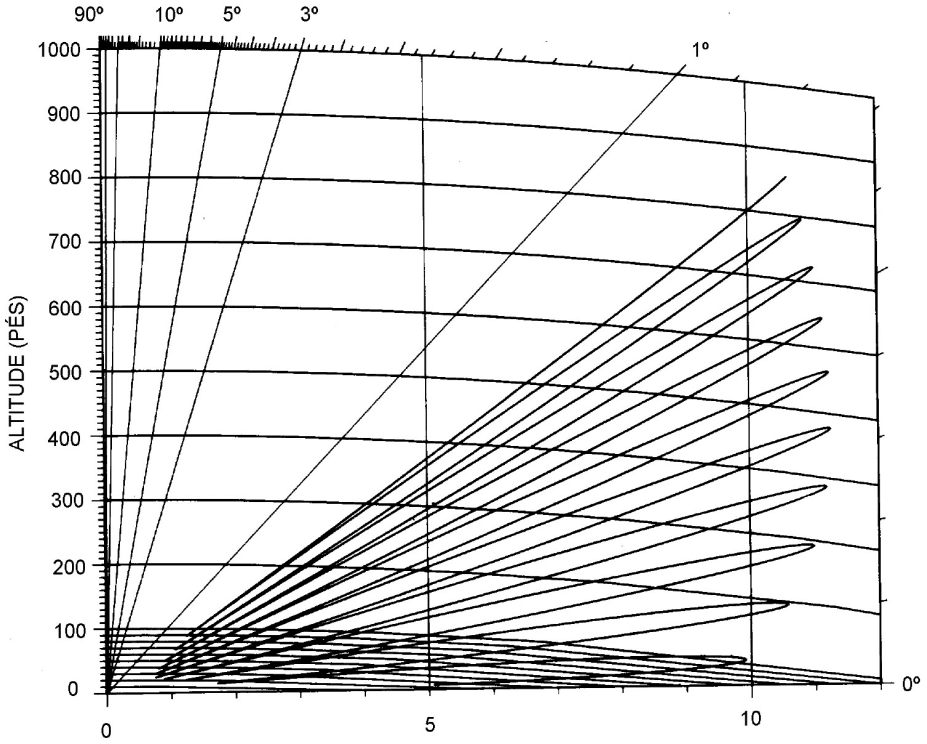
Figura 14.7 – Reflexão na superfície do mar



Se essas ondas alcançam um determinado alvo em fase, o efeito resultante é o de reforço do sinal no alvo e, consequentemente, do eco radar. Quando defasadas, há uma redução de energia no alvo e, assim, um enfraquecimento ou, até mesmo, um desvanecimento do eco.

Desta forma, no diagrama de irradiação vertical haverá alternância entre valores máximos e valores de mínima irradiação, como apresentado na Figura 14.8. As linhas que limitam os lóbulos são, de fato, linhas que unem os pontos de igual intensidade de irradiação. As áreas em que os campos se anulam, situadas entre os diversos lóbulos, são chamadas zonas de desvanecimento.

Figura 14.8 – Diagrama de Cobertura Vertical



Entre os fatores que contribuem para o aparecimento de zonas de desvanecimento acentuadas estão a altura da antena e a frequência utilizada. No primeiro caso, quanto mais baixa estiver a antena mais largas serão as zonas de desvanecimento. Para uma determinada altura de antena, quanto mais alta a frequência, mais tangente à superfície do mar ficará o lóbulo inferior.

As zonas de desvanecimento mais pronunciadas nos radares de baixa frequência se devem ao fato de que elas são menos diretivas, fazendo com que a parte inferior de seus feixes incida mais fortemente sobre a superfície do mar.

Nos radares militares, o conhecimento do diagrama de cobertura vertical tem grande importância operativa. Por exemplo, uma aeronave, ao se aproximar de um radar, em altitude constante, passará por uma série de lóbulos e nulos. Com isso, o operador não obterá um contato firme, mas sim um que irá aparecendo e desaparecendo, à medida que o alvo se aproxima.

c. Difração

Difração é o encurvamento da trajetória de uma onda, ao incidir sobre um obstáculo. Por causa da difração, há alguma iluminação pelo feixe radar da região atrás de uma obstrução ou alvo. Entretanto, os efeitos da difração são maiores nas frequências baixas. No caso do radar, como estão envolvidas altas frequências (e, consequentemente, comprimentos de onda muito pequenos), somente uma pequena parte da energia é difratada, não alterando de modo significativo os alcances.

Em virtude da difração, os radares de frequências mais baixas tendem a iluminar mais a região de sombra atrás de uma obstrução que os radares de frequências mais altas, ou comprimentos de onda mais curtos.

d. Atenuação

Atenuação é o efeito combinado da dispersão e da absorção da energia do feixe radar, conforme se propaga através da atmosfera. A atenuação causa uma redução na intensidade do sinal e do eco, sendo maior nas frequências mais altas (ou menores comprimentos de onda).

e. Características do eco

Embora os ecos sejam muito mais fracos do que os pulsos transmitidos, as características do seu retorno são semelhantes às da propagação do sinal. A intensidade do eco depende do total de energia transmitida que atinge o alvo e das dimensões e propriedades refletivas do alvo.

14.1.4 Apresentação da Imagem Radar

Embora existam diversos tipos de indicador, os radares de navegação podem utilizar uma válvula de raios catódicos (VRC) ou uma tela digital, instalada em um console, denominado "repetidora do radar", empregando um tipo de apresentação em tela conhecido como PPI (*Plan Position Indicator*). A Figura 14.9 apresenta exemplos de indicadores em VRC e digital.

Neste tópico, sobre a imagem radar, será considerada a apresentação das informações em um indicador VRC, onde o navio do observador está localizado no centro de uma tela circular e os alvos situados dentro do alcance do radar são representados em uma escala correta de distância, que tem origem no centro (posição do próprio navio) e aumenta para fora, na direção das bordas da tela. As marcações são indicadas ao longo da periferia da tela, de 000° a 360°, no sentido horário. Assim, no PPI, o centro da tela representa o próprio navio e os alvos aparecem nas suas posições relativas (em direção e distância).

Figura 14.9 – Indicadores (Displays) em VRC e Digital



Indicador VCR:
Radar Furuno M1832
NOc ANTARES

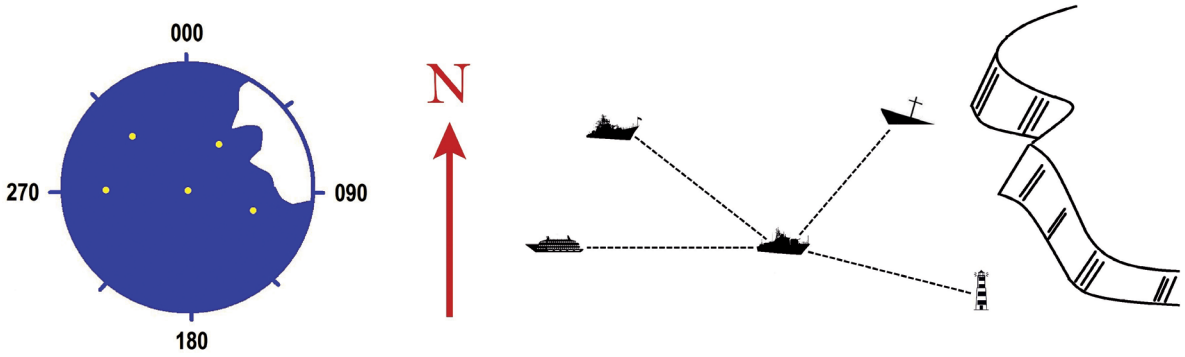


Indicador digital:
Radar Furuno FAR-2117
NPqHo Vital de Oliveira

Na apresentação da imagem radar, então, o navio, no qual o equipamento radar está instalado fica fixo na tela, no centro da varredura (que nos radares de navegação normalmente coincide com o centro da tela). As outras embarcações que se movimentam dentro do alcance radar aparecem descrevendo seus movimentos relativos (com relação ao navio). Da mesma forma, a imagem de terra e outros alvos fixos também se movimentam na tela com seu movimento relativo.

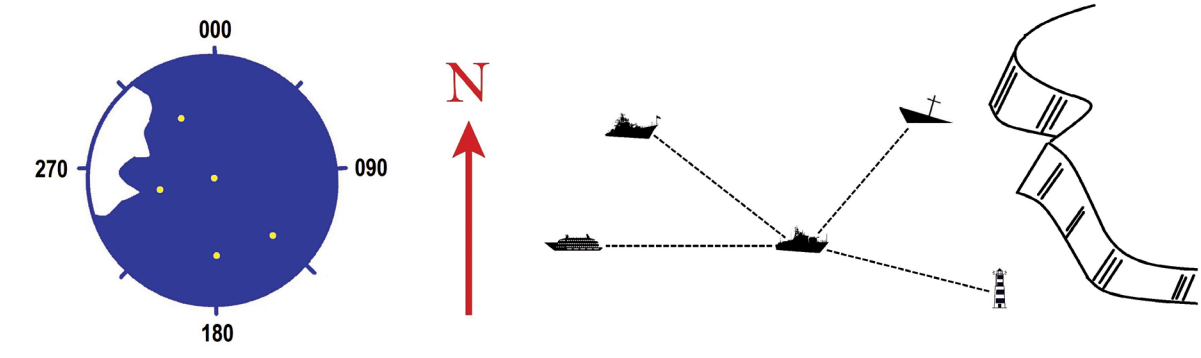
A apresentação no PPI pode ser estabilizada ou não-estabilizada. Quando o radar recebe e utiliza informação da agulha giroscópica, a apresentação é estabilizada, ou seja, é orientada de modo que o norte verdadeiro seja representado para cima, na direção 000° da graduação do perímetro da tela, conforme representado na Figura 14.10. Quando o navio altera o rumo, a imagem fica fixa na tela do radar e é a linha-de-fé, ou marca de proa (que indica a proa do navio), que se movimenta.

Figura 14.10 – Apresentação Estabilizada



Se o radar não recebe a informação da agulha giroscópica na apresentação no PPI, ou se ocorre avaria da giro, a representação é não-estabilizada, com a tela do radar apresentando uma imagem relativa, com a proa do navio para cima, na direção da graduação 000° do PPI, conforme representado na Figura 14.11. Neste caso, quando há alteração de rumo, a linha-de-fé, ou marca de proa, fica fixa e é a imagem radar que se movimenta na tela do indicador.

Figura 14.11 – Apresentação Não-Estabilizada



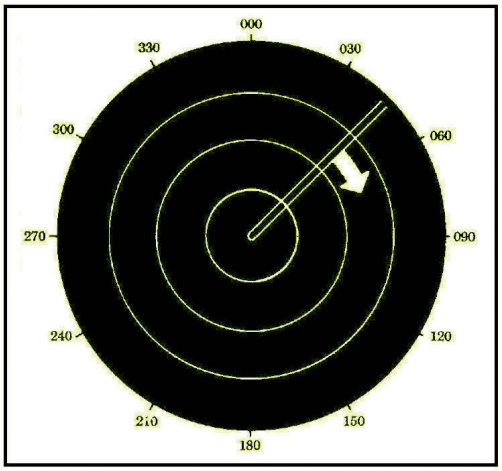
Conforme a antena gira, seu feixe é representado no indicador do radar por uma linha luminosa fina, que varre a tela no sentido horário, de forma semelhante ao raio de uma roda de bicicleta em movimento. Essa linha, chamada de "linha de varredura", ilumina as imagens dos alvos no PPI. As imagens dos alvos na tela do radar são comumente denominadas de "pip".

Para permitir a determinação de marcações e distâncias, os radares dispõem de componentes denominados, respectivamente, "cursor de marcação" e "estrobo de distância". O cursor de marcação é um dispositivo mecânico (nos radares mais antigos), ou uma fina linha radial de luz (nos equipamentos modernos), que se estende do centro da tela (posição do navio) para a periferia e que pode ser girado pelo operador através dos 360° do PPI. O estrobo de distância é um ponto luminoso que pode ser movimentado pelo operador ao longo da linha radial de luz que representa o cursor de marcação, nos equipamentos modernos. Nos radares mais antigos, o estrobo de distância move-se sobre a varredura, criando um círculo variável de distância conforme a varredura gira na tela do indicador. O cursor de marcação (*bearing cursor*) e o estrobo de distância (*range strobe* ou *variable range marker* – VRM) são manobrados pelo operador através de controles independentes.

Para obter a marcação e distância de um determinado alvo, o operador inicialmente gira o cursor de marcação, de modo que o mesmo se posicione sobre o "*pip*" que representa o objeto na tela e, em seguida, desloca o estrobo de distância até que tangencie a borda interna do "pip". Então, a marcação é lida diretamente no aro graduado que circunda o indicador, e a distância radar do alvo é apresentada em um mostrador existente no console. Nos radares mais modernos, a marcação e a distância são fornecidas através de indicação digital apresentada na própria tela, ao lado da imagem.

Para avaliação rápida das distâncias aos alvos mostrados na tela do radar, podem ser iluminados os círculos de distância, representados em intervalos selecionados, a partir do centro do PPI. A Figura 14.12 ilustra uma tela de radar, com a varredura e os círculos de distância (ou anéis de distância) já mencionados.

Figura 14.12 – Varredura e Anéis de Distância



O tamanho da área física representada na tela do radar depende da escala de distância selecionada pelo operador. Normalmente, os radares de navegação possuem escalas fixas de distância para determinados valores (por exemplo: 0,25; 0,5; 0,75; 1,5; 3,0; 6,0; 12; 24; e 48 milhas náuticas), até o alcance máximo do radar. Outros radares, entretanto, permitem a seleção de qualquer escala entre os valores-limites inferior e superior, tal como, por exemplo, 1 e 50 milhas náuticas.

O número da escala refere-se ao raio da área representada na tela do radar. Desse modo, se for selecionada uma escala de 12 milhas, o alvo mais distante que pode ser mostrado no radar estará 12 milhas afastado e seu "pip" aparecerá na periferia da apresentação. Para maior resolução da imagem, melhor definição do contorno dos alvos e maior precisão de medida, deve ser sempre selecionada a escala mais curta possível.

14.1.5 Controles Operacionais do Radar

A operação do radar e dos seus controles é detalhadamente descrita no manual do equipamento. Nesta seção, serão comentados apenas os controles principais comumente encontrados nos radares de navegação e suas finalidades, devido à sua importância para o correto desempenho da instalação.

a. Brilho (*brilliance* ou *video control*)

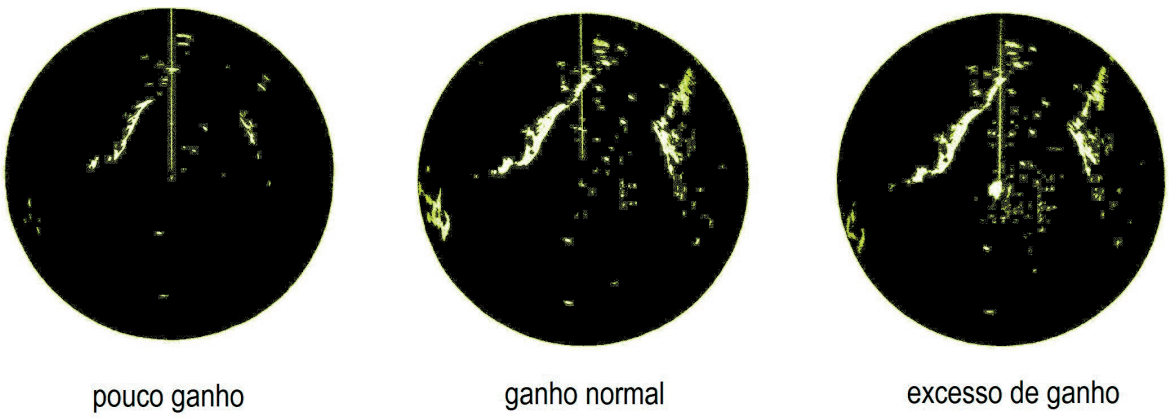
A sua regulagem determina o brilho geral da imagem na tela do radar. Um brilho excessivo pode colocar a imagem fora de foco, além de borrar a tela do radar, pois os ecos de uma varredura anterior são mantidos, prejudicando os da varredura seguinte. O controle de brilho, normalmente, deve ser colocado em uma posição em que o traço da varredura fique visível, mas não muito brilhante.

b. Ganho (*gain control*)

O controle de ganho deve ser ajustado de maneira que a tela apareça um pouco salpicada, isto é, de forma que uma leve nódoa, ou sinal de fundo, seja visível. Assim, o equipamento estará na sua condição mais sensível e os objetos tenderão a ser detectados nas maiores distâncias possíveis. Se o ganho for reduzido para clarear completamente esta nódoa de fundo, o resultado será um decréscimo nos alcances de detecção. Com pouco ganho, os ecos fracos não serão apresentados. Com ganho excessivo, o contraste entre os ecos e o fundo da tela é reduzido, dificultando a observação do radar. A Figura 14.13 apresenta exemplos dos diferentes níveis de intensidade no controle de ganho.

Às vezes, é útil reduzir temporariamente o ganho para obter alvos bem definidos entre outros mais fracos. O controle deve ser retornado para sua posição normal, tão logo a alteração temporária tenha servido ao seu propósito e não mais se faça necessária. Em regiões congestionadas, o ganho pode ser temporariamente reduzido para clarear a apresentação. Isto deve ser feito com cuidado, de forma que não se percam marcas importantes. A curtas distâncias, o dispositivo **Antimancha do Mar** (***Anti-Clutter Sea***) pode ser usado com o mesmo propósito.

Figura 14.13 – Controle de Ganho

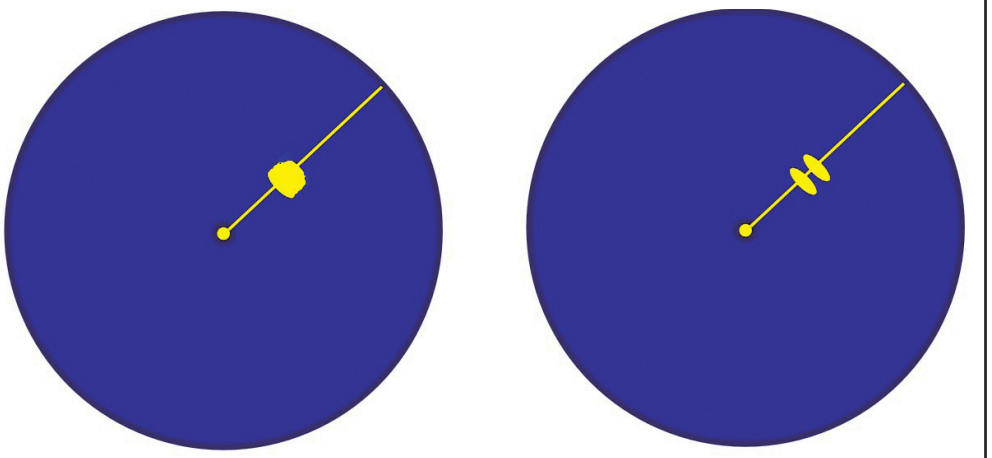


É importante o uso adequado do controle de ganho quando na presença de manchas de chuva ou neve. Com o ganho na sua posição normal, a mancha pode ser forte o bastante para obscurecer o eco de um navio dentro da borrasca ou temporal, mas, com uma redução temporária do ganho, será possível estabelecer a distinção do forte e sólido eco de um navio. A detecção de alvos além do temporal pode, é claro, necessitar de um ganho levemente maior que o normal, na medida em que os ecos são atenuados, porém não completamente obscurecidos.

Além disso, o controle do ganho pode melhorar a discriminação em distância do radar. Conforme mostrado na Figura 14.14, os ecos de dois alvos na mesma marcação podem aparecer

como um único "pip" na tela se o ganho do receptor é excessivo. Com a redução do ganho, os ecos aparecerão como "pips" separados no PPI.

Figura 14.14 – Controle do Ganho e Discriminação em Distância



c. Controle STC (*Sensitivity Time Control* ou *Anti-Clutter Sea*)

Trata-se de um controle antimancha do mar que se destina a melhorar a imagem do radar, pela supressão dos ecos produzidos pelo retorno do mar nas proximidades do navio. Em virtude desses ecos, forma-se, em torno do centro do PPI, uma imagem confusa, que pode vir a mascarar os alvos próximos ao navio.

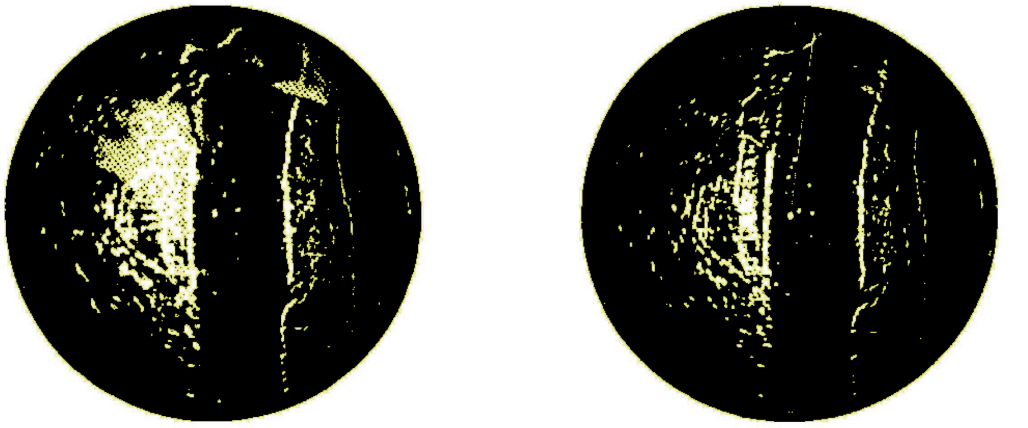
O STC é um controle de ganho auxiliar, que permite diminuir o ganho dos ecos mais próximos, sem alterar os ecos mais distantes. O alcance máximo em que o controle STC se faz efetivo é de 4 a 5 milhas, ficando progressivamente menor conforme a distância aumenta, sendo praticamente ineficaz além de 8 milhas. A posição do controle deve ser suficiente para reduzir o retorno do mar, até que este apareça apenas como pequenos pontos e seja possível distinguir pequenos alvos próximos. A regulagem nunca deve ser tal que apague toda a reverberação, pois, assim, ecos de alvos próximos podem ser eliminados.

O controle STC nunca deve ser deixado em posição fixa. Em mar calmo, deverá ficar com uma ajustagem mínima, aumentando-se à medida que o mar se agita e o retorno aumenta, mas deixando sempre algum *clutter* permanecer na tela. Este também é um controle efetivo quando manchas de chuva ou neve estão presentes nas proximidades do navio e são suficientemente fortes para obscurecer o eco de um alvo ou sinal de navegação dentro da borrasca ou temporal. Uma elevação temporária na quantidade de ganho STC aplicada, geralmente, permitirá a distinção do forte eco de um navio ou sinal de navegação.

d. Controle FTC (*Fast Time Control* ou *Anti-Clutter Rain*)

Este controle destina-se a diminuir, tanto quanto possível, os ecos de chuva, granizo e neve, que podem obscurecer os alvos. Atuando no controle FTC, obtém-se um encurtamento dos ecos na tela do radar, o que reduz no PPI as manchas causadas por chuva, neve ou granizo, conforme apresentado na Figura 14.15.

Figura 14.15 – Controle FTC



Quando em uso, este controle tem um efeito sobre todo o PPI e geralmente tende a reduzir a sensibilidade do receptor e, assim, a intensidade dos ecos apresentados na imagem radar.

Ao se navegar em águas confinadas, o controle FTC proporciona melhor definição da imagem radar no PPI, através de uma melhor discriminação em distância. Além disso, o uso do FTC provê uma melhor capacidade de alcance mínimo. O controle também pode ser usado para eliminar interferências causadas por um RACON a curta distância.

e. Chave de largura de pulso (*pulse length*)

Alguns radares têm uma chave que permite escolher a largura do pulso ou comprimento do pulso. Para detecção em longas distâncias, deve ser selecionado pulso longo. Entretanto, em curtos e médios alcances, quando se deseja uma imagem melhor definida, com maiores detalhes e melhor discriminação em distância, deve-se escolher um pulso de menor comprimento (pulso curto).

f. Controle de sintonia

Atualmente, quase todos os aparelhos radar possuem Controle Automático de Frequência (*Automatic Frequency Control* – AFC), que mantém o receptor sintonizado com o transmissor. Se ele não possuir AFC, na unidade indicadora deve haver um botão de controle de sintonia, que regula a sintonia da válvula Klystron. A sintonia deve ser ajustada frequentemente logo após o radar ser ligado, até cerca de 30 minutos depois, quando o aparelho pode ser considerado em condições de sintonia. Porém, a sintonia deve ser constantemente verificada, principalmente se não aparecerem ecos na tela do indicador, pois pode ocorrer o aparelho estar fora de sintonia e existirem alvos que não são apresentados, por esse motivo.

Quando não houver ecos da costa ou de navios, a sintonia pode ser ajustada pelo *clutter* do mar. Coloca-se o controle de *anti-clutter* (STC) desligado ou em sua posição mínima, escolhe-se uma escala pequena, de maneira que o *clutter* chegue ao limite da tela, e faz-se a sintonia girando o botão de controle, de maneira que apareça um máximo de *clutter*.

g. Linha-de-fé luminosa (*Heading Marker* ou *Heading Flash*)

Ela permite que seja estabelecida uma linha indicadora da proa na tela do radar, possibilitando a determinação rápida do bordo em que estão, de fato, alvos que, aparentemente, estão pela proa. Além disso, a marca de proa facilita muito a navegação de praticagem com o radar. O traço luminoso da linha-de-fé deve ter sua intensidade ajustada para que fique apenas visível. Deve ser tomado especial cuidado para que ele não mascare ecos fracos diretamente pela proa, sendo recomendável desligá-lo ou reduzi-lo ao mínimo, periodicamente, para uma verificação mais segura de alvos na proa.

14.2 INTERPRETAÇÃO DA IMAGEM RADAR

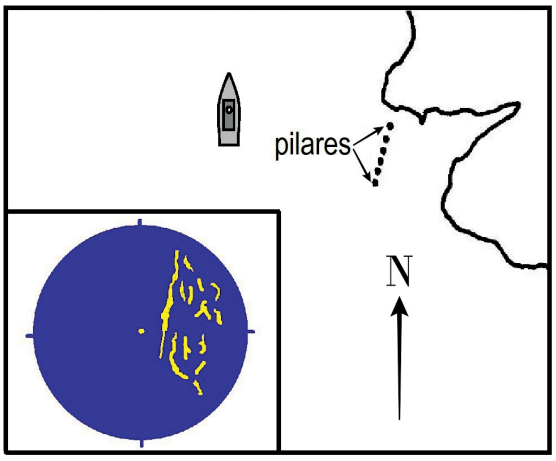
14.2.1 Fatores que afetam a interpretação da imagem radar

A interpretação da informação apresentada na tela do radar não é sempre fácil. A obtenção de leituras corretas muitas vezes requer boa experiência por parte do operador, especialmente durante condições meteorológicas desfavoráveis ou quando o radar está operando com desempenho degradado, em virtude de problemas nos seus componentes. Mesmo nas melhores condições meteorológicas, com o equipamento operando sem restrições e perfeitamente sintonizado, muitos fatores tendem a produzir erros na interpretação da imagem radar. Entre estes fatores estão o poder de discriminação em marcação, poder de discriminação em distância, setores de sombra, ecos múltiplos, ecos falsos e ecos laterais.

a. Poder de discriminação em marcação e poder de discriminação em distância

Como já visto, o **poder de discriminação em marcação** é a diferença mínima em marcação para que dois alvos situados à mesma distância do navio apareçam como ecos distintos na tela do radar, sendo seu valor angular igual à largura do feixe transmitido. O feixe radar não é linear, apresentando uma abertura angular (largura do feixe), que faz com que os alvos apareçam na tela distorcidos, mais largos do que são na realidade. Além disso, se dois ou mais alvos estão muito próximos uns dos outros, aproximadamente à mesma distância do navio, seus "*pips*" podem juntar-se na tela, dando ao operador a impressão de que se trata de apenas um alvo. Estas apresentações errôneas muitas vezes ocorrem em áreas costeiras, onde a

Figura 14.16 – Falsa Linha de Costa por falta de Discriminação em Marcação

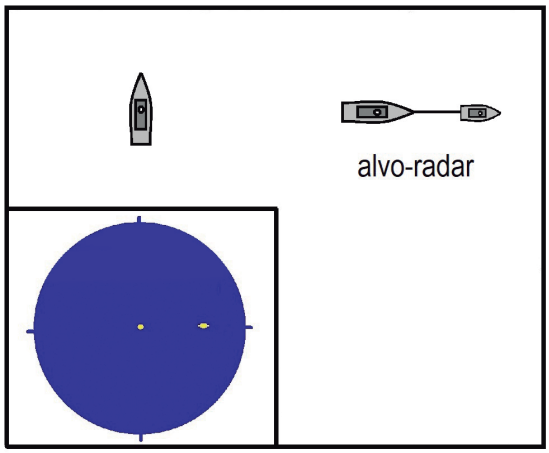


existência de pedras, recifes, pilares e até mesmo embarcações próximas da costa pode resultar em uma imagem falsa da linha de costa na tela do radar, como apresentado na Figura 14.16.

Poder de discriminação em distância, como já visto, é a diferença mínima em distância entre dois alvos situados aproximadamente na mesma marcação, para que possam ser discernidos pelo radar. A largura do pulso e a frequência da emissão afetam o poder de discriminação em distância de um determinado radar. Em alguns equipamentos, a largura do pulso e a frequência podem ser ajustados, de modo a melhorar a resolução em distâncias longas e curtas.

Se dois ou mais objetos na mesma marcação estão separados por distâncias inferiores ao poder de discriminação em distância (cujo valor é a metade do comprimento do pulso), pode ocorrer uma falsa interpretação da imagem, como mostrado na Figura 14.17, onde o Rebocador e o Navio rebocado formam uma só imagem no radar por falta dessa capacidade de discriminação.

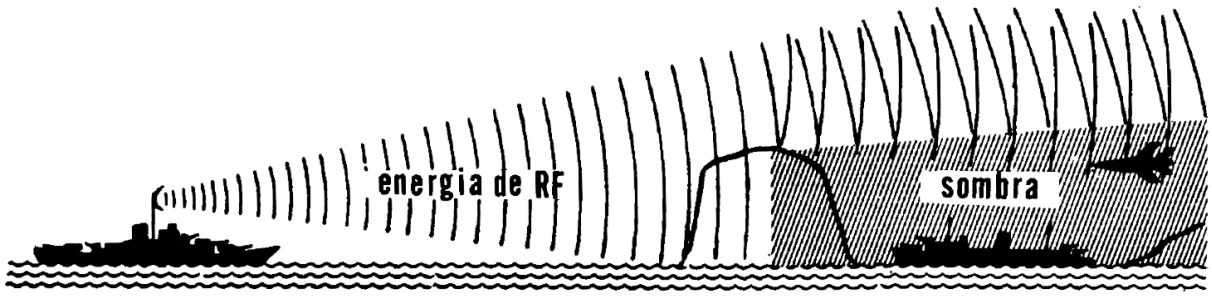
Figura 14.17 – Rebocador e Navio rebocado formam uma só imagem no radar



b. Áreas e setores de sombra radar

Essas áreas ocorrem quando um alvo relativamente grande obscurece um alvo menor posicionado por detrás, ou quando um alvo além do horizonte radar é obscurecido pela curvatura da Terra. Na Figura 14.18, a maior parte da área atrás da alta massa de terra estaria num setor de sombra radar, não aparecendo na imagem do PPI. A existência de obstáculos no próprio navio (mastros, chaminés, guindastes ou outras estruturas elevadas), que causem obstruções ao feixe radar em sua varredura pelo horizonte, resulta em arcos cegos ou setores cegos, que devem ser bem conhecidos pelos operadores do radar.

Figura 14.18 – Setor de Sombra Radar

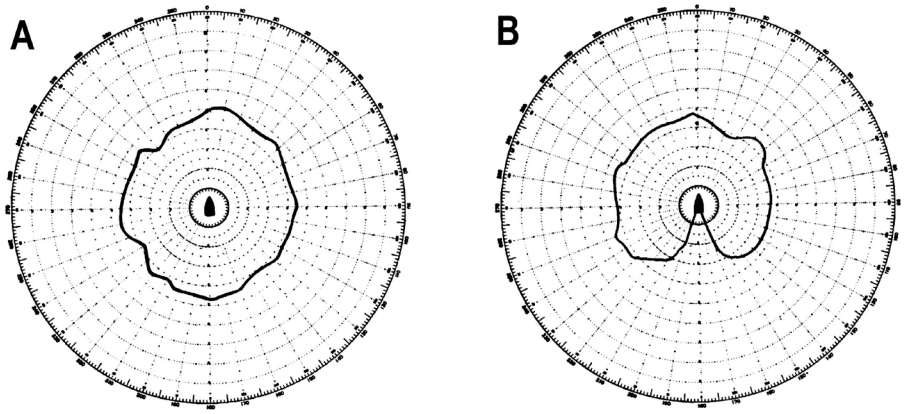


Qualquer superfície metálica que se interponha na trajetória da energia irradiada reduz a intensidade do campo e, consequentemente, a distância de detecção na marcação correspondente.

Na Figura 14.19, são mostrados diagramas de cobertura horizontal de dois radares de navegação. As curvas mostram as distâncias de detecção nas várias marcações relativas do

navio onde se encontra instalado o radar. Na ilustração A, a cobertura é praticamente uniforme, indicando que a antena tem um campo de visada desimpedido. A ilustração B mostra como o sinal de retorno varia em função da marcação relativa do alvo, com um setor cego na popa do navio, indicando que existem obstruções nessa direção.

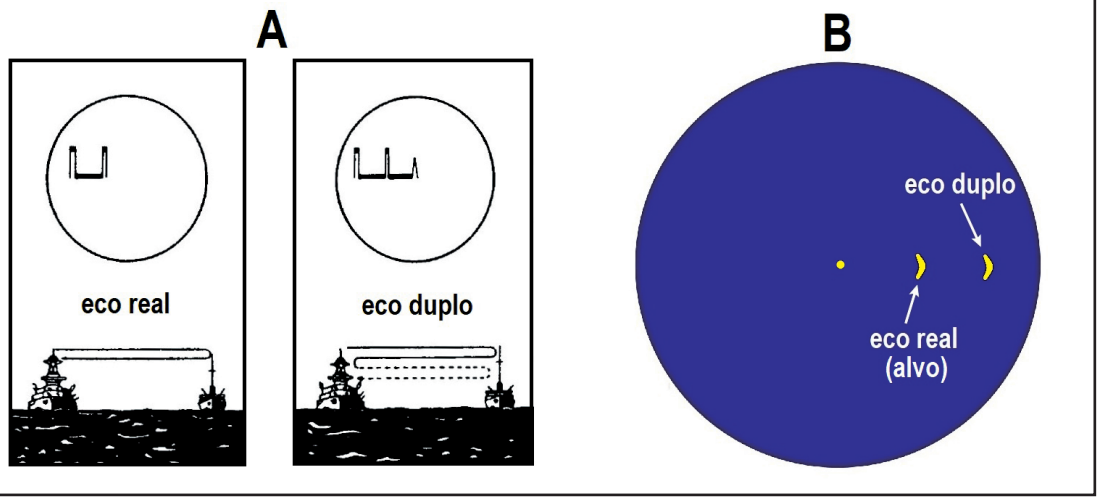
Figura 14.19 – Diagrama de Irradiação Horizontal da Antena



c. Ecos múltiplos, ecos falsos e ecos laterais.

Ecos múltiplos são causados por reflexões múltiplas de pulsos de um feixe transmitido, entre o navio e um alvo relativamente próximo (em geral um outro navio), normalmente situado pelo través. O eco múltiplo, que se forma conforme mostrado na Figura 14.20(A), é um "*pip*" falso que aparece na tela do radar, na mesma marcação que o alvo real, mas em uma distância múltipla da distância correta do alvo, conforme mostrado na Figura 14.20(B).

Figura 14.20 – Eco Múltiplo

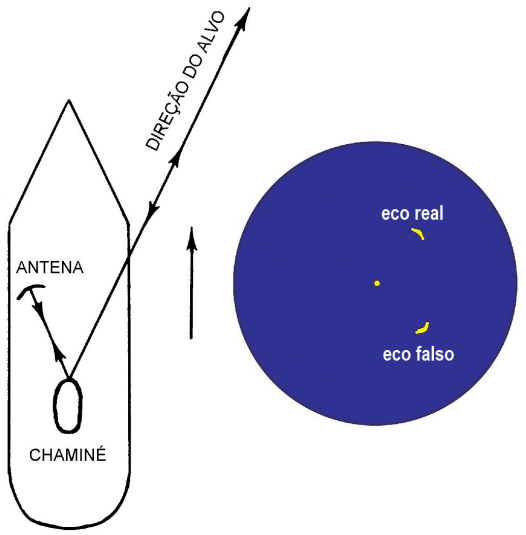


Se aparece apenas um eco falso, no dobro da distância real do alvo, ele é denominado **eco duplo**. Se um segundo "*pip*" é apresentado na tela, no triplo da distância correta, ele é chamado de eco triplo. Em geral, somente um ou dois ecos múltiplos são formados dessa maneira. Os ecos múltiplos, embora indesejáveis, servem para verificar a calibragem do radar. Se o radar está corretamente calibrado, a distância ao segundo eco (eco duplo) será exatamente o dobro da distância ao alvo real. Qualquer erro de calibragem pode ser detectado pela

medida da distância do primeiro eco ao segundo (que representa a distância correta) e, então, comparando-a com a distância do navio ao alvo (primeiro eco).

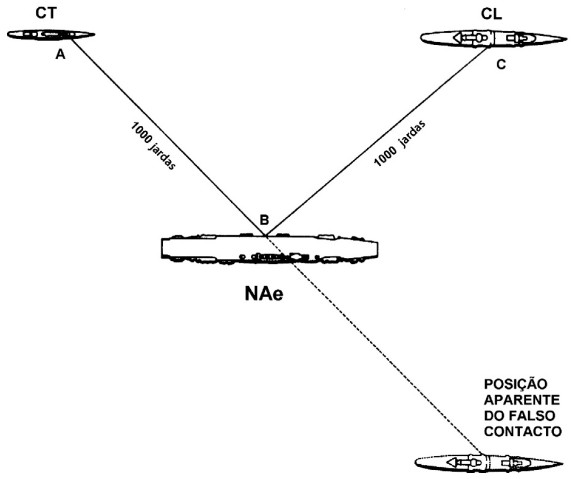
Assim, um **eco falso**, tal como o eco múltiplo, é um "*pip*" falso que aparece no PPI. Um outro tipo de eco falso ocorre quando a energia refletida pelo alvo se reflete novamente em uma parte da estrutura do navio, antes de retornar para a antena, como ilustrado na Figura 14.21. O eco falso resultante, às vezes denominado **eco indireto**, neste caso aparecerá sempre na mesma distância que o eco verdadeiro, mas na marcação da superfície refletora intermediária.

Figura 14.21 – Eco Falso (Eco Indireto)



Outro tipo de eco falso pode ser causado pela reflexão da energia irradiada de um navio para outro, antes de retornar à antena do radar, conforme ilustrado na Figura 14.22.

Figura 14.22 – Eco falso pela reflexão de energia de um alvo para outro



Na situação mostrada, o radar do Contratorpedeiro (CT) A irradia energia de RF na direção do Navio Aeródromo (NAe) B. A energia é refletida pelo grande bordo do NAe em todas as direções. Uma parte desta energia refletida retorna ao radar do CT como um eco normal, enquanto outra parte se propaga na direção do Cruzador Ligeiro (CL) C. O eco que atinge o CL é novamente refletido, de modo que alguma energia retorna ao radar do CT ao longo da trajetória CBA. Assim, na marcação do alvo verdadeiro (NAe B), o radar do CT A mostrará, além do eco real (na distância de 1.000 jardas), um eco falso, mais fraco, na distância de 2.000 jardas.

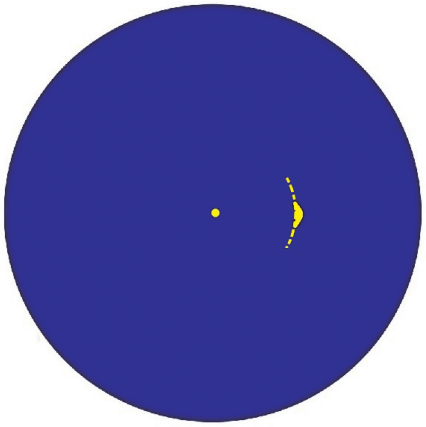
A montagem da antena do radar em uma plataforma imediatamente por ante-a-vante do mastro pode, também, causar ecos falsos. Com os navios navegando em coluna, quando a antena está conteirada para ré, a reflexão no mastro pode resultar no retorno de ecos falsos pelo navio de vante na coluna.

Ecos laterais são, também, ecos falsos, causados pelos lóbulos laterais, ou secundários, do feixe radar. Como já visto, normalmente a antena do radar irradia, além do lóbulo principal, diversos lóbulos laterais, indesejáveis, mas inevitáveis. Se a energia desses lóbulos laterais é refletida por um alvo, aparecerão na tela do radar ecos laterais em torno do eco do lóbulo principal. Como o campo energético dos lóbulos secundários é muito fraco, eles só afetam os alvos próximos. A aparência do eco lateral é a de um arco de círculo, conforme mostrado na Figura 14.23. Se o alvo está muito próximo, pode formar-se um semicírculo ou, até mesmo, um círculo completo, com um raio igual à distância do alvo. Na figura formada, cada traço fino representa um eco lateral, sendo o traço mais forte o eco verdadeiro, que representa a posição real do alvo.

Para minimizar o efeito de ecos laterais, diminui-se o ganho. Mas, se os ecos falsos não estão interferindo na navegação, é melhor deixá-los, pois uma redução do ganho poderá fazer desaparecer, além desses ecos indesejáveis, ecos de alvos pequenos, potencialmente perigosos. Para diminuir o efeito de ecos laterais, também pode ser utilizado o controle *anti-clutter sea*, que, neste caso, será aumentado, mas devem ser observadas as mesmas restrições mencionadas para a diminuição do ganho.

Um operador experimentado normalmente saberá em que marcações podem ser esperados ecos falsos devidos aos fatores acima mencionados.

Figura 14.23 – Ecos Laterais

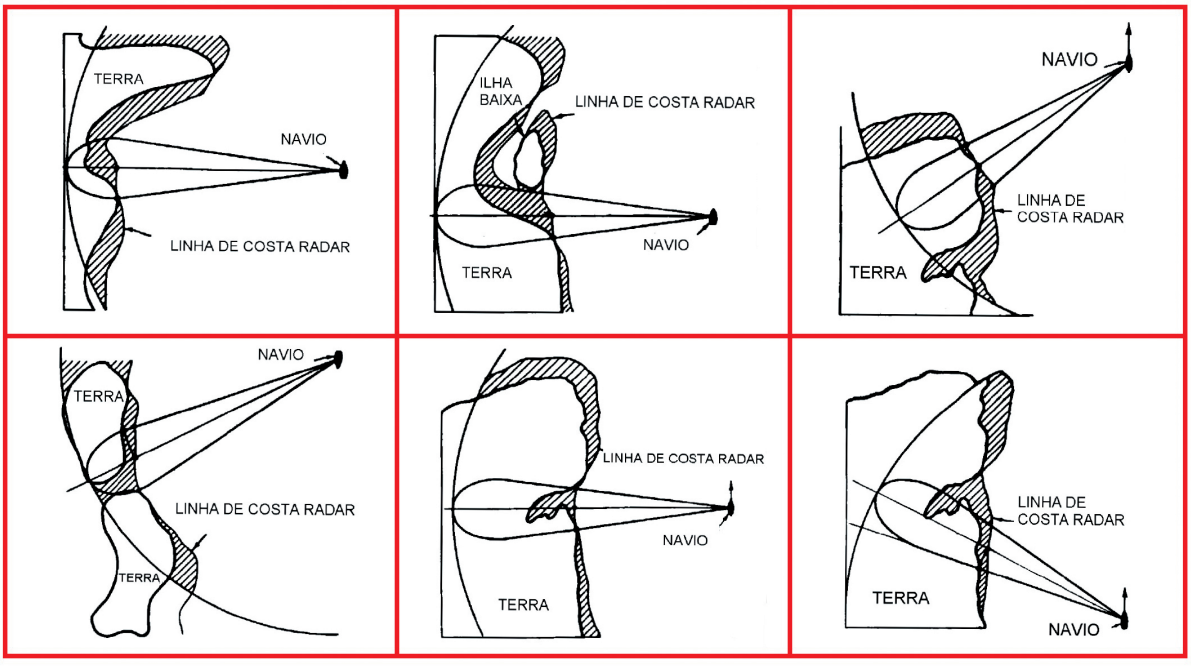


14.2.2 Alvos Terrestres

Embora o PPI proporcione uma apresentação plana da costa, quando uma massa terrestre está sendo varrida pelo radar, a imagem mostrada na tela do indicador não é uma representação verdadeira da linha do litoral. Como visto, a largura do feixe radar e o comprimento dos pulsos transmitidos (condicionando, respectivamente, o poder de discriminação em marcação e o poder de discriminação em distância) causam distorções na imagem radar dos acidentes terrestres, podendo resultar em falsas linhas de costa e outras deformações.

A Figura 14.24 ilustra diversas situações em que as distorções devidas à largura do feixe e à largura do pulso (ou comprimento de pulso) causam a apresentação de falsas linhas de costa no radar.

Figura 14.24 – Distorções na Linha de Costa Radar devidas à Largura do Feixe e ao Comprimento do Pulso



Devido a isso, a apresentação da costa na tela do radar não será exatamente igual ao observado em uma carta náutica da mesma área. Outros fatores, como, por exemplo, a topografia e as condições de reflexão da energia irradiada, também contribuem para dificultar essa semelhança.

De uma maneira geral, quanto mais vertical for a superfície refletora, maiores serão suas propriedades de reflexão. Uma superfície disposta em ângulo reto em relação ao feixe radar, como um penhasco ao longo da costa, montanhas ou altas colinas, produzirá um forte eco. As superfícies que não estejam em ângulo reto com o feixe radar normalmente produzirão ecos mais fracos. Assim, a superfície do mar, que é boa refletora do feixe radar, somente retornará ecos quando houver vagas.

Uma superfície côncava tenderá a focalizar o feixe do radar de volta à antena, ao passo que uma superfície convexa provavelmente enviará grande parte da energia em uma direção diferente daquela em que está a antena.

Enquanto as massas terrestres são facilmente reconhecíveis no radar, o maior problema do operador é a identificação de acidentes específicos (cabos, pontas, demais saliências e reentrâncias da costa, etc.), de modo que possam ser empregados para determinação da posição do navio. A identificação dos referidos acidentes pode ser bastante difícil, por causa de vários fatores, entre os quais as já mencionadas distorções e condições de reflexão. As observações que se seguem, de acordo com as diferentes características topográficas e acidentes geográficos indicados, podem ser usadas como auxílio na identificação.

a. Restingas e praias baixas

Uma restinga baixa, lisa e sem rochedos, ou outras elevações, produzirá eco fraco, pois a maior parte do feixe irradiado resvala sobre essa superfície, sem regressar à antena. É possível, muitas vezes, que a arrebentação seja a responsável pelo eco apresentado.

Uma praia baixa e lisa é semelhante a uma restinga e produzirá um eco fraco mesmo quando o ganho estiver alto. A arrebentação poderá indicar a localização da linha de costa ou da praia. Como, porém, a arrebentação ocorre a alguma distância da costa, o emprego de seus ecos como referência poderá provocar erros na determinação da posição do navio. O eco da arrebentação pode ser reconhecido pela sua pequena persistência.

b. Dunas de areia

As dunas cobertas com vegetação, localizadas ao fundo de uma praia baixa, produzem um sinal forte, fazendo com que o operador de radar tenda a considerá-las como a linha de costa. Somente um exame cuidadoso da carta permitirá evitar este engano. Sob certas condições, dunas de areia podem produzir ecos fortes, pois a combinação da superfície vertical da duna com a superfície horizontal da praia forma uma espécie de diedro refletor radar.

c. Pântanos e mangues

Um pântano ou mangue próximo à costa, que sofra influência da maré, produz sinais fracos, que podem desaparecer completamente na preamar. Os pântanos ou mangues que tenham árvores produzirão ecos mais fortes.

d. Lagoas e lagos

As lagoas costeiras são muito importantes na identificação de pontos ao longo da costa, quando elas se localizam por trás de restingas ou praias baixas. A distâncias maiores, a restinga não aparecerá e a primeira indicação no radar será das elevações mais para dentro da costa.

Os lagos situados a poucas milhas da costa, por sua vez, poderão ser identificados como regiões que não apresentam eco radar, em meio à área terrestre apresentada.

e. Elevações

Quando o terreno, a partir da costa, eleva-se suavemente, o indicador do radar apresentará um eco fraco. Quando a elevação se torna mais acentuada, assemelhando-se a uma colina, o eco será mais forte.

f. Penhascos e formações escarpadas

As escarpas e penhascos ao longo da linha de costa produzem um eco forte facilmente identificável. Entretanto, quando toda a costa é composta de escarpas e penhascos, de modo a apresentar um eco de mesma intensidade, torna-se difícil determinar uma posição. Empregando-se o ganho baixo e aproveitando-se as interrupções da linha de costa, como embocadura de rios e enseadas, é possível identificar pontos notáveis e, assim, obter a posição.

Quando existirem penhascos no interior, dever-se-á tomar cuidado na determinação das distâncias, a fim de não confundir os ecos oriundos destes penhascos com aqueles devidos à linha de costa.

g. Montanhas

O cume escarpado de uma montanha produzirá um eco forte. Devido à sombra radar, não haverá eco referente às regiões baixas posteriores à montanha.

h. Linha de costa

Uma linha de costa reta é difícil de ser utilizada para a determinação precisa da posição. Os ecos radar apresentarão pequena distorção somente no ponto em que o feixe radar incide perpendicularmente à costa. A partir deste ponto, para qualquer dos lados, os ecos sofrem uma distorção cada vez mais acentuada, distendendo-se devido à largura do feixe radar.

As linhas de costa interrompidas por baías e pequenas reentrâncias são facilmente reconhecidas no radar. Na determinação da posição, é necessário identificar cuidadosamente estes acidentes geográficos, antes de medir distâncias ou marcações.

i. Praias Encurvadas

As praias encurvadas representam um problema mais simples na determinação da posição, mas deve-se sempre considerar que o efeito da distorção será mínimo somente nos pontos em que o feixe incidir perpendicularmente à costa.

j. Ilhas e rochedos

Uma ilha pequena e isolada, ou um rochedo, produzirá um eco nítido e de pequenas dimensões. A medição da distância pode ser feita com o estrobo de distância tangenciando a borda interna do eco apresentado. Ilhas baixas normalmente produzem ecos fracos. Quando providas de palmeiras ou outra vegetação elevada, entretanto, o eco pode vir mais forte, pois a superfície vertical das árvores forma com a superfície horizontal das águas em torno da ilha um diedro refletor.

Recifes de coral e longas cadeias de ilhas podem produzir uma linha longa de ecos, quando o feixe radar é dirigido perpendicularmente à linha de ilhas e recifes. Esta indicação ocorre especialmente quando as ilhas estão próximas entre si. A razão para isso é que a distorção (alargamento) resultante da largura do feixe faz com que os ecos se juntem em uma linha contínua. Contudo, quando a cadeia é vista na longitudinal, ou obliquamente, cada ilha pode produzir um "pip" separado. Arrebentação quebrando sobre um recife produz uma linha de ecos variáveis e interrompidos.

k. Recifes e abrolhos

Nenhum objeto submerso produzirá eco radar. Ocasionalmente, porém, recifes e abrolhos poderão ser detectados, caso haja arrebentação e esta seja suficientemente alta. Quando um objeto está inteiramente submerso e o mar não quebra sobre ele, não aparecerá qualquer apresentação no PPI.

l. Linhas de costa falsas

Uma apresentação semelhante à linha de costa será possível quando existir qualquer das seguintes condições:

- numerosos rochedos próximos à costa, ou várias ilhas pequenas, que poderão produzir ecos interligados, os quais podem ser confundidos com a apresentação da própria costa. O mesmo pode ocorrer com embarcações próximas da costa;
- arrebentações fortes em recifes poderão simular a linha de costa; e
- penhascos ou dunas de areia ao fundo de uma praia baixa, com pequeno declive, produzirão uma falsa linha de costa.

m. Faróis, torres, chaminés e outras estruturas verticais

Geralmente oferecem resposta fraca, pois são construídos de pedra e cimento. Uma estrutura de forma troncônica, ou cilíndrica, também não ajuda em nada a uma boa reflexão

e muitos faróis têm esses formatos. Em alguns casos, quando a costa é baixa e arenosa e o farol é alto, seu eco pode ressaltar na imagem apresentada na tela do radar.

Para facilitar a identificação radar, diminuindo os problemas acima citados, os auxílios à navegação são, muitas vezes, dotados de refletores radar, RACON ou reforçador de eco, adiante mencionados.

n. Pontes

As pontes são excelentes para obtenção de um eco forte, uma vez que são construídas, normalmente, sobre depressões que não produzem ecos.

o. Píeres e molhes

Os píeres e molhes produzem sinais nítidos e precisos, a pequenas distâncias.

p. Edifícios

As aglomerações de edifícios, casas, galpões e outras edificações, construídas de cimento armado e/ou estruturas metálicas, fornecem boas respostas ao pulso radar. Embora suas fachadas tendam a comportar-se como superfícies especulares (que refletem o eco radar em direção distinta à do emissor), as paredes que formam entre si ângulo reto constroem com o solo um triedro trirretângulo refletor, que faz com que o eco retorne na mesma direção de onde veio o pulso, isto é, para a antena do radar.

Podem se esperar, deste modo, ecos de cidades a 25 milhas ou mais, em um radar comum de navegação. Por serem ecos fortes, muitas vezes aparecem na tela antes mesmo que a linha de costa seja detectada.

Edifícios isolados em costa baixa darão, muitas vezes, ecos distintos, mas só devem ser utilizados para efeitos de navegação se suas posições na carta náutica estiverem assinaladas com precisão.

14.2.3 Alvos no Mar

a. Navios

Os navios geralmente fornecem bons ecos, cujo tamanho e intensidade dependem da distância, da superfície que apresentam e do estado do mar. Como, normalmente, são construídos de aço (material que é um ótimo refletor) e suas superestruturas possuem anteparas que formam entre si e com os conveses ângulos retos, proporcionam, em geral, boa resposta radar. Ecos mais fortes são obtidos quando o alvo se apresenta de través (ângulo do alvo 090° ou 270°).

Já as embarcações de madeira fornecem uma resposta muito pobre. O mesmo ocorre com embarcações de fibra de vidro. Por isso, ambos os tipos de embarcações devem portar sempre um refletor radar, para aumentar a intensidade dos seus ecos.

São as seguintes as distâncias normais de detecção dos diversos tipos de embarcações pelos radares de navegação:

Pequenos barcos de madeira	0,5 a 4 milhas
Baleeiras	até 2 milhas
Traineiras	6 a 9 milhas
Navios pequenos (até 1.000 ton)	6 a 10 milhas
Navios de 10.000 ton	10 a 16 milhas
Navios de 50.000 ton	16 a 20 milhas

A determinação do movimento do alvo pode, na maioria das vezes, anular a dúvida se se trata, ou não, de um navio.

b. Boias

As boias geralmente produzem ecos fracos, sobretudo se têm a forma abaulada. Quando pequenas, os ecos das boias podem ser encobertos até mesmo pelo menor retorno do mar. A boia que oferece a pior resposta é a de formato cônico, sem refletor.

A não ser que o mar esteja completamente calmo, os ecos das boias são pouco firmes, devido ao movimento desordenado a que estão sujeitas. A ondulação do mar faz com que a potência do eco recebido varie e, assim, a imagem radar de uma boia pode quase desaparecer da tela, voltando a surgir na varredura seguinte, com uma intensidade mais forte. Com mau tempo, esta circunstância é agravada, não sendo de se estranhar que o radar falhe na detecção de boias menores.

As distâncias prováveis de detecção variam de 0,5 a 1 milha, para boias pequenas, e de até 2 a 4 milhas, para boias de maiores dimensões. As boias equipadas com refletor radar oferecem boa resposta, podendo ser detectadas em distâncias de até 6 a 8 milhas.

Para melhorar a resposta radar das boias, utilizam-se, além do refletor radar, outros auxílios, como o RACON e o reforçador de alvo radar (radar target enhancer), que serão posteriormente abordados.

É oportuno lembrar que, tal como na navegação visual, também na navegação radar as boias devem ser utilizadas com muita precaução, não devendo ser empregadas para determinação da posição do navio, em virtude da possibilidade de se deslocarem de suas posições, pela ação de correntes, ressaca, ruptura do equipamento de fundeio, abalroamento por navios ou diversas outras circunstâncias.

c. Arrebentações

Uma linha de arrebentações produz um sinal parecido com o da linha de costa. Suas características de desvanecimento permitirão ao operador do radar identificá-la.

14.2.4 Fenômenos Meteorológicos

a. Nuvens

Algumas nuvens podem produzir ecos, que são caracterizados por serem de grandes dimensões, geralmente com forma irregular, variável e de limites mal definidos, e deslocarem-se, normalmente, na direção do vento.

A apresentação no radar dependerá do tipo da nuvem. Os cumulonimbus e as grandes formações de nuvens carregadas de chuva produzem ecos muito fortes e, às vezes, aparecem no indicador (tela ou *display*) com contornos bem definidos, como se fossem uma ilha. É comum detectarem-se nuvens de chuva nos radares de navegação ao navegar em regiões tropicais. Se a nuvem não contém chuva, dificilmente será detectada.

Se houver alvo a acompanhar e se o eco estiver sendo prejudicado por uma nuvem, diminui-se o ganho, pois os ecos da nuvem, mais fracos, tenderão a desaparecer, enquanto o eco do alvo, mais forte, deve persistir na tela.

b. Chuva

A aparência da chuva na tela do radar é a de uma mancha, sem contornos definidos, acarretando, sobretudo, um aumento da luminosidade do indicador. Dependendo da intensidade da chuva, a imagem será pintada mais, ou menos, fortemente, isto é, os ecos serão mais fortes ou mais fracos.

A chuva obscurece os alvos que se encontram dentro dela. Um aguaceiro tropical pode impedir completamente a detecção de alvos situados dentro ou para além dele. A técnica para tentar a detecção de alvos dentro da chuva é reduzir levemente o ganho, pois os ecos da chuva tendem a ser mais fracos que os ecos de outros alvos, como navios. Os efeitos da chuva também podem ser atenuados por meio do controle FTC, anteriormente estudado.

Neste caso, entretanto, o ganho deve ser levemente aumentado. Os chuviscos, embora possam apresentar ecos levemente difusos, pouco afetam a detecção radar.

A intensidade dos ecos provenientes de precipitações pode, por vezes, mascarar os ecos de terra, o que pode perturbar o navegante por ocasião das aterragens com o radar.

Quando o navio se encontra dentro da chuva, o alcance radar pode ser diminuído, pois parte da energia emitida é absorvida pelas gotas d'água. Tanto maior será a redução do alcance quanto maior for a área coberta pela chuva. Também nesse caso, o operador deve atuar continuamente nos controles de ganho e FTC, diminuindo e aumentando.

Com o navio dentro de um aguaceiro, com o mar agitado, soma-se o *clutter* da chuva com o retorno do mar, tornando ainda mais difícil a detecção de alvos próximos, podendo, até mesmo, cegar completamente o radar. Neste caso, a solução é diminuir a velocidade e navegar como se estivesse em cerração, sem radar.

Os menores comprimentos de onda sofrem maior atenuação das gotas d'água. Assim, os radares que operam na faixa de 3 cm (banda X) são mais influenciados pela chuva do que os da faixa de 10 cm (banda S).

c. Granizo

É a precipitação de pedaços de gelo que, em geral, têm forma esférica e diâmetros que vão desde milímetros até aproximadamente 10 cm. Este tipo de precipitação é mais comum nas médias latitudes e normalmente têm curta duração, ocorrendo quase sempre entre a metade da tarde e o anoitecer. Se a taxa de precipitação for a mesma da chuva, o aspecto da tela do indicador radar será também o mesmo. Mas isso só ocorre quando as pedras de gelo são grandes, o que é difícil de acontecer. De maneira geral, a atenuação devida ao granizo é menor que a devida à chuva, e o *clutter* que o granizo causa é menos prejudicial.

No caso da ocorrência de granizo, o operador deve atuar nos controles do radar da mesma maneira como se estivesse caindo chuva.

d. Neve

É a precipitação de cristais de gelos em flocos. A neve, a não ser as mais fortes nevascas, quase não é notada na tela do radar. Isto é, a queda de neve não aparece como um alvo, embora atenue as ondas radar. Às vezes, a queda de neve é detectada com o radar de 3 cm, mas não com um que opere na faixa de 10 cm. Em virtude da atenuação, a neve provoca redução do alcance radar.

Outro aspecto muito prejudicial da neve é que ela cobre todos os alvos, mascarando os ecos. Essa cobertura de neve deforma os alvos, que já não poderão ser identificados facilmente. Embora a onda radar penetre na neve, ela sofre muita atenuação devido à absorção de energia e, assim, os ecos que retornam são fracos. O resultado desses dois fatores é uma apresentação indefinida dos alvos na tela do radar. Desta forma, o navegante que se aproxima da costa ou está costeando, após uma queda de neve, deve tomar maiores cuidados com a sua navegação. Deve tentar todos os outros auxílios à navegação disponíveis e usar o radar com muita precaução.

e. Nevoeiro, Neblina, Cerração e Smog

Nevoeiro é a presença em suspensão de minúsculas partículas d'água ou de gelo junto à superfície. Mas é somente quando estas partículas em suspensão diminuírem a visibilidade[5] para 1 quilômetro (0,54 milha náutica) que o fenômeno tem o nome de nevoeiro. Se a visibilidade for maior que 1 quilômetro, o nome correto é neblina. Contudo, a bordo, também é comum a palavra cerração para ambos os fenômenos, empregando-se os termos cerração leve, cerração moderada ou cerração fechada.

No que diz respeito ao radar, o nevoeiro também não se faz apresentar na tela do equipamento, salvo em casos especiais. Mas as gotículas d'água, ou de gelo, em suspensão absorvem energia da onda, de maneira que o alcance radar fica reduzido. Um nevoeiro pesado, ou seja, aquele que reduz a visibilidade para 100 metros ou menos, reduz o alcance radar para 60% de seu alcance normal.

[5] **Visibilidade** é, como já visto, a maior distância na qual um objeto escuro pode ser visto no horizonte, tendo o céu como fundo.

Em casos raros, com radar de 3 cm poderão ser detectados bancos de nevoeiros pesados, de grande densidade.

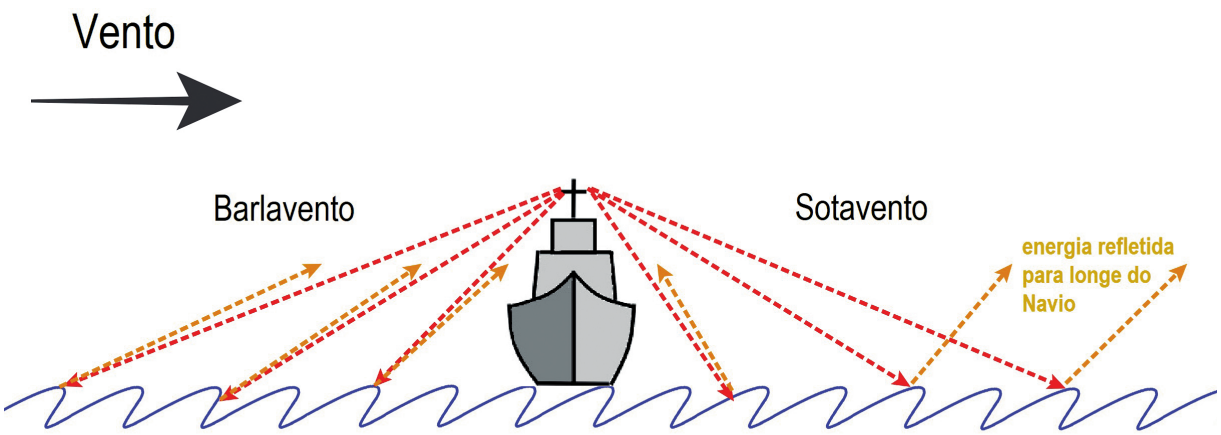
Smog (névoa seca) é a cortina de ar poluído que geralmente se encontra sobre as grandes cidades, de origem industrial e automotiva. A palavra é formada de *smoke* (fumaça) e *fog* (nevoeiro). Não existem dados sobre os efeitos do *smog* no radar, mas é de se supor que ele também diminua o alcance, pela absorção de energia pelas partículas em suspensão.

Em resumo, pode-se afirmar que, em qualquer tipo de precipitação, seja chuva, granizo ou neve, e mesmo no caso de nuvens, nevoeiro, neblina ou *smog*, um radar de 10 cm (banda S) será menos afetado que um de 3 cm (banda X).

f. Vento

A principal, e talvez a única, influência do vento na apresentação do radar está relacionada com o estado do mar dele resultante, pois, como já foi visto, as vagas produzem os ecos de retorno do mar (*clutter*). Quanto mais altas e abruptas as vagas, mais fortes são os ecos de retorno. A potência dos ecos de retorno depende do ângulo de incidência do feixe radar e, assim, o clutter do mar é mais pronunciado a barlavento do que a sotavento, conforme o esquema apresentado na Figura 14.25.

Figura 14.25 – Clutter do mar



g. Gelo

Os ***icebergs*** (blocos de gelo de água doce) geralmente são detectados pelo radar em distâncias que permitem tempo suficiente para ações evasivas. Essas distâncias dependerão de suas dimensões. Os *icebergs* do Ártico apresentam, em geral, superfícies recortadas e facetadas, que proporcionam bons ecos de retorno. Os *icebergs* tabulares, comuns na Antártica, tendo tope plano e paredes laterais quase verticais, que podem se elevar a mais de 30 metros acima da superfície do mar, também constituem bons alvos radar, sendo normalmente detectados com tempo suficiente para manobrar a fim de desviar deles e manter o Navio safo.

Grandes *icebergs* podem ser detectados em distâncias da ordem de 15 a 20 milhas com mar calmo, embora a intensidade de seus ecos seja somente 1/60 da intensidade dos

ecos que seriam produzidos por um alvo de aço de tamanho equivalente. *Icebergs* menores são detectados a cerca de 6 a 12 milhas. ***Bergy bits*** (pedaços quebrados de icebergs) com 4 a 5 metros de altura, normalmente não são detectados pelo radar a distâncias maiores que 3 milhas.

Os **flocos de gelo** (***ice floes***) e ***growlers***, formados pelo congelamento de água salgada, são, em geral, muito baixos (altura máxima de 2 metros) e constituem um alvo radar extremamente ruim, sendo de difícil detecção, principalmente com mar agitado, quando o *clutter* do mar pode mascarar por completo os ecos de pedaços de gelo perigosos à navegação.

Com mar calmo, esse tipo de gelo normalmente não é detectado em distâncias maiores que 2 milhas. Assim, embora o radar constitua um auxílio muito importante para a navegação em presença de gelo (para a detecção de *icebergs* e blocos de gelo de maiores dimensões), a busca radar deve ser complementada por uma vigilância visual constante, pois esta é insubstituível para a detecção de campos de gelo e *growlers* perigosos à navegação.

h. Tempestades tropicais, furacões, tufões e ciclones

As tempestades tropicais, em qualquer de suas modalidades mais severas (furacões, tufões ou ciclones), produzem ecos bem definidos no radar. O uso do radar nas manobras frente a esses fenômenos meteorológicos está contido no Volume III deste Manual de Navegação.

14.2.5 Auxílios à Navegação Radar

Vários auxílios à navegação radar, ou instalações auxiliares, foram desenvolvidos para ajudar o navegante a identificar um alvo radar ou para aumentar a intensidade dos ecos produzidos por objetos que, de outra forma, seriam de difícil detecção.

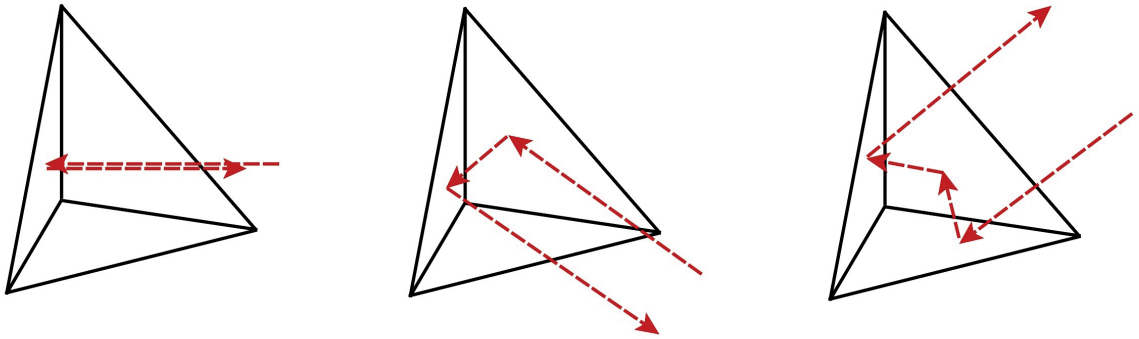
Os auxílios à navegação radar podem ser classificados, pela maneira como atuam, em passivos e ativos. Os passivos apenas refletem a energia que sobre eles incide. Os ativos transmitem um sinal de RF, que é recebido pelos radares de bordo.

a. Refletor-radar

É um auxílio à navegação radar passivo, cuja finalidade é aumentar a capacidade de resposta de um alvo radar, para possibilitar sua detecção a maior distância. O refletor-radar é um equipamento que reflete a energia incidente sobre ele na direção da fonte de emissão, dentro de limites bem amplos de ângulos de incidência.

O método usual para obter a reflexão é empregar duas ou mais superfícies refletoras planas, formando ângulos retos entre si, de modo que a energia incidente retorne na direção da fonte emissora, após múltiplas reflexões. Assim, são formados o diedro refletor e o triedro trirretângulo refletor. Os triedros refletores são normalmente constituídos por 3 triângulos isósceles formando ângulos retos e retornam a energia incidente conforme mostrado na Figura 14.26.

Figura 14.26 – Triedros Refletores



Por vezes, em vez de um único, são instalados nos auxílios à navegação um grupo de refletores-radar, que, convenientemente dispostos, facilitam em muito a sua detecção pelo radar, como apresentados nos exemplos contidos nas Figuras 14.27.

Figura 14.27 – Boias luminosas com arranjo de refletores-radar



Os refletores-radar, em sua maioria, estão instalados em boias, mas existem, igualmente, em sinais fixos (faróis, faroletes e balizas). Ademais, conforme já mencionado, as embarcações de madeira e de fibra de vidro também devem portar refletores-radar, a fim de melhorar sua capacidade de resposta radar.

Ademais, a IMO recomenda que todas as embarcações com menos de 100 toneladas de arqueação bruta sejam equipadas com refletor radar.

A tabela seguinte dá uma ideia do aumento da refletividade obtido pela aplicação de refletores-radar, tendo como parâmetro o alcance radar (em milhas) do alvo:

ALVO	ALCANCE RADAR	
	sem refletor	com refletor
Boia comum	1,5’	3,5’
Boia cilíndrica	3,5’	7,0’
Baleeira	3,0’	7,0’
Barco de pesca	2,0’	6,0’

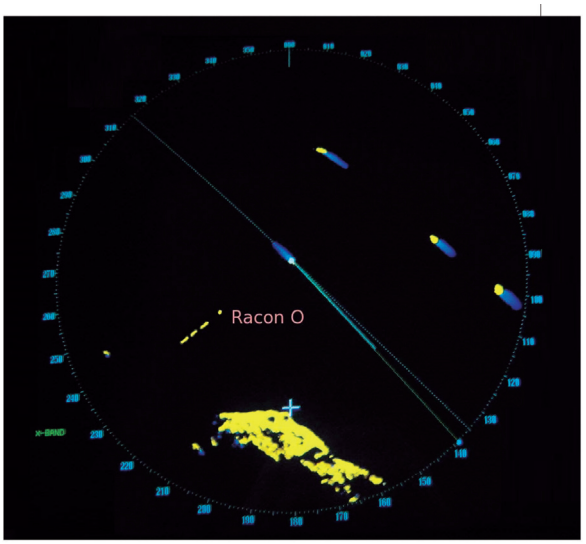
b. RACON

RACON deriva da expressão, em inglês, *Radar Beacon*, ou *Radar Transponder Beacon*. O RACON é um auxílio à navegação radar ativo, geralmente instalado em um farol, farolete, boia ou barca-farol que, quando excitado por um radar de navegação, automaticamente retorna um sinal distinto, que aparece na tela do radar, proporcionando identificação positiva do alvo e possibilitando a leitura precisa de marcação e distância radar.

Normalmente, os equipamentos RACON têm agilidade de frequência e dualidade de banda (*dual band racon*), respondendo aos radares de navegação que operam nas faixas de 3 cm (banda X) e 10 cm (banda S).

O pulso emitido pelo radar de bordo é recebido pelo RACON, amplificado e vai disparar o transmissor do equipamento, que emite um sinal onidirecional. Este sinal é recebido a bordo quando a antena do radar está conteirada diretamente para o RACON, aparecendo na tela do indicador, geralmente como um sinal em Código Morse, que se origina na posição do RACON e se estende radialmente para fora, na direção da periferia do PPI, conforme apresentado na Figura 14.28.

Figura 14.28 – Sinal Codificado de RACON “O”



Assim, o primeiro traço ou ponto indica a posição do sinal onde está instalado o RACON. Desta forma, a distância deve ser medida tangenciando-se a borda interna do primeiro ponto ou traço do sinal codificado do RACON, isto é, a “margem mais próxima”. A marcação é medida ajustando-se o cursor de marcação no meio do sinal codificado. Entre as aplicações específicas do RACON, incluem-se:

- **Aterragem** – o RACON é indicado para reforçar a resposta e facilitar a identificação de um sinal de aterragem, que é o primeiro a ser visto na aproximação a um determinado ponto da costa, vindo do mar aberto;

- **Navegação a curta distância** – o RACON é usado para facilitar a identificação radar de um acidente ou ponto de interesse local, como, por exemplo, uma entrada de porto;

- **Alinhamento** – o RACON é indicado para facilitar a identificação de um sinal de alinhamento no radar. Usando 2 equipamentos RACON, ou um RACON e um refletor radar, nos sinais anterior e posterior de um alinhamento, um navio pode utilizar o alinhamento mesmo com má visibilidade, pela navegação radar;

- **Marcações de ponte** – o RACON é indicado para marcar o vão central, ou vão de navegação, de pontes que cruzam vias navegáveis;

- **Novos perigos** – o RACON é usado para marcar um novo perigo à navegação, tal como um casco soçobrado. Neste caso, deve responder com um sinal correspondente à letra "D" em Código Morse (— • •);

- **Identificação de linha de costa inconspícua** – pode-se usar um RACON quando a linha de costa é difícil de distinguir ou identificar, para indicá-la na tela do radar; e

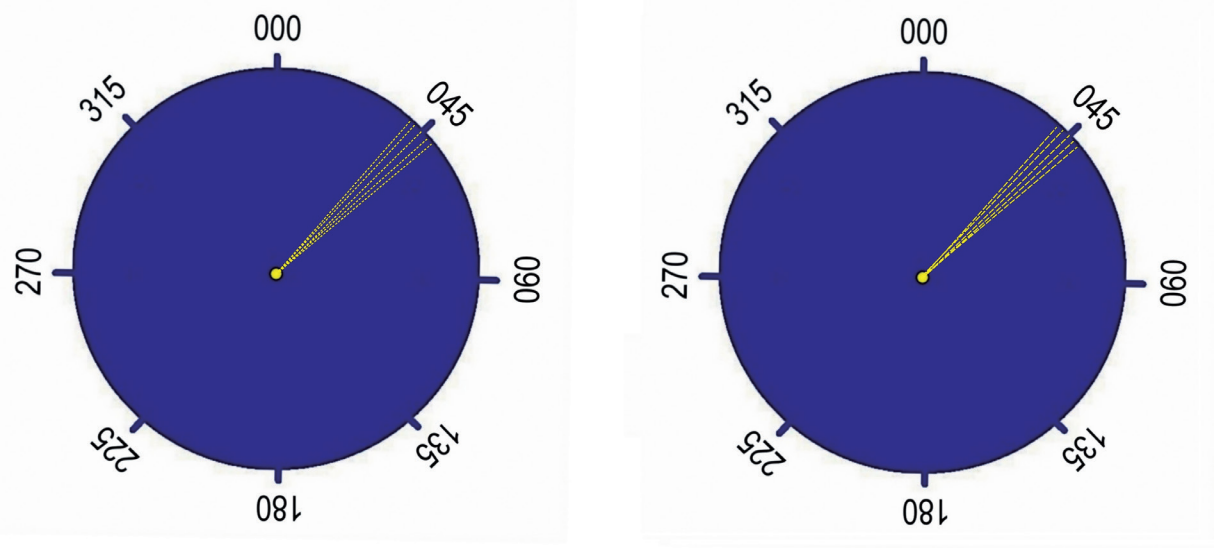
- **Marcação de estrutura ao largo** – o RACON pode ser usado para marcar e identificar uma estrutura *offshore*, tal como uma plataforma de petróleo.

c. RAMARK

RAMARK é a abreviatura da expressão, em inglês, *Radar Marker*. O RAMARK transmite continuamente ou a intervalos, sem necessidade de ser excitado/disparado por sinais de radares de bordo. A transmissão a intervalos é mais usada do que a transmissão contínua, de modo que o PPI possa ser periodicamente inspecionado sem qualquer mancha (*clutter*) introduzida pelo sinal do RAMARK.

O sinal RAMARK aparece no PPI como uma linha radial que se origina no centro da tela, estendendo-se na direção da posição do equipamento. A linha radial pode ser contínua, uma série de traços, uma série de pontos, ou de pontos e traços, como mostrado na Figura 14.29.

Figura 14.29 – Sinal RAMARK Pontilhado e Tracejado



O RAMARK, portanto, só indica a marcação. Além disso, apresenta a desvantagem de que o seu forte sinal, além de produzir a indicação desejada, pode dar origem a ecos falsos na tela, que podem ser atenuados com a aplicação do controle FTC.

d. Radar Target Enhancer (RTE)

O reforçador de alvo radar *(Radar Target Enhancer*) é um auxílio à navegação radar ativo, que recebe o pulso radar transmitido, amplifica e retransmite, como um eco reforçado (sem qualquer espécie de codificação), de modo a aumentar a seção radar e a capacidade de resposta de alvos importantes (boias e outros auxílios à navegação). O RTE também pode ser utilizado para aumentar a seção radar e a capacidade de resposta de pequenas embarcações (especialmente as de fibra de vidro e madeira).

14.3 NAVEGAÇÃO RADAR

14.3.1 Precisão das distâncias e marcações radar

a. Distâncias radar

As distâncias radar, embora mais precisas que as marcações, são afetadas por diversos fatores, entre os quais erros inerentes ao próprio equipamento (retardo do receptor, erro de calibragem, distorção da imagem radar, etc.), erros do operador (falsa interpretação da linha de costa, imprecisão decorrente da não utilização da escala de distância mais curta, tangência imperfeita do estrobo de distância, etc.), erros devidos às diferentes características de reflexão de cada alvo e às condições atmosféricas reinantes.

Para minimizar os efeitos dos erros acima citados sobre as distâncias radar, alguns cuidados devem ser tomados:

- verificar periodicamente a calibragem do radar, corrigindo-a, se necessário. A calibragem do estrobo de distância pode ser verificada através da comparação com os círculos de distância fixos. A calibragem do radar propriamente dito pode ser verificada com o navio atracado ou fundeado em uma posição bem determinada. Mede-se, então, na carta náutica, a distância do navio a um ponto que seja conspícuo no radar. Ao mesmo tempo, mede-se a distância radar para o referido ponto. Compara-se, em seguida, os dois valores. A calibragem será satisfatória se a diferença entre a distância verdadeira e a distância radar ao objeto notável for menor que 1,5% do alcance da escala de distância utilizada;

- utilizar sempre a escala de distâncias mais curta possível. Conforme visto, quanto mais curta a escala de distâncias maior a resolução de imagem radar, melhor a definição do contorno dos alvos e, portanto, maior a precisão das distâncias radar medidas. Ademais, quanto mais curta a escala de distâncias menor será o erro devido à espessura luminosa dos círculos de distância fixos ou do estrobo de distâncias;

- evitar medir distâncias para alvos muito próximos da borda da tela do radar, a fim de eliminar o erro devido à curvatura do PPI, que distorce a imagem dos alvos junto ao perímetro do indicador, que aparecem maiores em tamanho; e

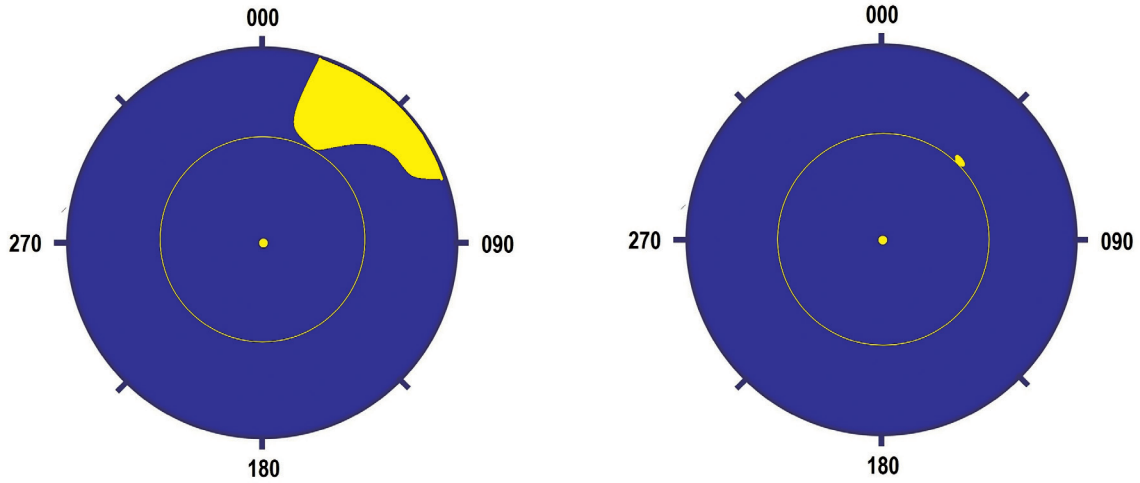
- quanto aos demais erros, um operador experiente, que faça um bom estudo da carta náutica da área, comparando-a com a imagem radar apresentada na tela do indicador, conseguirá reduzi-los significativamente na medição das distâncias radar.

Considera-se que um radar bem calibrado e corretamente operado pode fornecer distâncias com precisão de 100 jardas até o horizonte radar, com decréscimo progressivo além desse ponto, até o limite do alcance.

O procedimento correto para medição das distâncias radar é o seguinte:

- seleciona-se a escala de distâncias mais curta possível;
- opera-se o estrobo de distâncias (marcador variável de distâncias) de modo a tangenciar a borda interna do eco (vide a Figura 14.30); e
- a distância radar é, então, lida no mostrador correspondente.

Figura 14.30 – Medição de Distância Radar



b. Marcações radar

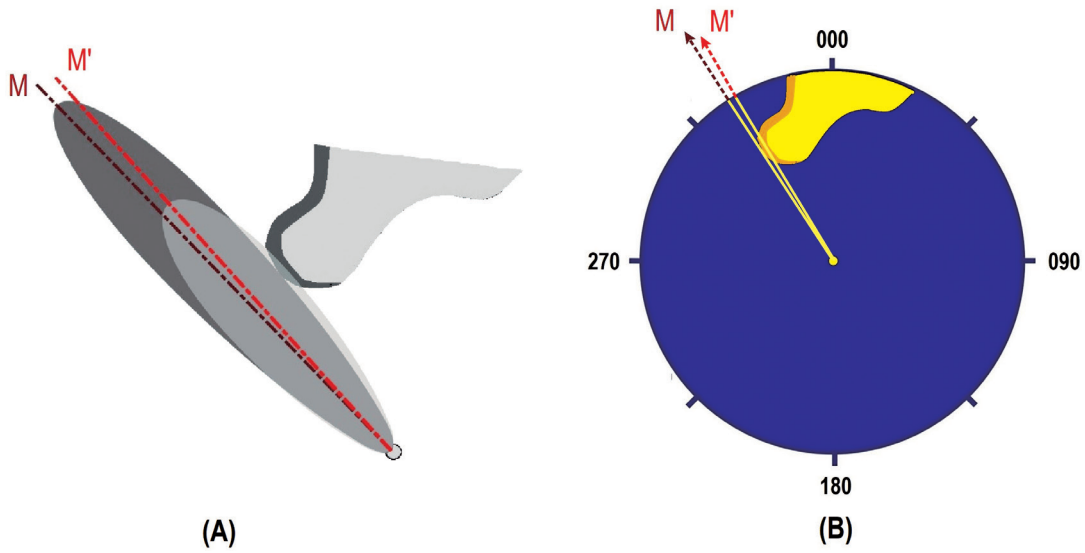
As marcações radar são, conforme já mencionado, menos precisas que as distâncias, sendo afetadas pelos seguintes erros:

- distorção devida à largura do feixe radar, que produz uma imagem deformada. Marcações de pontos de terra sofrerão um erro de aproximadamente metade da abertura angular do feixe, conforme mostrado na Figura 14.31. Na situação ilustrada, a ponta de terra começa a refletir as ondas radar desde que o feixe incide sobre ela, resultando em uma imagem distorcida na tela do indicador, com o aparecimento de eco no PPI na marcação M, cuja diferença para a marcação real da ponta é igual à metade da largura angular do feixe radar (na verdade, influem nesta distorção outros fatores, como o poder de reflexão do alvo e a distância ao mesmo, que afetam o valor do erro). Reduzindo-se o ganho, diminui a distorção devida à largura do feixe, eliminando os ecos mais fracos da periferia do feixe radar e mantendo apenas os ecos mais potentes, correspondentes às proximidades do eixo do feixe transmitido. O lóbulo menor mostrado na Figura 14.31(A) representa o feixe que será recebido com o ganho reduzido, o que acarretará um valor com menor erro da marcação da ponta, representada por M', como mostrado na Figura 14.31(B);

- erro devido a imperfeições no alinhamento da linha-de-fé, ou marca de proa (SHM – *Ship's Head Marking*); dificuldade de ajustar a antena no mastro com precisão maior que 1°; erro não detectado na agulha giroscópica; ou folga no motor de conteira da antena. Todos esses erros se transmitem em verdadeira grandeza para as marcações medidas com o radar; e

- erro do operador, devido à paralaxe do cursor mecânico de marcação (gravado em material transparente) e erro de centragem do cursor.

Figura 14.31 – Distorção na Marcação devida à Largura do Feixe



Em virtude dos erros e distorções acima, considera-se que as marcações radar têm uma precisão da ordem de 2° a 3°.

Para obtenção de marcações radar, recomenda-se adotar o seguinte procedimento:

- selecionar a escala de distâncias mais curta possível;

- diminuir o ganho, para reduzir a distorção de abertura do feixe;

- sempre que possível, usar o cursor eletrônico, a fim de evitar os erros de paralaxe e de centragem do cursor mecânico;

- sendo o eco pequeno, bissectá-lo com o cursor. No caso de eco grande, como de uma costa, determinar um ponto conspícuo e bem definido e, então, operar para que o cursor passe sobre ele;

- considerar o desvio da giro (Dgi) para obter marcações verdadeiras; e

- no caso de marcações relativas (apresentação não-estabilizada, ou "proa para cima"), transformá-las em marcações verdadeiras, aplicando o rumo verdadeiro.

14.3.2 Uso do Radar na Navegação Costeira e em Águas Restritas

Em virtude de sua maior precisão, as distâncias radar têm preferência sobre as marcações, na navegação costeira e em águas restritas. Na realidade, as marcações radar devem

sempre ser tratadas com muito cuidado. Alguns navegantes têm como regra só utilizar marcações radar na ausência de qualquer outra informação.

Assim sendo, os **melhores métodos para obtenção de uma posição usando o radar são**, por ordem de precisão:

1º	distâncias radar e marcações visuais
2º	cruzamento de distâncias radar
3º	distâncias e marcações radar
4º	cruzamento de marcações radar

Conforme mencionado no Capítulo 9, que descreve a operação da Equipe de Navegação, em um navio de guerra, a Equipe de Navegação Radar do CIC é, normalmente, quem executa a navegação quando condições de visibilidade restrita impedem a obtenção de linhas de posição (LDP) visuais. Entretanto, mesmo nessas condições, o Encarregado de Navegação continua sendo o responsável, perante o Comandante, pela navegação segura do navio. O EncNav deve manter uma plotagem paralela no passadiço, utilizando a repetidora radar lá instalada e qualquer LDP visual de oportunidade.

Na determinação da posição do navio usando linhas de posição radar (isoladamente, ou em combinação com LDP visuais ou obtidas de outras fontes), devem ser sempre utilizadas pelo menos 3 LDP, para definir a posição com segurança, evitando erros e ambiguidades.

A identificação dos pontos a serem marcados com o radar, ou seja, a correspondência entre a imagem apresentada na tela do indicador e o que é representado na carta náutica, nem sempre é fácil, exigindo um estudo da área em que se navega e uma boa coordenação entre o plotador e o operador do radar.

Quando se usa apenas o radar, 4 são os métodos empregados para obter a posição do navio:

- interseção de 3 ou mais distâncias;
- cruzamento de marcações;
- distância e marcação de um único objeto; e
- marcações tangentes, com distância mínima.

a. Posição pela interseção de 3 ou mais distâncias radar

Normalmente, as distâncias tomadas de três ou mais pontos de terra darão uma posição radar mais precisa do que a obtida por qualquer outro método. O maior perigo na utilização desse método é a possibilidade de se plotar na carta a distância obtida de um ponto que não seja aquele que o operador de radar informou.

A orla de uma costa próxima, quando baixa, não aparece no radar com a precisão da carta. O radar, normalmente, detectará alvos além da costa. É difícil determinar com precisão o ponto exato em que está se dando a reflexão das ondas emitidas pelo radar. Por esta razão, pequenos objetos, tais como pedras isoladas e ilhotas, fornecem os melhores pontos.

As distâncias devem ser tomadas com o mínimo de intervalo de tempo entre si, de três pontos de terra previamente escolhidos. Traçar com o compasso os arcos de distância, tomados

na escala de latitude da carta, com centro nos pontos de onde foram obtidas as respectivas distâncias. O ponto de interseção dos arcos de distância será a posição do navio naquele momento, conforme mostrado na Figura 14.32. A prática tem mostrado que a melhor sequência dos pontos a serem marcados é: o ponto mais de vante, o mais de ré e o ponto central.

A rigidez da posição obtida depende da geometria das LDP, isto é, do ângulo de corte dos arcos de distância, de forma similar ao que ocorre quando é determinada uma posição por cruzamento de LDP visuais.

Figura 14.32 – Posição por distância a três objetos isolados, conspícuos no radar

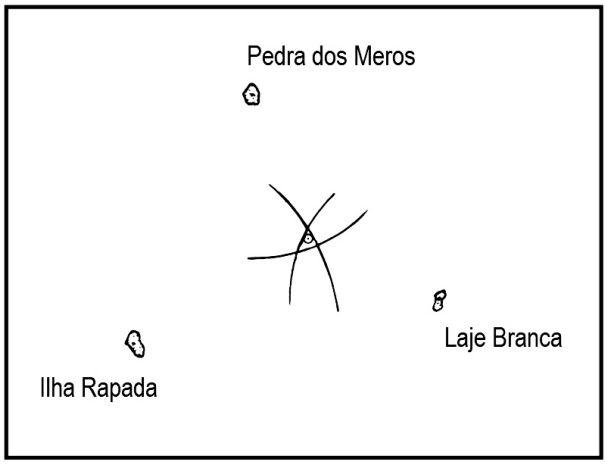
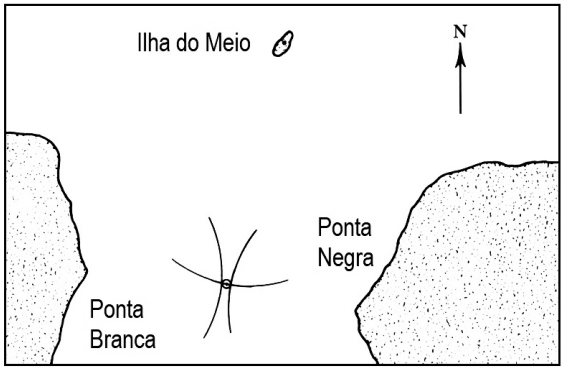


Figura 14.33 – Posição por distância a três objetos isolados, sendo dois em direções opostas



No caso de dois pontos conspícuos no radar estarem em direções opostas, ou quase, de modo que seus arcos de distância sejam aproximadamente paralelos, esses arcos poderão ser usados, desde que em combinação com outro arco de distância, que os intercepte em um ângulo próximo de 90°. A posição resultante terá boa precisão, conforme mostrado na Figura 14.33. A quase tangência dos 2 arcos de distância indica medidas precisas e alta confiabilidade da posição com respeito à distância de terra por ambos os bordos.

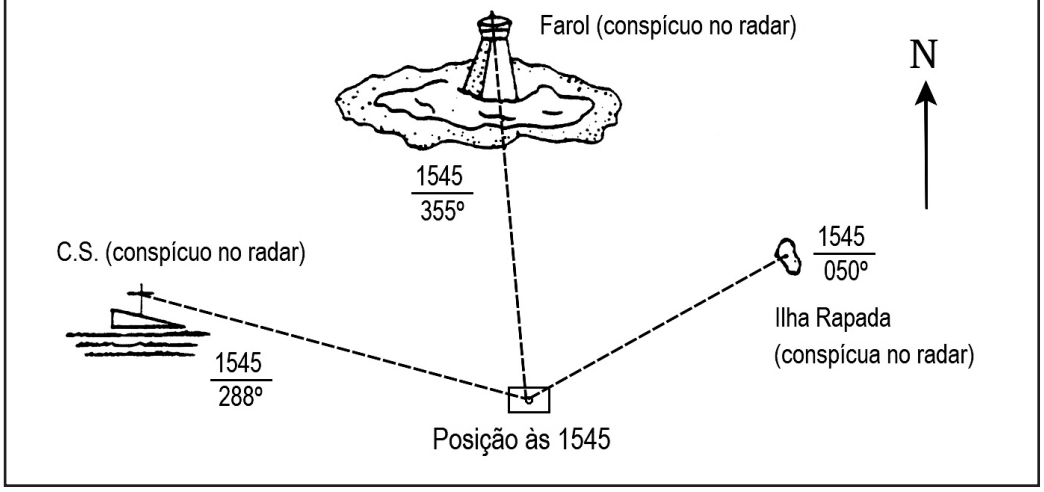
Note-se que, nos 2 exemplos mostrados (Figuras 14.32 e 14.33), os arcos de distância não se cruzaram em um ponto. Isto decorre dos erros inerentes ao equipamento e à operação do radar, anteriormente citados.

Quando os arcos de distância são muito grandes, excedendo a abertura máxima do compasso de navegação, usa-se um cintel para sua plotagem (ver o Capítulo 11).

b. Posição por cruzamento de marcações radar

Se, como último recurso, marcações radar têm que ser usadas para plotagem da navegação, somente objetos relativamente pequenos e distintos devem ser observados para obtenção das LDP, conforme mostrado na Figura 14.34.

Figura 14.34 – Posição por Marcações Radar

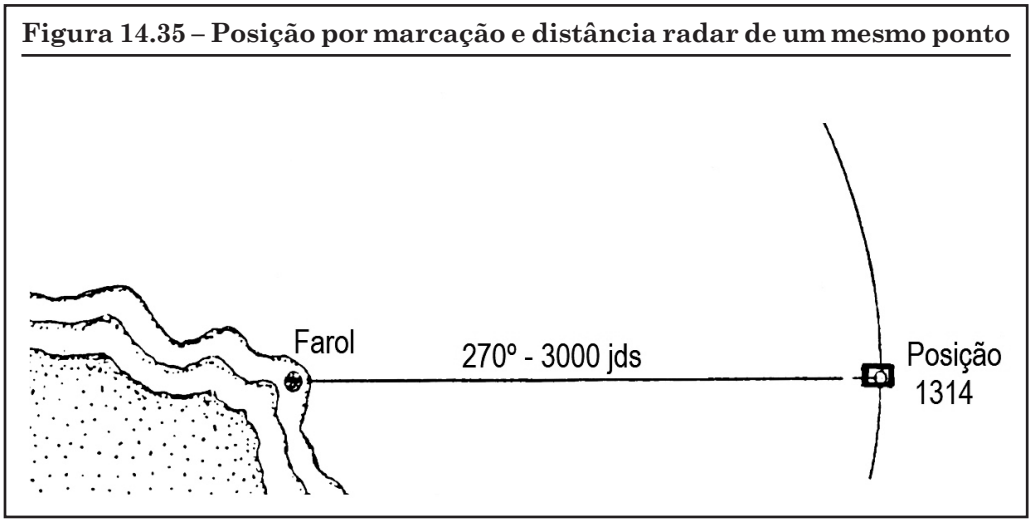


Embora as marcações radar não sejam normalmente usadas na determinação de posições, elas são muito úteis para auxiliar na identificação de alvos conspícuos no radar.

c. Posição por marcação e distância radar de um mesmo ponto

Um único objeto, pequeno e bem definido, tal como um ilhote, um rochedo ou uma ponta de terra, constituem um ótimo ponto para ser identificado no radar. Este método é muito usado quando navegando próximo da costa. Utilizando transferidor universal ou a régua paralela, o plotador traça a marcação informada e, em seguida, plota a posição do navio sobre a linha de marcação, na distância radar ao objeto selecionado, conforme apresentado na Figura 14.35.

Figura 14.35 – Posição por marcação e distância radar de um mesmo ponto



Este método é muito rápido e apresenta a vantagem de requerer apenas um único ponto de terra. Além disso, as 2 LDP são perpendiculares entre si, proporcionando um ótimo ângulo de cruzamento (90°). Entretanto, o uso de apenas 2 LDP pode conduzir a erros e ambiguidades, já referidos em Capítulos anteriores. Assim, este método deve ser empregado somente quando não houver possibilidade de utilização de outro mais seguro.

d. Marcações tangentes com distância mínima

Quando se observa a marcação radar de alvos pequenos, o operador determina a marcação precisamente do meio do "pip" correspondente ao ponto de terra que está sendo visado. Porém, no presente método, como se trata de alvos de grandes dimensões, outras considerações terão que ser feitas.

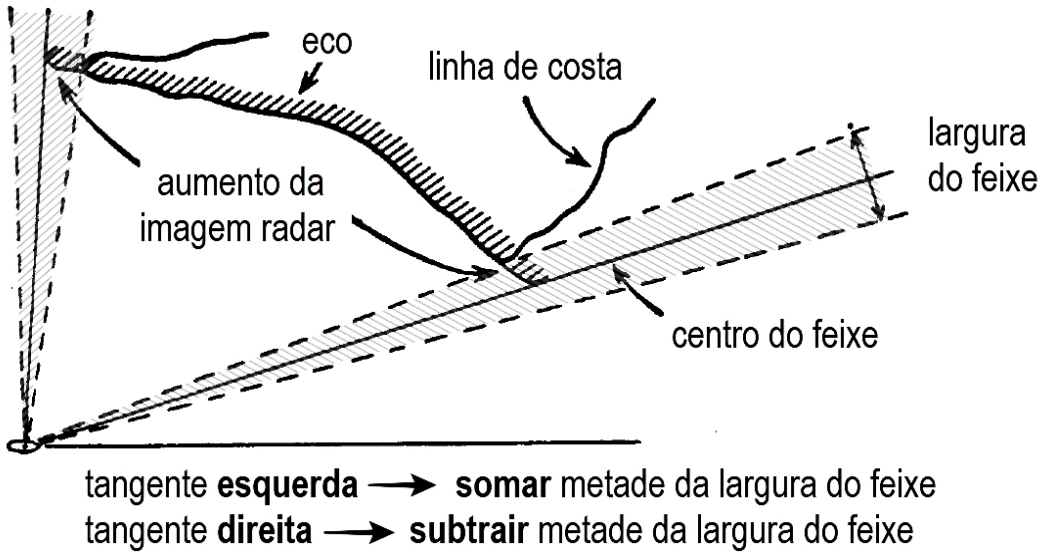
A marcação tangente é menos desejável do que a central, pois grandes erros podem resultar, em virtude da linha de costa apresentada pelo radar não corresponder exatamente à real, ou por aparecer aumentada, devido à distorção da largura do feixe.

O primeiro erro é mais comum quando a linha de costa é baixa ou está além do horizonte, porém pode ser corrigido por um estudo cuidadoso da carta. Considerando-se a natureza da costa, a altura da terra, a altura da antena e a distância, é possível, muitas vezes, determinar a parte da terra que o radar detectará.

Quanto à distorção da imagem, poderá ser aplicada às tangentes medidas pelo radar uma correção, para obter as marcações reais, levando-se em conta a largura do feixe.

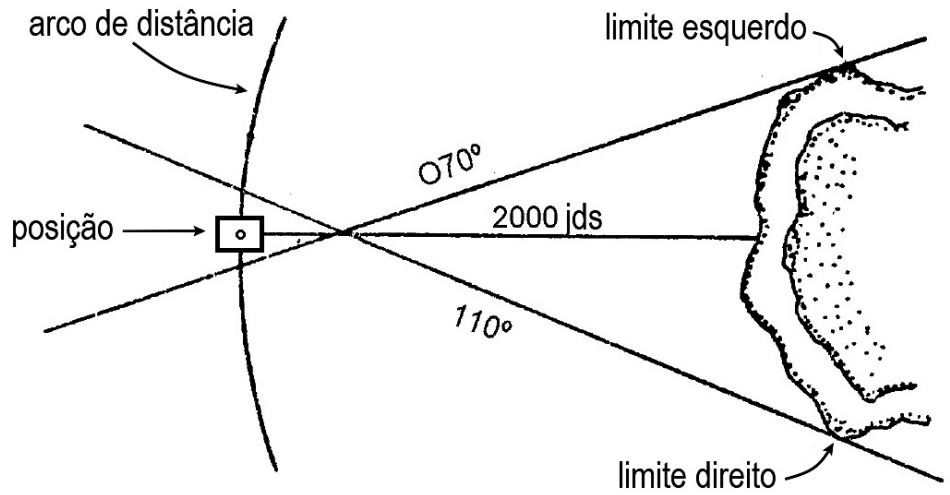
Como regra, ao obter marcações tangentes de alvos de grandes dimensões, somar a metade da largura angular do feixe à marcação tangente da esquerda e diminuir da tangente direita este mesmo valor, conforme mostrado na Figura 14.36. Esse critério é baseado no sentido normal da varredura dos radares de navegação, isto é, a antena girando no sentido dos ponteiros de um relógio.

Figura 14.36 – Correções para as distorções da largura do feixe



As marcações tangentes estão sujeitas a erros e, portanto, não constituem um método ideal para se estabelecer uma posição. Uma posição obtida por marcações tangentes deve ser verificada, sempre que possível, por meio de uma distância mínima de terra, como se vê na Figura 14.37.

Figura 14.37 – Posição por Marcações Tangentes com Distância Mínima

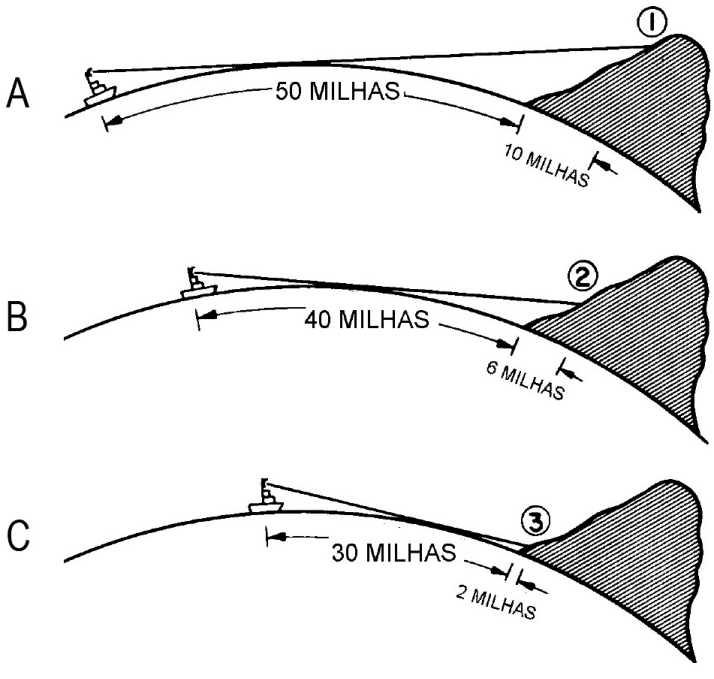


14.3.3 Aterragem com o radar

Para aterragem com o radar, é oportuno recordar que, geralmente, as linhas de costa são mais baixas que as terras do interior e serão estas que fornecerão os primeiros ecos. Além disso, também a curvatura da Terra influi na detecção radar.

Na Figura 14.38, em A, o navio está a 50 milhas da costa, mas, em virtude do feixe transmitido refletir no ponto 1, bem para o interior, a distância indicada no radar (60') terá um erro de 10 milhas. Em B, com o navio já a 40 milhas da costa, a distância indicada será 46 milhas, com um erro de 6 milhas, pois o feixe transmitido irá se refletir no ponto 2. Em C, com o navio a 30 milhas da costa, o feixe incide no ponto 3, e o erro será de 2 milhas. Somente com o navio ainda mais próximo é que a linha de costa será realmente apresentada no radar.

Figura 14.38 – Aterragem com o Radar



Assim, nas aterragens, o radar deve ser usado com cautela, pois grandes erros podem resultar nas posições obtidas. Informações adicionais, oriundas de outros auxílios-rádio à navegação e, principalmente, as sondagens fornecidas pelo ecobatímetro, deverão ser usadas, em conjunto com as observações radar, para determinação da posição do navio.

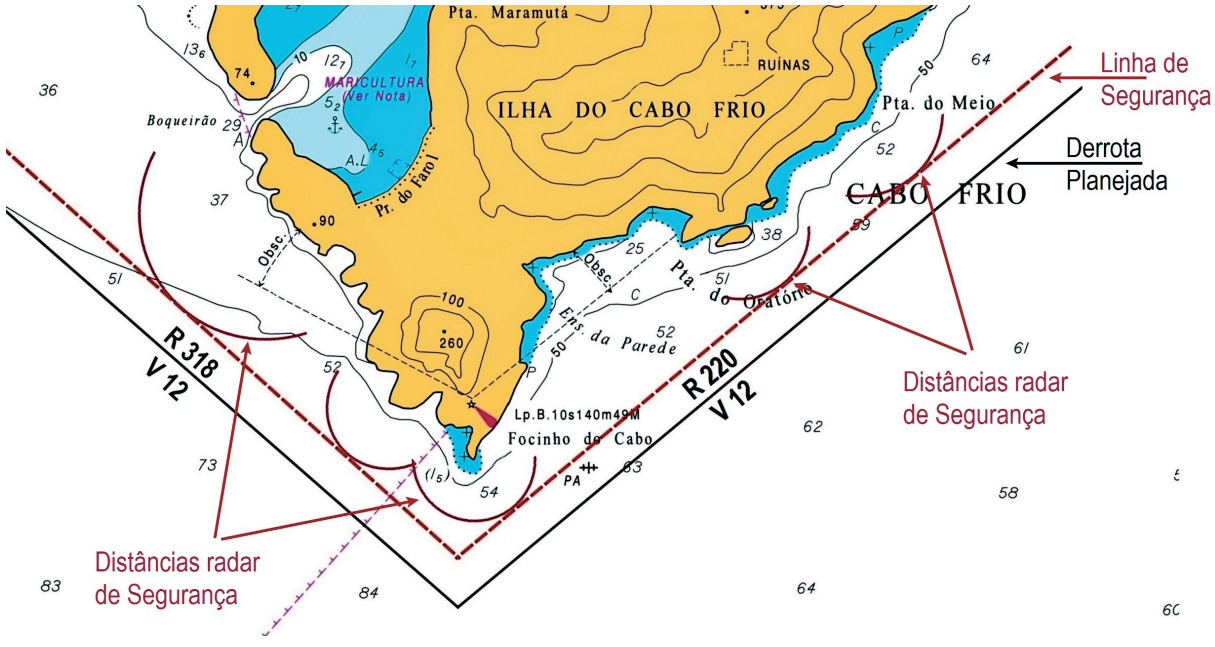
14.3.4 Distância radar como LDP de Segurança

Conforme visto no Capítulo 7, a linha de posição de distância é utilizada como LDP de Segurança na navegação costeira e em águas restritas. As distâncias radar, com a precisão e facilidade de medida que lhes são características, são bastante convenientes para o emprego como LDP de Segurança.

Muitas vezes, quando se navega ao longo de uma costa ou se contorna um acidente notável com baixa visibilidade, fica-se obrigado a aumentar a distância de terra, a fim de compensar a restrição de visibilidade, o que faz com o que a duração do trajeto é aumentada, acarretando maior dispêndio de tempo e combustível.

Traçando na carta náutica arcos de distância de segurança, com origem em pontos selecionados da linha de costa, pode-se estabelecer uma linha de segurança (tangente aos referidos arcos de distância), por fora da qual uma travessia segura pode ser feita, usando distâncias radar para controlar a navegação, a fim de garantir que o navio não entre nas distâncias mínimas de segurança, como apresentado na Figura 14.39. Com isso, fica reduzido o problema mencionado no parágrafo anterior.

Figura 14.39 – Distâncias Radar como LDP de Segurança



Para usar este método, é essencial assegurar-se de que a linha de costa fornece bons alvos nas distâncias necessárias e que a imagem radar será realmente da linha de costa e não de alvos mais elevados situados no interior. Ademais, o ganho não deve ser reduzido, a fim de que o radar receba e apresente na tela os primeiros ecos refletidos pela linha de costa, em relação à qual deve-se manter uma distância mínima.

Este método de distância de segurança pode ser comparado com o uso de ângulos verticais e ângulos horizontais de perigo na navegação visual (ver o Capítulo 7).

Em condições normais de visibilidade, as distâncias radar de segurança podem ser usadas para assinalar perigos ao largo de uma costa onde são escassos os pontos notáveis à navegação por métodos visuais.

14.3.5 Fundeio de precisão com o radar

Pode ocorrer a necessidade de executar um fundeio de precisão em baixa visibilidade, situação em que o radar pode ser o único auxílio disponível. A utilização de procedimentos seguros e bem definidos é de grande importância nos fundeios de precisão, principalmente quando esse procedimento vier a ser feito por vários navios de uma Força na mesma área ou em portos congestionados.

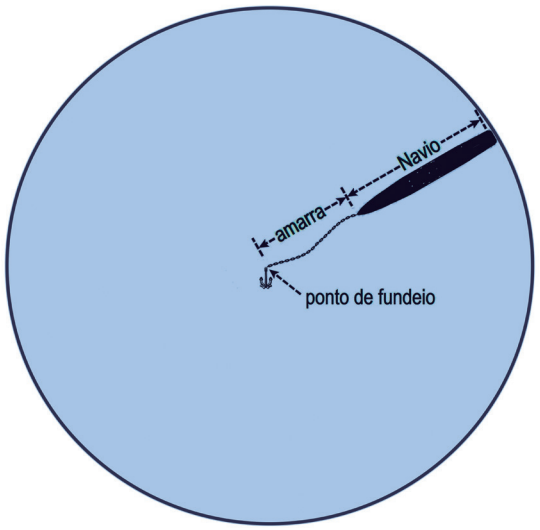
O planejamento e a execução do fundeio de precisão devem ser conduzidos de maneira a largar o ferro exatamente sobre o ponto determinado, com o máximo de precisão.

a. Preparação da carta náutica

Tal como no fundeio de precisão por métodos visuais, o fundeio de precisão com o radar exige uma preparação cuidadosa:

- traçar em torno do ponto de fundeio selecionado um círculo de segurança, tendo como raio o filame (comprimento da amarra a ser largada, definido em função da profundidade do local e da natureza do fundo) somado ao comprimento do navio, como apresentado na Figura 14.40. Nenhum perigo deve ficar dentro desse círculo. Particular atenção deve ser dada a outros navios fundeados na área e a baixas profundidades;

Figura 14.40 – Círculo de Segurança



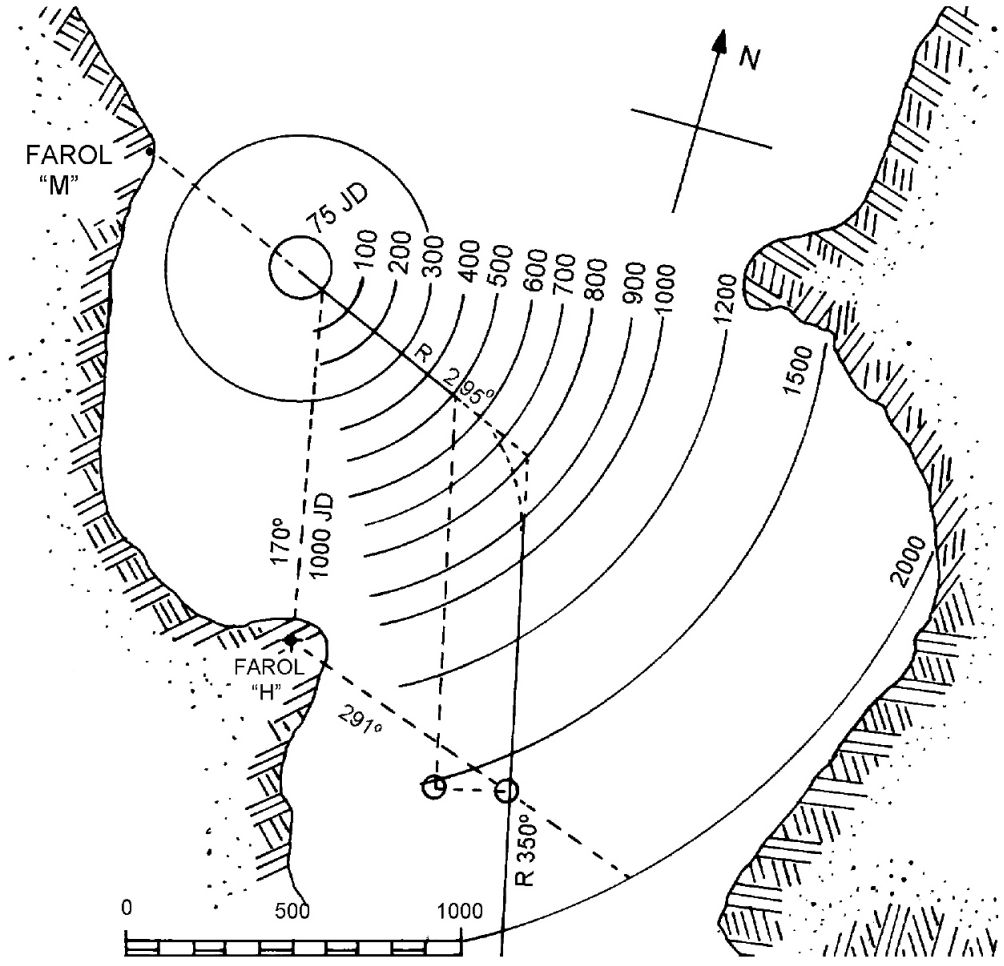
- traçar um círculo de "largar o ferro" em torno do ponto de fundeio, tendo como raio a distância horizontal dos peloros ao escovém ou, no caso de navegação radar, da antena do radar ao escovém;

- traçar círculos de distância, a partir do círculo de "largar o ferro". Normalmente, esses círculos devem ser traçados a cada 100 jardas, até o limite de 1.000 jardas e, então, a 1.200 jardas, 1.500 jardas e 2.000 jardas. O círculo de "largar o ferro" deve ser considerado como "zero";

- traçar a derrota de aproximação ao ponto de fundeio. O rumo de aproximação deve ser escolhido de forma que se tenha pela proa um alvo conspícuo no radar, tal como a ponta mostrada na Figura 14.41. Assim, a distância a essa referência dará continuamente uma indicação direta da distância a navegar até o ponto de fundeio. A aproximação final deve, se possível, ser feita com o navio aproado à corrente ou ao vento, se este tiver maior efeito; e

- determinar as distâncias de referência para o fundeio de precisão com o radar. Uma distância pela proa (para a referência de proa do rumo final) e uma distância tão pelo través quanto possível.

Figura 14.41 – Derrota de Aproximação para o Fundeio de Precisão



Da mesma forma que no fundeio de precisão por métodos visuais, no traçado do fundeio de precisão com o radar também devem ser levados em conta os dados táticos do navio (avanço e afastamento) para as guinadas planejadas, obtidos das curvas de giro correspondentes às velocidades e ângulos de leme que se pretende utilizar.

b. Execução do fundeio de precisão com o radar

Na execução do fundeio de precisão, a posição radar do navio é determinada seguidamente, de forma a assegurar que a derrota planejada está sendo realmente cumprida. À medida que os círculos de distância são atingidos, o Comandante deve ser informado, para que a velocidade possa ser ajustada, visando estar o navio parado ao alcançar o ponto de fundeio, quando a antena do radar deverá estar sobre o círculo de "largar o ferro", a uma distância do ponto de fundeio igual à distância horizontal entre a antena do radar e o escovém (75 jardas, no exemplo da Figura 14.41).

Mesmo com boa visibilidade, o radar ainda pode ser bastante útil no fundeio de precisão, quando pontos notáveis à navegação visual são escassos ou inexistentes, ou quando outros navios estão fundeados nas proximidades (usa-se o radar, então, para manter uma distância segura desses navios).

Após a faina, o radar também é de grande utilidade no controle da posição de fundeio, especialmente em baixa visibilidade, para verificar se o navio está garrando.

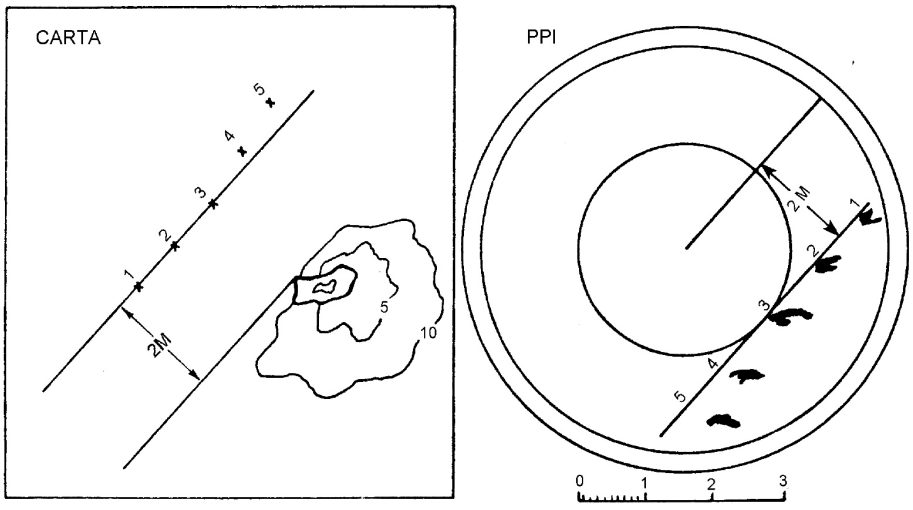
O fundeio de precisão com o radar também pode utilizar os conceitos de navegação paralela indexada, adiante abordados.

14.3.6 Navegação Paralela Indexada

A navegação radar empregando retas paralelas ao rumo do navio, traçadas na carta e na tela do radar, destina-se a controlar a situação do navio com relação à derrota planejada, além de indicar áreas de perigo a serem evitadas. Comparada com a navegação radar elementar, a navegação paralela indexada tem a vantagem de prover informação em tempo real do afastamento do navio em relação à derrota planejada, bem como da aproximação de áreas perigosas.

As posições 1, 2, e 3, na carta e na repetidora do radar, como mostradas na Figura 14.42, apresentam o deslocamento do navio sobre a derrota planejada até o instante em que a ilha se encontrava no través de boreste; e as posições 4 e 5 mostram o navio afastado da derrota para bombordo. A distância exata fora da derrota poderá ser medida entre o eco da ilha e o ponto mais próximo da reta paralela indexada (traçada na repetidora, com lápis de cera). Para maior facilidade, poderão ser construídas escalas graduadas para cada escala da repetidora.

Figura 14.42 – Reta Paralela Indexada



a. Preparação

i. Radar

A preparação do radar visa à obtenção da melhor apresentação possível, na escala mais curta da repetidora. Escalas maiores que 6 milhas raramente são utilizadas em navegação em

águas restritas. Para melhor resolução, o radar deverá ser operado em pulso curto (*short pulse*) e faixa estreita (*narrow bandwidth*), pois nessas condições há um aumento na discriminação de distância e melhor resolução na apresentação radar.

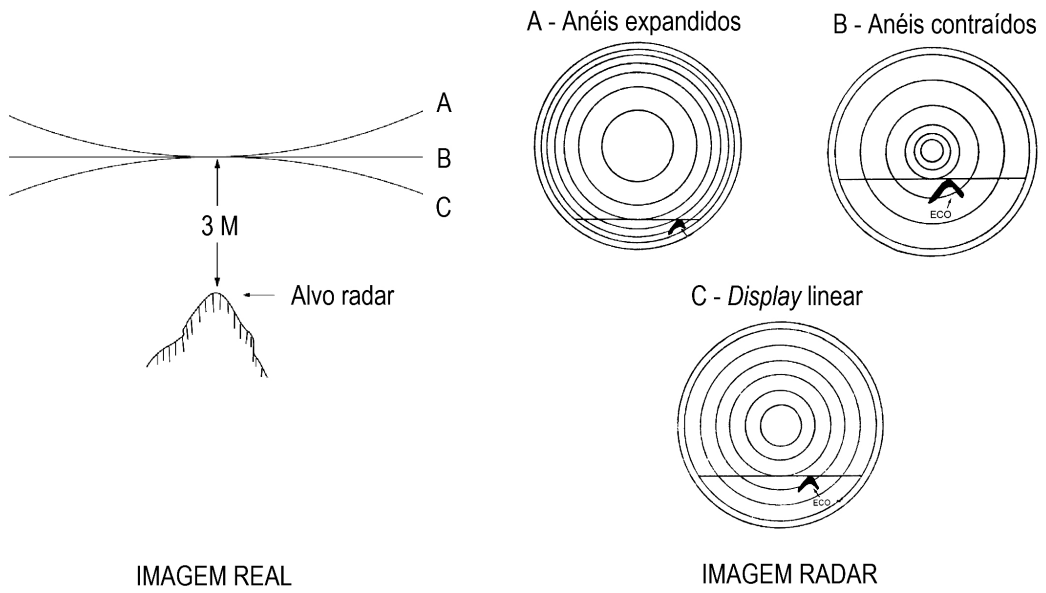
Os seguintes aspectos merecem atenção permanente:

- os controles supressores (A/C RAIN, A/C SEA, STC e FTC), o brilho (*brilliance*) e o ganho (*gain*) deverão ser utilizados para eliminar da apresentação radar a chuva, o retorno do mar e os ecos falsos; mas é necessário que a utilização seja cuidadosa, para que pequenos contatos, tais como bóias, balizas e pequenas embarcações, não sejam também eliminados;

- a distância às superfícies refletoras, bem como as condições meteorológicas e de propagação, varia constantemente ao longo da derrota, o que requer frequentes ajustagens dos controles de brilho e ganho;

- uma repetidora apresentando boa linearidade é um pré-requisito para a realização da navegação paralela indexada precisa. A condição de linearidade pode ser facilmente verificada utilizando-se um compasso para comparar, fisicamente, a distância entre os anéis de distância em cada escala que for ser utilizada. Também, as paralelas indexadas da própria repetidora poderão ser utilizadas para esta verificação. Se, em qualquer escala, os anéis de distância não estiverem equidistantes, há falta de linearidade. Na Figura 14.43, a título de ilustração, são apresentados exemplos exagerados de falta de linearidade. Distâncias precisas e marcações poderão ser obtidas em uma repetidora não-linear. Por sua vez, os erros surgirão nas medidas feitas entre dois pontos no PPI e não nas medidas radiais;

Figura 14.43 – Linearidade do display



- os controles de centragem da apresentação devem ser ajustados com atenção. Uma apresentação radar descentralizada redundará em erros de marcação em todas ou em algumas marcações. A marca de proa (SHM) deverá ser verificada por comparação com uma repetidora da giro que não apresente erro em relação à agulha mestra. Mesmo assim, não se pode assumir que a apresentação esteja sempre alinhada. É conveniente que se faça uma verificação da orientação da apresentação, através de comparações de marcações radar e visual de pontos conspícuos de terra;

- o erro de distância da repetidora a ser utilizada em navegação deverá ser determinado para cada escala, antes de iniciar a travessia. Os resultados, sob forma de correções a serem aplicadas às distâncias, deverão ser anotados com lápis de cera na periferia do PPI, e todas as distâncias informadas já deverão incorporar essas correções. A maioria dos atracadouros permite que se comparem distâncias obtidas na carta com as obtidas pelo radar, antes de o navio suspender. A determinação do erro quando navegando será tratada mais adiante; e

- quando a repetidora não possuir recurso para descentragem do cursor de distância, escalas graduadas em milhas e com uma milha subdividida em décimos ou em centenas de jardas deverão ser construídas para cada escala da repetidora, de modo a permitir que distâncias entre pontos na apresentação radar possam ser facilmente determinadas utilizando-se um compasso.

ii. Carta náutica

Considerações normais à escolha de uma derrota se aplicam quando da preparação e do planejamento de uma navegação em águas restritas e/ou baixa visibilidade. Alguns fatores adicionais deverão, entretanto, ser considerados:

- a arte de navegar requer a uniformização de símbolos e plotagens, de modo que a execução de um planejamento possa ser facilmente compreendida. A navegação em baixa visibilidade requer o mesmo tratamento, portanto, é sugerido que:

  - as retas paralelas indexadas principais sejam representadas por linhas contínuas;
  - as retas de segurança sejam representadas por linhas tracejadas; e
  - as curvas de guinada sejam representadas por linhas pontilhadas.

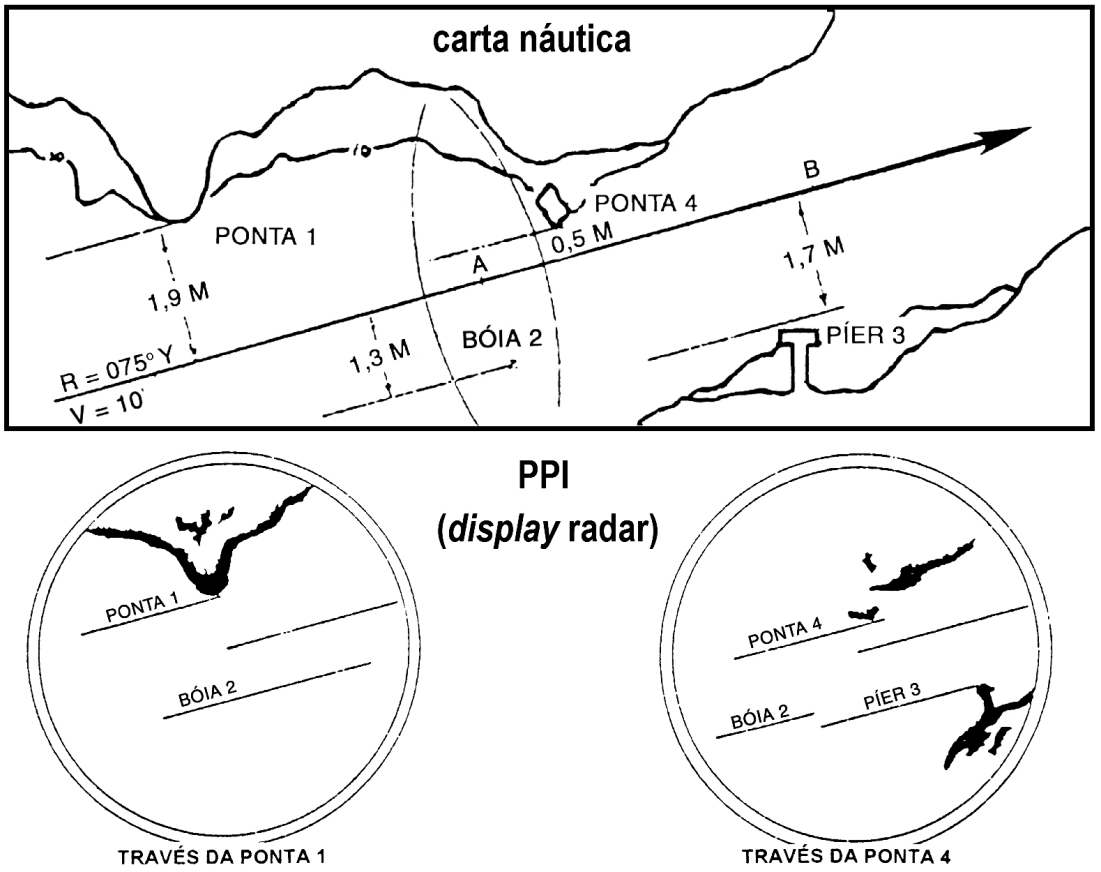
- o menor número possível de mudanças de rumo deve ser adotado, pois, a cada uma delas, o Oficial de Navegação terá de dedicar certo tempo no traçado de novas retas paralelas indexadas na repetidora, com prejuízo para a avaliação da situação e para o assessoramento ao Comando;

- cada pernada da derrota deverá ser escolhida tendo em mente a escala que será usada na repetidora; quanto mais curta a escala utilizada, maior a precisão da navegação; mas, por outro lado, os pontos de terra adotados passarão rapidamente, exigindo que novas retas paralelas indexadas sejam traçadas, com a consequente perda de tempo;

- sempre que possível, devem-se ter retas paralelas indexadas em ambos os bordos da derrota, pois serão uma segurança contra erros de identificação de pontos de terra e poderão indicar, ainda, a existência de erros de distância na repetidora, ou falta de linearidade; e

- deve ser estabelecido quando será mudada de uma paralela indexada para a seguinte. No exemplo da Figura 14.44, deverá ser mudada de Ponta 1 para Ponta 4 na posição A, com tempo suficiente para a troca seguinte, de Boia 2 para o Píer 3, na posição B, ocasião em que a Boia 2 estará atingindo o limite externo da tela do PPI.

Figura 14.44 – Traçado da Derrota e das Retas Paralelas Indexadas



iii. Retas de segurança

Conjuntos completos de retas de segurança, com suas distâncias às retas paralelas indexadas e à derrota planejada, deverão ser traçados na carta. Eles serão de extremo valor para indicar o quanto o navio poderá se afastar, com segurança, da derrota planejada. Para evitar excesso de traçado no PPI, apenas as retas de segurança de importância imediata deverão ser utilizadas, enquanto o navio estiver seguindo a derrota. Quando ocorrer um afastamento da derrota para evitar outro navio (ou devido a uma avaria, homem ao mar ou outro motivo qualquer), é essencial que um conjunto completo de retas de segurança seja prontamente traçado na repetidora.

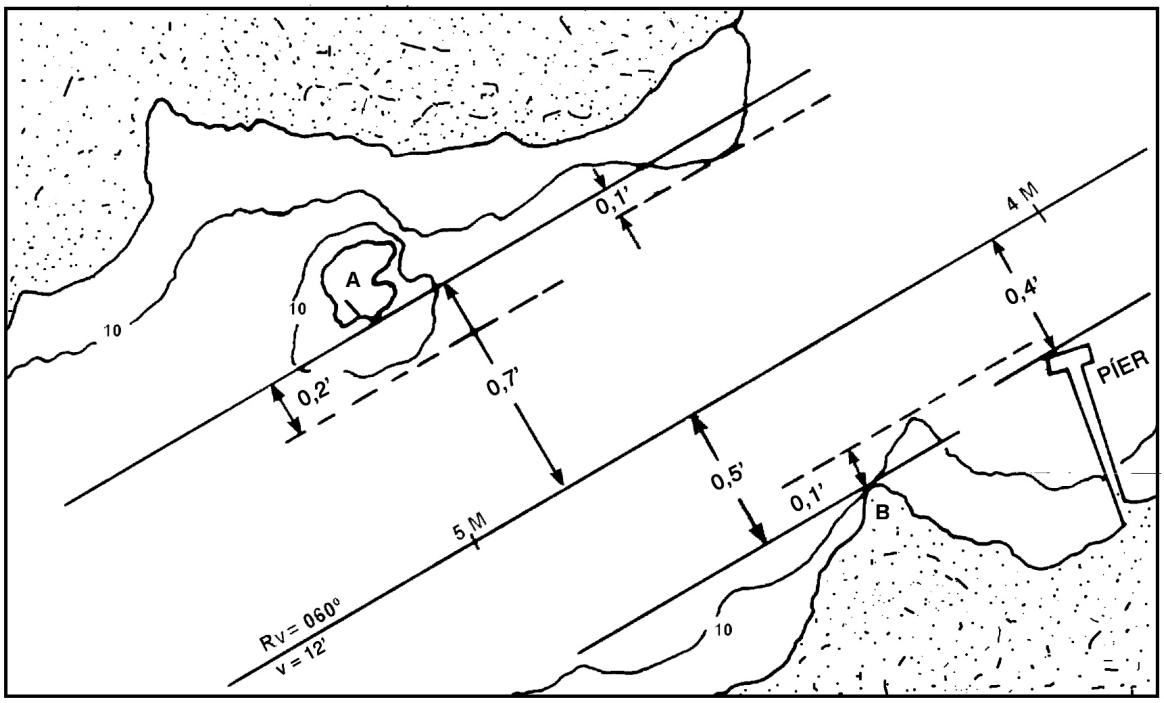
Na Figura 14.45, foram traçadas na carta náutica retas de segurança, representadas por linhas tracejadas, significando:

- ilha A (paralela indexada 0,7' por BB): profundidades seguras até 0,2' (400jd) a BB; e
- ponta B (paralela indexada 0,5' por BE): profundidades seguras até 0,1' (200jd) a BE.

Outros detalhes mostrados na figura:

- píer: 0,4' (800jd) por BE;
- 5M: distância de 5M para o ponto de destino, quando estiver no través da ilha A; e
- 4M: distância de 4M para o ponto de destino, quando estiver no través do píer.

Figura 14.45 – Retas de Segurança



iv. Erro de distância

Como o erro de distância varia frequentemente, às vezes devido a variações de voltagem ou a variações de temperatura interna do equipamento, é necessário, para uma navegação de precisão, que o erro de distância seja determinado em todas as oportunidades durante a travessia. A preparação prévia pode reduzir o tempo necessário para a determinação do erro de distância a apenas cerca de dez segundos, evitando, ainda, que as oportunidades sejam perdidas ou a verificação esquecida.

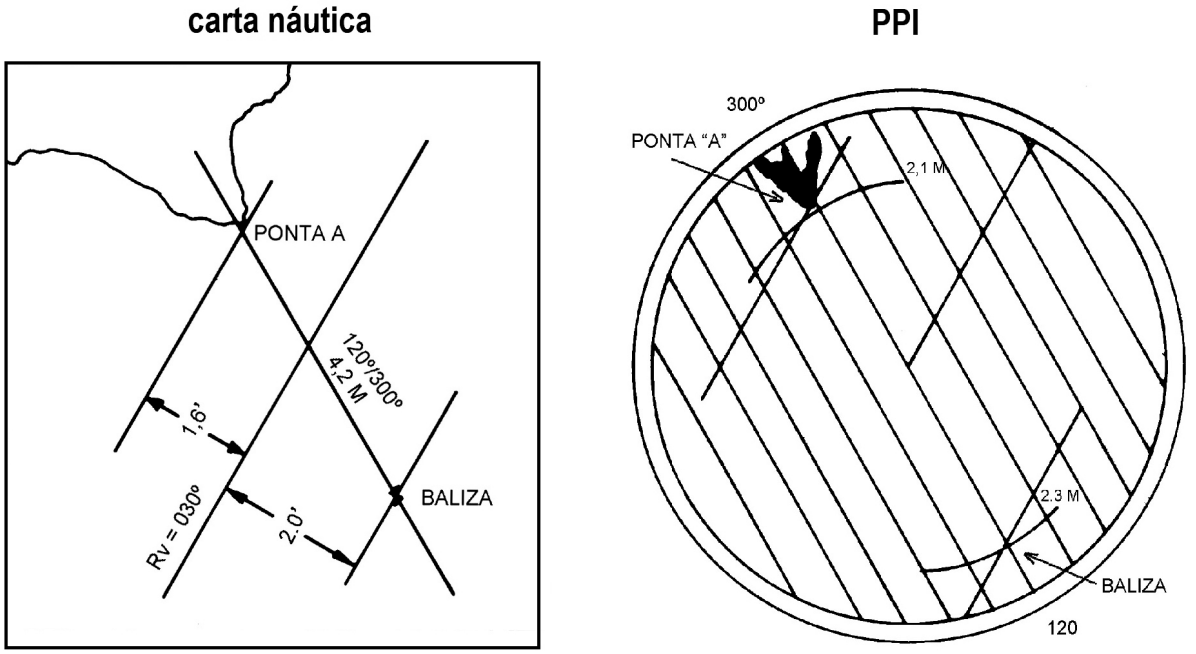
O erro poderá ser determinado tomando-se a distância radar com a maior precisão possível, entre dois pontos de terra conspícuos no PPI e representados na carta, no instante em que o navio estiver passando no alinhamento entre eles.

A soma das duas distâncias radar, comparada com a distância obtida na carta náutica, indica o dobro do erro, já que duas distâncias foram utilizadas.

No exemplo mostrado na Figura 14.46, tem-se:

Ponta A (distância radar)	= 2,1 M
Baliza (distância radar)	= 2,3 M
Distância radar entre Ponta A e Baliza	= 4,4 M
Distância na carta entre Ponta A e Baliza	= 4,2 M
Diferença entre as distâncias obtidas	= 0,2 M
Erro de distância	= 0,1 M (a subtrair)

Figura 14.46 – Obtenção do erro de distância

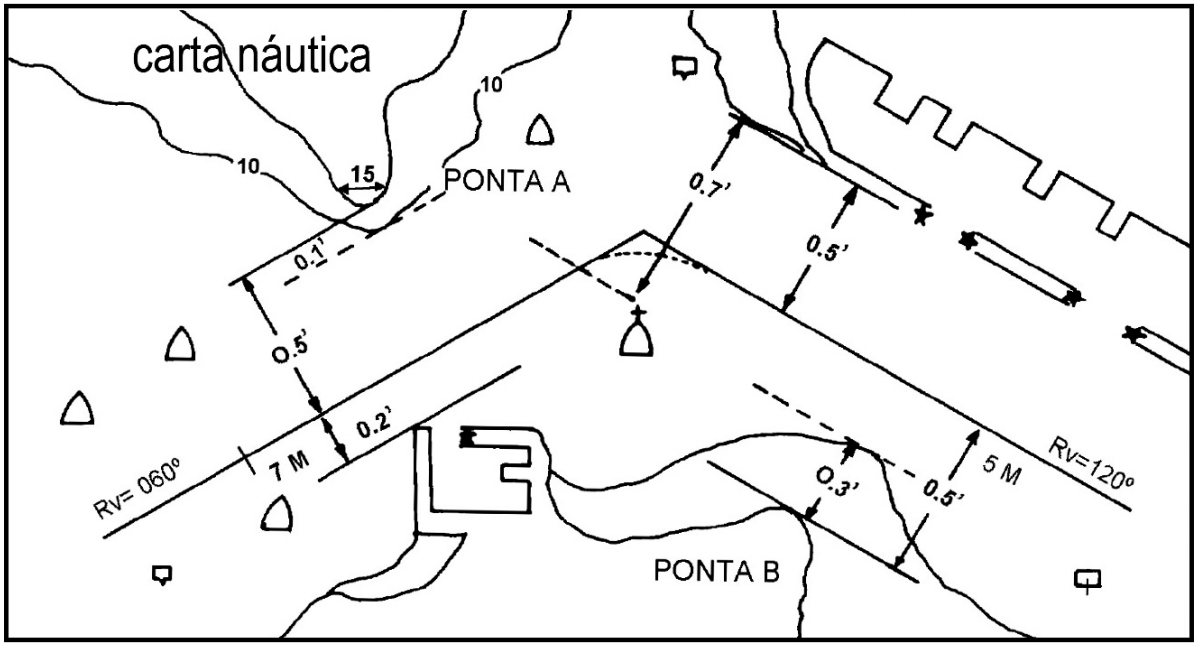


v. Mudanças de Rumo

A posição para início de guinada nas mudanças de rumo é estabelecida e plotada, em navegação paralela indexada, da mesma maneira que em navegação visual, isto é, levando-se em consideração os dados táticos do navio (avanço e afastamento).

Na Figura 14.47 estão mostrados o ponto de guinada, as retas paralelas indexadas e as retas de segurança, para as duas pernadas da derrota planejada.

Figura 14.47 – Planejamento da Guinada na Navegação Paralela Indexada



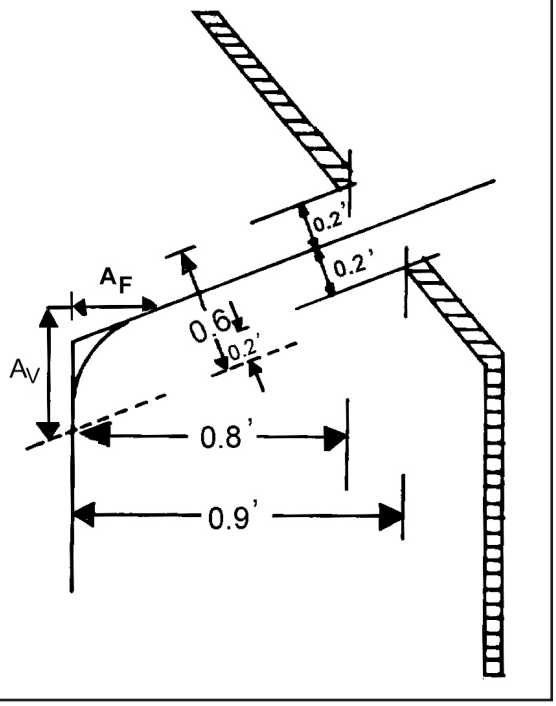
b. Traçado no PPI

O Oficial de Navegação deverá manter-se adiantado no traçado das retas indexadas no PPI, isto é, deverá traçar o próximo conjunto de retas tão logo as que estejam em uso possam ir sendo apagadas.

A fim de evitar obscurecer os ecos radar e visando aumentar a precisão, as retas paralelas indexadas deverão ser traçadas o mais leve possível. Os lápis "Omnichrome", nas cores azul, vermelho e amarelo, apresentam melhor resultado que os lápis de cera comuns. Cada reta deverá, por sua vez, ser identificada abreviadamente e com indicação da escala aplicável, devendo ser paralela ao rumo no fundo e não à proa do navio ou à proa esperada.

A preparação de esquemas, desenhos e croquis de partes notáveis da derrota, retirados da carta, como mostrado na Figura 14.48, pode ser de extrema utilidade, evitando o afastamento do Oficial do PPI para consulta à carta náutica. Igualmente, esquemas do traçado do PPI, feitos na atmosfera fria do estágio de planejamento, ajudarão a evitar erros durante a fase de travessia. As profundidades mínimas esperadas merecem uma anotação com destaque.

Figura 14.48 – Croqui da Derrota



c. Identificação de ecos radar

Quando necessário identificar algum eco radar, é melhor utilizar como referências a distância e a marcação em relação a um outro eco radar de ponto de terra já identificado, do que em relação ao navio, cuja posição poderá não estar suficientemente precisa naquela ocasião.

d. Comentários e sugestões para a manobra

O responsável pela condução da navegação radar deve manter um contínuo, preciso e completo fluxo de informações e sugestões para o Comando. Períodos longos de silêncio dão margem a que a imaginação e a ansiedade no passadiço sejam ativadas, com o consequente fluxo de perguntas, o que deve ser evitado. Informações irrelevantes seguidas, com a intenção de evitar que os demais falem, são igualmente indesejáveis.

As sugestões sobre a próxima mudança de rumo devem ser, exceto quando em emergência, transmitidas com o motivo, como, por exemplo: "dois minutos para o ponto de guinada, boreste 120°, de acordo com o plano para contornar o quebra-mar".

Outros itens a comentar, sem qualquer ordem de prioridade, são:

- informar regularmente a posição do navio em relação à derrota; se fora dela, o bordo, o quanto, e se está retornando;

- informar detalhes dos sinais de auxílio à navegação ou pontos notáveis esperados;
- informar as limitações de manobra, como, por exemplo: "Águas safas até 500 jardas a boreste e 800 jardas a bombordo, na próxima milha e meia";
- manter atenção aos alvos que se aproximam, principalmente quanto ao movimento de marcações e à "*rate*" de variação de distâncias; e
- informar os resultados das verificações dos erros de distância e de alinhamento radar.

e. Posições radar

Os "marques" devem ser dados com um intervalo tal que permita a obtenção de posições radar suficientes à manutenção da navegação precisa. Isso, frequentemente, entra em conflito com outras tarefas do operador da repetidora, obrigando-o a trabalhar com maior rapidez, sem prejuízo, porém, da necessária precisão. Nas repetidoras que possuem *strobe* sobre a varredura radar, a utilização dos anéis de distância, embora mais rápida, perde em precisão quando é necessário interpolar. Um método eficiente consiste em marcar com lápis de cera a posição dos pontos selecionados no instante do "marque", e efetuar posteriormente a leitura das distâncias utilizando o *strobe* de distância. Esse método permite que se obtenham as distâncias com precisão, sem que seja introduzido erro devido ao movimento do navio, apresentando, também, como vantagem a possibilidade de rápida confirmação, caso a plotagem não indique uma boa posição.

f. Mudanças de rumo

É vantajosa a adoção de uma rotina para efetuar mudanças de rumo, como, por exemplo:

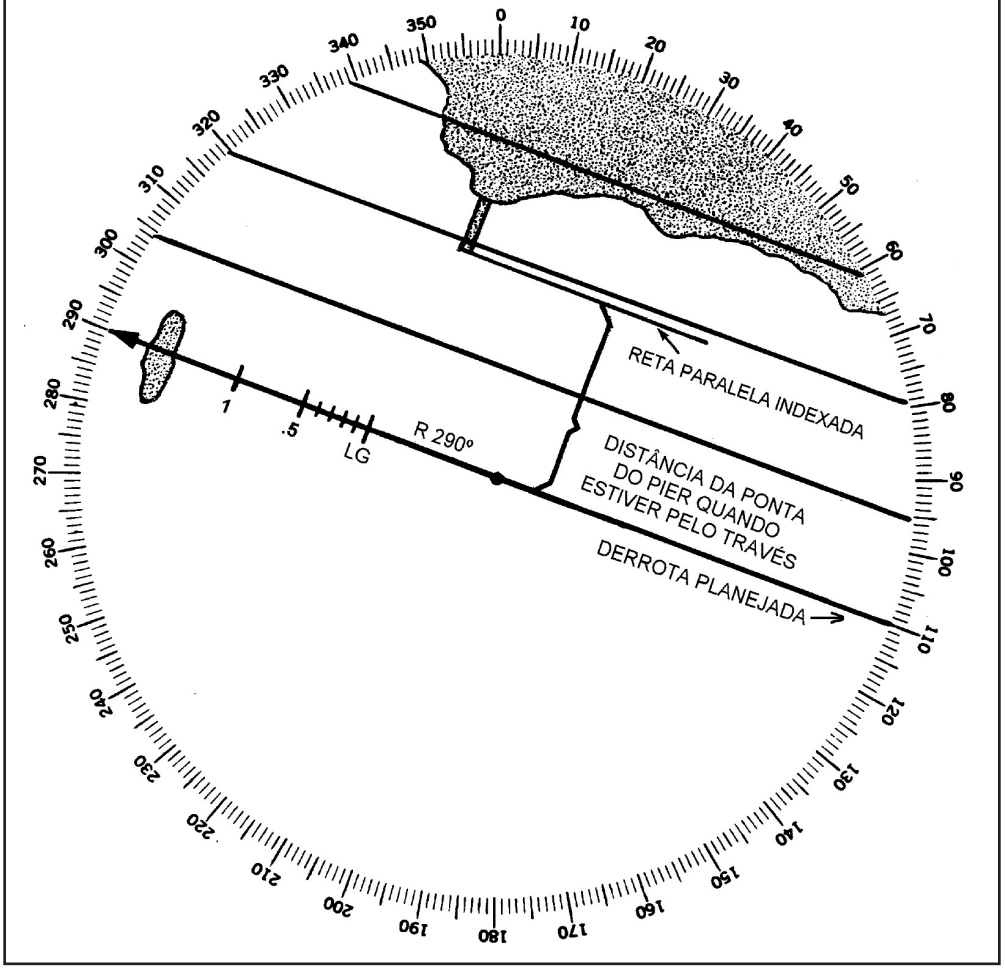
- verificar se a área encontra-se safa para efetuar a mudança de rumo (reportar);
- sugerir a guinada;
- verificar se as ordens para o timoneiro refletem o que foi sugerido;
- observar o comportamento (*rate*) da guinada;
- quando "a caminho", sugerir correções de rumo para posicionamento sobre a derrota; e
- informar alvos, bóias, etc.

g. Fundeio de precisão com navegação paralela indexada

A utilização da navegação paralela indexada durante um fundeio nada mais é do que uma extensão da técnica vista anteriormente.

A aproximação ao fundeadouro é efetuada usando o mesmo princípio já estudado, ou seja, o da escolha de pontos radar conspícuos (se possível, um em cada bordo da derrota planejada), para utilização no traçado das retas paralelas indexadas. Se necessário, retas de segurança poderão ser previstas, alertando sobre as áreas perigosas à navegação. O rumo final deverá ser escolhido de modo que se tenha pela proa um ponto conspícuo no radar, que servirá de referência para o fundeio, em uma distância determinada.

Figura 14.49 – Fundeio de precisão com navegação paralela indexada



No exemplo mostrado na Figura 14.49, suponha-se que o rumo final escolhido para o fundeio de precisão é 290°, tendo como referência de proa uma ilha conspícua no radar. O ponto de fundeio está a 1 milha da referida ilha. Na área há um píer por BE que pode ser utilizado para o traçado de uma reta paralela indexada. O navegante, então, executa o seguinte:

1) na carta, após traçar o rumo final 290° e plotar o ponto de fundeio a 1 milha da ilha, conforme anteriormente visto, traça a reta paralela com relação à extremidade do píer e determina a sua distância à derrota planejada;

2) na repetidora, alinha o cursor de paralelas na direção da derrota planejada (290°);

3) usando as linhas paralelas do cursor como guia, traça na tela, a uma distância do centro do PPI igual à determinada em (1), a reta paralela indexada, que representa a linha de movimento relativo da extremidade do píer, se o navio estiver sobre a derrota planejada;

4) na linha central do cursor de paralelas (orientado na direção 290°), faz uma marca a 1 milha do centro do PPI e registra LG (ponto de largada do ferro, cuja distância ao ponto de fundeio é igual à distância horizontal da antena do radar ao escovém); e

5) faz outra marca na linha central do cursor de paralelas, 1 milha além do ponto LG e subdivide esta milha, conforme mostrado na figura.

Se o navio, na aproximação ao ponto de fundeio, estiver sobre a derrota planejada, a reta paralela indexada traçada na repetidora irá tangenciar a imagem radar da cabeça do

píer, que, em seu movimento relativo, manter-se-á sobre a paralela indexada enquanto o navio seguir a derrota planejada. Se o navio se desviar da derrota, a imagem do píer se afastará da reta paralela indexada e o navio deverá corrigir o rumo, de modo que a extremidade do píer retorne à reta traçada.

Com o navio sendo mantido sobre a derrota planejada, usa-se a referência de proa para dar indicações da distância ao ponto de fundeio. Quando a marca "1" alcança a borda interna do "pip" da ilha, a distância a percorrer será de 1 milha. Quando a marca "0,5" toca o "pip", resta 0,5 milha (ou 1.000 jardas) para o ponto de fundeio, e assim por diante. O ferro deverá ser largado com o navio parado, quando a marca LG tocar a borda interna do "pip" da ilha, isto é, com o navio exatamente a 1 milha da ilha.

14.4 USO DO RADAR PARA EVITAR COLISÃO NO MAR

14.4.1 Movimento Relativo

O radar também é um recurso de enorme importância para evitar colisões no mar, especialmente em condições de visibilidade restrita, possibilitando a detecção antecipada de outros navios (com o tempo requerido para uma correta avaliação da situação) e fornecendo elementos que permitam manobrar com segurança, de acordo com as regras de navegação (vide Capítulo 15).

Conforme visto, a imagem radar (tanto a estabilizada, como a não-estabilizada) constitui uma apresentação em movimento relativo, na qual o navio mantém-se fixo no centro da tela do indicador (PPI) e todos os alvos são mostrados com o seu movimento relativo (com referência ao navio). Assim sendo, é essencial que sejam bem compreendidos os fundamentos do movimento relativo.

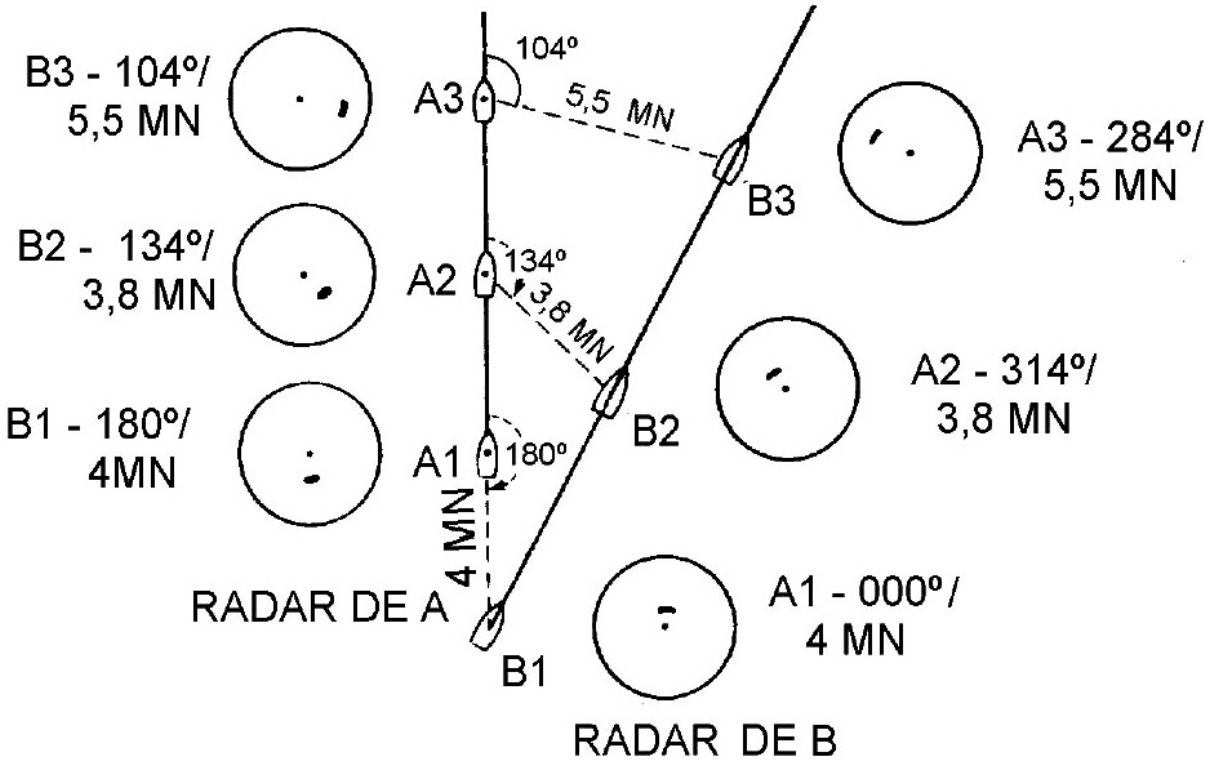
O movimento absoluto ou movimento verdadeiro de um navio é definido em termos do seu rumo verdadeiro e de sua velocidade, tomados com relação a um ponto fixo na terra. Entretanto, o movimento de um objeto pode, ainda, ser definido em termos de sua direção e velocidade com relação a outro objeto que também se move, quando, então, se denomina movimento relativo.

O movimento relativo de um navio (isto é, o movimento de um navio com relação a outro, que também se move) é definido pela **Direção do Movimento Relativo** (**DMR**) e pela **Velocidade do Movimento Relativo** (**VMR**).

Assim, cada forma de movimento pode ser definida por um vetor, representando sua direção e sua velocidade de deslocamento.

Para se firmar conceito, pode ser examinada, como exemplo, uma situação que envolva o movimento relativo entre 2 navios. Na Figura 14.50, o navio A, na posição geográfica A_1, no rumo verdadeiro 000°, velocidade 15 nós, observa o navio B no PPI, na marcação 180°, distância 4 milhas. A marcação e a distância do navio B variam à medida que A procede da posição geográfica A_1 para A_3. Na posição geográfica A_2, B foi marcado aos 134°, na distância de 3,8 milhas. Em A_3, o navio B está na marcação 104°, distância de 5,5 milhas. O movimento relativo do navio B com referência ao navio A está ilustrado nas sucessivas apresentações do PPI do radar de A, também mostradas na Figura 14.50.

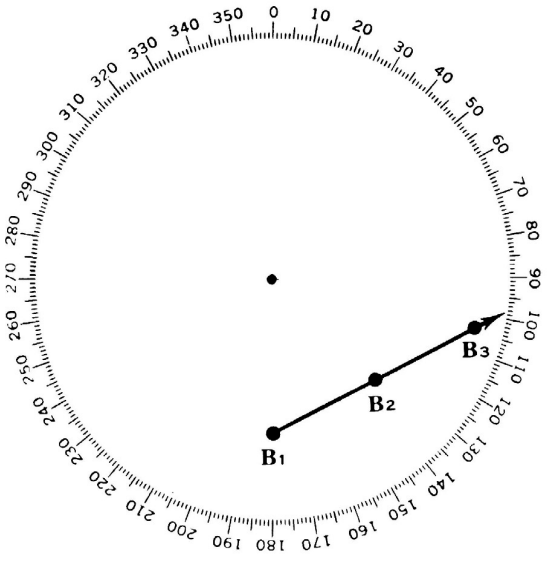
Figura 14.50 – Movimento Relativo entre Dois Navios



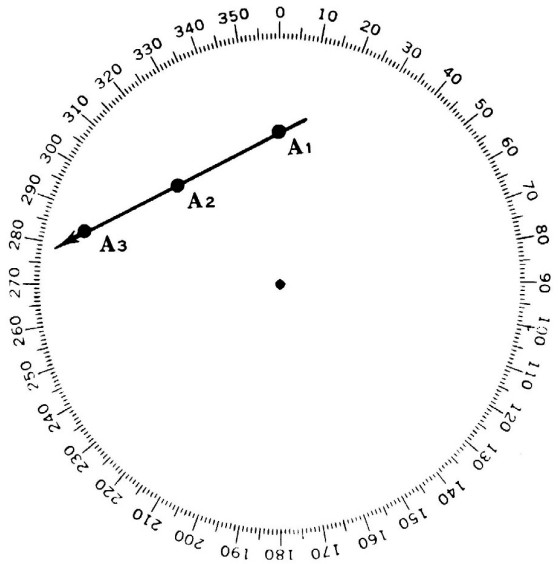
Da mesma forma, o navio B, no rumo verdadeiro 026°, velocidade 22 nós, na posição geográfica B_1 observa o navio A no PPI do seu radar, na marcação 000°, distância de 4 milhas. A marcação e a distância de A variam à medida que o navio B procede da posição geográfica B_1 para B_3. Em B_2, A é marcado aos 314°, na distância de 3,8 milhas. Na posição geográfica B_3, a marcação do navio A é 284°, distância de 5,5 milhas. O movimento relativo do navio A com referência ao navio B está ilustrado nas sucessivas apresentações do PPI do radar de B, também mostradas na Figura 14.50.

Se o operador do radar do navio A plotar as posições relativas sucessivas do alvo B (com referência à posição do seu navio, fixo no centro do PPI), obterá um traçado denominado **plotagem relativa**, como ilustrado na Figura 14.51.a. Se o operador do radar do navio B plotar as posições relativas do navio A, obterá a plotagem relativa ilustrada na Figura 14.51.b. Para o operador do radar do navio A, tudo se passa como se A estivesse parado e B seguisse o caminho aparente B_1, B_2, B_3 (vide Figura 14.51.a). O operador do radar de A, com base na plotagem relativa determina que a direção do movimento relativo (DMR) do alvo B é 063°. Já para o operador do radar do navio B, tudo se passa como se B estivesse parado e A seguisse o caminho aparente A_1, A_2, A_3 (Figura 14.51.b), na direção DMR = 243°.

Figura 14.51 – Plotagem Relativa e Direção do Movimento Relativo



a → Movimento de B com Relação a A (observado na tela do radar de A)



b → Movimento de A com Relação a B (observado na tela do radar de B)

Neste ponto, é de importância fundamental entender que o movimento definido pela plotagem relativa em cada PPI não representa o movimento verdadeiro (rumo verdadeiro e velocidade) do outro navio. A Figura 14.51.a, por exemplo, ilustra o rumo relativo do navio B, representado sobre a plotagem relativa de B, obtida por meio de informações do radar do navio A. Para determinar o rumo verdadeiro e a velocidade de outro navio, são necessários cálculos adicionais, usando vetores relativos e verdadeiros.

O movimento relativo é, então, definido em termos de direção do movimento relativo (DMR) e velocidade do movimento relativo (VMR). A direção do movimento relativo, conforme já mencionado, é obtida diretamente da plotagem relativa (tendo-se o cuidado de verificar o sentido correto do referido movimento, a fim de evitar tomar a recíproca). Assim sendo, na Figura 14.51.a, a DMR do alvo B é 063°. Para determinar a VMR, tem-se que considerar a distância relativa percorrida e o intervalo de tempo correspondente. Desta forma, na Figura 14.51.a, se a distância relativa $B_1 – B_3$ é de 11 milhas e se o intervalo de tempo decorrido entre as posições é de 1 hora, a VMR do alvo B é de 11 nós.

14.4.2 Método do movimento relativo

O Método do Movimento Relativo divide-se em duas partes: **Diagrama das posições relativas** e **Diagrama de velocidades**.

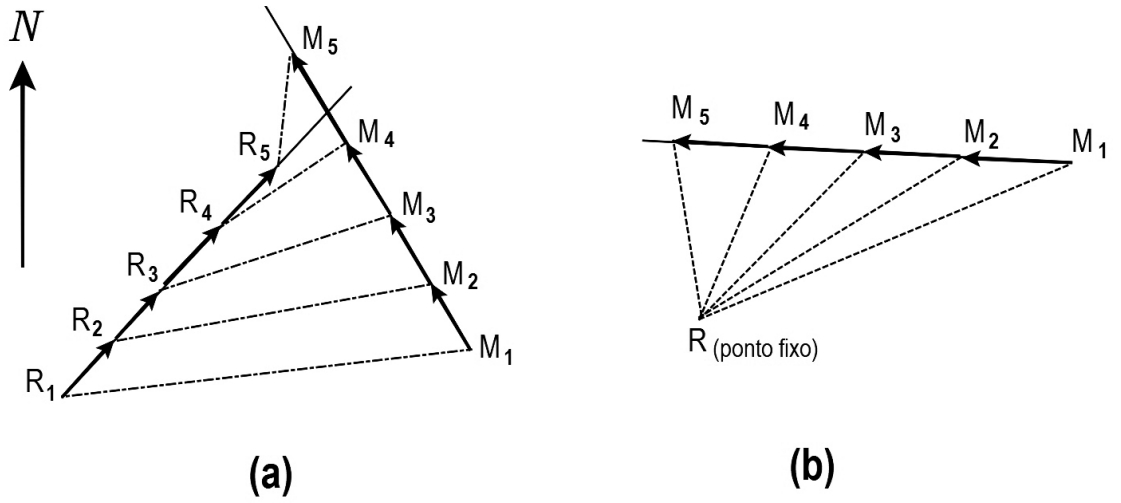
a. Diagrama das posições relativas

No diagrama das posições relativas, o navio de referência (em relação ao qual deve ser mostrado o movimento relativo) é representado por um ponto fixo, no centro do diagrama, designado pela letra R (navio de referência). O outro navio, genericamente denominado “alvo”,

ou "contato", é representado pela letra M (navio manobrador), sendo suas posições relativas sucessivas designadas por índices (M_1, M_2, M_3, etc.).

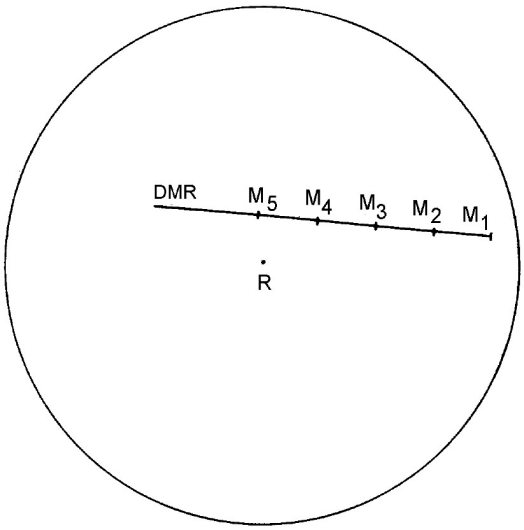
Na Figura 14.52.a, está representada a plotagem geográfica (ou verdadeira) dos movimentos absolutos (ou verdadeiros) de 2 navios (R e M). Na Figura 14.52.b, está representada a plotagem relativa ou o diagrama das posições relativas de M com relação a R.

Figura 14.52 – Plotagem Geográfica e Plotagem Relativa



O diagrama das posições relativas é construído mantendo R em um ponto fixo e plotando as posições sucessivas de M (M_1, M_2, M_3, M_4 e M_5), utilizando as marcações verdadeiras e distâncias do alvo obtidas em R. No radar do navio de referência (R), a imagem correspondente está mostrada na Figura 14.53.

Figura 14.53 – Plotagem Relativa



O diagrama das posições relativas permite obter os seguintes elementos:

- **Direção do Movimento Relativo** (**DMR**), que é, por assim dizer, o rumo do movimento relativo, medido diretamente sobre a PLOTAGEM RELATIVA. Na Figura 14.53, DMR = 275°.

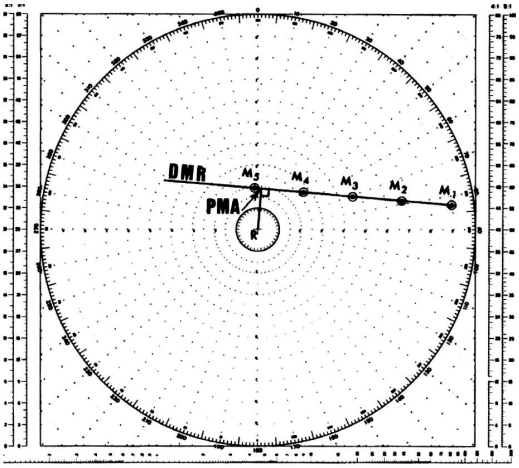
- **Distância Relativa**, que é a distância percorrida pelo movimento relativo do alvo M, entre suas sucessivas posições relativas (M_1, M_2, M_3, etc.). A distância relativa deve ser medida na mesma escala de distância utilizada na plotagem das posições relativas do alvo M.

- **Velocidade do Movimento Relativo** (**VMR**), ou velocidade relativa, que é a distância relativa percorrida na unidade de tempo. A VMR é obtida considerando-se a distância relativa e o intervalo de tempo gasto para percorrê-la.

- **Ponto de Maior Aproximação (PMA),** elemento muito importante para a segurança da navegação. O PMA é obtido tirando-se do ponto fixo de referência (R) uma perpen-

dicular à direção do movimento relativo. O PMA encontra-se na interseção dessa perpendicular com a plotagem relativa. A Figura 14.54 ilustra a situação da figura anterior plotada em uma Rosa de Manobra, com a indicação do PMA. A marcação e a distância do PMA (que representa o ponto em que os navios R e M estarão mais próximos um do outro) podem ser obtidas diretamente do diagrama das posições relativas. A obtenção do outro elemento do PMA (hora em que ocorre) será adiante explicada.

Figura 14.54 – Plotagem Relativa na Rosa de Manobra

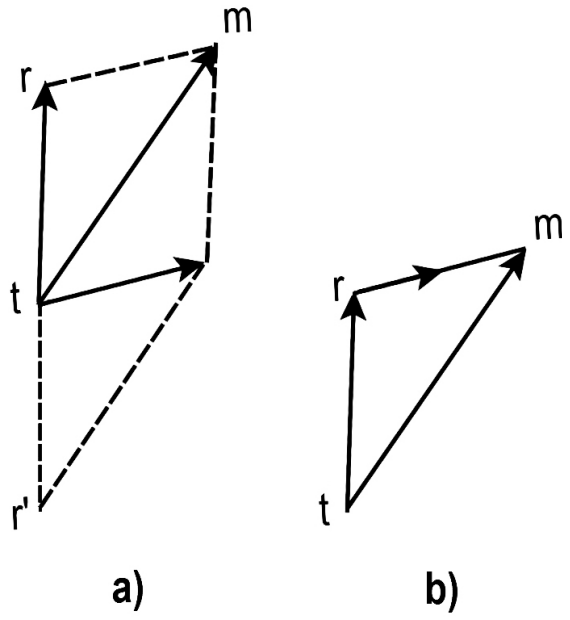


b. Diagrama de velocidades

O rumo relativo (DMR) e a velocidade relativa (VMR) podem relacionar-se com os rumos e as velocidades dos dois navios (R e M) pela construção do triângulo das velocidades ou diagrama de velocidades, também chamado de diagrama vetorial.

Suponham-se dois navios, R (navegando no rumo verdadeiro 000°, com velocidade de 15 nós) e M (no rumo verdadeiro 026°, com velocidade de 22 nós). Para construir o diagrama de velocidades e determinar o vetor do movimento relativo de M com relação a R, traça-se, inicialmente, o vetor do movimento absoluto de R, na direção 000° e com uma grandeza de 15, em uma determinada escala.

Figura 14.55 – Vetor do Movimento Relativo



Denomine-se o ponto de origem de t e a extremidade do vetor de r, conforme mostrado na Figura 14.55. Do mesmo ponto t, traça-se o vetor correspondente ao navio M, na direção 026° e com uma grandeza de 22, medida na mesma escala utilizada para plotar o vetor de R. Use-se a letra m para marcar a extremidade do vetor do alvo M. Para obter a DMR e a VMR de M em relação a R, faz-se com que o ponto de origem t se desloque com a mesma velocidade de R, porém em rumo oposto. Traça-se, pois, o vetor tr', correspondente a este movimento. A resultante dos vetores tr' e tm dará um vetor igual ao vetor rm, como apresentado na Figura 14.55.a, que indica o rumo e a velocidade do movimento relativo de M com referência a R (isto é, DMR e VMR). A construção gráfica é feita mais facilmente da seguinte maneira, como ilustrado na Figura 14.55.b:

- traçam-se os vetores tr e tm;
- liga-se o ponto r ao ponto m;

- o rumo relativo, ou direção do movimento relativo (DMR), é a direção da linha rm (no sentido de r para m); e
- a velocidade relativa (VMR) é a grandeza rm, medida na mesma escala utilizada para traçar os outros vetores.

No exemplo mostrado na Figura 14.55, obtêm-se para o vetor do movimento relativo: DMR = 063°; e VMR = 11 nós.

A escala de velocidade, usada para construir o diagrama de velocidades, é independente da escala de distâncias, utilizada para a plotagem relativa (ou diagrama das posições relativas).

Caso se conheça o vetor do navio de referência (tr) e o vetor do movimento relativo (rm), será possível obter-se, construindo o diagrama de velocidades, o vetor do alvo M (tm), com seus dois elementos: o rumo do alvo e a velocidade do alvo.

14.4.3 Rosa de Manobra

Para facilitar a construção dos diagramas das posições relativas e diagramas de velocidades, usa-se, na resolução dos problemas de movimento relativo, uma folha de plotagem especial, denominada "Rosa de Manobra", publicada pela Diretoria de Hidrografia e Navegação, como mostradas nas figuras que apresentam as soluções gráficas dos problemas contidos no subitem 14.4.4.

A Rosa de Manobra consiste, basicamente, em um diagrama polar contendo linhas radiais e círculos concêntricos igualmente espaçados. O círculo externo é graduado, de grau em grau, de 000° a 360°, no mesmo sentido que as rosas das agulhas. Essa graduação serve para o traçado de rumos e marcações. Uma outra graduação, interna, com algarismos menores, apresenta os valores recíprocos da graduação exterior. As linhas radiais, representadas a intervalos de 10°, facilitam a plotagem dos rumos e marcações.

As circunferências concêntricas igualmente espaçadas, interceptando as linhas radiais, facilitam a plotagem de distâncias e velocidades, sendo graduadas de 1 a 10, sobre os diâmetros

000°–180° e 090°–270°. Além disso, à direita do diagrama circular são representadas 5 escalas para medida de distâncias e velocidades (1:1; 2:1; 3:1; 4:1 e 5:1). Em todas essas escalas, cada divisão numerada tem um comprimento igual à distância entre duas circunferências adjacentes do diagrama circular. As escalas permitem que sejam plotados na Rosa de Manobra valores maiores de distâncias e velocidades, sem necessidade de cálculos auxiliares. Entretanto, para obter melhor precisão, deve-se usar sempre a maior escala possível (lembrar que a escala 1:1 é 5 vezes maior que a escala 5:1).

Na solução dos problemas de movimento relativo, surge com frequência a necessidade de se obter um dos elementos tempo, velocidade e distância percorrida, em função dos outros dois. Para resolver rapidamente essas questões, existe um diagrama representado do lado esquerdo do diagrama circular, com as respectivas instruções para seu uso. Esse diagrama consta de três linhas retas: a linha que representa a velocidade (real ou relativa) é graduada em nós e em km/h; a linha de distância (real ou relativa) é graduada em jardas e milhas náuticas; e a linha de tempo é graduada em minutos. Conhecendo-se dois elementos, pode-se determinar o terceiro, alinhando uma régua pelos pontos correspondentes aos elementos conhecidos e lendo o valor do elemento desconhecido na outra escala. Por exemplo, se um navio percorre 30.000 jardas em 45 minutos, pode-se determinar o valor de sua velocidade: 20 nós.

Os problemas deste tipo também podem ser resolvidos usando somente as graduações da escala de tempo. Essa escala é construída de modo a ser uma escala logarítmica. Assim, a razão entre duas leituras quaisquer ao longo da escala será constante, desde que sejam constantes as distâncias entre elas. Utilizando-se esta propriedade, a escala é usada do seguinte modo: supondo-se um navio com 15 nós, que distância ele percorrerá em 90 minutos? Com o compasso, mede-se a distância na escala entre 15 e 60. Conservando a mesma abertura do compasso, coloca-se uma de suas pontas sobre 90. A outra cairá sobre a graduação 22,5, que será o número de milhas percorridas em 90 minutos.

Como visto, o ábaco e a escala logarítmica resolvem os mesmos problemas. O uso de um ou de outro método dependerá das preferências do utilizador da Rosa de Manobra.

Simbologia a ser usada na Rosa de Manobra – com o propósito de se uniformizar as notações usadas na Rosa de Manobra, adotam-se:

centro do diagrama circular	letra **"t"**
extremidade do vetor velocidade do navio de referência	letra **"r"**
extremidade do vetor velocidade do navio manobrador	letra **"m"**
posições relativas do navio manobrador	símbolos M_1, M_2, M_3, ...

Os seguintes cuidados devem ser tomados quando do emprego da Rosa de Manobra:

a) Conforme visto, a escala de distâncias é independente da escala de velocidades. Entretanto, todas as distâncias devem ser medidas em uma única escala, assim como todas as velocidades. Para evitar confusão, é comum assinalar na rosa com "V" a escala que está sendo usada para as velocidades e com "d" a escala usada para medida das distâncias.

b) Para melhor precisão, deve ser sempre utilizada a maior escala possível na medida das distâncias e velocidades. Normalmente, para plotagem das posições relativas e construção do diagrama de velocidades de contatos, a fim de evitar colisões no mar, as escalas de 1:1 ou 2:1 são convenientes para emprego.

c) Assinalar com uma seta o sentido dos vetores, na hora de traçá-los.

d) Assinalar com as letras correspondentes todos os pontos, no momento em que são plotados.

e) Lembrar-se de que o vetor do movimento relativo do alvo é tomado sempre de "r" para "m".

f) A posição do navio de referência é sempre no centro do diagrama circular.

g) Os vetores de velocidades verdadeiras se originam sempre no centro do diagrama circular.

h) Para a plotagem relativa e construção dos diagramas das posições relativas ou diagramas de velocidades, pode ser utilizado qualquer intervalo de tempo entre as posições do alvo M. Dois valores, entretanto, facilitam os cálculos subsequentes:

- 3 minutos, para usar a "Regra dos Três Minutos", pela qual a velocidade, em nós, é igual à distância percorrida em 3 minutos, em jardas, dividida por 100; e
- 6 minutos, para empregar a "Regra dos Seis Minutos", que diz que a velocidade, em nós, é igual à distância percorrida em 6 minutos, em milhas, multiplicada por 10.

i) No método do movimento relativo, uma situação preocupante se configura quando um contato apresenta marcação constante e distância diminuindo, pois isto significa que o referido contato está em rumo de colisão com o navio. Mesmo quando as marcações variam

um pouco, devido às imprecisões nas medidas, toda atenção deve ser dada a um alvo fechando sobre o navio nessas condições, devendo-se admitir que existe risco de colisão.

j) Na realidade, devido aos erros nas medidas das marcações e distâncias, raramente é possível traçar uma reta que passe por todas as posições relativas do alvo plotadas na Rosa de Manobra. A direção do movimento relativo (DMR) é, então, obtida "filtrando" aquelas posições, isto é, fazendo passar uma reta de forma que os pontos fiquem bem distribuídos para um e outro lado, o mais próximo possível dela.

14.4.4 Resolução de problemas de movimento relativo

O método do movimento relativo, utilizando as informações do radar e a Rosa de Manobra para construção dos diagramas de posições relativas e de velocidades, tem inúmeras aplicações táticas, especialmente quando navios de guerra navegam em grupo ou quando se engajam em combate. Este subitem, entretanto, tratará do uso do método apenas para solução de problemas que envolvem o uso do radar para evitar colisões no mar, além de outros comuns na navegação.

a. Problema nº 1

Um navio está no rumo 162°, velocidade 24 nós. À 0103 hora, é detectado um contato na marcação 123°, distância 13.000 jardas. À 0107 hora, o mesmo contato é marcado aos 119°, distância 9.500 jardas. Determinar DMR, VMR, PMA (marcação, distância e hora), rumo do alvo e velocidade do alvo.

Solução (acompanhar o desenvolvimento por meio da Figura 14.56):

a) Sendo a velocidade do navio de 24 nós, seleciona-se a escala de 3:1 para escala de velocidades. Traça-se, então, o vetor tr.

b) Tendo em vista as distâncias envolvidas, seleciona-se a escala de 1:1 para escala de distâncias. Plotam-se, então, as posições relativas M1 e M2, com os dados do problema (sabendo que 1 milha = 2.000 jardas), construindo o diagrama das posições relativas.

c) Do diagrama das posições relativas obtêm-se:

- direção do movimento relativo (DMR) = 314°; e
- distância relativa (M1–M2) = 1,8 milha (3.600 jardas).

d) Com a distância relativa (M1–M2) e o tempo correspondente (4 minutos) obtém-se a velocidade relativa: VMR = 27 nós. A velocidade relativa pode ser obtida por cálculo ou usando o diagrama (ábaco) impresso na Rosa de Manobra.

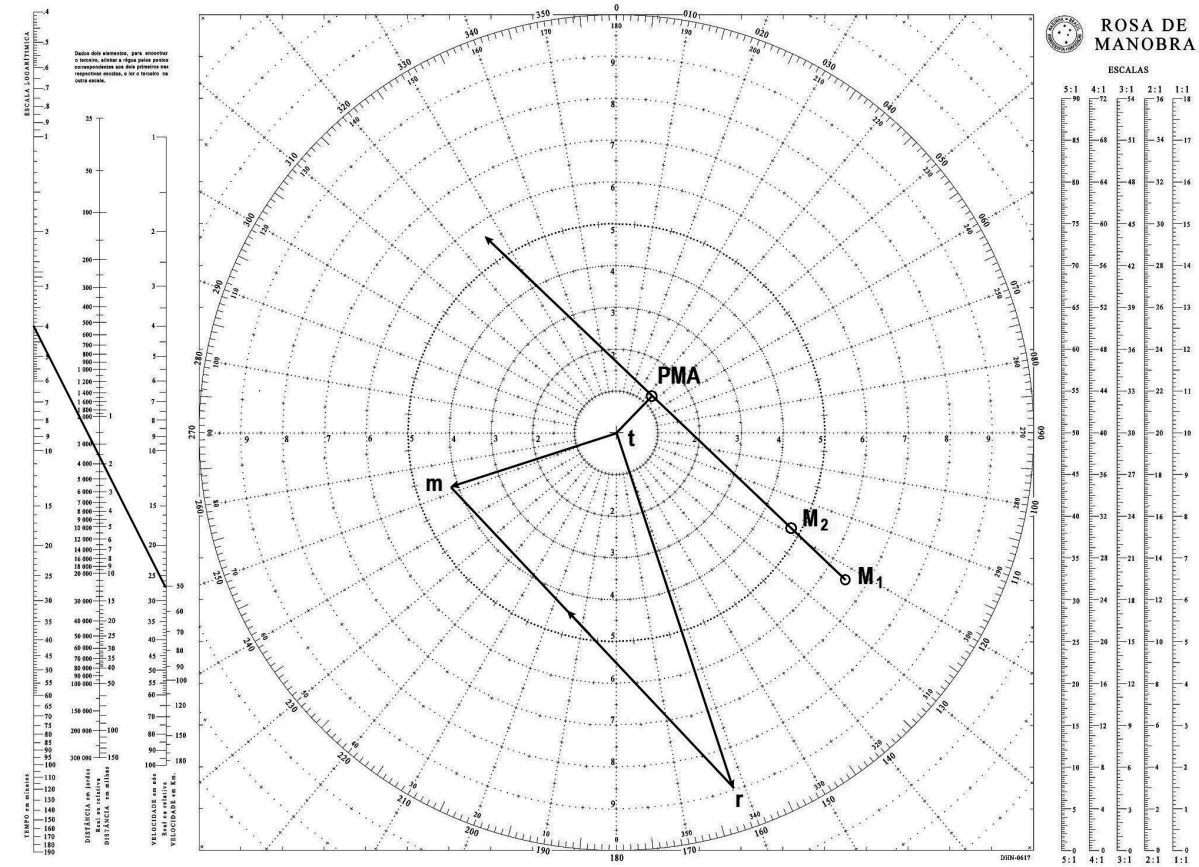
e) O diagrama das posições relativas fornece diretamente dois elementos do PMA (ponto de maior aproximação):

- marcação = 044° (perpendicular à DMR); e
- distância = 1,2 milha (2.400 jardas).

f) Para calcular a hora em que o PMA ocorrerá, verifica-se no diagrama das posições relativas qual a distância entre a posição M2 e o PMA. Com essa distância, a velocidade relativa e a hora da posição M2, calcula-se a hora em que ocorrerá o PMA. No presente caso:

- distância (M2–PMA) = 4,55 milhas (9.100 jardas);
- velocidade relativa = 27 nós;
- tempo = 10 minutos (arredondado ao minuto inteiro);
- hora da posição M2 = 0107 hora;
- tempo até o PMA = 10 minutos; e
- hora do PMA = 0117 hora.

Figura 14.56 – Problema nº 1



g) Constrói-se, então, o diagrama de velocidades, para obtenção do vetor tm, cujos elementos são o rumo do alvo e a velocidade do alvo:

- rumo do alvo = 251°; e
- velocidade do alvo = 12,5 nós.

Analisando essa situação à luz do RIPEAM (Regulamento Internacional para Evitar Abalroamentos no Mar), verifica-se que ela envolve dois navios em rumos cruzados (R no rumo 162° e M no rumo 251°), defasados de cerca de 90°. Pelas posições relativas dos dois navios, R tem preferência e, assim, manterá seu rumo e velocidade. M é o navio que deverá manobrar, caso haja risco de colisão. Como o PMA é bastante próximo (1,2 milha), deve-se manter um rígido controle da situação, até que o outro navio passe o PMA e comece a se afastar.

b. Problema nº 2

Um navio, navegando sob visibilidade restrita, está no rumo 011°, velocidade 6 nós. Às 1322 horas, um contato é detectado na marcação verdadeira 026°, distância 11.000 jardas. Às

1333 horas, o mesmo contato é marcado aos 056°, na distância de 7.300 jardas. Determinar DMR, VMR, PMA (marcação, distância e hora), rumo do alvo e velocidade do alvo.

Solução (acompanhar o desenvolvimento por meio da Figura 14.57):

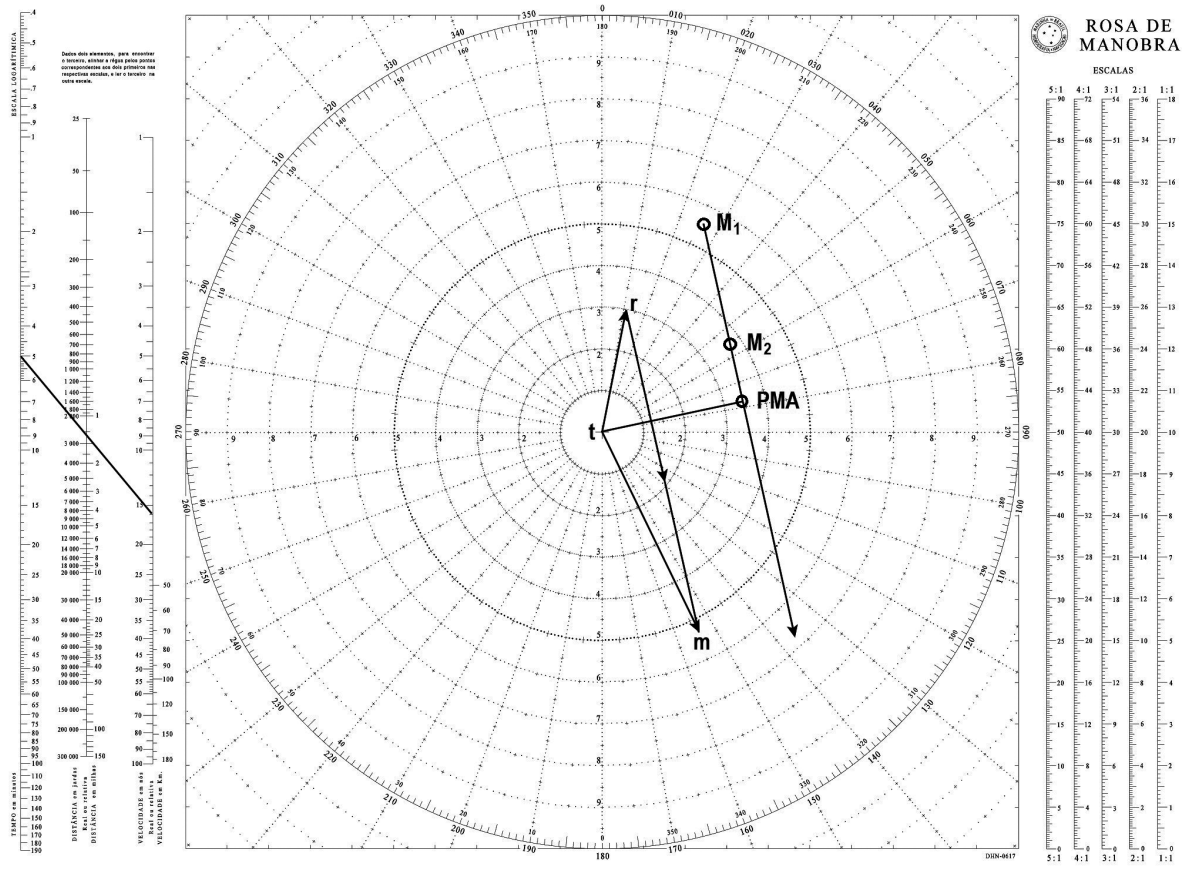
a) Tendo em vista as distâncias envolvidas, seleciona-se a escala de 1:1 para escala de distâncias. Plotam-se, então, as posições relativas M1 e M2 com os dados do problema (1 milha = 2.000 jardas), construindo o diagrama das posições relativas.

b) Do diagrama das posições relativas, obtêm-se:

- DMR = 167°; e
- distância relativa (M1–M2) = 2,95 milhas (5.900 jardas).

c) Com a distância relativa (M1–M2) e o intervalo de tempo (M1–M2) obtém-se: VMR = 16 nós.

Figura 14.57 – Problema nº 2



d) O diagrama das posições relativas fornece diretamente dois elementos do PMA:

- marcação = 077°; e
- distância = 3,4 milhas (6.800 jardas).

e) Para calcular a hora do PMA, obtém-se no diagrama das posições relativas a distância M2–PMA = 1,3 milha (2.600 jardas). Com a velocidade relativa de 16 nós, calcula-se o tempo correspondente = 5 minutos (arredondando para o minuto inteiro):

- hora da posição M2 = 1333 horas;

- tempo até o PMA = 05 minutos; e
- hora do PMA = 1338 horas.

f) Tendo em vista o valor da velocidade relativa VMR = 16 nós, escolhe-se a escala 2:1 para escala de velocidades. Traçam-se, então, os vetores tr e rm e determina-se o vetor tm, obtendo-se, assim: rumo do alvo = 154°; e velocidade do alvo = 10,7 nós.

c. Problema nº 3

Um navio está no rumo 000°, velocidade 5 nós, navegando sob visibilidade restrita. Às 0835 horas, um contato é marcado aos 051°, na distância de 12.000 jardas. Às 0848 horas, o mesmo contato é marcado aos 033°, na distância de 11.000 jardas. Determinar DMR, VMR, PMA (marcação, distância e hora), rumo do alvo e velocidade do alvo. Informar se o alvo cortará nossa proa ou nossa popa e a distância e a hora em que o corte ocorrerá.

Solução (acompanhar o desenvolvimento por meio da Figura 14.58):

a) Seleciona-se a escala de distâncias 1:1 e traça-se o diagrama das posições relativas, obtendo-se:

- DMR = 296°; e
- distância relativa = 1,85 milha (3.700 jardas).

b) Com o valor da distância relativa e o intervalo de tempo M1–M2 (13 minutos), obtém-se, por cálculo ou usando o diagrama (ábaco) impresso na Rosa de Manobra: VMR = 8,5 nós.

c) Do diagrama das posições relativas obtêm-se os seguintes elementos do PMA:

- marcação = 026°; e
- distância = 5,4 milhas (10.800 jardas).

d) Com a distância M2–PMA e a VMR, obtém-se o intervalo de tempo até o PMA: 5 minutos (arredondado).

e) Com o intervalo de tempo, então, obtém-se a hora do PMA: 0853 horas.

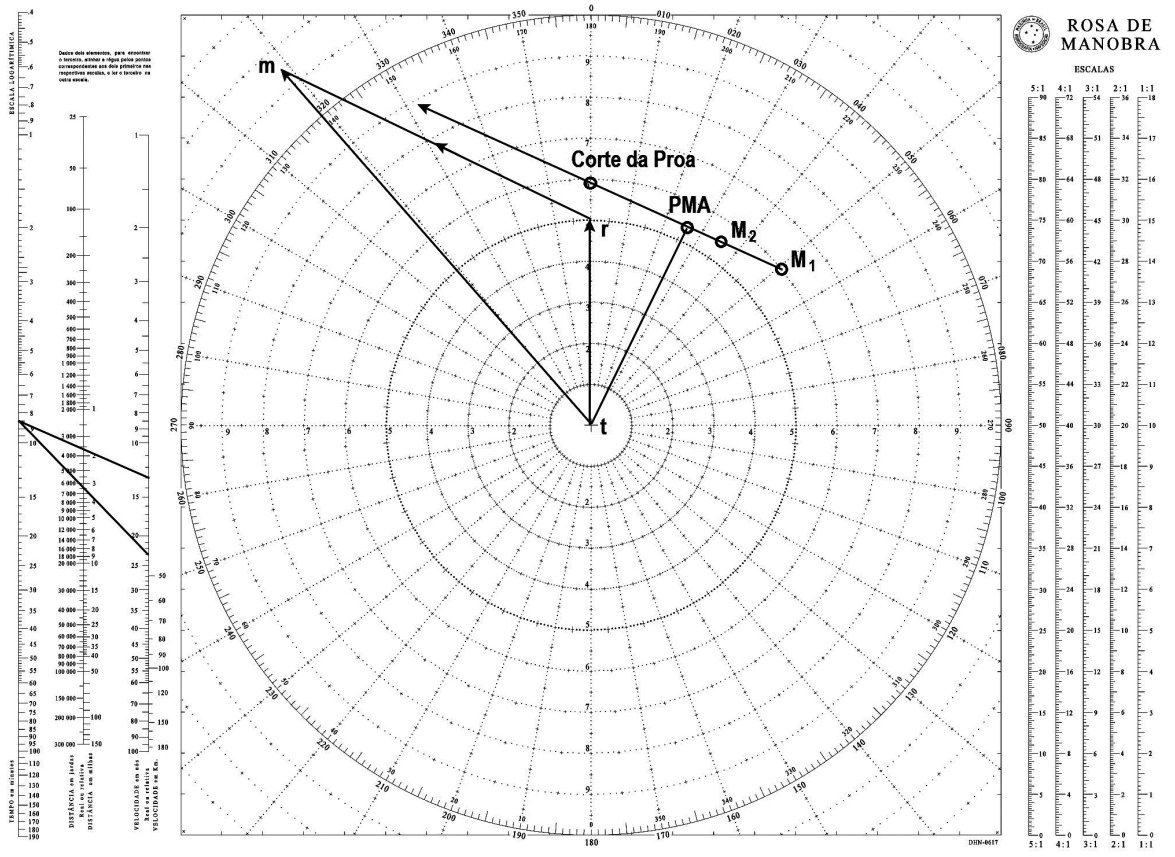
f) Seleciona-se a escala 1:1 para escala de velocidades e constrói-se o diagrama de velocidades, obtendo:

- rumo do alvo = 319°; e
- velocidade do alvo = 11,5 nós.

g) No diagrama das posições relativas, verifica-se que o alvo cortará a proa na distância de 6,1 milhas (12.200 jardas). Com a distância da posição M2 ao ponto de corte da proa (3,3 milhas ou 6.600 jardas) e a VMR de 8,5 nós, obtém-se o intervalo de tempo até o corte da proa: 23 minutos (arredondados). Então, calcula-se:

- hora da posição M2 = 0848 horas;
- tempo até o corte da proa = 23 minutos; e
- hora do corte da proa = 0911 horas.

Figura 14.58 – Problema nº 3



d. Problema nº 4

Um navio está no rumo 010°, velocidade de 16 nós, navegando sob visibilidade restrita. São obtidas as seguintes posições sucessivas de um mesmo contato, em relação ao navio:

Posição	Hora	Marcação	Distância
M_1	0100	054º	18,0 milhas
M_2	0103	052º	17,2 milhas
M_3	0106	050º	16,3 milhas
M_4	0109	048º	15,5 milhas
M_5	0112	046º	14,7 milhas

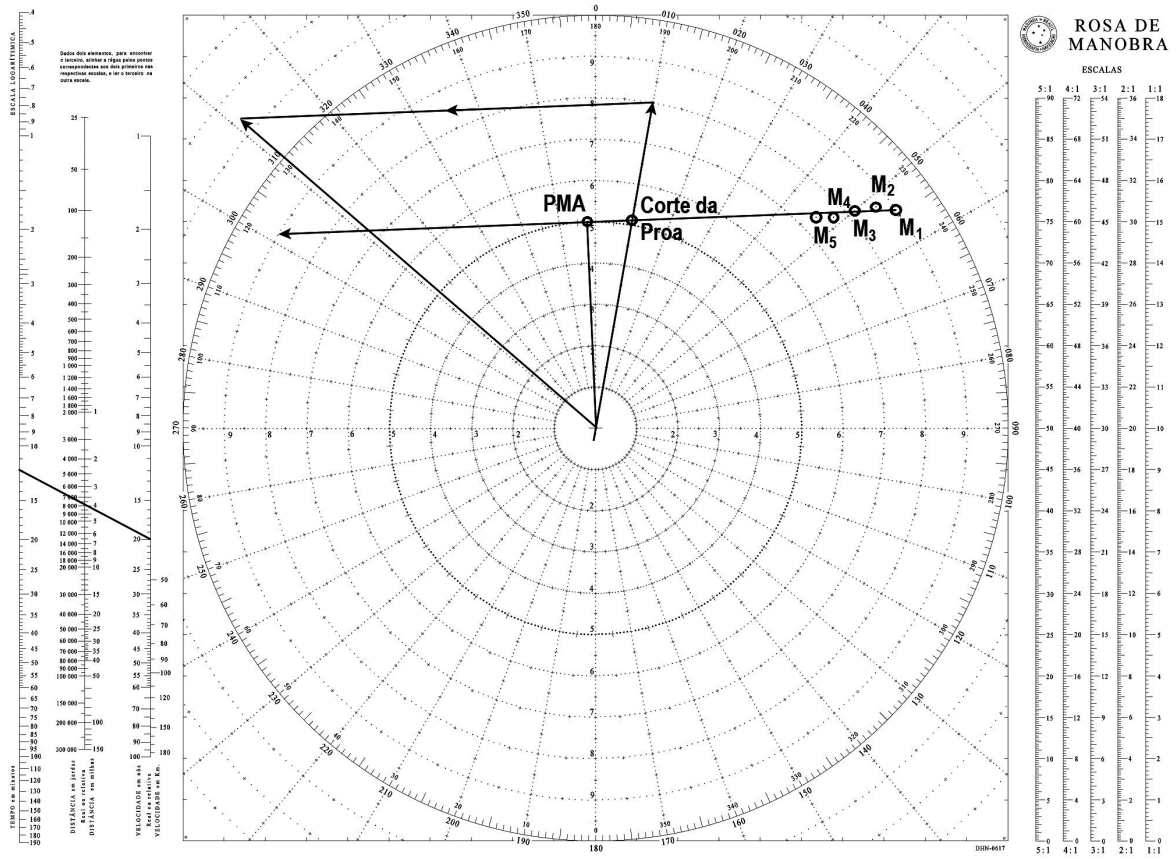
Determinar DMR, VMR, PMA (marcação, distância e hora), rumo do alvo e velocidade do alvo. Informar se o alvo cortará a proa ou popa e a distância e a hora em que o corte ocorrerá.

Solução (acompanhar o desenvolvimento por meio da Figura 14.59):

a) Seleciona-se a escala de distâncias 2:1 e constrói-se o diagrama das posições relativas, obtendo-se:

- DMR = 268°;
- distância relativa (M1–M5) = 3,9 milhas; e
- VMR = 20 nós.

Figura 14.59 – Problema nº 4



Conforme anteriormente citado, erros nas medidas das distâncias e marcações fazem com que só raramente seja possível traçar uma reta que passe exatamente por todas as posições do contato. Assim, como no presente exemplo, a DMR deve ser obtida pelo traçado de uma reta, posta de forma que os pontos fiquem bem distribuídos para um e outro lado, o mais próximo possível dela.

b) Determinam-se os elementos do PMA:

- marcação = 358°;
- distância = 10,0 milhas; e
- hora = 0145 hora.

c) Constrói-se o diagrama de velocidades, na escala 2:1, e obtêm-se:

- rumo do alvo = 311°; e
- velocidade do alvo = 22,8 nós.

d) O alvo cortará a proa, na distância de 10,4 milhas, à 0138 hora (antes, pois, de alcançar o PMA, conforme pode ser verificado na Figura 14.59).

e. Problema nº 5

Um navio está no rumo 160°, velocidade de 10 nós e obtém as seguintes posições sucessivas de um mesmo contato:

Posição	Hora	Marcação	Distância
M_1	1000	200º	20.000 jardas
M_2	1005	200º	18.000 jardas
M_3	1010	200º	16.000 jardas

Determinar os elementos do PMA, o rumo e a velocidade do contato.

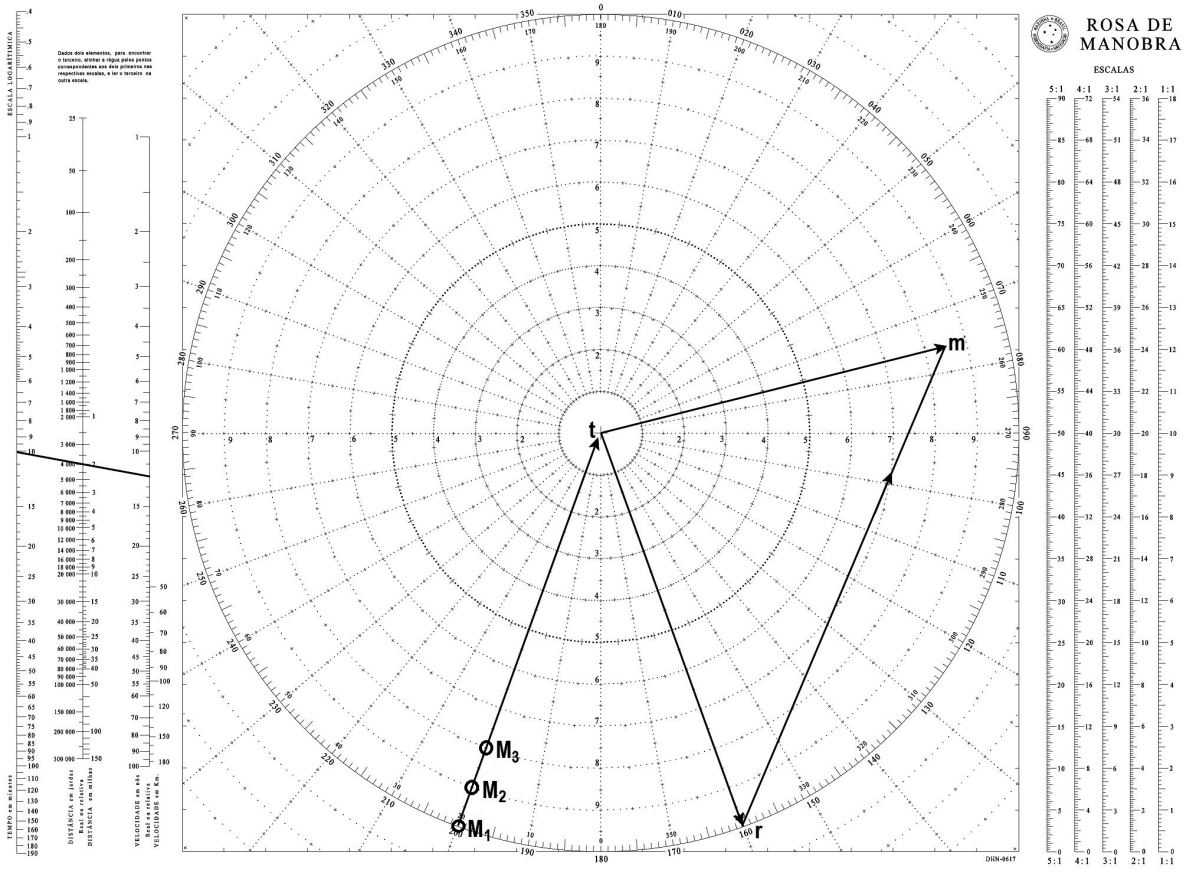
Solução (acompanhar o desenvolvimento por meio da Figura 14.60):

a) Antes mesmo de construir o diagrama das posições relativas, já se verifica que se configura uma situação perigosa, pois a marcação do alvo permanece constante, enquanto sua distância diminui, o que significa que está em rumo de colisão com o navio.

b) Traçando o diagrama das posições relativas (escala de distâncias 1:1), obtêm-se os seguintes elementos:

- DMR = 020°;
- distância relativa (M1–M3) = 2,0 milhas;
- VMR = 12 nós (Figura 14.67); e
- PMA: colisão às 1050 horas.

Figura 14.60 – Problema nº 5



c) Traçando o diagrama de velocidades (escala 1:1), obtêm-se:

- rumo do alvo = 076°; e
- velocidade do alvo = 7,7 nós.

d) Analisando a situação, verifica-se que se trata de um caso de rumos cruzados (o navio no rumo 160° e o contato no rumo 076°) e que o outro navio tem preferência (pois foi avistado por BE). Deve-se, então, manobrar com ampla antecedência, a fim de deixar o outro navio safo, evitando cortar sua proa, se possível.

f. Problema nº 6

Um navio encontra-se sob forte nevoeiro, no rumo 090°, velocidade 4 nós, buscando uma barca-farol que constitui o sinal de aterragem e que marca o início do canal de acesso ao seu porto de destino. Na tela do radar aparecem dois contatos nas vizinhanças da posição da barca-farol. Suas posições sucessivas são:

Contato M:

Posição	Hora	Marcação	Distância
M_1	0500	100º	7,5 milhas
M_2	0516	101º	5,7 milhas

Contato N:

Posição	Hora	Marcação	Distância
N_1	0500	075º	8,0 milhas
N_2	0516	073º	7,0 milhas

Identificar qual dos dois contatos é a barca-farol.

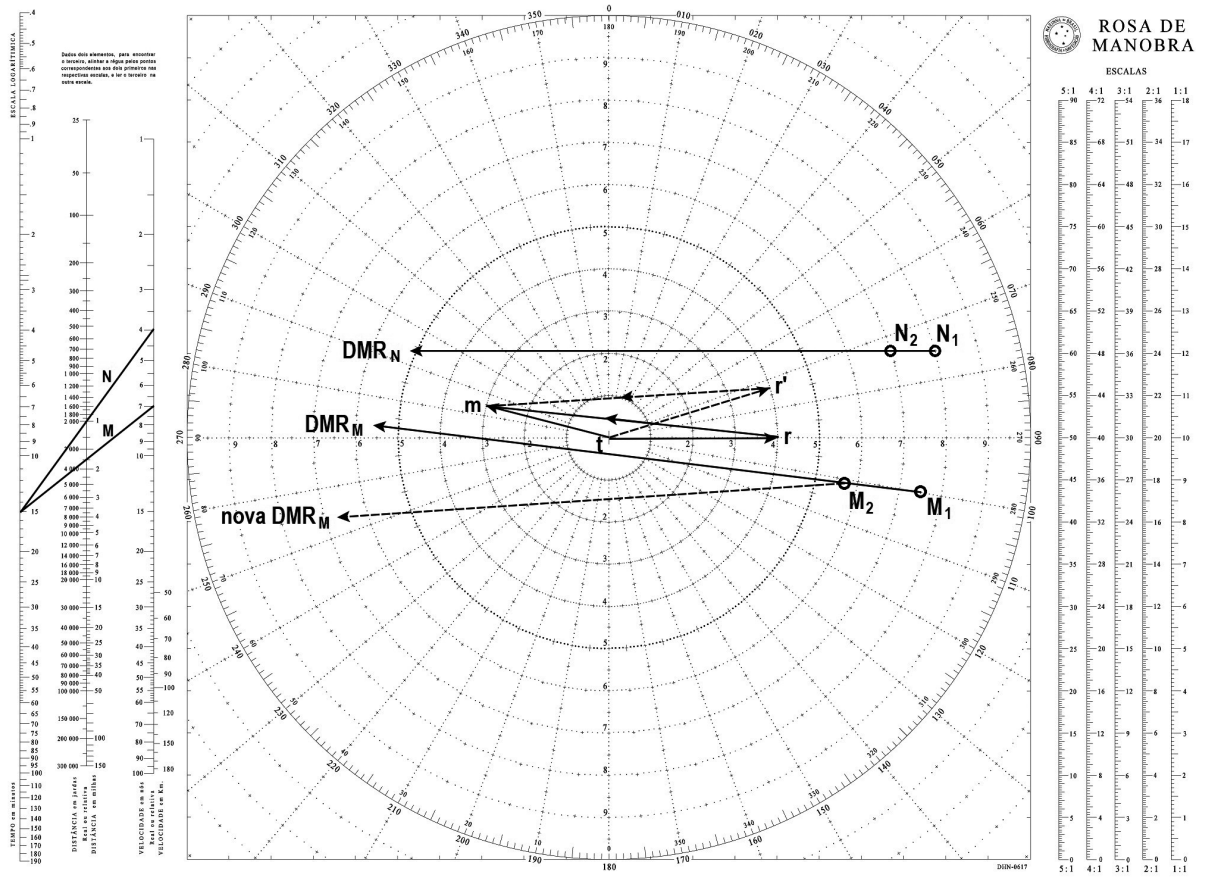
Solução (acompanhar o desenvolvimento por meio da Figura 14.61):

a) Escolhe-se a escala 1:1 para as escalas de distância e de velocidades, traçam-se os diagramas de posições relativas e os diagramas de velocidades dos alvos M e N, obtendo-se:

- DMR (M) = 276°;
- VMR (M) = 7,0 nós;
- DMR (N) = 270°;
- VMR (N) = 4,0 nós;
- rumo (M) = 284°;
- velocidade (M) = 3,0 nós; e
- alvo (N) está parado (velocidade zero).

Assim, o método do movimento relativo permitiu identificar a barca-farol como o contato N. Guina-se, então, o navio para aproar-se ao referido sinal. Com isso, afasta-se do alvo M, cujo PMA seria muito próximo do navio (ver a nova linha do movimento relativo de M, que ocorreria após a guinada do navio, na Figura 14.61). Mesmo sem construir o diagrama de velocidades, pode-se concluir que o alvo N está parado, pois o seu movimento relativo tem o rumo exatamente oposto ao rumo do navio e a velocidade igual à do navio.

Figura 14.61 – Problema nº 6



g. Problema nº 7

Determinar a direção e a velocidade do vento verdadeiro em um navio no rumo 030°, velocidade de 15 nós, sendo as seguintes as indicações do anemômetro:

- direção do vento: 030° relativos (30° BE); e
- velocidade do vento: 20 nós.

Solução (acompanhar o desenvolvimento por meio da Figura 14.62):

a) O problema pode ser resolvido assemelhando-se o movimento do ar ao movimento de um navio. O vento verdadeiro corresponde ao movimento real (absoluto) do ar. O vento aparente (ou relativo) é o movimento do ar em relação ao navio (que também se move).

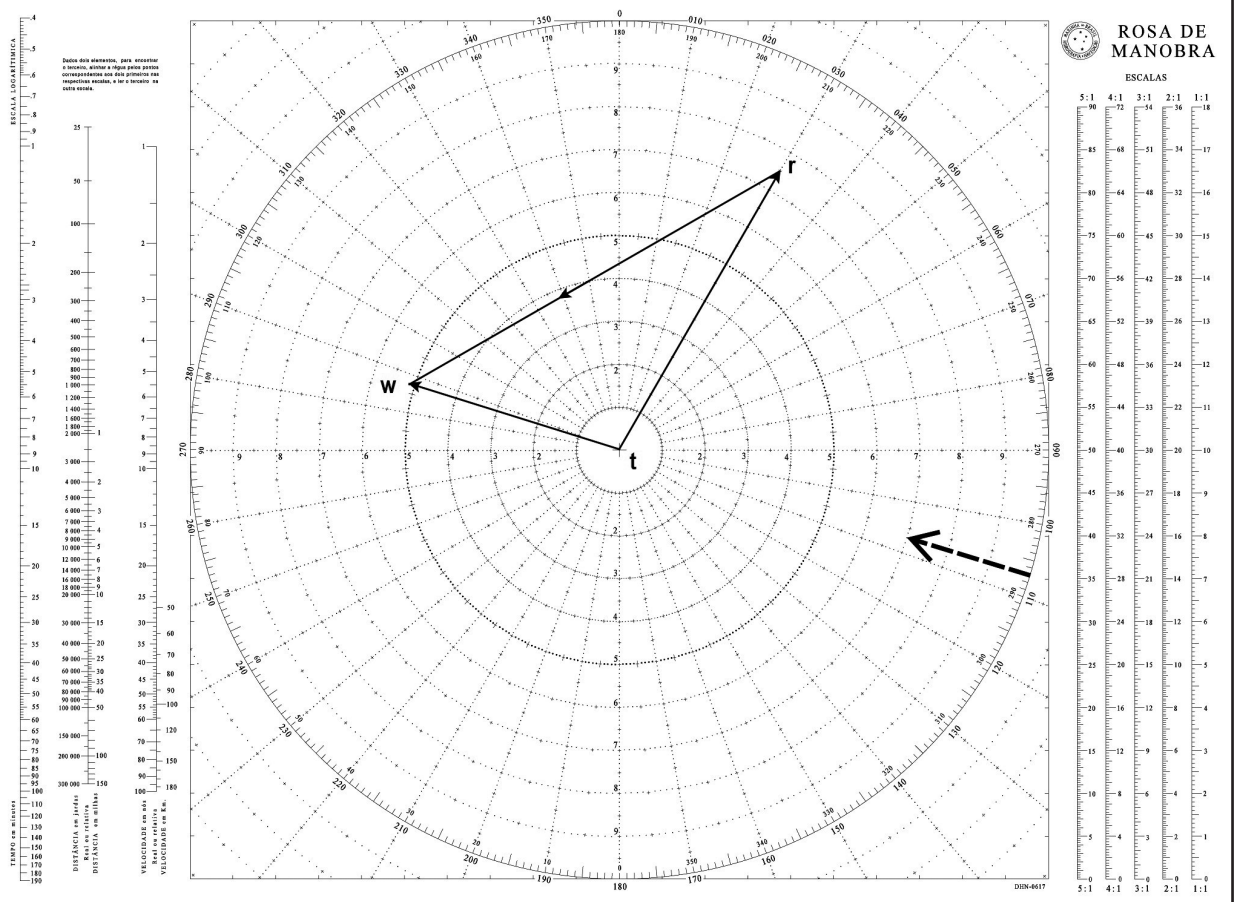
b) No caso do vento, basta traçar o diagrama de velocidades, ou diagrama vetorial, para obter os elementos do vento verdadeiro.

c) Neste exemplo, se o vento aparente está entrando por 030° relativos, ele está soprando de 060°. Assim, selecionando a escala de velocidades 2:1, constrói-se o diagrama de velocidades. No caso do vento, a extremidade do vetor do vento aparente é denominada de w (*wind*). Obtém-se, então, o vetor tw, que fornece os elementos do vento verdadeiro:

- direção: 107° (de onde sopra o vento); e
- velocidade: 10,3 nós.

Lembrar que, no caso do vento, o elemento de direção informado é sempre de onde ele sopra.

Figura 14.62 – Problema nº 7



h. Problema nº 8

Um navio está no rumo 213°, velocidade 21 nós. As indicações do anemômetro são:

- direção do vento: 290° relativos (70° BB); e
- velocidade do vento: 20 nós.

Determinar os elementos do vento real.

Solução (acompanhar o desenvolvimento por meio da Figura 14.63):

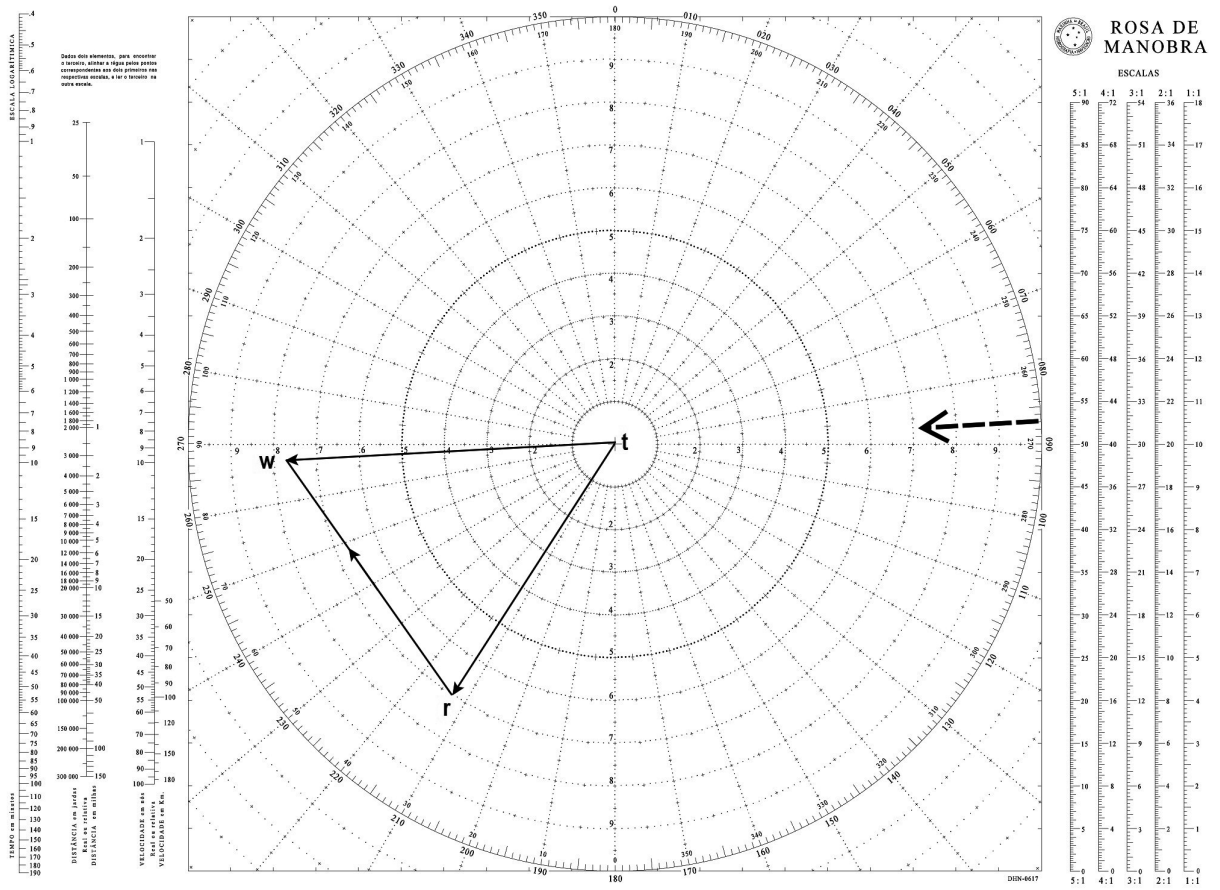
a) Se o navio está no rumo 213° e o vento aparente está entrando aos 290° relativos (70° BB), isto significa que o vento aparente está soprando de 143°.

b) Constrói-se, então, o diagrama de velocidades, na escala 3:1, para determinar o vetor tw.

c) Obtêm-se, então, os elementos do vento verdadeiro:

- direção: 087° (de onde sopra); e
- velocidade: 23 nós (na prática da navegação, o valor da velocidade do vento é sempre arredondado para o inteiro mais próximo).

Figura 14.63 – Problema nº 8



i. Problema nº 9

Um navio está no rumo 265°, velocidade de 6 nós. As indicações do anemômetro são:

- direção do vento: 260° relativos (100° BB); e
- velocidade do vento: 6 nós.

Determinar os elementos do vento verdadeiro e o rumo e a velocidade em que o navio deve governar para produzir um vento aparente entrando aos 340° relativos (20° BB), com 15 nós.

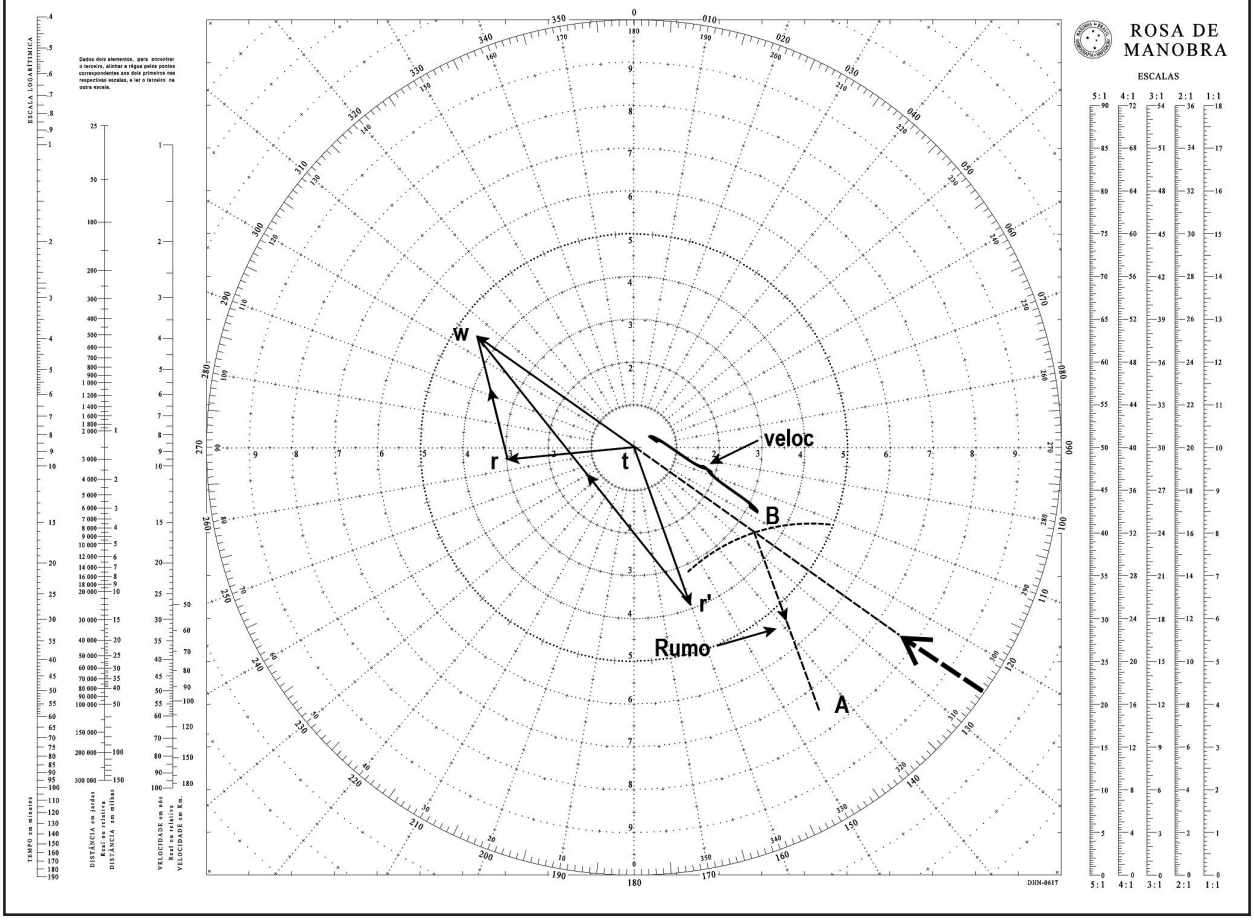
Solução (acompanhar o desenvolvimento por meio da Figura 14.64):

a. A direção de onde sopra o vento aparente é 165°; usando a escala 2:1, constrói-se o diagrama de velocidades, determina-se o vetor tw e os elementos do vento real: direção = 125° (de onde sopra); e velocidade = 9 nós.

b. Prolonga-se a linha do vetor tw, para indicar a direção de onde o vento verdadeiro está soprando (125°, neste exemplo).

c. Como se quer que o vento entre aos 340° relativos (20° BB), sabe-se que o rumo do navio ficará para a direita da direção de onde sopra o vento verdadeiro. Assim, determina-se um ponto 20° à direita da direção de onde sopra o vento real, situado sobre o círculo de 15 nós, que é a velocidade do vento aparente que se deseja. Este ponto foi denominado como A na Figura 14.64 (suas coordenadas polares são 145° / 15').

Figura 14.64 – Problema nº 9



d. Com o centro no ponto A, ajusta-se no compasso a abertura correspondente à velocidade do vento real (9 nós) e traça-se um arco interceptando a radial correspondente à direção de onde sopra o vento real (125°, neste exemplo). Determina-se, então, o ponto B (figura 14.64).

e. O segmento tB representa a magnitude da velocidade que o navio deve desenvolver para obter o vento relativo desejado. No caso, 6,8 nós.

f. O rumo do navio é dado pela direção BA: R = 160°.

g. Transportando os valores acima para o centro da rosa, constrói-se o vetor tr', confirmando-se, pelo vetor r'w, que o vento relativo estará entrando aos 340° relativos (20° BB), com 15 nós, conforme desejado.

j. Problema nº 10

Um navio está no rumo 312°, velocidade de 14 nós. São obtidas as seguintes posições sucessivas de um mesmo contato M:

Posição	Hora	Marcação	Distância
M_1	0300	262º	13,0 milhas
M_2	0308	263º	11,0 milhas

Determinar o rumo do navio para não passar a menos de 2,5 milhas na popa do contato, mantendo a velocidade.

Solução (acompanhar o desenvolvimento por meio da Figura 14.65):

a) Seleciona-se a escala 2:1 para distâncias e velocidades; constrói-se o diagrama das posições relativas e verifica-se que o alvo vai cortar a proa muito próximo do navio, o que configura uma situação de perigo. Determinam-se: DMR = 078°; e VMR = 15 nós.

b) Constrói-se o diagrama de velocidades e determinam-se: rumo do alvo = 019°; e velocidade do alvo = 13,4 nós.

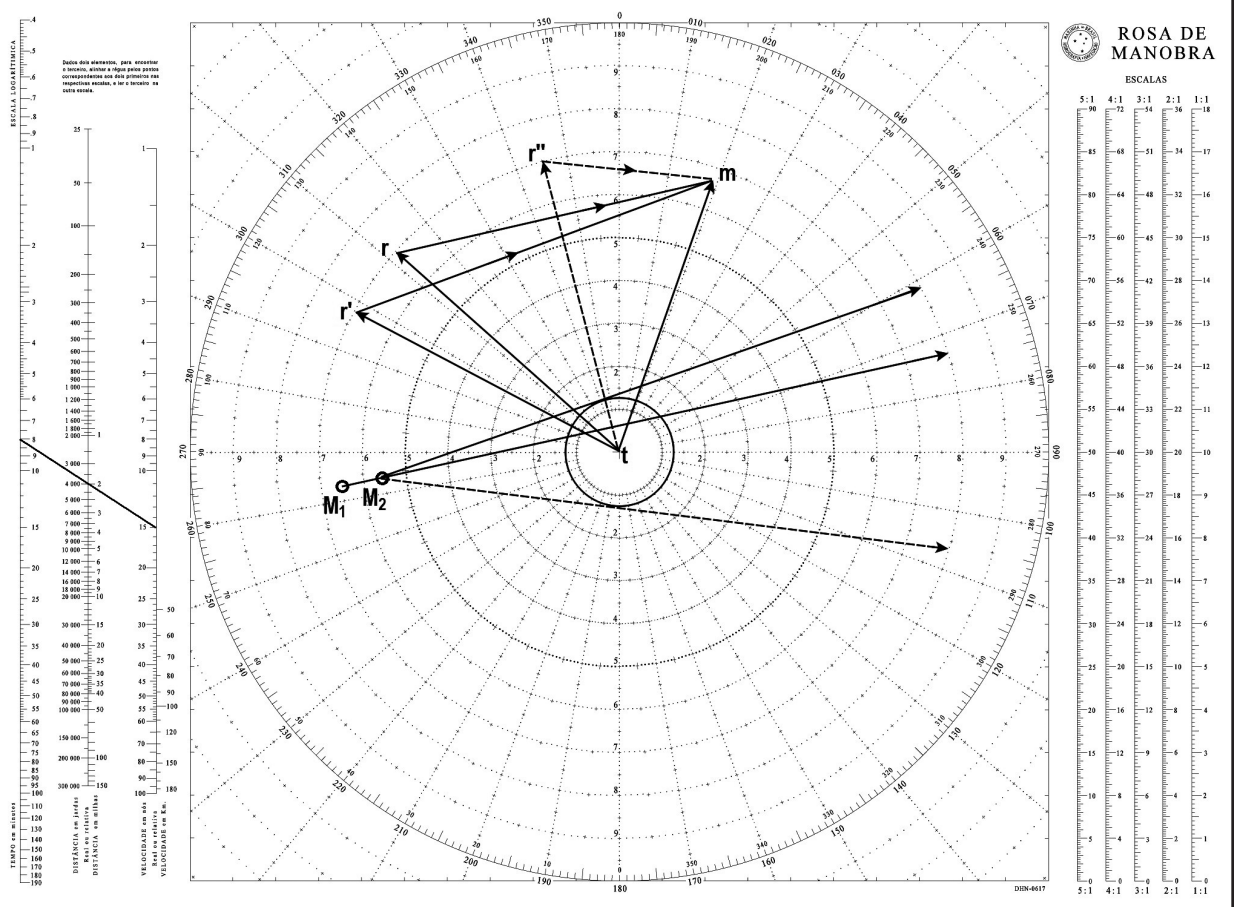
c) Traça-se, então, a partir do centro da rosa, uma circunferência com raio igual a 2,5 milhas, medida na escala de distâncias selecionada (2:1).

d) A partir de M2, traça-se uma tangente a essa circunferência, que constitui a nova direção do movimento relativo (DMR).

e) Com a nova DMR, constrói-se novo diagrama de velocidades, sabendo-se que o navio manterá a velocidade de 14 nós. Traça-se do ponto m uma reta paralela e de sentido contrário à nova DMR. No ponto em que esta reta interceptar a circunferência de raio igual à velocidade do navio (14 nós), fica localizado o ponto r'. Determina-se, então, o novo rumo do navio: 298°.

f) De um ponto exterior é sempre possível traçar duas tangentes a uma circunferência. Desta forma, se não se quer passar a menos de 2,5 milhas, porém cruzando a proa do contato, traça-se a tangente ao setor oposto ao rumo do outro navio. Neste caso, o navio deveria guinar para o rumo 345°, para cruzar a proa do contato a 2,5 milhas, mantendo a velocidade de 14 nós (ver a representação em linhas tracejadas na Figura 14.65).

Figura 14.65 – Problema nº 10



g) Para que este problema seja possível, é necessário, como se conclui da Figura 14.65, que a circunferência da velocidade do navio intercepte, no diagrama de velocidades, a paralela à nova DMR, traçada pelo ponto m. Haverá duas soluções, se existirem dois pontos de interseção.

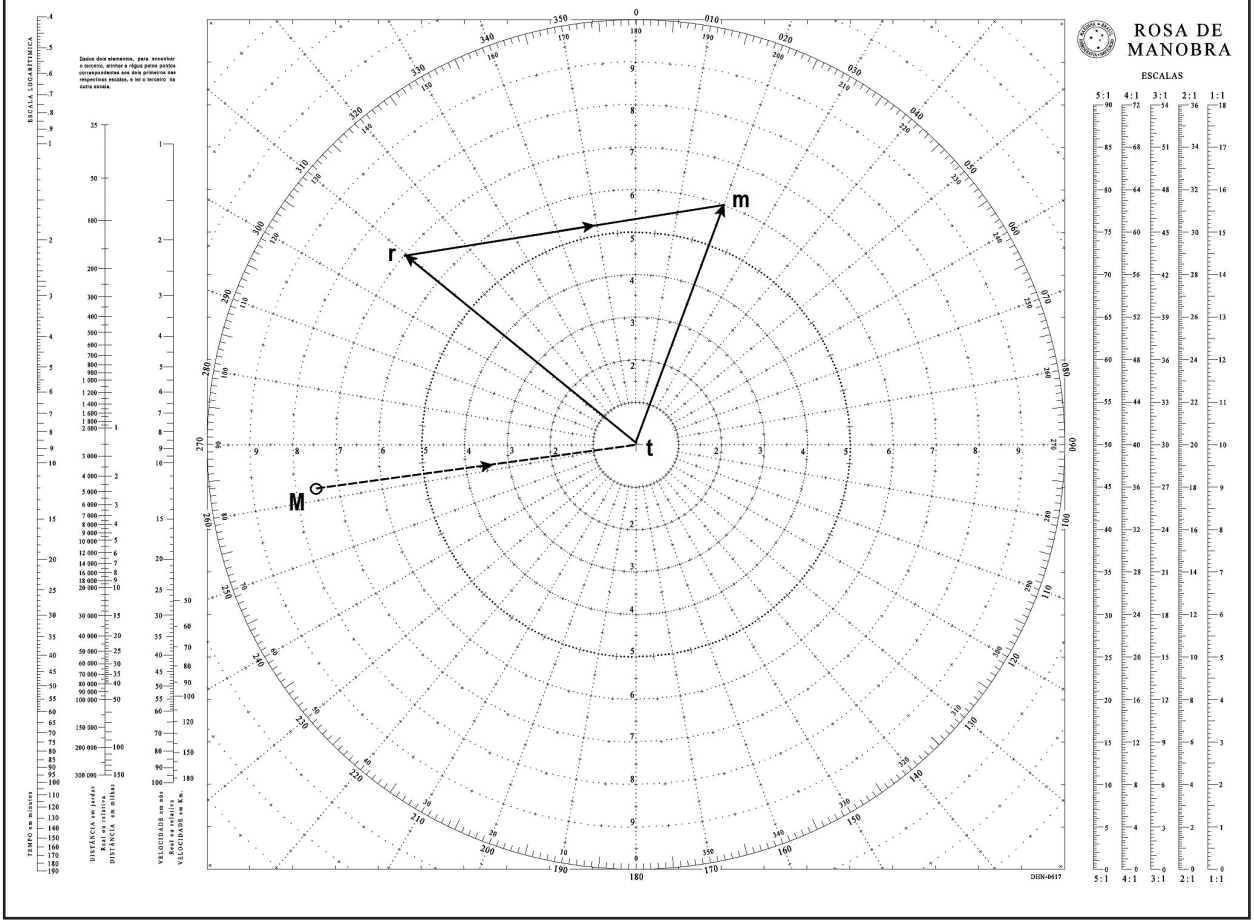
h) A resolução desse problema tem grande interesse quando se pretende manobrar para evitar um navio detectado pelo radar, especialmente em condições de má visibilidade. De fato, se, pela análise da plotagem relativa, concluir-se que o outro navio vai passar excessivamente perto, depois de se determinar o seu rumo e velocidade, altera-se o rumo do navio, para passar a uma distância considerada suficiente.

k. Problema nº 11

Um navio com uma emergência médica a bordo está se dirigindo para o porto mais próximo, no rumo 020°, velocidade de 12 nós. Seu navio, que possui médico a bordo, decide interceptá-lo, com a velocidade de 14 nós, para prestar auxílio. Às 2100 horas, o outro navio é marcado aos 262°, na distância de 15 milhas. Determinar o rumo de interceptação e a hora em que o alvo será interceptado.

Solução (acompanhar o desenvolvimento por meio da Figura 14.66):

Figura 14.66 – Problema nº 11



a. Seleciona-se a escala 2:1 para distâncias e velocidades; plota-se a posição do contato e traça-se a DMR desejada, trazendo-o para o centro da rosa, fazendo com que o contato permaneça com marcação constante e distância diminuindo (como no caso de rumo de colisão com o nosso navio).

b. Com a DMR desejada e o vetor tm (rumo e velocidade do alvo), traça-se o diagrama de velocidades, tirando do ponto m uma reta paralela à DMR, no sentido oposto. No ponto em que esta reta interceptar a circunferência de raio igual a 14 nós (velocidade do navio), fica localizado o ponto r. Determina-se, então, o rumo de interceptação: 310°.

c. No triângulo de velocidades (ou diagrama de velocidades) mede-se o valor da velocidade relativa: VMR = 15 nós.

d. Com a distância até o contato (15 milhas) e a VMR (15 nós), determina-se o tempo até a interceptação. Neste caso, 1 hora. Assim, a interceptação ocorrerá às 2200 horas.

e. Para que o problema seja possível, é necessário que a circunferência da velocidade do próprio navio intercepte a paralela à DMR desejada, traçada a partir do ponto m. Quando houver dois pontos de interseção, existem duas soluções. Neste caso, escolhe-se, normalmente, a que produzir maior velocidade relativa, a fim de reduzir o tempo para interceptação.

14.4.5 Plotagem radar em tempo real

Há ocasiões, ao navegar em áreas de denso tráfego marítimo, em que a tela do radar apresenta um grande número de contatos, exigindo uma avaliação rápida da situação, para decidir se será necessário manobrar, alterando o rumo e/ou a velocidade do navio. À noite, ou sob visibilidade restrita, o problema torna-se ainda mais complexo.

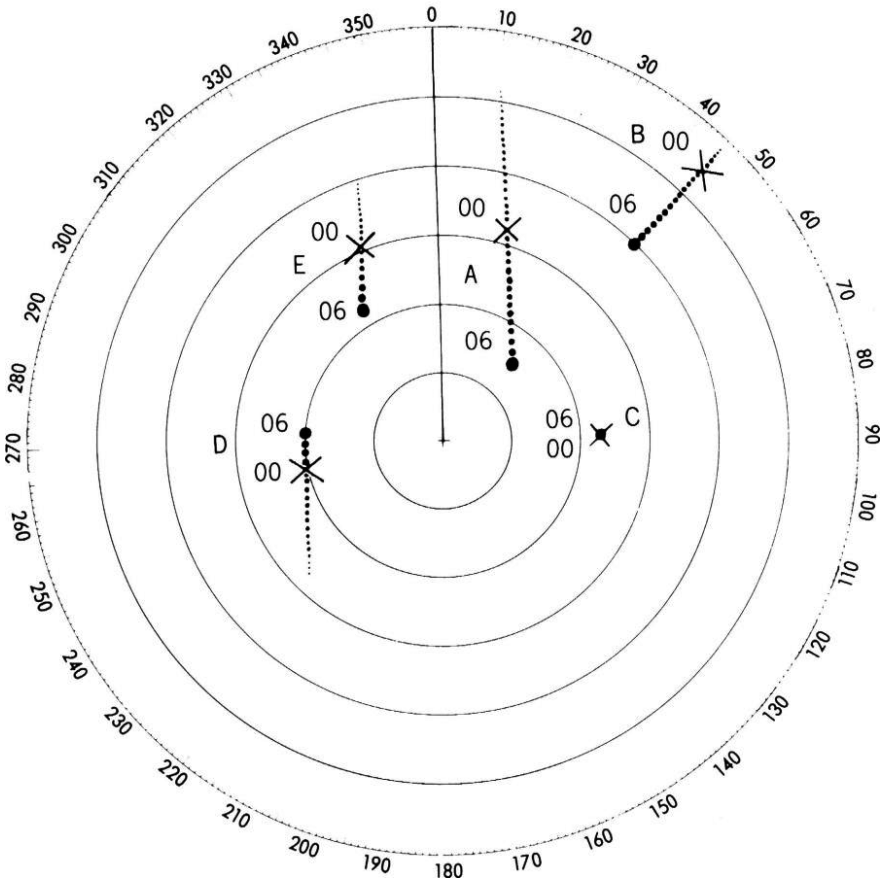
Nessas situações, a solução gráfica dos problemas de movimento relativo diretamente no plotador de reflexão instalado sobre a tela da repetidora é bastante conveniente. Este método rápido é denominado plotagem radar em tempo real.

Quando a tela do radar mostra múltiplos contatos, a primeira preocupação na avaliação da situação é verificar as marcações dos alvos que se aproximam, pois, como se sabe, existe risco de colisão quando o movimento relativo de um alvo apresenta marcação constante e distância diminuindo. Para determinar se existe risco de colisão pela observação da tela do radar, é essencial que se disponha de uma apresentação estabilizada pela agulha giroscópica. Com uma apresentação não-estabilizada, fica muito difícil essa avaliação (que teria que se basear na marcação relativa dos contatos).

Havendo necessidade de manobrar, o passo seguinte consiste em decidir qual das quatro manobras básicas para evitar colisão (guinar BE, guinar BB, aumentar a velocidade e reduzir, ou parar, as máquinas), ou qual combinação delas irá aumentar mais efetivamente a distância de passagem entre o navio e o contato.

Na Figura 14.67, está esquematizada a tela de um radar onde foram marcadas as posições de 5 contatos (denominados, respectivamente, A, B, C, D e E), nos minutos 00 e 06. Também foram assinalados na repetidora os movimentos relativos dos referidos contatos. O navio está no rumo 000°, velocidade 20 nós. O radar opera com apresentação estabilizada, na escala de 12 milhas, com 2 milhas entre os anéis de distância.

Figura 14.67 – Acompanhamento de Contatos



Observando a imagem radar com as plotagens relativas dos contatos e suas posições nos minutos 00 e 06, verifica-se que o contato C, a 4,5 milhas no través de BE, está no mesmo rumo e velocidade que o navio (não existe movimento relativo entre o navio e o alvo C, pois ambos têm o mesmo movimento verdadeiro). Se a velocidade for reduzida, ou aumentada, ou se o navio guinar para BB, ele imediatamente começará a aumentar distância para esse contato. Entretanto, se guinar para BE, uma situação de perigo pode surgir, com relação ao contato C.

O contato D rapidamente revela que está no mesmo rumo e com velocidade maior do que a do navio. Como ele já está a vante do través de BB do navio, a única manobra que pode criar uma situação de risco com esse contato é um aumento de velocidade do navio.

O contato A está no rumo oposto ao do navio (sua DMR é a recíproca da nossa proa). Por comparação com os anéis de distância, verifica-se que sua distância relativa percorrida em 6 minutos (entre as posições 00 e 06 do contato A) é de cerca de 4 milhas, o que fornece uma velocidade relativa (VMR) de 40 nós, indicando que o contato A desenvolve uma velocidade de 20 nós. Seu PMA tem distância de cerca de 2 milhas, o que pode ser obtido prolongando-se sua DMR até o través de BE do navio. Qualquer mudança de velocidade não irá reduzir a distância do PMA, de modo que é seguro, com relação ao contato A, aumentar ou diminuir a velocidade, assim como guinar para BB. Uma guinada para BE, porém, representaria um grande risco, sobretudo por causa da alta VMR (40 nós).

O movimento relativo do contato E indica uma DMR oposta ao rumo do navio. Por comparação com os anéis de distância, verifica-se que a distância relativa percorrida pelo contato

E em 6 minutos é de aproximadamente 2 milhas, o que fornece uma VMR de 20 nós. Assim, o movimento relativo do contato E apresenta rumo oposto e uma VMR igual à velocidade do navio, indicando que esse alvo está parado. Seu PMA ocorrerá a cerca de 2 milhas, no través de BB do navio. Desta forma, é seguro, com relação ao contato E, aumentar ou reduzir a velocidade, ou guinar para BE. Uma guinada para BB, entretanto, irá requerer cautela, para não criar uma situação de risco.

O contato B imediatamente revela que está em rumo de colisão com o navio, pois sua marcação permanece constante, enquanto a distância diminui com rapidez. Ademais, a alta velocidade relativa (VMR de cerca de 30 nós), que pode ser estimada com base na distância entre as posições dos minutos 00 e 06, aumenta o risco de colisão (o intervalo de tempo até o ponto de colisão será de 16 minutos). Uma redução na velocidade do navio (ou parar as máquinas) fará com que o contato B cruze a proa do navio com segurança (se o navio reduz a velocidade ou para, qualquer movimento relativo observado no PPI do radar gira para vante, isto é, para a direção da proa, não importa onde esteja).

Assim, verifica-se que basta uma redução da velocidade do navio (ou parar as máquinas temporariamente) para afastá-lo de todos os cinco contatos. Após B cruzar a proa do navio, volta-se à velocidade anterior.

Se, por alguma razão, não for possível variar a velocidade, restam duas alternativas: guinar BE ou guinar BB.

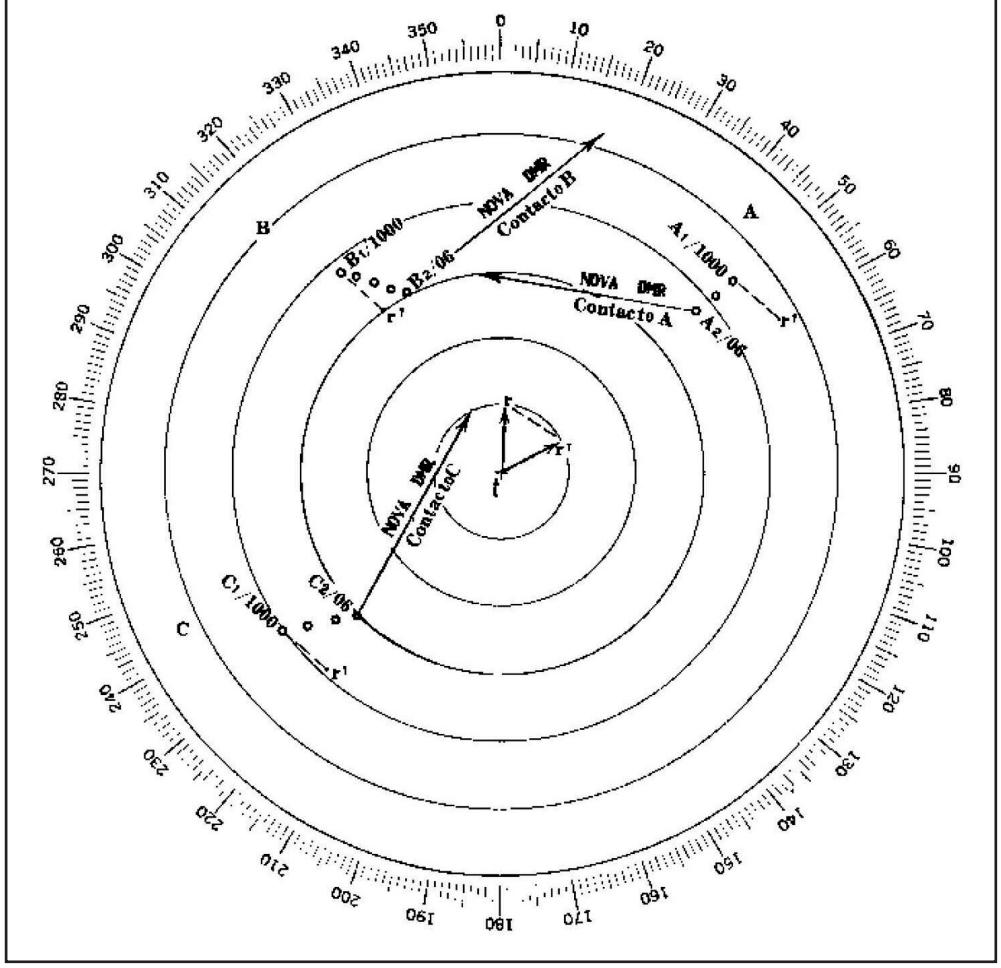
Qualquer guinada para BE só deveria ser considerada após o alvo A passar pelo través do navio (PMA, na distância de cerca de 2 milhas). A guinada deveria ser franca (pelo menos de 60°), para não criar uma situação de risco com o alvo C, que, como foi visto, está no mesmo rumo e velocidade que o navio. Esta guinada faria com que o contato B passasse safo por BB do navio.

Com uma guinada para BB (de cerca de 50°), o alvo B cruzaria a popa do navio, porém levaria um tempo muito grande para ficar safo, pois a velocidade do seu movimento relativo seria reduzida. Outro complicador para uma guinada para BB é, conforme já mencionado, o contato E (que está parado). A guinada deve ser tal que o referido contato fique com segurança por BE do navio.

A situação mostrada na Figura 14.67 não é, contudo, ruim. Uma redução de velocidade, como foi visto, resolveria completamente o problema. Desta forma, pelo estudo do PPI e o traçado da plotagem relativa dos alvos sobre a própria repetidora, pode-se evitar contatos múltiplos, sem a necessidade de determinar, através da solução na Rosa de Manobras, os seus rumos verdadeiros e velocidades.

A Figura 14.68 mostra outra situação do uso do radar para evitar múltiplos contatos, sem primeiro determinar os rumos verdadeiros e velocidades dos mesmos. Na situação ilustrada, o navio está no rumo 000°, velocidade de 20 nós, apresentação radar estabilizada, na escala de 12 milhas, com 2 milhas entre os anéis de distância. Três contatos A, B e C são observados e plotados diretamente sobre o PPI ou plotador de reflexão. A imagem radar mostra as posições dos alvos às 1000 horas e 1006 horas e a DMR de cada um. Quer-se determinar as novas linhas de movimento relativo para os alvos, resultantes de uma guinada do navio para o rumo 065°, às 1006, para verificar se o novo rumo produzirá PMA aceitáveis para todos os contatos.

Figura 14.68 – Acompanhamento de Contatos



A solução é a seguinte:

a) com origem no centro do PPI, traçar (com lápis de cera) os vetores tr e tr_1, correspondentes, respectivamente, aos rumo e velocidade iniciais e ao novos rumo e velocidade. A grandeza de cada vetor deve ser medida na escala de distância da apresentação radar, sendo igual à distância percorrida pelo navio durante o intervalo de tempo da plotagem relativa. No presente caso, o intervalo é de 6 minutos e a velocidade de 20 nós. Portanto, a grandeza de ambos os vetores tr e tr_1 deve ser de 2 milhas (1 anel de distância), conforme mostrado na Figura;

b) construir, então, uma linha tracejada de r para r_1; e

c) deslocar, em seguida, a posição inicial dos contatos A, B e C (isto é, a posição de 1000 horas) na mesma direção e distância que a linha tracejada rr_1; designe cada uma das posições obtidas de r_1.

A nova direção do movimento relativo de cada contato será obtida conectando-se as posições deslocadas com as posições finais dos contatos (isto é, as posições de 1006).

Desse modo, verifica-se que, com a mudança do rumo para 065°, o contato A, que estava em rumo de colisão, passará safo do navio, assim como os contatos B e C.

Os exercícios contidos no Apêndice a este Capítulo destinam-se a testar e aprimorar a prática de plotagem radar em tempo real.

14.4.6 Sistemas automáticos de radar anticolisão

Atualmente, são empregados a bordo dos navios sistemas radar com acompanhamento e processamento automático de contatos, que resolvem os problemas de cinemática que interessam à segurança da navegação, fornecendo ao Oficial de Quarto as indicações necessárias para manobrar a fim de evitar colisões, ou podendo, até mesmo, nos sistemas integrados mais avançados, comandar o giropiloto e/ou as máquinas, alterando o rumo e/ou a velocidade do navio.

Os sistemas automáticos, genericamente denominados de ARPA (*Automatic Radar Plotting Aids*) destinam-se a reduzir o tempo requerido para uma plotagem radar manual, sobre a repetidora (no plotador de reflexão) ou na Rosa de Manobra, e para solução dos problemas de movimento relativo. Ademais, contribuem para diminuir os riscos de erros humanos, que foram causadores de inúmeros acidentes no mar.

Normalmente, os sistemas automáticos fornecem rumo verdadeiro, velocidade e elementos do PMA (distância e hora) dos alvos detectados, além de possuírem alarme áudio e visual para indicar contatos que estejam em rumo de colisão com o navio.

Além disso, os elementos do alvo são calculados logo que o mesmo é detectado pelo radar, independentemente da escala de distância ajustada no PPI. Se, por exemplo, um contato é adquirido pelo radar a 17 milhas, o equipamento leva apenas cerca de 2 minutos para computar uma solução completa para o contato. Estando o PPI na escala de distância de 12 milhas, quando o alvo alcançar esta distância e o seu eco passar a ser mostrado na tela do radar, ele já terá sido adquirido e acompanhado e seus elementos de rumo, velocidade e PMA já terão sido determinados.

Assim, as vantagens dos sistemas automáticos de radar podem ser resumidas como se segue:

a. aquisição e processamento automático de ecos;

b. todos os ecos relevantes (em alguns sistemas cerca de 200) serão examinados simultaneamente e seus dados atualizados em cada varredura;

c. os ecos mais próximos (até o número de 40 em certos sistemas) serão mostrados, com os seus respectivos vetores;

d. os elementos dos ecos (movimento relativo, posição, rumo, velocidade e PMA) são informados instantaneamente;

e. os sistemas possuem alarme de risco de colisão, baseado na distância do PMA selecionada pelo operador e independente da escala de distância ajustada no PPI;

f. eliminação do erro humano nas tarefas mecânicas de plotagem do movimento relativo e cálculo dos elementos do alvo; e

g. provê ao navegante mais tempo para manobrar, além de indicar os resultados de diversas manobras imaginadas.

Entretanto, sendo sistemas complexos, são sujeitos a falhas. É necessário combater a tendência que têm certos operadores de aceitarem as informações de tão sofisticado aparelho sem qualquer contestação. Como qualquer tipo de radar, os sistemas automáticos podem dar indicações falsas, deixar de detectar ecos, etc. Deste modo, embora um aparelho baseado em computador possa aumentar o nível de conhecimento da situação, ele não dispensa uma

avaliação constante, completada por uma vigilância visual permanente, a fim de que se consiga usar todas as informações para obter a saída ótima de uma situação complexa.

14.5 APRESENTAÇÃO EM MOVIMENTO VERDADEIRO

Com a difusão crescente de equipamentos radar que operam em movimento verdadeiro, sua utilização em navegação em águas restritas vem sendo avaliada e parece oferecer maiores atrativos. Entretanto, as limitações da apresentação em movimento verdadeiro devem ser reconhecidas:

- alvos em rumo de colisão não são facilmente percebidos, a não ser aqueles justamente pela proa ou pela popa;
- ocorrem interrupções inevitáveis no controle e avaliação da apresentação radar, toda vez que o navio alcança a extremidade do PPI e tem que ser reposicionado; e
- é mais difícil a determinação precisa da correção para compensar os efeitos de corrente e vento.

A vantagem é de não se ter o movimento aparente de alvos parados, o que facilita o reconhecimento de boias e navios fundeados.

Até que maior experiência seja adquirida e normas sejam estabelecidas, fazem-se as seguintes sugestões:

- apresentação em movimento verdadeiro é adequada para canais estreitos e longos, onde não exista um tráfego intenso de navios e no qual o importante é o reconhecimento de boias ou balizas posicionadas nas margens do canal;
- o reposicionamento do navio deve ser cuidadosamente planejado e executado após ele estar corretamente posicionado numa pernada e com posição radar na carta; desse modo, evitar-se-á uma condução errada da navegação, durante o período de interrupção;
- o reposicionamento do navio não deverá ser deixado para o último instante, pois poderá haver coincidência com situações perigosas que requeiram maior cuidado e acompanhamento;
- uma estreita ligação com o controlador de alvos de superfície deve ser mantida, pois a navegação não poderá manter a atenção presa a todo o tráfego de navios, e não dispõe de tempo para determinar os PMA;
- para evitar confusão, não devem ser utilizadas duas repetidoras, uma em movimento verdadeiro e outra em relativo; e
- é um engano pensar que a navegação em águas restritas com apresentação em movimento verdadeiro possa ser efetuada com segurança, sem se possuir a devida prática em movimento relativo.

14.6 SUMÁRIO DO CAPÍTULO

O radar é uma ferramenta extremamente importante para a navegação costeira e em águas restritas. É o único instrumento geralmente disponível que tem a capacidade de prover

linhas de posição (LDP) precisas, mesmo em condições de visibilidade restrita ou durante os períodos de escuridão. As principais vantagens do radar, sob o ponto de vista da navegação, podem ser resumidas como se segue:

a. o radar pode ser utilizado à noite ou durante períodos de visibilidade restrita, quando os métodos visuais de navegação são limitados ou de uso impossível;

b. o radar permite, normalmente, a obtenção rápida e precisa de posições;

c. com o radar é possível, embora não seja recomendado, obter uma posição com apenas um ponto de apoio, através da medição da marcação e da distância radar ao ponto;

d. o radar pode ser usado a maiores distâncias da costa do que a maioria dos outros métodos empregados na navegação costeira (e em águas restritas); e

e. o radar pode ser usado para detectar, localizar e acompanhar outros navios, tempestades (furacões, tufões e ciclones) e demais perturbações atmosféricas.

Tal como outros equipamentos sofisticados, o radar também tem suas limitações para uso na navegação. Entre as mais importantes, estão as seguintes:

a. é um instrumento eletrônico complexo, dependente de uma fonte de alimentação e sujeito a falhas e avarias;

b. apresenta menor precisão que determinados métodos de navegação. Por exemplo, as marcações visuais são normalmente mais precisas;

c. a interpretação da imagem radar é, às vezes, difícil, mesmo para um operador experiente;

d. o alcance mínimo do radar é uma limitação ao seu emprego. A reverberação devida ao retorno do mar torna difícil a detecção de pequenos alvos próximos ao navio; e

e. o radar é susceptível a interferências, naturais ou deliberadas (bloqueio).

No que se refere ao seu uso como meio para evitar colisões no mar, foram vistos a importância e o valor das informações fornecidas pelo radar, em especial durante condições de visibilidade restrita ou em períodos de escuridão.

Resta acrescentar que, quando um navio, em ocasião de baixa visibilidade, estiver em rumo de colisão com outro detectado pelo radar, deve ser manobrado sempre com ampla antecedência, pois, ao contrário do que sucede no contato visual, em que o avistamento é recíproco, na detecção pelo radar não há garantia de existir essa reciprocidade.

Enfim, embora o radar não seja uma panaceia, seu uso inteligente, tanto na navegação costeira ou em águas restritas, como para evitar colisões no mar, em muito auxiliará o navegante a conduzir com segurança o seu navio.

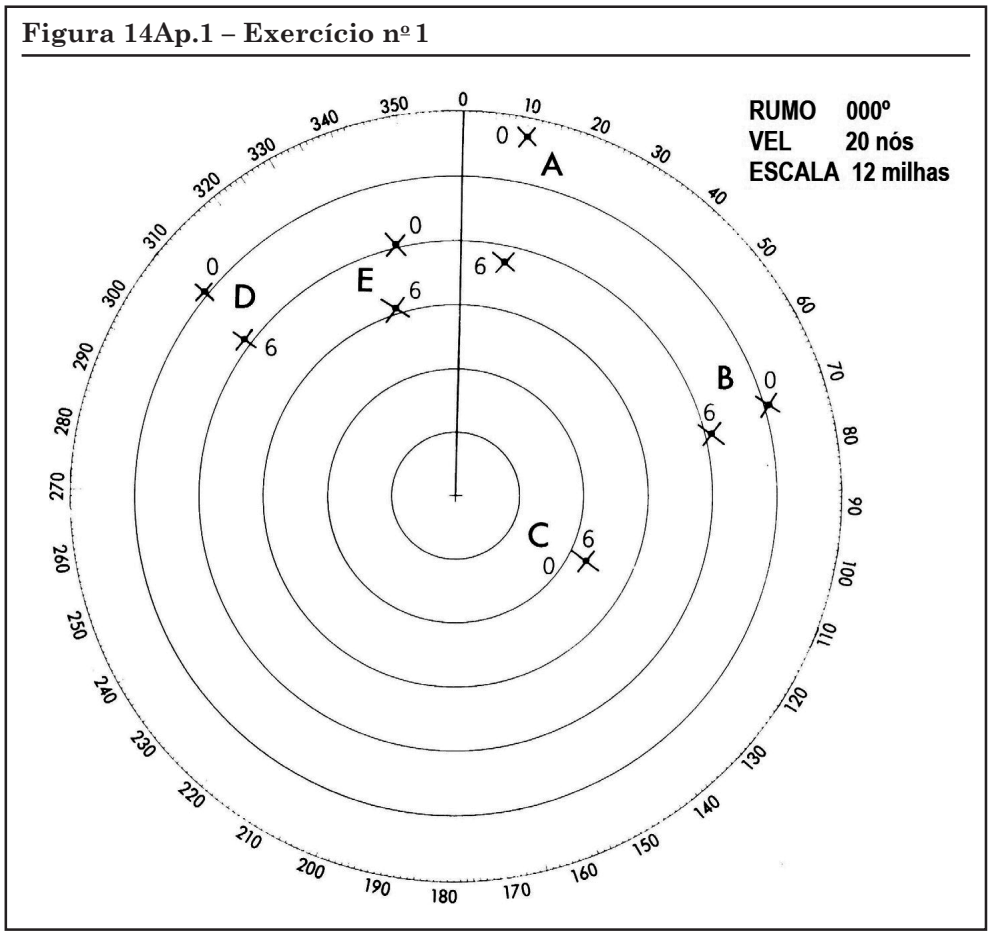
Apêndice ao Capítulo 14

Exercícios de plotagem radar em tempo real

Exercício nº 1:

Na situação ilustrada na Figura 14Ap.1, o navio está no rumo 000°, velocidade de 20 nós. O radar, com apresentação estabilizada pela agulha giroscópica, está na escala de 12 milhas, com 2 milhas entre os anéis de distância. A figura mostra a posição de 5 contatos (A, B, C, D e E), nos minutos 00 e 06.

Figura 14Ap.1 – Exercício nº 1



Questões:

1. Qual o alvo que está em rumo de colisão com o navio?
(A) (B) (C) (D) (E)

2. Qual o alvo que começaria a aumentar distância se o navio guinasse para bombordo?
(A) (B) (C) (D) (E)

3. Qual o alvo cuja DMR (direção do movimento relativo) mudará 30° para a direita, se o navio guinar 30° para boreste?
(A) (B) (C) (D) (E)

4. Qual o alvo cuja DMR (direção do movimento relativo) giraria para a esquerda se o navio guinasse para boreste?
(A) (B) (C) (D) (E) (Nenhum)

5. Qual o alvo que teria uma DMR (direção do movimento relativo) de 285° se o navio guinasse 30° para BE (para o rumo 030°)?
(A) (B) (C) (D) (E)

6. Quais os alvos que mudarão mais seus DMR e PMA se o navio reduzir a velocidade para 10 nós?
(A) e (E) (C) e (E) (B) e (D) (A) e (C)

7. Que alvo passará mais próximo do navio se este guinar BE para 050° no minuto 06?
(A) (B) (C) (D) (E)

8. Qual o alvo que tem a menor velocidade verdadeira, podendo, até mesmo, estar parado?
(A) (B) (C) (D) (E)

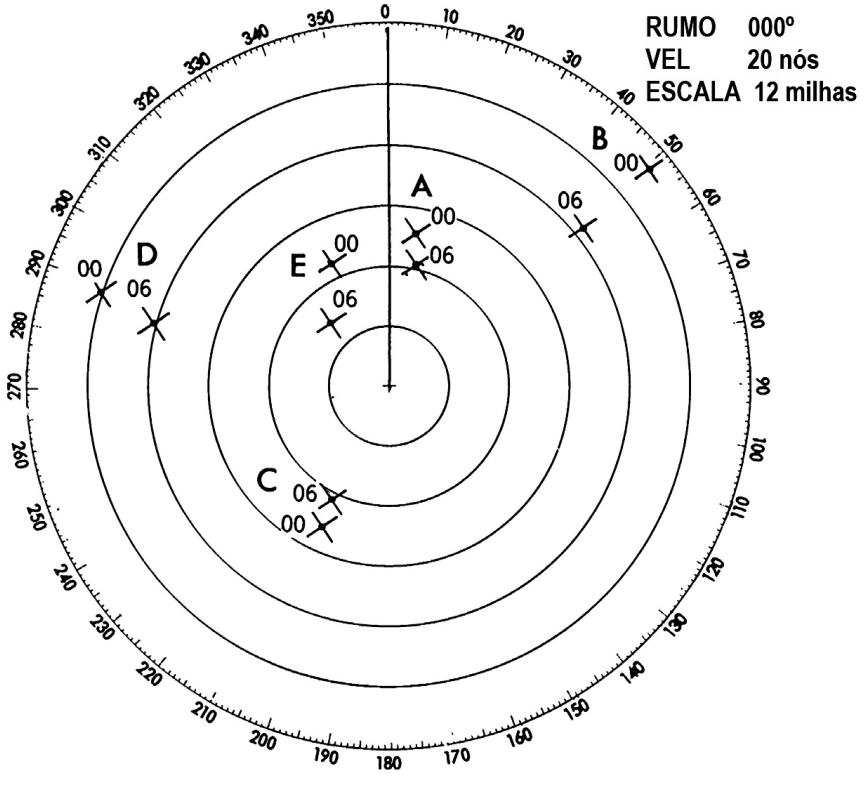
9. Se o navio guinar BB para 315° no minuto 06, todos os alvos terão um PMA de pelo menos 1 milha?
(SIM) (NÃO)

10. Uma guinada para BE, para o rumo 045°, no minuto 06, iria fazer com que todos os alvos tivessem um PMA de pelo menos 2 milhas?
(SIM) (NÃO)

Exercício nº 2:

Na situação ilustrada na Figura 14Ap.2, o navio está no rumo 000°, velocidade de 20 nós. O radar, com apresentação estabilizada, na escala de 12 milhas (2 milhas entre os anéis de distância), apresenta 5 alvos (A, B, C, D e E), cujas posições nos minutos 00 e 06 são indicadas na figura.

Figura 14Ap.2 – Exercício nº 2



Questões:

1. Qual o contacto que poderia ser uma bóia?
(A) (B) (C) (D) (E)

2. Qual o contacto que está no mesmo rumo que o navio?
(A) (B) (C) (D) (E)

3. Qual o alvo que está no rumo oeste e com uma velocidade um pouco maior que a do navio?
(A) (B) (C) (D) (E)

4. Quais os alvos que passarão ao norte da boia?
(A) e (D) (A) e (B) (B) e (C) (B) e (D)

5. Qual o alvo que está em rumo de colisão com o navio?
(A) (B) (C) (D) (E)

6. Qual o alvo que, logo à primeira vista, verifica-se que está com velocidade menor que a do navio?
(A) (B) (C) (D) (E)

7. Se o navio parar as máquinas no minuto 06, qual o alvo que começará a aumentar distância?
(A) (B) (C) (D) (E)

8. Qual o alvo que terá a maior velocidade relativa (VMR) se o navio guinar BE para 045° no minuto 06?
(A) (B) (C) (D) (E)

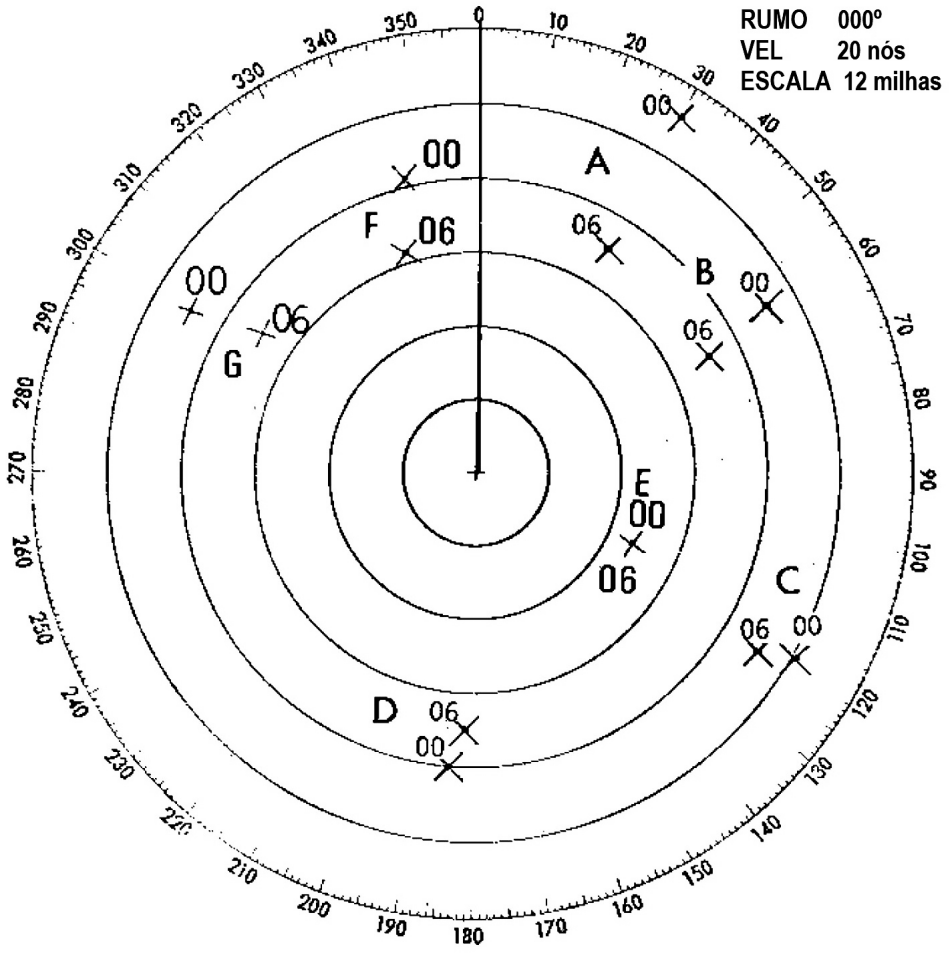
9. Entre os rumos abaixo, indicar em qual o navio deveria governar, se fosse decidido guinar para BB no minuto 06, a fim de que o alvo C passasse na popa do navio, na maior distância.
350° 340° 320° 290° 270°

10. Qual o alvo cuja direção do movimento relativo (DMR) girará para a esquerda, se o navio guinar para BE no minuto 06?
(A) (B) (C) (D) (E)

Exercício no 3:

Na situação ilustrada na Figura 14Ap.3, o navio está no rumo 000°, velocidade de 20 nós. O radar, com apresentação estabilizada, está na escala de 12 milhas, com 2 milhas entre anéis de distância. A figura mostra as posições de 7 alvos (A, B, C, D, E, F e G) nos minutos 00 e 06.

Figura 14Ap.3 – Exercício nº 3



Questões:

1. Qual o alvo que tem a menor velocidade verdadeira?

(A) (B) (C) (D) (E) (F) (G)

2. Qual o alvo que está em rumo de colisão com o navio?

(A) (B) (C) (D) (E) (F) (G)

3. Qual o alvo que está no mesmo rumo e velocidade que o navio?

(A) (B) (C) (D) (E) (F) (G)

4. A que distância o alvo G cortará a proa do navio?

(2') (1') (3') (4')

5. Qual o alvo que se pode afirmar, logo à primeira vista, que está com velocidade superior à do navio?

(A) (B) (C) (D) (E) (F) (G)

6. Qual a DMR e a VMR do alvo C?

100°/20 nós 280°/20 nós 100°/10 nós 280°/10 nós

7. Que alvo poderia ser uma boia?

(A) (B) (C) (D) (E) (F) (G)

8. Se o alvo E aumentar a velocidade, sua DMR será de:

090° 270° 180° 000°

9. Qual a distância do PMA do alvo B?

(2') (1') (3') (4')

10. Se o alvo A reduzir sua velocidade para 10 nós no minuto 06, ele irá:

1. Cortar a proa do navio, com um PMA maior que 2 milhas;

2. Passar por BB do navio, com um PMA maior que 2 milhas;

3. Passar por BE do navio, com um PMA maior que 2 milhas;

4. Passar por BE do navio, com um PMA menor que 2 milhas;

Respostas do exercício nº 1:

1 – (A);

2 – (C);

3 – (E);

4 – (NENHUM);

5 – (C);

6 – (B) e (D);

7 – (C);

8 – (E);

9 – (SIM);

10 – (NÃO).

Respostas do exercício nº 2:

1 – (E);

2 – (A);

3 – (B);

4 – (B) e (D);

5 – (B);

6 – (A);

7 – (A);

8 – (B);

9 – (320°);

10 – (C).

Respostas do exercício nº 3:

1 – (F);

2 – (A);

3 – (E);

4 – (2');

5 – (D);

6 – 280°/10 nós;

7 – (F);

8 – (000°);

9 – (2');

10 – (4).

15 REGULAMENTO INTERNACIONAL PARA EVITAR ABALROAMENTO NO MAR

15.1 INTRODUÇÃO

O Brasil é Parte na Convenção sobre o Regulamento Internacional para Evitar Abalroamento no Mar (COLREG-72), da Organização Marítima Internacional (IMO), a qual vem sendo atualizada por emendas, sendo as adotadas pela Resolução A.1085 (28), da Assembleia da IMO, as mais recentes.

A Convenção no Artigo IX (idiomas), estabelece que: "*A presente Convenção é instituída, juntamente com o Regulamento, em um único exemplar redigido nos idiomas inglês e francês, sendo ambos os textos igualmente autênticos. Serão preparadas e depositadas, juntamente com o original assinado, traduções oficiais nos idiomas russo e espanhol*".

Assim, ressalta-se que a tradução para o nosso idioma não é uma das traduções oficiais e, portanto, deve-se ter cautela com alguns termos do seu texto, sendo aconselhável, sempre que possível, conhecer a versão no idioma inglês.

Este Capítulo tem o fito de enfatizar alguns aspectos do Regulamento Internacional para Evitar Abalroamento no Mar, doravante denominado RIPEAM, sem, no entanto, pretender substituir a sua leitura atenta, o que deve ser preferencialmente feito com o uso da publicação disponibilizada para consulta no sítio da internet da Comissão Coordenadora dos Assuntos da Organização Marítima Internacional (CCA-IMO), no endereço:

"https://www.ccaimo.mar.mil.br/ccaimo/sites/default/files/ripeam_colreg_consolidada_com_emd_dez2013.pdf ".

Nos itens seguintes, que contêm transcrições do RIPEAM, faz-se importante destacar que as observações inseridas nos quadros, bem como as figuras que ilustram algumas regras, não fazem parte do texto legal, tendo o intuito, tão somente, de facilitar o entendimento dos termos e conceitos empregados na Convenção.

15.2 GENERALIDADES (PARTE A DO RIPEAM)

O RIPEAM, na sua Regra 3 (Definições Gerais), estabelece algumas definições:

a) A palavra "**embarcação**" designa qualquer tipo de embarcação, inclusive embarcações sem calado, naves de voo rasante e hidroaviões utilizados ou capazes de serem utilizados como meio de transporte sobre a água.

b) O termo "**embarcação de propulsão mecânica**" designa qualquer embarcação que se movimente por meio de máquinas ou motores.

c) O termo "**embarcação a vela**" designa qualquer embarcação sob vela desde que sua máquina de propulsão, se houver, não esteja em uso.

d) O termo "**embarcação engajada na pesca**" designa qualquer embarcação que pesque a partir de redes, linhas, redes de arrasto ou qualquer outro equipamento de pesca que restringe sua manobrabilidade, mas não inclui uma embarcação que pesque utilizando corrico ou outros equipamentos de pesca que não restringem sua manobrabilidade.

Sempre que, na Convenção, são referidas manobras ou a capacidade de manobrar, significa a alteração de rumo, velocidade ou ambas.

e) A palavra "**hidroavião**" designa qualquer aeronave projetada para manobrar sobre a água.

f) O termo "**embarcação sem governo**" designa uma embarcação que, por alguma circunstância excepcional, se encontra incapaz de manobrar como determinado por estas Regras e, portanto, está incapacitada de se manter fora do caminho de outra embarcação.

A restrição de manobra é um caráter excepcional relativo à condição temporária (e.g. avaria), serviço sendo desempenhado (e.g. sondagem que impeça ou dificulte a alteração de rumo ou velocidade) ou mesmo estar com pouca margem de possibilidade de alteração de rumo ou velocidade (e.g. devido ao efeito de *squat* um navio operando com pequeno pé de piloto, ou *under keel clearence* (UKC), tem dificuldades em alterar a velocidade).

g) O termo "**embarcação com capacidade de manobra restrita**" designa uma embarcação que, devido à natureza de seus serviços, se encontra restrita em sua capacidade de manobrar como determinado por estas Regras e, portanto, está incapacitada de se manter fora da rota de outra embarcação. O termo "embarcação com capacidade de manobrar restrita" compreende, mas não se limita aos seguintes casos:

I. as embarcações engajadas em serviços de colocação, manutenção ou retirada de sinais de navegação, cabos ou tubulações submarinas;

II. as embarcações engajadas em serviços de dragagem, levantamentos hidrográficos ou oceanográficos ou trabalhos submarinos;

III. as embarcações engajadas em reabastecimento ou transferência de pessoas, provisões ou carga enquanto em movimento;

IV. as embarcações engajadas em lançamentos ou recolhimentos de aeronaves;

V. as embarcações engajadas em operações de remoção de minas; e

VI. as embarcações engajadas em operação de reboque, que, por sua natureza, dificilmente permitem ao rebocador e a seu reboque desviarem-se do seu rumo.

h) O termo "**embarcação restrita devido a seu calado**" designa uma embarcação de propulsão mecânica que, devido a seu calado em relação à profundidade e largura de água navegável disponível, está com severas restrições quanto à sua capacidade de se desviar do rumo que está seguindo.

i) O termo "**em movimento**" se aplica a todas as embarcações que não se encontram fundeadas, amarradas à terra ou encalhadas.

O termo "em movimento" é uma tradução da condição *UNDERWAY* prevista na versão em inglês. O termo em português, isoladamente, pode induzir alguma confusão, uma vez que o navio pode estar "em movimento" ainda que parado sem seguimento. Portanto, o item i) deve ser observado sempre que o termo "em movimento" for mencionado.

j) As palavras "**comprimento**" e "**boca**" de uma embarcação designam seu comprimento de roda a roda e sua largura máxima.

k) Duas embarcações são consideradas "**no visual**" quando uma pode ser observada pela outra visualmente.

l) O termo "**visibilidade restrita**" designa qualquer condição na qual a visibilidade é prejudicada por nevoeiro, névoa, nevada, chuvas pesadas, tempestades de areia ou qualquer causa semelhante.

m) O termo *wing-in-ground* (WIG) *craft* (**nave de voo rasante**), significa uma nave multimodal que, em seu principal modo de operação, voa próximo à superfície utilizando a ação do efeito superfície (ver a Figura 15.1).

Figura 15.1 – Wing-in-Ground (WIG) craft (nave de voo rasante)



15.3 REGRAS DE GOVERNO E NAVEGAÇÃO (PARTE B DO RIPEAM)

Nessa Parte do RIPEAM, há três Seções, em que são previstas regras para condução de embarcações em **"Qualquer Condição de Visibilidade"**, **"No Visual uma da Outra"** e "Em Visibilidade Restrita". A seguir, algumas regras são destacadas, no entanto, o grifo dado não tem qualquer cunho legal.

REGRA 5 – Vigilância

Cada embarcação deverá manter, permanentemente, vigilância apropriada, visual e auditiva, bem como por todos os meios apropriados às circunstâncias e condições predominantes, a fim de obter inteira apreciação da situação e do risco de abalroamento.

Note que a regra enfatiza a necessidade da vigilância "por todos os meios apropriados", o que denota, uma vez mais, ser mister manter a consciência situacional a todo tempo, inclusive no tocante ao tráfego em torno do navio.

REGRA 6 – Velocidade de Segurança

Cada embarcação deverá navegar, permanentemente, a uma velocidade segura, de forma a lhe possibilitar a ação apropriada e eficaz para evitar abalroamento, bem como para ser parada a uma distância apropriada às circunstâncias predominantes.

O texto lista fatores a serem considerados para aquilatar a velocidade de segurança. O navegante deverá considerá-los, na ausência de normas específicas. A regra também traz a importância de conhecer perfeitamente as reações do navio em termos de, por exemplo, distância percorrida até perder totalmente o seguimento, a partir de uma dada velocidade.

REGRA 7 – Risco de Abalroamento

Cada embarcação deverá utilizar todos os meios apropriados às circunstâncias e condições predominantes, a fim de determinar se existe risco de abalroamento. Em caso de dúvida, deve-se presumir que tal risco existe.

Especial atenção é preciso ter quando existem marcações de um outro navio, com pequenas variações e distância decrescente, visto que, por vezes, aquela pequena variação de marcação pode ser decorrente do balanço do navio, de oscilações da proa ou mesmo de variação do ponto visado. Situações como essa podem ser mal interpretadas e causar a protelação de alguma providência.

REGRA 8 – Manobras Para Evitar Abalroamento

Qualquer manobra para evitar um abalroamento deve ser realizada de acordo com as regras desta parte e, se a situação permitir, ser positiva, bem como ser realizada com ampla antecedência e levando em conta a observância dos bons princípios de marinharia.

Qualquer alteração de rumo e/ou de velocidade para evitar um abalroamento deve, se as circunstâncias do caso permitirem, ser ampla o suficiente para ser aparentemente clara

a outra embarcação que esteja observando visualmente ou pelo radar. Devem ser evitadas pequenas alterações sucessivas de rumo e/ou velocidade.

Alterações de rumo e velocidade devem ser francas, caso a situação permita, de maneira a ser percebida sem dúvidas pelos demais navios presentes na área.

Deve ser continuamente avaliada a efetividade de sua manobra, até que a outra embarcação tenha finalmente passado e esteja safa (segura).

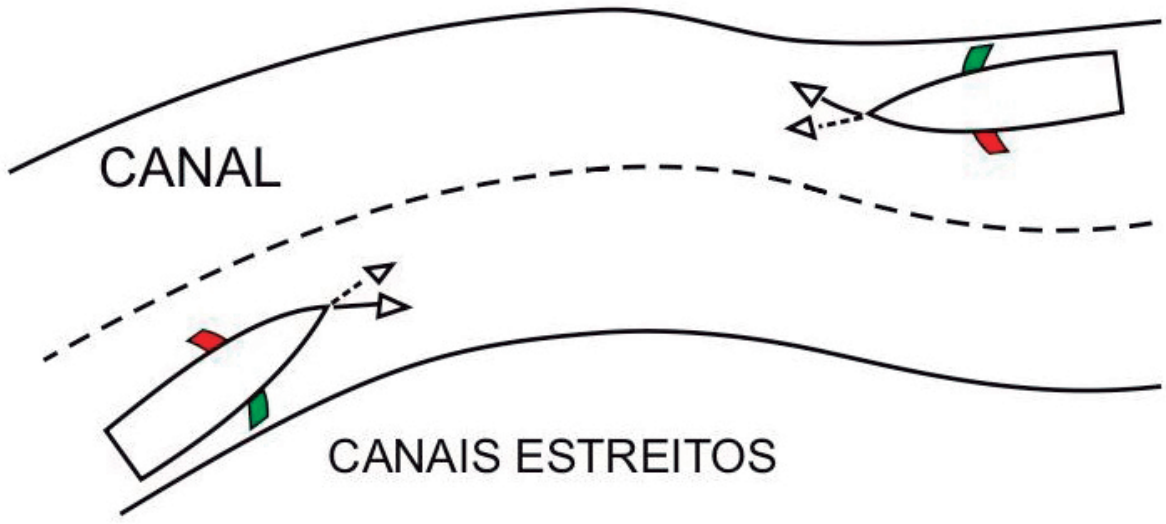
Caso necessário, para evitar colisão ou para permitir mais tempo para avaliação da situação, reduza velocidade ou corte todo seu seguimento, parando ou invertendo as máquinas.

REGRA 9 – Canais Estreitos

Uma embarcação que estiver navegando ao longo de um canal estreito ou numa via de acesso deverá se manter tão próxima quanto seja possível e seguro do limite exterior desse canal ou via de acesso que estiver a seu boreste (ver a Figura 15.2).

Embarcações de menos de 20 metros de comprimento ou embarcações a vela não deverão interferir na passagem de outra embarcação que só possa navegar com segurança dentro de um canal estreito ou via de acesso.

Figura 15.2 – REGRA 9 – Canais Estreitos



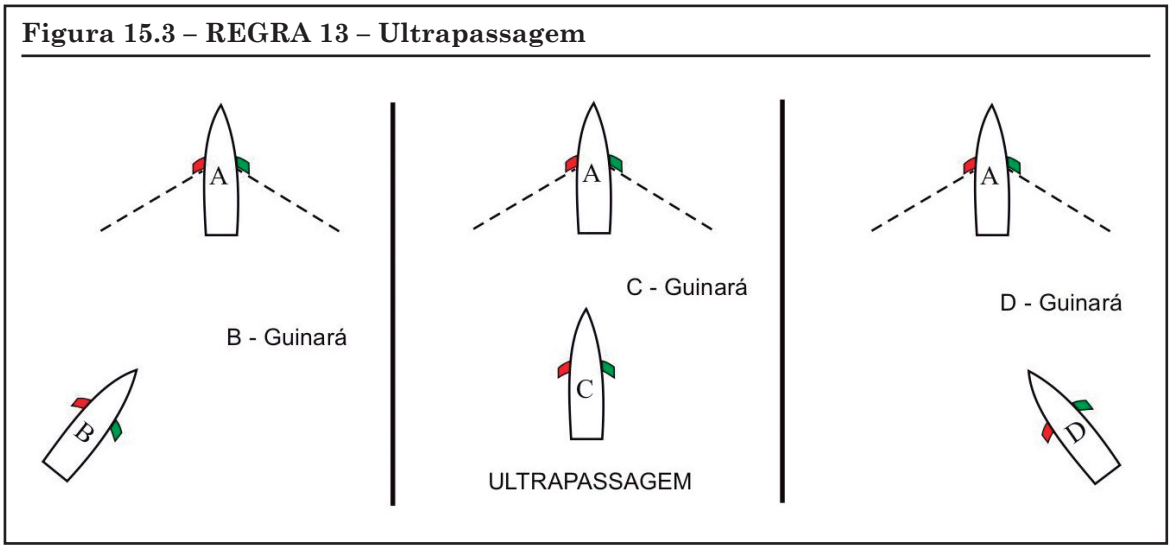
REGRA 13 – Ultrapassagem

Quaisquer que sejam as disposições contidas nas Regras da Parte B, Seções I e II, toda embarcação que esteja ultrapassando outra deverá manter-se fora do caminho desta outra.

Deverá ser considerada uma embarcação alcançando outra, toda embarcação que se aproximar de outra, vinda de uma direção de mais de 22,5 graus para ré do través dessa última, isto é, que se ache numa posição tal em relação à embarcação alcançada que, durante

a noite, só poderá ver a luz de alcançado (ou de popa) dessa outra, sem avistar nenhuma de suas luzes de bordo (Figura 15.3).

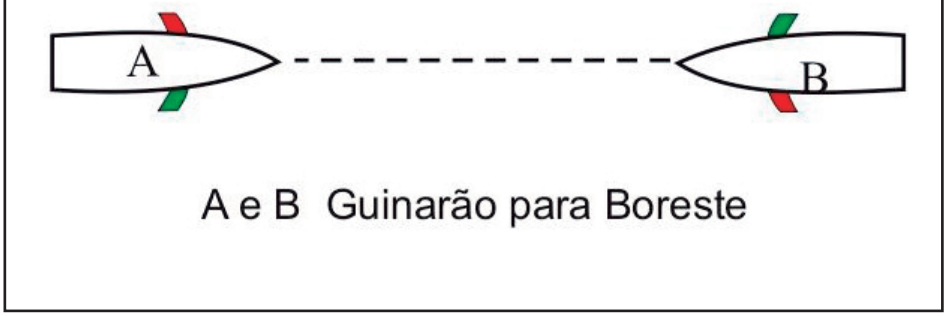
Figura 15.3 – REGRA 13 – Ultrapassagem



REGRA 14 – Situação de Roda a Roda

Quando duas embarcações à propulsão mecânica estiverem se aproximando em rumos diretamente opostos ou quase diretamente opostos, em condições que envolvam risco de abalroamento, cada uma deverá guinar para boreste, de forma que a passagem se dê por bombordo uma da outra (Figura 15.4).

Figura 15.4 – REGRA 14 – Situação de Roda a Roda



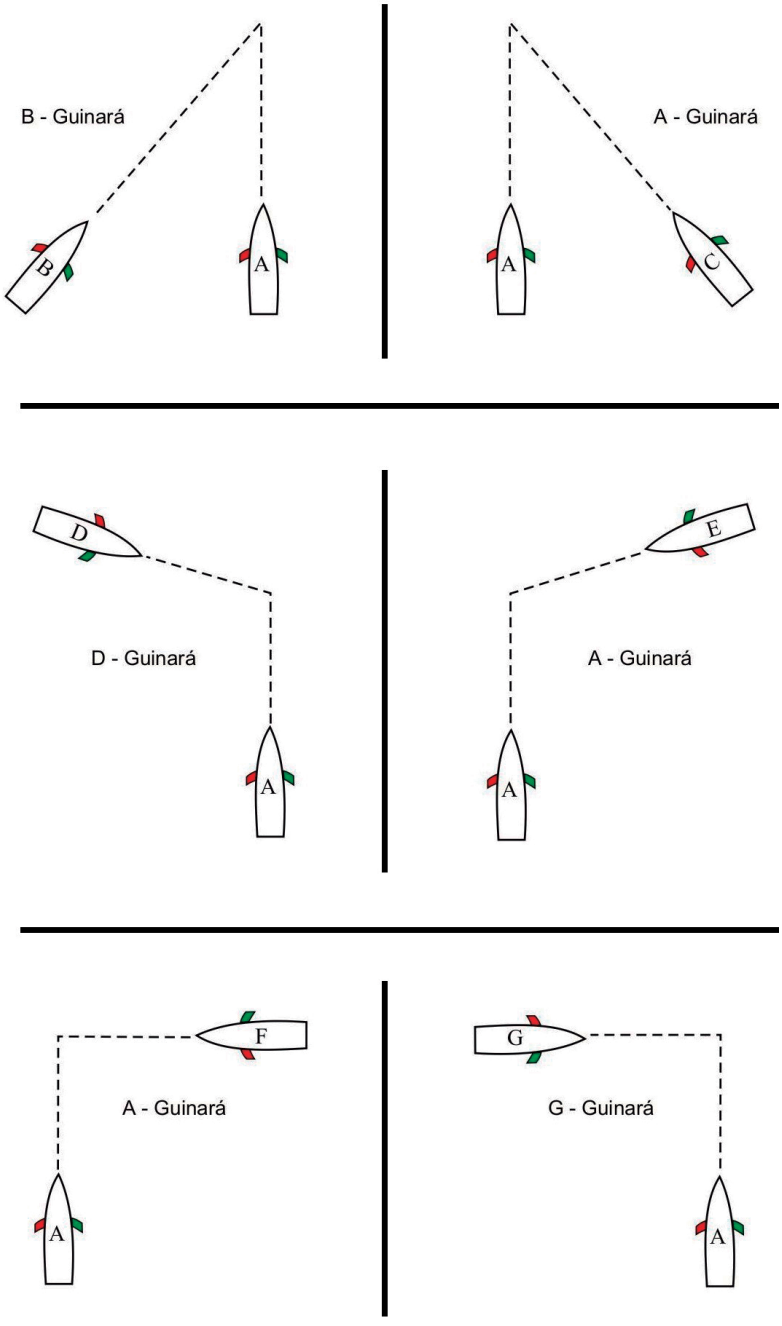
Deve-se considerar a existência de tal situação quando as embarcações se avistam uma à proa da outra ou em marcações próximas da proa, de tal modo que, durante a noite, uma verá as luzes dos mastros da outra, enfiadas ou quase enfiadas e/ou as luzes de ambos os bordos e, durante o dia uma embarcação observe o correspondente aspecto da outra embarcação.

Quando houver dúvida sobre a existência de tal situação, a embarcação em dúvida deverá considerá-la como existente e manobrar de acordo.

REGRA 15 – Situação de Rumos Cruzados

Quando duas embarcações de propulsão mecânica navegam em rumos que se cruzam em situação que envolva risco de abalroamento, a embarcação que avista a outra por boreste deverá se manter fora do caminho dessa e, caso as circunstâncias permitam, evitará cruzar sua proa (Figura 15.5).

Figura 15.5 – REGRA 15 – Situação de Rumos Cruzados



REGRA 16 – Ação da Embarcação Obrigada a Manobrar

Toda embarcação obrigada a se manter fora do caminho de outra embarcação deverá, tanto quanto possível, manobrar antecipada e substancialmente, a fim de se manter bem safa (distante) da outra.

REGRA 17 – Ação da Embarcação que tem Preferência

Quando uma embarcação for obrigada a manobrar, a outra deverá manter seu rumo e sua velocidade. Entretanto, a embarcação que tem preferência poderá manobrar para evitar um abalroamento, tão logo lhe pareça que a embarcação obrigada a manobrar não esteja manobrando apropriadamente em cumprimento a estas Regras.

É primordial que sejam evitadas situações de risco, assim a equipe de passadiço deve estar pronta para agir, caso perceba estar diante de uma embarcação, que obrigada a manobrar por força do RIPEAM, não o faça em tempo considerado razoável.

Um recurso interessante, no caso de uma situação semelhante à descrita, caso possível, será reduzir a velocidade.

15.3.1 Responsabilidade entre Embarcações

De modo a determinar qual embarcação é obrigada a manobrar nas diversas situações de aproximação, é essencial conhecer a ordem de prioridade entre embarcações estabelecida na Regra 18 (Responsabilidade entre Embarcações) do RIPEAM. Em resumo, a ordem de precedência entre os vários tipos de embarcações é a seguinte:

a) Qualquer **embarcação sendo ultrapassada** é a "mais privilegiada". Todas as outras embarcações – a vela, engajadas na pesca, com capacidade de manobra restrita ou mesmo sem governo – devem manter-se fora do caminho de uma embarcação que estejam ultrapassando.

b) **Embarcações sem governo são as que se seguem na ordem de precedência.** Todas as embarcações listadas abaixo devem manter-se fora do caminho de uma embarcação sem governo.

c) **Embarcações com capacidade de manobra restrita**.

d) **Embarcações restritas devido ao seu calado** (se exibindo as luzes ou marca diurna prescritas no RIPEAM para esta situação) têm precedência sobre as embarcações listadas abaixo. Devem sempre, entretanto, navegar com particular precaução.

e) **Embarcações engajadas na pesca** têm precedência sobre embarcações a vela e de propulsão mecânica.

f) **Embarcações a vela**.

g) **Embarcações de propulsão mecânica**.

h) **Hidroaviões** sobre a água devem, de modo geral, manter-se afastados de todas as embarcações e evitar atrapalhar sua navegação. Entretanto, as áreas de pouso de hidroaviões, representadas nas Cartas Náuticas, devem ser respeitadas.

15.4 LUZES E MARCAS (PARTE C DO RIPEAM)

Na Parte C são previstas as regras para a exposição de luzes e marcas nas embarcações, decorrentes de suas diferentes condições de governo e propulsão, no instante de sua navegação.

A seguir, algumas regras são destacadas, integral ou parcialmente, fazendo-se observar, no entanto, que o grifo dado não tem qualquer cunho legal.

As figuras que ilustram algumas regras têm como fonte de reprodução a publicação DHN-0615-2 – LUZES E MARCAS.

REGRA 20 – Aplicação

As Regras da Parte C do RIPEAM se aplicam em todas as condições de tempo.

As Regras referentes às luzes se aplicam do pôr ao nascer do Sol e, durante esse período, não devem ser exibidas outras luzes, exceto aquelas que não possam ser confundidas com as luzes especificadas nessas Regras, que não prejudiquem sua visibilidade ou suas características distintivas ou interfiram na manutenção de vigilância apropriada.

As luzes prescritas nessas Regras, se instaladas, também serão exibidas entre o nascer e o pôr do sol em visibilidade restrita e poderão ser exibidas em todas as demais circunstâncias quando parecer necessário.

As Regras referentes a marcas se aplicam ao período diurno.

Note-se que a regra dá provimento ao acendimento das luzes, mesmo durante o dia quando em baixa visibilidade ou mesmo quando assim for entendido como necessário. A restrição é tão somente quanto a outras emissões luminosas que possam confundir-se com as previstas.

REGRA 21 – Definições

a) "**Luz de mastro**" significa uma luz branca contínua, situada sobre o eixo longitudinal da embarcação, visível em um setor horizontal de 225 graus desde a proa até 22,5 graus por ante-a-ré do través em ambos os bordos da embarcação.

b) "**Luzes de bordos**" significam luzes contínuas, uma verde a boreste e uma encarnada a bombordo, visíveis em setores horizontais de 112,5 graus desde a proa até 22,5 graus por ante-a-ré do través de seu respectivo bordo. Em embarcações de comprimento inferior a 20 metros, as luzes de bordos podem ser combinadas em uma única lanterna instalada sobre o eixo longitudinal da embarcação.

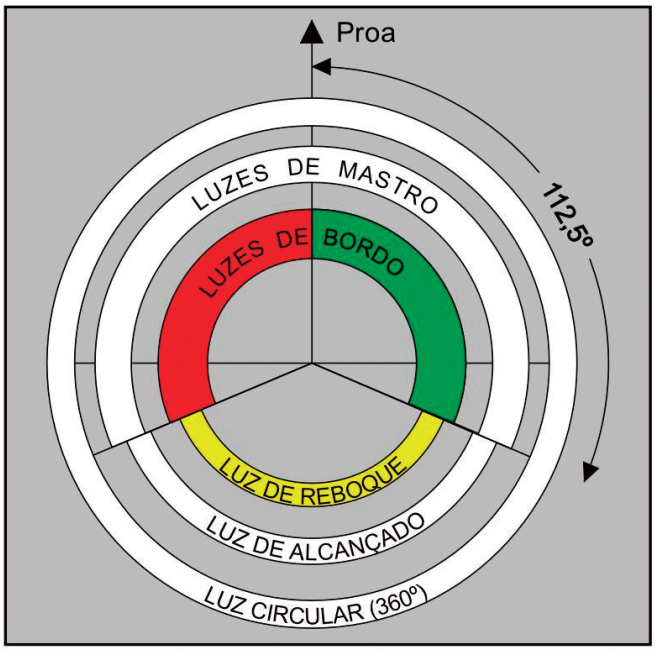
c) "**Luz de alcançado**" significa uma luz branca contínua situada tão próximo quanto possível da popa, visível num setor horizontal de 135 graus, e posicionada de modo a projetar sua luz sobre um setor de 67,5 graus, de cada bordo, a partir da popa.

d) "**Luz de reboque**" significa uma luz amarela com as mesmas características da luz de alcançado, definidas no parágrafo (c) desta Regra.

e) "**Luz circular**" significa uma luz contínua visível num arco de horizonte de 360 graus.

f) "**Luz intermitente**" significa uma luz com lampejos em intervalos regulares de frequência igual ou superior a 120 lampejos por minuto.

Figura 15.6 – REGRA 21 – Setores de visibilidade das luzes padrões de navegação



REGRA 22 – Visibilidade das Luzes

As Luzes prescritas no RIPEAM devem ter uma intensidade como especificado na Seção 8 do seu Anexo I, de modo a serem visíveis nas seguintes distâncias mínimas:

Em embarcações de comprimento **igual ou superior a 50 metros**:

a) luz de mastro, 6 milhas;

b) luzes de bordos, 3 milhas; e

c) luz de alcançado, 3 milhas.

Em embarcações de comprimento **igual ou superior a 12 metros, porém inferior a 50 metros**:

a) luz de mastro, 5 milhas; quando o comprimento da embarcação for inferior a 20 metros, 3 milhas;

b) luzes de bordos, 2 milhas; e

c) luz de alcançado, 2 milhas.

Em embarcações de comprimento **inferior a 12 metros**:

a) luz de mastro, 2 milhas;

b) luzes de bordos, 1 milha; e

c) luz de alcançado, 2 milhas.

Ressalta-se que os alcances das luzes (e.g. Luz de Mastro e Luze de Bordos) são diferentes, portanto, as luzes serão percebidas conforme o navio se aproximar. Primeiramente, as luzes de mastro e, quando mais próximo, as luzes de bordo.

REGRA 23 – Embarcação de Propulsão Mecânica em Movimento

a) Uma embarcação de propulsão mecânica em movimento deve exibir (Figura 15.7):

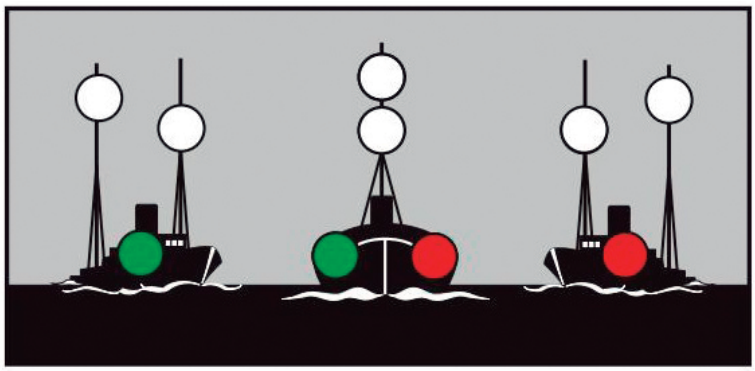
(I) uma luz de mastro a vante;

(II) uma segunda luz de mastro, à ré e mais alta que a de vante; uma embarcação de comprimento inferior a 50 metros não é obrigada a exibir esta segunda luz de mastro, mas poderá fazê-lo;

(III) luzes de bordos; e

(IV) uma luz de alcançado.

Figura 15.7 – REGRA 23 (a) – Embarcação de Propulsão Mecânica em Movimento



b) Uma embarcação de colchão de ar, quando operando sem calado, deve exibir, além das luzes prescritas no parágrafo (a) desta Regra, uma luz circular intermitente amarela.

c) Uma nave de voo rasante (WIG) somente quando estiver decolando, amerrisando e em voo próximo à superfície, deverá exibir, além das luzes prescritas no parágrafo (a) desta Regra, uma luz circular intermitente encarnada, de alta intensidade.

(I) Uma embarcação de propulsão mecânica com menos de 12 metros de comprimento pode, em vez das luzes no parágrafo (a) desta Regra, exibir uma luz circular branca e luzes de bordos.

(II) Uma embarcação de propulsão mecânica com menos de 7 metros de comprimento, cuja velocidade máxima não exceda 7 nós pode, em vez das luzes prescritas no parágrafo (a) dessa Regra, exibir uma luz circular banca e deve, se possível, também luzes de bordos; e

(III) A luz de mastro ou luz circular branca em uma embarcação de propulsão mecânica com menos de 12 metros de comprimento pode ser deslocada do eixo longitudinal da embarcação se a adaptação no eixo não for possível, desde que as luzes de bordos estejam combinadas em uma lanterna que deverá estar localizada no eixo longitudinal da embarcação, ou colocada o mais próximo possível da mesma linha longitudinal sobre a qual se encontra a luz de mastro ou a luz circular branca.

REGRA 24 – Rebocando e Empurrando

a) Quando rebocando, uma embarcação de propulsão mecânica deve exibir:

(I) em lugar da luz prescrita na Regra 23(a) (I) ou (a) (II), duas luzes de mastro, em linha vertical (ver a Figura 15.8a). Quando o comprimento do reboque, medido a partir da popa do rebocador até a popa do rebocado for superior a 200m, três dessas luzes em linha vertical (ver a Figura 15.8b);

(II) luzes de bordos;

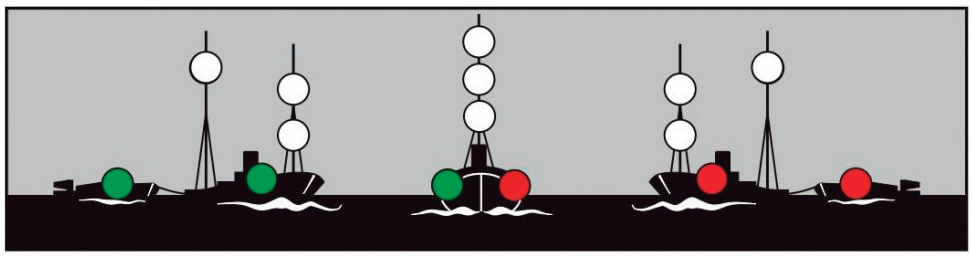
(III) luz de alcançado;

(IV) luz de reboque, em linha vertical, acima da luz de alcançado; e

(V) quando o comprimento de reboque for superior a 200 metros, uma marca em forma de losango, situada onde melhor possa ser vista.

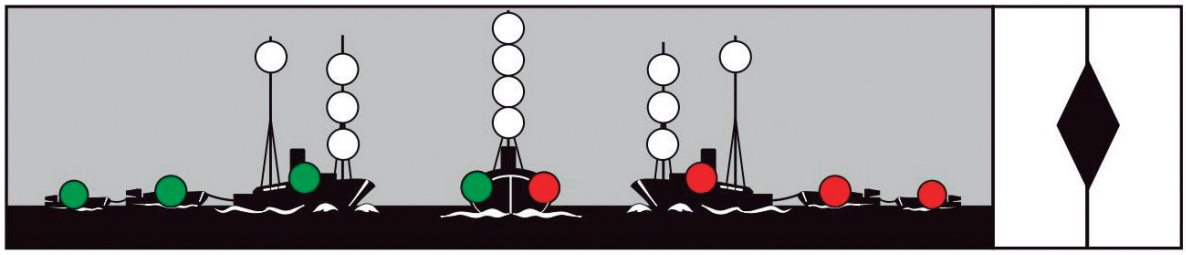
Figura 15.8 – Embarcação em Faina de Reboque

a) comprimento do reboque inferior a 200 metros



Regras 24 (a), (d) e (e)

b) comprimento do reboque superior a 200 metros



Regras 24 (a), (d) e (e)

b) Quando uma embarcação empurradora e uma embarcação empurrada estão rigidamente ligadas entre si, formando uma unidade integrada, elas devem ser consideradas como uma só embarcação de propulsão mecânica e exibir as luzes prescritas na Regra 23.

c) Uma embarcação de propulsão mecânica empurrando ou rebocando a contrabordo, exceto no caso de uma unidade integrada, deve exibir:

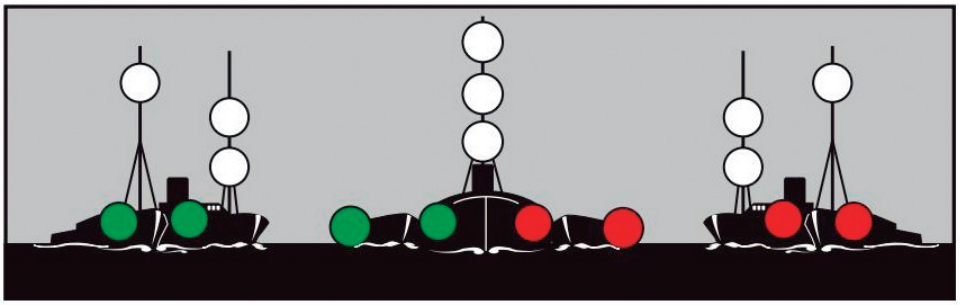
(I) em lugar da luz prescrita na Regra 23(a) (I) ou (a) (II), duas luzes de mastro, em linha vertical (ver Figura 15.9);

(II) luzes de bordos; e

(III) luz de alcançado.

d) Uma embarcação de propulsão mecânica, à qual se apliquem os parágrafos (a) ou (c) desta Regra, deverá também cumprir a Regra 23(a) (II).

Figura 15.9 – Embarcação em Faina de Reboque a Contrabordo ou Empurra



Regras 24 (c), (e) e (f)

e) Uma embarcação ou um objeto sendo rebocado, outros que os mencionados no parágrafo (g) desta Regra, deve exibir:

(I) luzes de bordos;

(II) luz de alcançado; e

(III) quando o comprimento do reboque for superior a 200 metros, uma marca em forma de losango onde melhor possa ser vista.

f) Sempre que qualquer número de embarcações, rebocadas a contrabordo ou empurradas em um só grupo, deverá esse grupo exibir as luzes como uma única embarcação:

(I) uma embarcação empurrada adiante que não seja parte de uma unidade integrada deve exibir, no extremo de vante, luzes de bordo; e

(II) uma embarcação rebocada a contrabordo deve exibir uma luz de alcançado e, no extremo de vante, luzes de bordos.

g) Uma embarcação ou um objeto parcialmente submerso, difícil de ser avistado, ou uma combinação de tais embarcações ou objetos sendo rebocados, deve exibir:

(I) se com menos de 25 metros de boca, uma luz circular branca sobre ou próxima à extremidade de vante e uma sobre ou próxima à extremidade de vante e uma sobre ou próxima à extremidade de ré, exceto para os "dracones", que estão dispensados de exibir a luz sobre ou próxima da extremidade de vante;

(II) se com 25 metros ou mais de boca, duas luzes circulares brancas adicionais, colocadas nas bordas ou em suas proximidades;

(III) se com mais de 100 metros de comprimento, luzes circulares brancas adicionais entre as luzes prescritas nos subparágrafos (I) e (II), de modo que a distância ente as luzes não exceda a 100 metros; e

(IV) uma marca em forma de losango na extremidade de ré ou próximo à extremidade de ré da última embarcação ou objeto sendo rebocado e, se o comprimento do reboque exceder a 200 metros, uma marca adicional em forma de losango, onde melhor possa ser vista, localizada o mais avante possível.

REGRA 25 – Embarcações a Vela em Movimento e Embarcações a Remo

a) Uma embarcação a vela em movimento deve exibir (ver a Figura 15.10a):

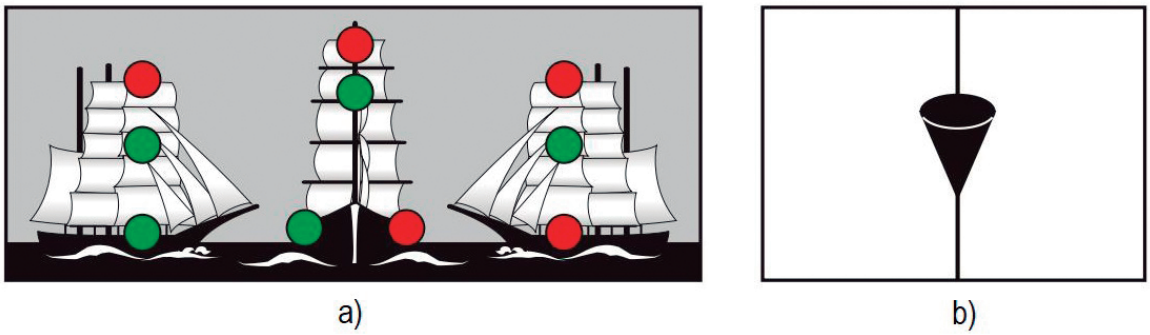
(I) luzes de bordos; e

(II) luz de alcançado.

b) Em uma embarcação a vela de comprimento inferior a 20 metros, as luzes prescritas no parágrafo (a) desta Regra podem ser exibidas por meio de uma lanterna combinada, instalada no ou próximo do tope do mastro, onde melhor possa ser vista.

c) Além das luzes prescritas no parágrafo (a) desta Regra, uma embarcação a vela em movimento pode exibir, no, ou próximo do tope do mastro, onde melhor possam ser vistas, duas luzes circulares dispostas em linha vertical, sendo a superior encarnada e a inferior verde (ver a Figura 15.10a), mas estas luzes não poderão ser usadas juntamente com a lanterna combinada, conforme permitida no parágrafo (b) desta Regra.

Figura 15.10 – REGRA 25 – Embarcações a Vela em Movimento



(I) Uma embarcação a vela de comprimento inferior a 7 metros deve, se possível, exibir as luzes prescritas nos parágrafos (a) ou (b) desta Regra, mas, caso não o faça, deve ter sempre pronta uma lanterna elétrica ou uma lanterna a óleo acesa, exibindo luz branca, que será mostrada com tempo suficiente para evitar um abalroamento; e

(II) Uma embarcação a remo pode exibir as luzes prescritas nesta Regra para embarcações a vela, mas, caso não o faça, deve ter sempre pronta uma lanterna elétrica ou uma lanterna a óleo acesa, exibindo luz branca, que será mostrada com o tempo suficiente para evitar um abalroamento.

e) Uma embarcação navegando a vela, quando também usando sua propulsão mecânica, deve exibir a vante, onde melhor possa ser vista, uma marca em forma de cone, com o vértice para baixo (ver a Figura 15.10b).

REGRA 26 – Embarcações de Pesca

a) Uma embarcação engajada na pesca, em movimento ou fundeada, deve exibir apenas as luzes e as marcas prescritas nesta Regra.

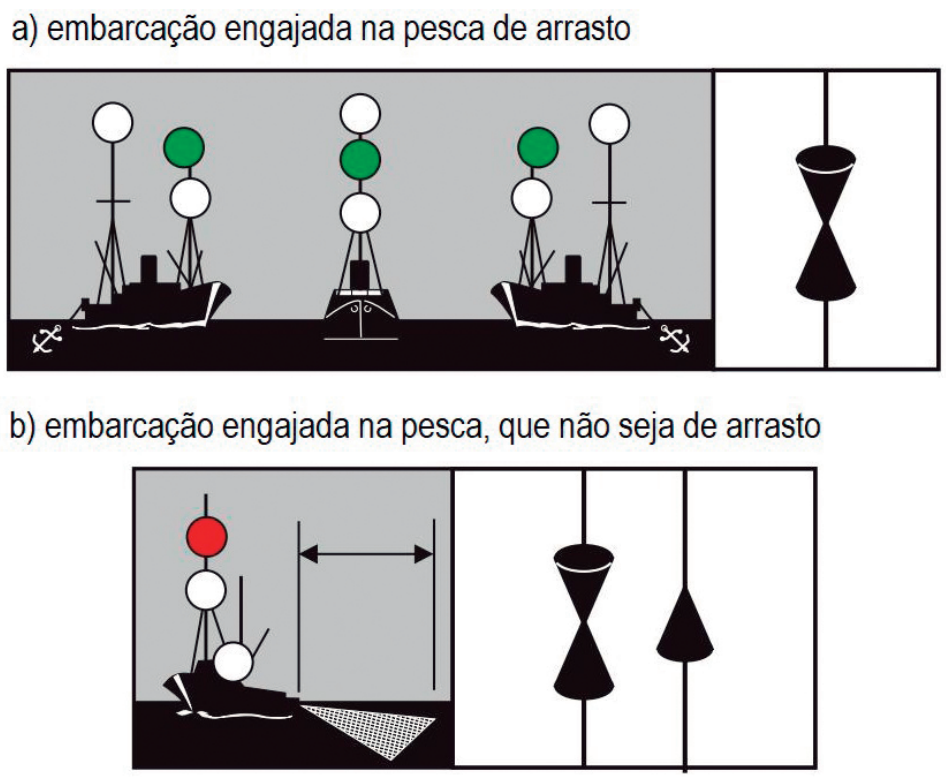
b) Uma embarcação engajada na pesca de arrasto, pelo que se entende o arrastar através da água uma rede ou outro dispositivo usado como aparelho de pesca, deve exibir (ver a Figura 15.11a):

(I) duas luzes circulares dispostas em linha vertical, sendo a superior verde e a inferior branca, ou uma marca composta por dois cones unidos por seus vértices, dispostos na vertical;

(II) uma luz de mastro, por ante-a-ré e acima da luz circular verde; uma embarcação de comprimento inferior a 50 metros não será obrigada a exibir esta luz de mastro, mas poderá fazê-lo; e

(III) quando com seguimento, além das luzes prescritas neste parágrafo, luzes de bordo e uma luz de alcançado.

Figura 15.11 – REGRA 26 – Embarcações Engajadas na Pesca



c) Uma embarcação engajada na pesca, que não seja de arrasto, deve exibir (ver a Figura 15.11b):

(I) duas luzes circulares dispostas em linha vertical, sendo a superior encarnada e a inferior branca, ou uma marca composta por dois cones unidos por seus vértices dispostos na vertical;

(II) quando o equipamento de pesca se estender a mais de 150 metros, medidos horizontalmente a partir da embarcação, uma luz circular branca ou um cone com o vértice para cima, na direção do aparelho; e

(III) quando com seguimento, além das luzes prescritas neste parágrafo, luzes de bordos e uma luz de alcançado.

REGRA 27 – Embarcações sem Governo ou com Capacidade de Manobra Restrita

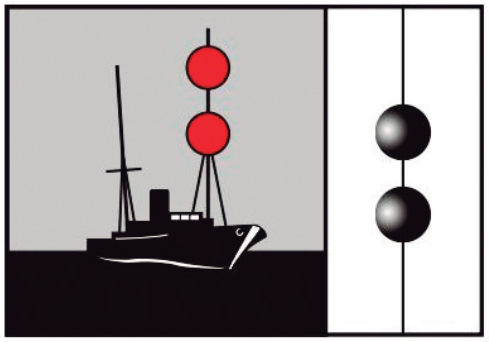
a) Uma embarcação sem governo deve exibir (ver a Figura 15.12):

(I) duas luzes circulares encarnadas dispostas em linha vertical, onde melhor possam ser vistas;

(II) duas esferas ou marcas semelhantes dispostas em linha vertical, onde melhor possam ser vistas; e

(III) quando com seguimento, além das luzes prescritas neste parágrafo, luzes de bordos e uma luz de alcançado.

Figura 15.12 – REGRA 27 (a) – Embarcação sem Governo



b) Uma embarcação com capacidade de manobra restrita, exceto uma embarcação engajada em operações de remoção de minas, deve exibir (ver a Figura 15.13):

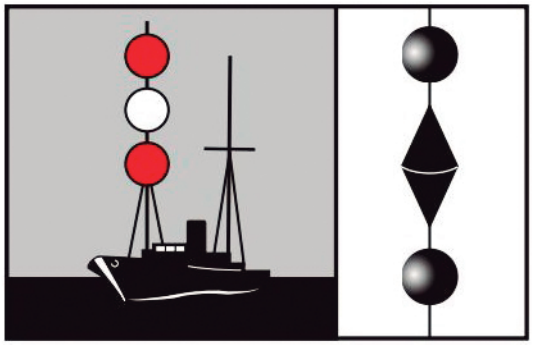
I) três luzes circulares dispostas em linha vertical, onde melhor possam ser vistas. As luzes superior e inferior deverão ser encarnadas e a do meio deve ser branca;

II) três marcas dispostas em linha vertical, onde melhor possam ser vistas, sendo a superior e a inferior esferas e a do meio uma marca em forma de losango;

III) quando com seguimento, além das luzes prescritas no subparágrafo (I), luz ou luzes de mastro, luzes de bordos e uma luz de alcançado; e

IV) quando fundeada, além das luzes ou marcas prescritas nos subparágrafos (I) e (II), a luz, luzes ou marcas prescritas na Regra 30.

Figura 15.13 – REGRA 27 (b) – Embarcação com capacidade de manobra restrita



c) Uma embarcação de propulsão mecânica, engajada em uma operação de reboque, com restrição severa em sua capacidade de alterar o rumo do dispositivo do reboque, deve, além das luzes ou marcas prescritas na Regra 24(a), exibir as luzes ou marcas prescritas nos subparágrafos (b) (I) e (II) desta Regra.

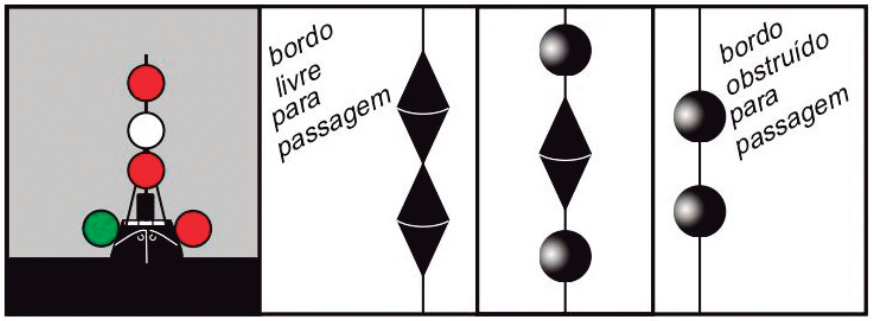
d) Uma embarcação engajada em operações submarinas ou de dragagem, com capacidade de manobra restrita, deve exibir as luzes e marcas prescritas nos subparágrafos (b) (I), (II) e (III) desta Regra, e quando existir uma obstrução deve exibir adicionalmente (ver a Figura 15.14):

(I) duas luzes circulares encarnadas ou duas esferas, dispostas em linha vertical para indicar o bordo onde se encontra a obstrução;

(II) duas luzes circulares verdes ou duas marcas, em forma de losango, dispostas em linha vertical para indicar o bordo pelo qual outra embarcação poderá passar; e

(III) quando fundeada, deverá exibir as luzes ou marcas prescritas neste parágrafo em lugar das prescritas na Regra 30.

Figura 15.14 – REGRA 27 (d) – Embarcação engajada em operações submarinas ou de dragagem, com capacidade de manobra restrita



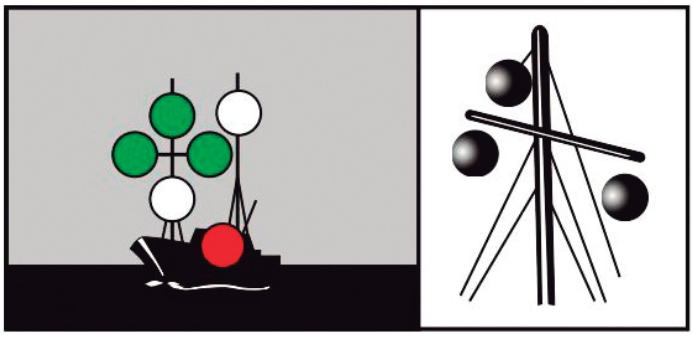
e) Sempre que o porte de uma embarcação engajada em operações submarinas tornar impraticável a exibição de todas as luzes e marcas prescritas no parágrafo (d) desta Regra, deve exibir:

(I) três luzes circulares, em linha vertical, onde possam melhor ser vistas. As luzes superior e inferior devem ser encarnadas e a central deve ser branca; e

(II) uma réplica exata da bandeira "A" do Código Internacional de Sinais, altura mínima de 1 metro. Devem ser tomadas precauções a fim de assegurar sua visibilidade em todos os setores.

f) Uma embarcação engajada em operações de remoção de minas deve, além das luzes prescritas para embarcação de propulsão mecânica na Regra 23, ou as luzes ou a marca para uma embarcação fundeada prescritas, como apropriado, na Regra 30, exibir três luzes circulares verdes ou três esferas (ver a Figura 15.15). Uma dessas luzes ou marcas deverá ser exibida próxima do tope do mastro de vante e as outras duas, uma em cada lais da verga do mesmo mastro. Estas luzes ou marcas indicam que é perigoso a outra embarcação aproximar-se a menos de 1.000 metros da embarcação que está efetuando a remoção de minas.

Figura 15.15 – REGRA 27 (f) – Embarcação engajada em operações de remoção de minas



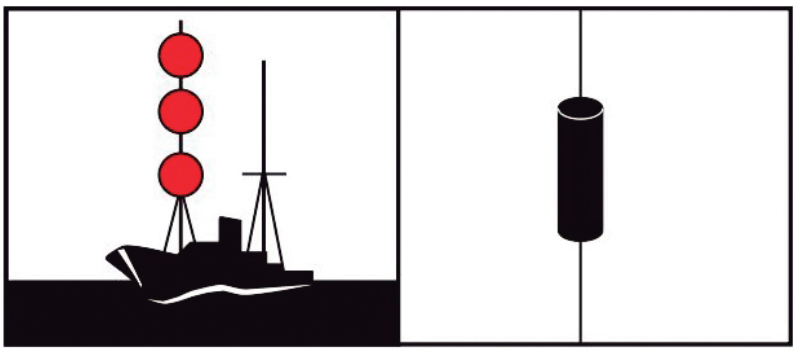
g) Embarcações de comprimento inferior a 12 metros, exceto aquelas engajadas em operações submarinas, não serão obrigadas a exibir as luzes e as marcas prescritas nesta Regra.

h) Os sinais prescritos nesta Regra não são sinais de embarcações que estejam em perigo e que necessitem de assistência.

REGRA 28 – Embarcações Restritas devido ao seu Calado

Uma embarcação restrita devido ao seu calado pode, além das luzes prescritas para embarcações de propulsão mecânica na Regra 23, exibir três luzes circulares encarnadas dispostas em linha vertical, ou uma marca constituída por um cilindro, onde melhor possam ser vistas (ver a Figura 15.16).

Figura 15.16 – REGRA 28 – Embarcação Restrita devido ao seu Calado



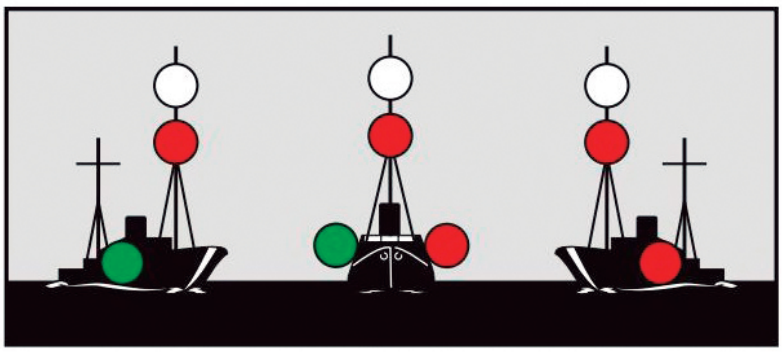
REGRA 29 – Embarcações de Praticagem

a) Uma embarcação engajada em serviço de praticagem deve exibir (ver Figura 15.17):

(I) duas luzes circulares dispostas em linha vertical, a superior branca e a inferior encarnada, situadas no ou próximo do tope do mastro;

(II) quando em movimento, adicionalmente, luzes de bordos e uma luz de alcançado; e

Figura 15.17 – REGRA 29 – Embarcação Engajada em Praticagem



(III) quando fundeada, além das luzes prescritas no subparágrafo (I), a luz, as luzes ou marca prescritas na Regra 30 para embarcações fundeadas.

b) Quando não engajadas em serviços de praticagem, uma embarcação de praticagem deve exibir as luzes ou marcas prescritas para uma embarcação semelhante de seu comprimento.

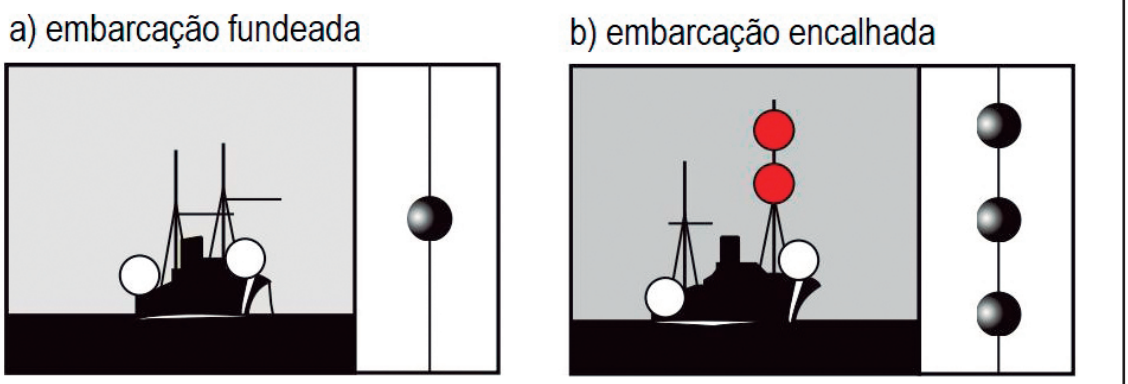
REGRA 30 – Embarcações Fundeadas ou Encalhadas

a) Uma embarcação fundeada deve exibir, onde melhor possam ser vistas (ver a Figura 15.18a):

(I) na parte de vante, uma luz circular branca ou uma esfera; e

(II) na/ou próximo da popa e a um nível mais abaixo que a luz requerida pelo subparágrafo (I), uma luz circular branca.

Figura 15.18 – REGRA 30 – Embarcação Fundeada ou Encalhada



b) Uma embarcação de comprimento inferior a 50 metros pode exibir uma luz circular branca onde melhor possa ser vista, em lugar das luzes prescritas no parágrafo (a) desta Regra.

c) Uma embarcação fundeada pode, e uma embarcação de comprimento igual ou superior a 100 metros deve, utilizar ainda todas as luzes de fainas, ou equivalentes, disponíveis, para iluminar seus conveses.

d) Uma embarcação encalhada deve exibir as luzes prescritas no parágrafo (a) ou (b) desta Regra e, adicionalmente, onde melhor possam ser vistas (ver a figura 15.18b):

(I) duas luzes circulares encarnadas dispostas em linha vertical; e

(II) três esferas dispostas em linha vertical.

e) Uma embarcação de comprimento inferior a 7 metros não será obrigada a exibir as luzes ou marca prescritas nos parágrafos (a) e (b) desta Regra quando fundeada fora de/ou das proximidades de um canal estreito, uma via de acesso, um fundeadouro ou rotas normalmente utilizadas por outras embarcações.

f) Uma embarcação com menos de 12 metros de comprimento, quando encalhada, não será obrigada a exibir as luzes ou marcas prescritas nos subparágrafos (d) (I) e (II) desta Regra.

15.5 SINAIS SONOROS E LUMINOSOS (PARTE D DO RIPEAM)

Nessa Parte são previstas as regras para a emissão de sinais sonoros e luminosos pelas embarcações, decorrentes de suas diferentes condições de manobra e governo, no instante de sua navegação. Também, nessa parte, são estabelecidos os sinais para chamar a atenção e sinais de perigo que devem ser empregados pelas embarcações, quando da ocorrência destas situações.

A seguir, algumas regras são destacadas, integral ou parcialmente, fazendo-se observar, no entanto, que o grifo dado não tem qualquer cunho legal.

As figuras que ilustram algumas regras têm como fonte de reprodução a publicação DHN-0616-3 – SINAIS SONOROS E LUMINOSOS.

REGRA 32 – Definições

A palavra "apito" significa qualquer dispositivo de sinalização sonora capaz de produzir os sons curtos e longos prescritos e que atenda às especificações contidas no Anexo III do RIPEAM.

O termo "apito curto" significa um som de duração aproximada de 1 segundo.

O termo "apito longo" significa um som de duração de 4 a 6 segundos.

REGRA 33 – Equipamentos para Sinais Sonoros

Uma embarcação de comprimento igual ou superior a 12 metros deverá ser equipada com um apito; uma embarcação de comprimento igual ou superior a 20 metros, deverá ser equipada com um sino, além de um apito; e uma embarcação de comprimento igual ou superior a 100 metros, deverá, além disto, ser dotada de um gongo, cujo tom e som não possam ser confundidos com o do sino. O apito, o sino e o gongo deverão atender às especificações contidas no Anexo III do RIPEAM. O sino, ou o gongo, ou ambos, podem ser substituídos por outros equipamentos que possuam respectivamente as mesmas características sonoras, desde que o acionamento manual dos sinais prescritos seja sempre possível.

Uma embarcação de comprimento inferior a 12 metros não será obrigada a ter os equipamentos de sinalização sonora prescritos no parágrafo acima, mas se não os tiver, deverá possuir dispositivos capazes de produzir um sinal sonoro eficaz.

REGRA 34 – Sinais de Manobra e Sinais de Advertência

Quando as embarcações estão no visual umas das outras, uma embarcação de propulsão mecânica que esteja manobrando como autorizado ou determinado nestas Regras deve indicar essa manobra através dos seguintes sinais de seu apito:

- **um apito curto** para indicar "**estou guinando para boreste**";
- **dois apitos curtos** para indicar "**estou guinando para bombordo**"; e
- **três apitos curtos** para indicar "**estou dando a ré**".

Quando, no visual uma da outra, em um canal estreito ou via de acesso, uma embarcação que tem a intenção de ultrapassar outra deve indicar sua intenção pelos seguintes sinais de seu apito:

- **dois apitos longos seguidos de um apito curto** para indicar: "**tenho a intenção de ultrapassá-lo por seu boreste**"; e
- **dois apitos longos seguidos por dois apitos curtos** para indicar: "**tenho a intenção de ultrapassá-lo por seu bombordo**".

A embarcação a ser ultrapassada, quando manobrar de acordo com a Regra 9 (e) (I) do RIPEAM, deve indicar sua concordância através do seguinte sinal de seu apito:

- **um apito longo, um curto, um longo e um curto**, nesta ordem.

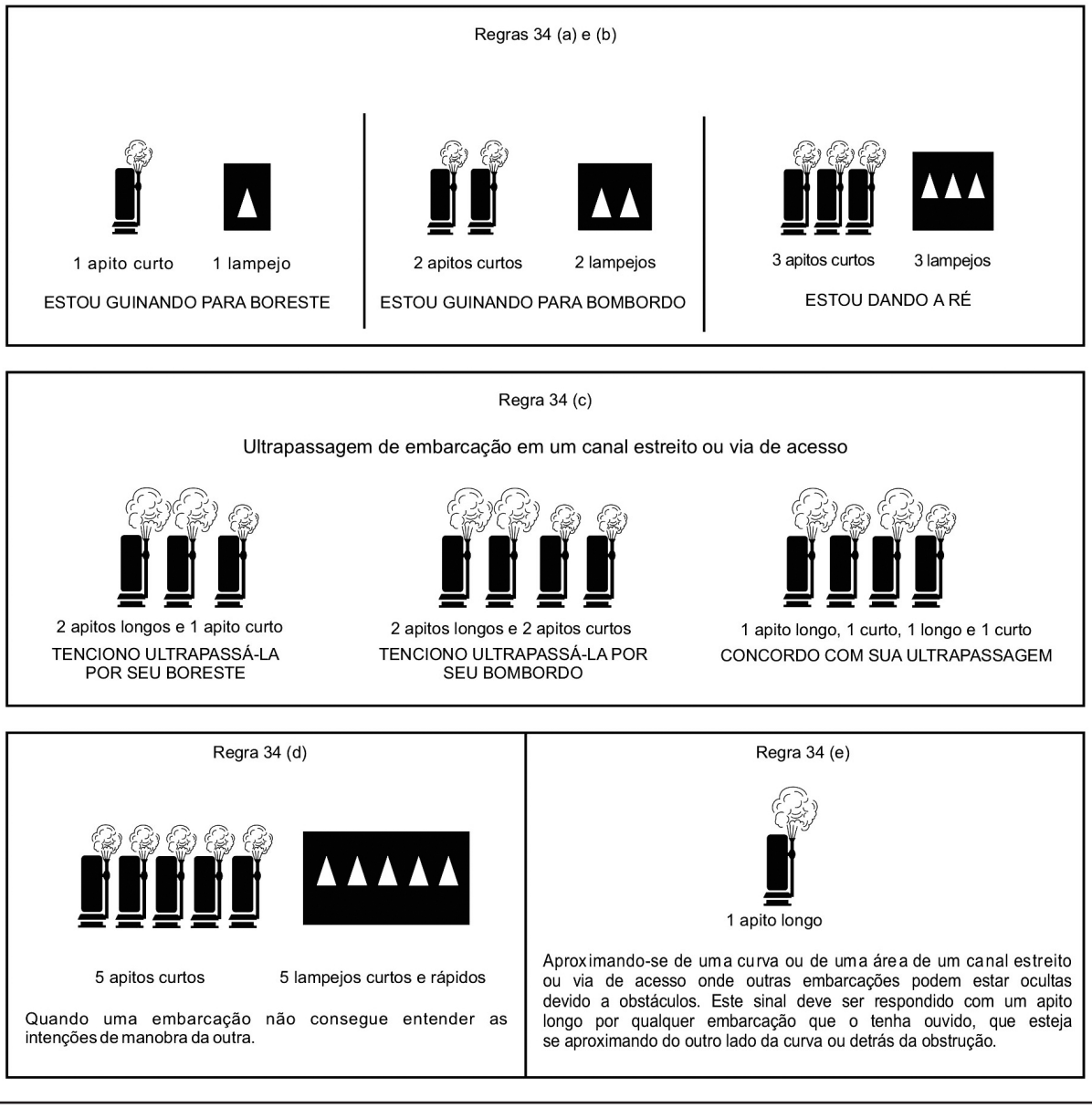
A Regra 9 (Canais Estreitos) prevê no subitem (e) (I), que se a ultrapassagem em um canal estreito ou via de acesso só for possível se a embarcação alcançada manobrar para permitir uma passagem segura, a embarcação que pretende ultrapassar deverá indicar esta intenção. A anuência da que será ultrapassada se dará pelo sinal de apito longo-curto-longo.

Quando embarcações, no visual uma da outra, se aproximam e, por qualquer motivo, **uma das embarcações não consegue entender as intenções da manobra da outra**, ou está em dúvida quanto à suficiência da manobra empreendida pela outra para evitar abalroamento, a embarcação em dúvida deve indicar imediatamente esta dúvida através de **pelo menos cinco apitos curtos e rápidos**. Este sinal pode ser suplementado com um sinal luminoso composto de um mínimo de cinco lampejos curtos e rápidos.

Quando uma embarcação estiver se **aproximando de uma curva ou de uma área de um canal estreito** ou via de acesso onde outras embarcações podem estar ocultas devido a obstáculos, ela deve soar **um apito longo**. Este sinal deve ser respondido com um apito longo por qualquer embarcação que o tenha ouvido, que se esteja aproximando do outro lado da curva ou detrás da obstrução.

A Figura 15.19 apresenta um resumo das principais prescrições contidas na Regra 34 – Sinais de Manobra e Sinais de Advertência, do RIPEAM.

Figura 15.19 - Regra 34 – Sinais de Manobra e Sinais de Advertência



REGRA 35 – Sinais Sonoros em Visibilidade Restrita

Dentro ou nas proximidades de uma área de visibilidade restrita, seja dia ou noite, os sinais prescritos nessa Regra do RIPEAM devem ser usados como se seguem:

a) uma embarcação de propulsão mecânica com seguimento deve soar, em intervalos não superiores a 2 minutos, um apito longo;

b) uma embarcação de propulsão mecânica sob máquinas, mas parada e sem seguimento, deve soar, em intervalos não superiores a 2 minutos, dois apitos longos sucessivos separados por intervalos de cerca de 2 segundos;

c) uma embarcação sem governo, uma embarcação com capacidade de manobra restrita, uma embarcação restrita devido a seu calado, uma embarcação a vela, uma embarcação engajada na pesca e uma embarcação rebocando ou empurrando outra embarcação devem, em lugar dos sinais prescritos nos parágrafos (a) ou (b) acima, soar, a intervalos não superiores a 2 minutos, três apitos sucessivos, sendo o primeiro longo e os dois seguintes, curtos;

d) uma embarcação em operação de pesca, quando fundeada, e uma embarcação com capacidade de manobra limitada, quando realizando seu trabalho em fundeio, deverão, ao invés dos sinais prescritos no parágrafo (g) abaixo, emitir sinal sonoro prescrito no parágrafo (c) acima;

e) uma embarcação rebocada ou, se houver mais de uma embarcação rebocada, a última do reboque, se guarnecida, deve soar, a intervalos não superiores a 2 minutos, quatro apitos sucessivos, sendo o primeiro longo e os três seguintes curtos. Se possível este sinal deve ser soado imediatamente após o sinal emitido pelo rebocador;

f) quando uma embarcação empurradora e uma embarcação empurrada por anteavante estão ligadas rigidamente, formando uma unidade integrada, elas devem ser consideradas como uma embarcação de propulsão mecânica e devem emitir os sinais prescritos nos parágrafos (a) ou (b) acima;

g) uma embarcação fundeada deve soar rapidamente o sino durante cerca de 5 segundos, a intervalos não superiores a um minuto. Em uma embarcação de comprimento igual ou superior a 100 metros, o sino deve ser soado a vante e, imediatamente após o sino, deve ser soado rapidamente o gongo, à ré, durante cerca de 5 segundos. Além disso, uma embarcação fundeada pode soar três apitos sucessivos, sendo um curto, um longo e um curto, para indicar sua posição e advertir uma embarcação que se aproxima quanto à possibilidade de um abalroamento;

h) uma embarcação encalhada deve soar o sino e, se determinado, o gongo, como prescrito no parágrafo (g) acima, e, além disso, deve emitir três batidas de sino separadas e distintas, imediatamente antes e após as batidas rápidas do sino. Pode, adicionalmente, emitir um sinal de apito apropriado;

i) uma embarcação de comprimento igual ou superior a 12 metros, mas inferior a 20 metros, não deverá ser obrigada a soar os sinais de sino prescritos nos parágrafos (g) e (h) acima. Entretanto, se não o fizer, deverá emitir algum outro sinal sonoro eficiente, a intervalos não superiores a 2 minutos.

j) uma embarcação de comprimento inferior a 12 metros não é obrigada a emitir os sinais supramencionados, mas, se não o fizer, deve emitir outros sinais sonoros eficazes, a intervalos não superiores a 2 minutos; e

k) uma embarcação de praticagem, quando engajada em serviço de praticagem, pode, além dos sinais prescritos nos parágrafos (a), (b) ou (g) anteriores, soar um sinal de identificação formado por quatro apitos curtos.

A Figura 15.20 apresenta um resumo das principais prescrições contidas na Regra 35 – Sinais Sonoros em Visibilidade Restrita, do RIPEAM.

Figura 15.20 – Regra 35 – Sinais Sonoros em Visibilidade Restrita

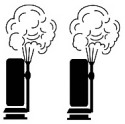
Regra 35 (a)



1 apito longo em intervalos não superiores a 2 minutos.

Embarcação de propulsão mecânica com seguimento.

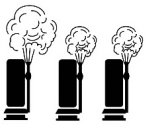
Regra 35 (b)



2 apitos longos sucessivos, separados por intervalo de cerca de 2 segundos, em intervalos não superiores a 2 minutos.

Embarcação de propulsão mecânica sob máquinas, mas parada e sem seguimento.

Regras 35 (c) e (d)

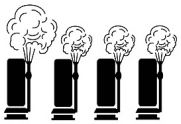


1 apito longo e 2 apitos curtos sucessivos, em intervalos não superiores a 2 minutos.

Embarcação sem governo, restrita devido a seu calado, à vela, engajada na pesca, com capacidade de manobra restrita, rebocando ou empurrando, em lugar dos sinais prescritos na regra 35 (a) ou 35 (b).

As embarcações de pesca ou com capacidade de manobra restrita, quando trabalhando fundeadas, deverão emitir os sinais prescritos nesta regra ao invés dos da regra 35 (g).

Regra 35 (e)



1 apito longo e 3 apitos curtos sucessivos, em intervalos não superiores a 2 minutos, se possível, imediatamente após o sinal emitido pelo rebocador.

Embarcação rebocada ou, se houver mais de uma rebocada, a última do reboque, se guarnecida.

Regra 35 (g)



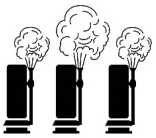
Toques rápidos de sino durante cerca de 5 segundos, em intervalos não superiores a 1 minuto.

Embarcação de comprimento inferior a 100 metros, fundeada.



Toque de sino a vante, seguido de toque de gongo a ré (ambos durante cerca de 5 segundos), em intervalos não superiores a 1 minuto.

Embarcação de comprimento igual ou superior a 100 metros, fundeada.



1 apito curto, 1 longo e 1 curto sucessivos

Embarcação fundeada, indicando sua posição e advertindo uma embarcação que se aproxima quanto à possibilidade de um abalroamento, além dos toques de sino ou de sino e gongo.

Regra 35 (h)



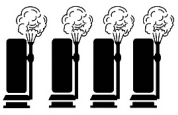
3 badaladas distintas antes do toque de sino.

Toque de sino batido rápido e, se determinado, de gongo, como prescrito na regra 35 (g).

3 badaladas distintas depois do toque de sino.

Embarcação encalhada.

Regra 35 (k)



4 apitos curtos.

Embarcação de praticagem, quando engajada em serviço de praticagem, pode soar o sinal de identificação desta Regra, além dos sinais prescritos nas Regras 35 (a), (b) ou (g).

REGRA 36 – Sinais Para Chamar a Atenção

Caso seja necessário atrair a atenção de outra embarcação, qualquer embarcação pode emitir sinais sonoros ou luminosos que não possam ser confundidos com qualquer outro sinal autorizado no RIPEAM, ou pode dirigir o facho de seu holofote sobre a direção do perigo, de tal maneira que não perturbe qualquer embarcação. Qualquer luz destinada a atrair a atenção de uma outra embarcação deverá ser tal que não possa ser confundida com qualquer outra de auxílio à navegação. Para os fins desta Regra, a utilização de luzes intermitentes de grande intensidade ou de luzes rotativas, tais como as luzes estroboscópicas, deve ser evitada.

REGRA 37 – Sinais de Perigo

Quando uma embarcação se encontra em perigo e necessita de auxílio deverá usar ou exibir os sinais descritos no Anexo IV ao RIPEAM.

O referido Anexo estabelece que os seguintes sinais, usados ou exibidos em conjunto ou separadamente, indicam perigo e necessidade de auxílio:

a) um tiro de canhão ou outro sinal explosivo, soado em intervalos de cerca de um minuto;

b) um toque contínuo de qualquer aparelho de sinalização de cerração;

c) foguetes ou granadas lançando estrelas encarnadas, disparados um de cada vez, em intervalos curtos;

d) um sinal emitido por qualquer método de sinalização constituído pelo grupo **...---...** (SOS) do Código Morse;

e) um sinal emitido por radiotelefonia, constituído pela palavra falada "MAYDAY";

f) o sinal de perigo do Código Internacional de Sinais indicado por N.C.;

g) um sinal constituído por uma bandeira quadrada, tendo acima ou abaixo uma esfera ou qualquer coisa semelhante a uma esfera;

h) chamas a bordo da embarcação (provenientes da queima de um barril de alcatrão, óleo, etc.);

i) um foguete luminoso com paraquedas ou uma tocha manual, exibindo luz encarnada;

j) um sinal de fumaça desprendendo fumaça de cor alaranjada;

k) movimentos lentos para cima e para baixo com os braços esticados para os lados;

l) um alerta de perigo por meio de Chamada Seletiva Digital (DSC), transmitindo em:

(i) VHF canal 70, ou

(ii) MF/HF nas frequências de 2187,5 kHz; 8414,5 kHz; 4207,5 kHz; 6312 kHz; 12577 kHz ou 16804,5 kHz;

m) um alerta de perigo do navio para terra, transmitido pelo provedor do *Global Maritime Distress and Safety System* – GMDSS[1] do navio ou por outro provedor de serviço móvel por satélite da estação terrena de navio;

[1] Os sistemas empregados, hoje, e reconhecidos pela IMO, são o INMARSAT SafetyNET e o IRIDIUM SafetyCast.

n) sinais transmitidos por radiobalizas de emergência indicadoras de posição.

o) sinais aprovados transmitidos por sistemas de radiocomunicação, incluindo respondedores radar de embarcações de sobrevivência.

É proibida a utilização ou a exibição de qualquer dos sinais acima, ou de outros sinais que possam ser confundidos com qualquer deles, exceto com a finalidade de indicar perigo e necessidade de auxílio.

Chama-se atenção para as seções pertinentes do Código Internacional de Sinais, para o Manual Internacional Marítimo e Aeronáutico de Buscas e Salvamento (IAMSAR) Resolução A.894(21), e para os seguintes sinais:

a) um pedaço de lona de cor laranja, com um círculo e um quadrado preto ou outros símbolos apropriados (para identificação aérea); e

b) um corante de água.

15.6 RESPONSABILIDADE

REGRA 2 – Responsabilidade

a) Nada nestas Regras dispensará qualquer embarcação ou seu proprietário, seu Comandante ou sua tripulação das consequências de qualquer negligência no cumprimento destas Regras ou na negligência de qualquer precaução reclamada ordinariamente pela prática marinheira ou pelas circunstâncias especiais do caso.

b) Ao interpretar e cumprir estas Regras, deverão ser levados em conta todos os perigos à navegação e de colisão e todas as circunstâncias especiais, inclusive as limitações das embarcações envolvidas, os quais poderão tornar um afastamento destas Regras necessário para evitar perigo imediato.

A Regra 2 do RIPEAM, acima transcrita, combina o que é comumente conhecido como a "regra da boa marinharia" com a "regra geral de prudência no mar". A Regra 2 requer que os Comandantes, os Oficiais de Serviço e os navegantes em geral enxerguem além da letra fria do RIPEAM, de modo a operar uma embarcação com segurança.

A regra em questão afirma que um Comandante não deve apenas obedecer às regras do RIPEAM, devendo também tomar todas as precauções requeridas pela prática marinheira ordinária ou pelas circunstâncias especiais de cada caso.

Entre as precauções reclamadas ordinariamente pela prática marinheira estão, por exemplo:

- Certificar-se de que sua embarcação está propriamente tripulada e que o pessoal está familiarizado com as características de manobra da embarcação.

- Certificar-se de que sua embarcação está propriamente equipada e em boas condições operativas.

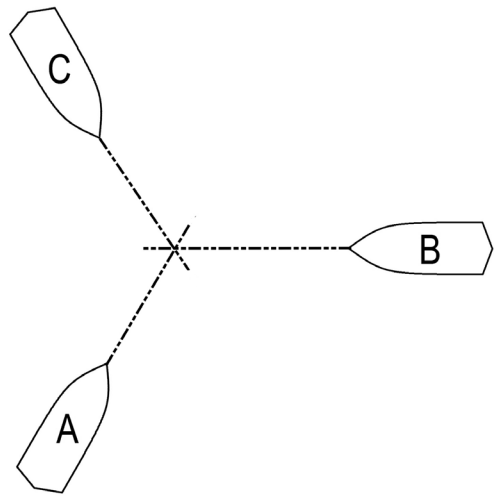
- Certificar-se de que as cartas náuticas e publicações de segurança da navegação existentes a bordo são suficientes e estão atualizadas.

- Certificar-se de que todas as informações meteorológicas disponíveis estão sendo recebidas a bordo e levadas em consideração no planejamento e execução da viagem.

A Regra 2 permite, ainda, ao Comandante um afastamento das regras do RIPEAM quando necessário para evitar colisão em quaisquer circunstâncias especiais, tais como numa situação em que três ou mais embarcações se aproximam, conforme apresentado no exemplo contido na Figura 15.21. Devido às regras não se aplicarem a este caso especial, cada Comandante deve usar o seu melhor julgamento e manobrar da maneira mais eficaz para evitar colisão.

Se fosse aplicado o RIPEAM na situação apresentada na Figura 15.21, ter-se-ia:

Figura 15.21 – Caso Especial: aproximação de três embarcações



- A tem preferência em relação a C, mas é obrigada a manobrar em relação a B.
- B tem preferência em relação a A, mas é obrigada a manobrar em relação a C.
- C tem preferência em relação a B, mas é obrigada a manobrar em relação a A.

Como as regras de manobra requerem que as embarcações que têm preferência mantenham rumo e velocidade, as referidas regras não podem ser aplicadas nesta situação especial.

Neste caso, então, os Comandantes estão autorizados a se afastar das regras e manobrar da maneira mais eficaz para evitar colisão.

15.7 REGRAS ESPECIAIS PARA AS ÁGUAS INTERIORES BRASILEIRAS

Na Regra 1 (Aplicação) do RIPEAM é previsto que:

a) Estas Regras se aplicarão a todas as embarcações em mar aberto e em todas as águas a este ligadas, navegáveis por navios de alto-mar.

b) Nada nestas Regras deve prejudicar o cumprimento de regras especiais baixadas pela autoridade competente sobre navegação nos ancoradouros, portos, rios, lagos ou vias de navegação interior ligadas ao mar aberto e navegáveis por navios de alto-mar. Tais regras especiais deverão ser, o mais próximo possível, concordantes com as presentes Regras.

c) Nada nestas Regras deve prejudicar o cumprimento de quaisquer regras especiais baixadas pelo Governo de qualquer Estado, referentes às luzes adicionais de posição ou sinalização, marcas ou sinais de apito para navios de guerra e embarcações navegando em comboio, ou referentes às luzes adicionais de posição ou sinalização ou marcas para embarcações de pesca engajadas na pesca em flotilha. Estas luzes adicionais de posição ou sinalização, marcas ou sinais sonoros serão, tanto quanto possível, tais que não possam ser confundidos com qualquer luz, marca ou sinal autorizado em qualquer parte destas Regras.

Assim, o Brasil, no âmbito da **Lei de Segurança do Tráfego Aquaviário** (LESTA – Lei Nº 9.537, de 11 de dezembro de 1997), estabeleceu as **Regras Especiais para**

Evitar Abalroamento na Navegação Interior, constantes do Capítulo 11 das **Normas da Autoridade Marítima para Embarcações Empregadas na Navegação Interior (NORMAM 02)**.

Algumas das principais regras estabelecidas, são listadas a seguir, à guisa de exemplo, sem pretender substituir a leitura atenta do documento citado:

- O termo "embarcação com capacidade de manobra restrita" compreende, mas não se limita aos seguintes casos:
  - as embarcações restritas em decorrência de seu comprimento ou boca; e
  - as embarcações transportando, rebocando ou empurrando carga explosiva ou inflamável.
- Entende-se por "águas interiores brasileiras" todas as vias navegáveis interiores como rios, lagos, lagoas e canais sob jurisdição nacional.
- O termo "embarcação restrita ao seu comprimento e boca" designa uma embarcação com propulsão mecânica que, devido a seu comprimento e boca em relação à área de manobra disponível, está com severas restrições.
- As palavras "banzeiro" e "mareta" significam ondas provocadas pelo deslocamento de uma embarcação.
- Toda embarcação deverá navegar com velocidade apropriada sempre que cruzar com embarcações pequenas e embarcações empurrando ou rebocando e que devam ser protegidas contra avarias causadas pela ação de maretas ou banzeiros.
- Toda embarcação deverá navegar com velocidade apropriada sempre que se aproximar de qualquer embarcação amarrada a um trapiche, cais e similares.
- Uma embarcação com propulsão mecânica navegando em rios ou canais com a corrente a favor terá preferência de passagem quando cruzar com uma embarcação navegando contra a corrente. A embarcação que tem a preferência indicará a maneira e o local da passagem e efetuará os sinais de manobra apropriados.
- Uma embarcação de propulsão mecânica navegando a favor da corrente terá preferência de passagem sobre uma embarcação navegando contra a corrente. A embarcação que tem a preferência indicará a maneira e o local da passagem e efetuará os sinais de manobras prescritos.

BIBLIOGRAFIA

BAKKER, Mucio Piragibe Ribeiro de. A Projeção Gnomônica. Rio de Janeiro, Diretoria de Hidrografia e Navegação, 1971. 90 p.

_____. A Projeção de Mercator. Rio de Janeiro, Diretoria de Hidrografia e Navegação, 1975. 125 p.

_____. Cartografia – Noções Básicas. Rio de Janeiro, Diretoria de Hidrografia e Navegação, 1965. 242 p.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Marinha. Diretoria de Hidrografia e Navegação. Almanaque Náutico para 2019 (Pub. DN 5). 75. ed. Niterói, 2018. 285 p.

_____. Carta 12000 – Símbolos, Abreviaturas e Termos usados nas Cartas Náuticas Brasileiras (INT1).4. ed. Niterói, 2014. 107 p.

_____. Lista de Auxílios - Rádio (Pub. DH 8). 14. ed. Niterói, 2020. 212 p.

_____. Lista de Faróis (Pub. DH 2). 37. ed. Niterói, 2020. 256 p.

_____. Lista de Sinais Cegos (Pub. DH 18). 8. ed. Niterói, 2020. 80 p.

_____. Luzes e Marcas (Pub. DHN-0615-2). Niterói, 2006.

_____. Normas da Autoridade Marítima para Auxílios à Navegação (NORMAM 17/DHN). 5. Rev. Niterói, 2021.

_____. Normas da Autoridade Marítima para Navegação e Cartas Náuticas (NORMAM 28/DHN). 1. ed. Niterói, 2017.

_____. Normas da Autoridade Marítima para Serviço de Tráfego de Embarcações (VTS) (NORMAM 26/DHN). 4. Rev. Niterói, 2020.

_____. Normas para a navegação dos navios da Marinha do Brasil. 1. ed. Niterói, 2020. 77 p.

_____. Tábuas das Marés para o ano de 2021 (Pub. DG6). 58. ed. Niterói, 2020. 188 p.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Marinha. Portaria nº 2 de 24/07/2015. "Dar publicidade à atualização do texto da Convenção sobre o Regulamento Internacional para Evitar Abalroamento no Mar (COLREG-72), da Organização Marítima Internacional (IMO), decorrente das emendas adotadas pela Resolução A.1085 (28), da Assembleia da IMO". Brasília. 2015.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Marinha. Diretoria de Portos e Costas. Normas da Autoridade Marítima para Embarcações Empregadas na Navegação Interior (NORMAM 02/DPC). Rio de Janeiro, 2022.

BRASIL. Ministério da Marinha. Centro de Adestramento "Almirante Marques de Leão". Navegação Radar. Folha de Informações organizada por CC Ronaldo F. Madalena. ed. revista. Rio de Janeiro, 1983.

BRASIL. Ministério da Marinha. Diretoria de Hidrografia e Navegação. Construção da Carta Náutica. Rio de Janeiro, 1968. 127 p.

_____. Especificações de Cartas da O.H.I. 1. ed. Rio de Janeiro,1990. 24 p.

_____. Manual do MN-HN (Navegação). Rio de Janeiro, 1977.

_____. Roteiro – Costa Sul (Pub. DH 1-III). 12. ed. Rio de Janeiro, 1994. 282 p.

BRASIL. Ministério da Marinha. Diretoria de Portos e Costas. Manual do Tripulante. 4. ed. Rio de Janeiro, 1978. 518 p.

BRASIL. Ministério da Marinha. Escola Naval. Navegação (Nav. 1). Organizado por CC Renato Tarquínio Bittencourt. 1. ed. Rio de Janeiro, 1974 (reimpresso em 1979).

_____. Navegação Aplicada (Nav. 2). Organizado por CF Victor Augusto Moreira Brandão. 1. ed. Rio de Janeiro, 1982.

_____. Navegação Eletrônica (Nav. 3). Rio de Janeiro, 1983.

_____. Introdução ao Ensino Militar Naval. Rio de Janeiro, s.d.

_____. O Radar de Navegação (Parte I). Folha de Informações Nº 001/83 (Departamento da Armada). Rio de Janeiro, 1983. 15 p.

CAMINHA GOMES, Carlos R., CLC – A Prática da Navegação. 1. ed. Rio de Janeiro, 1980. v2.

CARPENTER, Max H. & WALDO, Wayne M. Real Time Method of Radar Plotting. 1. ed. Centreville, Maryland, EUA, Cornell Maritime Press, 1975. 44 p.

COHEN, Philip M. Bathymetric Navigation and Charting. Annapolis, Maryland, EUA, United States Naval Institute, 1970. 138 p.

DANTAS, Ney, Capitão-de-Fragata. Sinalização Náutica Visual. 1. ed. Rio de Janeiro, Centro de Sinalização Náutica e Reparos Almirante Moraes Rego, 1985. 304 p.

DIÉGUES, Fernando Manoel Fontes, Capitão-de-Corveta. Oceanografia. Rio de Janeiro, Diretoria de Hidrografia e Navegação, 1974. 259 p.

EDUCATIONAL SYSTEMS LTD. An Introduction to Coastal Navigation, A Seaman's Guide. Bristol, UK, 1973. 232 p.

EUA. Defense Mapping Agency Hydrographic/Topographic Center. American Practical Navigator – Bowditch. Pub Nº 9. Washington, DC, 1984. v. 1.1414 p.

_____. Chart Fundamentals. Washington, DC, 1983. 134 p.

_____. Hand book of Magnetic Compass Adjustment. Pub Nº 226. 4. ed. Washington, DC, 1980. 96 p.

_____. Maneuvering Board Manual. Pub Nº 217. 3. ed. Washington, DC, 1977. 101 p.

_____. Radar Navigation Manual. Pub Nº 1310. 4. ed. Washington, DC, 1985. 248 p.

EUA. National Geospatial-Intelligence Agency. American Practical Navigator – Bowditch. Pub Nº 9. Springfield, 2019. v. 1. 454 p.

_____. American Practical Navigator – Bowditch. Pub Nº 9. Springfield, 2019. v. 2. 749 p.

_____. Radar Navigation and Maneuvering Board Manual (Pub. 1310), 7th Edition, 2001, NGA: https://msi.nga.mil/Publications/RNMB.

EUA. Naval Air Technical Training Command. The Gyroscope and Gyroscopic Properties. s. 1., s. d., 42 p.

EUA. U.S. Naval Academy. Fundamentals of Naval Science. Vol. II. Annapolis, Maryland, EUA, s. d., 763 p.

FONSECA, Maurílio M. Arte Naval. 2. ed. Rio de Janeiro, 1960. 813 p.

GRÃ BRETANHA. Her Majesty's Stationery Office. The Nautical Institute. The Admiralty Manual of Navigation. Brd 45(1). 11th Edition. Londres, 2019. v. 1.

GRÃ BRETANHA. The Hydrographer of the Navy. Admiralty Manual of Hydrographic Surveying (Volume Two). Chapter 2 - Tides and Tidal Streams. Taunton, Somerset, UK, 1969. 119 p.

HALLIDAY, RESNICK, WALKER, Fundamentos da Física, Vol. 2 10 ed. Editora LTC. 2016.

HOBBS, Richard R. Marine Navigation 1 - Piloting. 2. ed. Annapolis, Maryland, EUA, Naval Institute Press, 1981. 330 p.

International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities (IALA). Marine Aids to Navigation Manual (IALA NAVGUIDE 2018). 8th Edition. 2017.

_____. IALA Recommendation R0101. Marine Radar Beacons (RACONS). Edition 2.1. 2004.

International Maritime Organization (IMO). Resolution A-1106(29). Revised Guidelines for the onboard operational use of shipborne Automatic Identification Systems (AIS). 2015.

LEITE, Hélio Ramos de Azevedo, Auxílios à Navegação. Rio de Janeiro, Diretoria de Hidrografia e Navegação, 1950 (reimpresso em 1963). 222 p.

MALONEY, Elbert S. Dutton's Navigation and Piloting. 13.ed. Annapolis, Maryland, EUA, Naval Institute Press, 1978. 910 p.

MOREIRA DA SILVA, Paulo de Castro. Oceanografia Física. Rio de Janeiro, FEMAR, 1971. 259 p. PANZARINI, Rodolfo N. Compendio de Oceanografia Física. 1. ed. Buenos Aires, Instituto de Publicaciones Navales, 1967. 350 p.

PORTUGAL. Instituto Hidrográfico. Manual de Navegação (Cálculos Náuticos). 3. ed. Lisboa, 1981. 401 p. SANTOS FRANCO, Alberto. Livro Texto de Marés. 1. ed. Rio de Janeiro, Diretoria de Hidrografia e Navegação, 1964.

SHUFELDT, H. H & DUNLAP, G. D. Piloting and Dead Reckoning. Annapolis, Maryland, EUA, Naval Institute Press, 1978. 150 p.

SWIFT, Alan J., Bridge Team Management: A Practical Guide, The Nautical Institute, 1993.

TAVARES, Amaro Francisco. Elementos de Arte Naval e Navegação Costeira para Profissionais e Amadores. 2. ed. Santos, SP, 1976. 126 p.

VAN HOOF, J. F. Drijfhout. Netherlands Maritime Institute e Maritime Research Institute. Aids to Marine Navigation. Rotterdam, Holanda., 1982. 2.v.