APOSTILA GRATUITA · EXAME DE MESTRE-AMADOR

PARTE 2

Navegação Eletrônica, Meteorologia, Segurança e RIPEAM

Radar, GNSS, meteorologia, VHF, EPIRB e AIS, estabilidade, sobrevivência no mar e RIPEAM.

Compilado de publicações públicas e oficiais, organizado pelos itens do programa do exame (NORMAM-211/DPC, Anexo 5-A).
Edição 2026.1 · www.capitao-amador.com

O que é este material

Este compilado reúne, para cada item do programa do Exame de Mestre-Amador (NORMAM-211/DPC, Anexo 5-A, item 2.1), o trecho de uma publicação pública da Marinha do Brasil ou da legislação federal que trata do assunto.

Nada aqui foi reescrito: cada parte reproduz, sem alteração, páginas de uma publicação pública, com o crédito e o endereço de origem na folha que abre a parte. Em caso de diferença entre uma fonte e a norma em vigor, vale a norma.

Como usar

- Cada item do programa tem uma parte, com um só texto de referência: o mais adequado ao nível da prova entre as publicações da Marinha.
- Cada parte abre com uma folha que diz o que o programa pede e qual publicação foi reproduzida.
- Estude uma parte e, em seguida, resolva as questões do mesmo assunto no simulado gratuito do site.
- As páginas reproduzidas mantêm a numeração original da publicação; a numeração do quadro abaixo é a deste PDF.

Treine com questões enquanto estuda. Ler não basta: o que fixa é resolver questões do assunto logo depois de estudá-lo.

No Telegram: t.me/capitao_amador_bot (aponte a câmera para o código ao lado)

No site: www.capitao-amador.com/mestre-amador/simulado

Programa do exame e onde estudar cada item

Coluna da direita: página deste PDF em que a parte começa (use também os marcadores do leitor de PDF).

Item do programa (NORMAM-211, Anexo 5-A)	Parte deste compilado	Pág.
Conceitos básicos de funcionamento e utilização do radar na navegação	Radar Navegação: a Ciência e a Arte, vol. I, cap. 14: Navegação radar (14.1: o equipamento radar)	**6**
Operação dos sistemas de navegação por satélite (GNSS/DGNSS)	GNSS e DGNSS Navegação: a Ciência e a Arte, vol. III, cap. 37: Navegação por satélites (37.1 a 37.3, 37.9 e 37.10: GNSS, GPS, sistema diferencial e receptores)	**28**
Cartas sinóticas, boletins meteorológicos, imagens de satélite e avisos de mau tempo; Características das frentes, nevoeiros, nuvens e ciclones extratropicais; Ventos predominantes na costa do Brasil e principais instrumentos meteorológicos	Meteorologia Navegação: a Ciência e a Arte, vol. III, cap. 45: Noções de meteorologia para navegantes (45.1 a 45.6, sem 45.3.4: atmosfera e circulação geral, elementos meteorológicos, ciclones e frentes, tempo no Atlântico Sul, previsão a bordo e estado do mar)	**57**

Comunicações na navegação costeira: sistema VHF, equipamentos, procedimentos, frequências de socorro, chamadas de emergência, de rotina e trânsito; Rede Nacional de Estações Costeiras (RENEC); Conhecimento básico do funcionamento do EPIRB e AIS	Comunicações em VHF, EPIRB e AIS CFAQ I-M: Comunicações (COM 001), itens 2.5, 2.6, 2.8, 3.4 e 3.6: Serviço Móvel Marítimo e estações costeiras, equipamentos e DSC, operação radiotelefônica, COSPAS-SARSAT e dispositivos de localização (EPIRB e SART); CFAQ I-M: Noções de Navegação e Manobra da Embarcação (NAV 001), unidade 4: radar, AIS e GMDSS	**147**
Noções sobre estabilidade e flutuabilidade de uma embarcação	Estabilidade e flutuabilidade Arte Naval, cap. 2: Geometria do navio (itens 2.21 a 2.35: centro de gravidade, centro de carena, empuxo, flutuabilidade, borda livre, metacentro, altura metacêntrica, tosamento e alquebramento); CFAQ I-M: Noções de Estabilidade (EST 001), unidades 4 a 6: flutuabilidade, estabilidade transversal, superfície livre, banda permanente, calados e trim	**178**
Técnicas e procedimentos para a sobrevivência no mar; Coletes salva-vidas, boias circulares, pirotécnicos, balsas salva-vidas e suas palamentas, botes de abandono	Sobrevivência no mar e salvatagem CFAQ I-M: Técnicas de Sobrevivência Pessoal (TSP 001), unidades 1 a 7	**201**
Conhecimento e uso do RIPEAM: sinais sonoros e luminosos; regras de governo; luzes e marcas	RIPEAM: recapitulação CFAQ I-M: Noções de Navegação e Manobra da Embarcação (NAV 001), unidade 7: regras de manobra e preferência, visibilidade restrita, luzes e marcas, sinais sonoros e sinais de perigo	**230**

Fontes reproduzidas

Publicação	Endereço de origem
Navegação: a Ciência e a Arte, vol. I, cap. 14: Navegação radar (14.1: o equipamento radar) Altineu Pires Miguens · Diretoria de Hidrografia e Navegação, vol. I, 2ª revisão, 2023	https://www.marinha.mil.br/dhn/npublicacoes
CFAQ I-M: Comunicações (COM 001), itens 2.5, 2.6, 2.8, 3.4 e 3.6: Serviço Móvel Marítimo e estações costeiras, equipamentos e DSC, operação radiotelefônica, COSPAS-SARSAT e dispositivos de localização (EPIRB e SART) Diretoria de Portos e Costas · Ensino Profissional Marítimo, Curso de Formação de Aquaviários, 1ª ed., 2013	https://www.pescadorprofissional.com.br/pdf/COMUNICACOES.pdf
CFAQ I-M: Noções de Navegação e Manobra da Embarcação (NAV 001), unidade 4: radar, AIS e GMDSS Diretoria de Portos e Costas · Ensino Profissional Marítimo, Curso de Formação de Aquaviários, 1ª ed., 2013	https://www.pescadorprofissional.com.br/pdf/NOCOES%20DE%20NAVEGACAO%20E%20MANOBRA%20DA%20EMBARCACAO.pdf
Arte Naval, cap. 2: Geometria do navio (itens 2.21 a 2.35: centro de gravidade, centro de carena, empuxo, flutuabilidade, borda livre, metacentro, altura metacêntrica, tosamento e alquebramento) Maurílio M. Fonseca · Serviço de Documentação da Marinha, 7ª ed., 2005 · arquivo publicado pela Diretoria de Portos e Costas	https://www.marinha.mil.br/dpc/sites/www.marinha.mil.br.dpc/files/Cap2_2005.pdf
CFAQ I-M: Noções de Estabilidade (EST 001), unidades 4 a 6: flutuabilidade, estabilidade transversal, superfície livre, banda permanente, calados e trim Diretoria de Portos e Costas · Ensino Profissional Marítimo, Curso de Formação de Aquaviários, 1ª ed., 2013	https://www.pescadorprofissional.com.br/pdf/05-EST%20001-CFAQI-M2013.pdf
CFAQ I-M: Técnicas de Sobrevivência Pessoal (TSP 001), unidades 1 a 7 Diretoria de Portos e Costas · Ensino Profissional Marítimo, Curso de Formação de Aquaviários, 1ª ed., 2013	https://www.pescadorprofissional.com.br/pdf/10-TSP%20001-CFAQ%20I-M%202013.pdf

Para baixar à parte, no site da Marinha

Publicações gratuitas que o programa cita e que não são reproduzidas aqui (o Centro de Hidrografia da Marinha condiciona a redistribuição a autorização).

Publicação	Endereço
RIPEAM-72: texto integral Diretoria de Portos e Costas; as emendas posteriores estão no Decreto nº 10.901/2021	https://www.marinha.mil.br/dpc/sites/www.marinha.mil.br.dpc/files/Ripeam_0.pdf
Simbologia da carta sinótica Centro de Hidrografia da Marinha · Serviço Meteorológico Marinho	https://www.marinha.mil.br/chm/sites/www.marinha.mil.br.chm/files/chm_simbologia.pdf

Lista de Auxílios-Rádio DHN/CHM, 15ª ed., 2025-2029; estações costeiras e radiocomunicações de perigo e segurança	https://www.marinha.mil.br/chm/sites/www.marinha.mil.br.chm/files/2025-02/LAR%20-%2015ED%20-%202025%20-%2029%20-%20Final.pdf

Este compilado não é publicação oficial. Os textos pertencem aos seus autores e órgãos de origem, indicados em cada parte, e são reproduzidos sem alteração para fins de estudo, com distribuição gratuita. Confira sempre a edição em vigor no endereço de origem.

PARTE 1

Radar

O QUE O PROGRAMA PEDE

- Conceitos básicos de funcionamento e utilização do radar na navegação

FONTE REPRODUZIDA NESTA PARTE

Navegação: a Ciência e a Arte, vol. I, cap. 14: Navegação radar (14.1: o equipamento radar)

Altineu Pires Miguens · Diretoria de Hidrografia e Navegação, vol. I, 2ª revisão, 2023
https://www.marinha.mil.br/dhn/npublicacoes

Terminou esta parte? Resolva questões do assunto.

Telegram: t.me/capitao_amador_bot
Simulado no site: www.capitao-amador.com/mestre-amador/simulado

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.

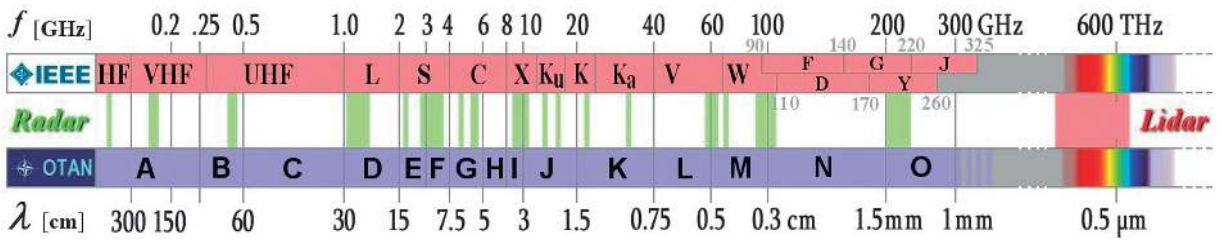
O princípio básico do Radar de Navegação é a determinação de distância para um objeto, ou "alvo", pela medida do tempo requerido para um pulso de energia de radiofrequência (RF), transmitido sob a forma de onda, deslocar-se da fonte de referência até o alvo e retornar como um eco. O Radar de Navegação, 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.

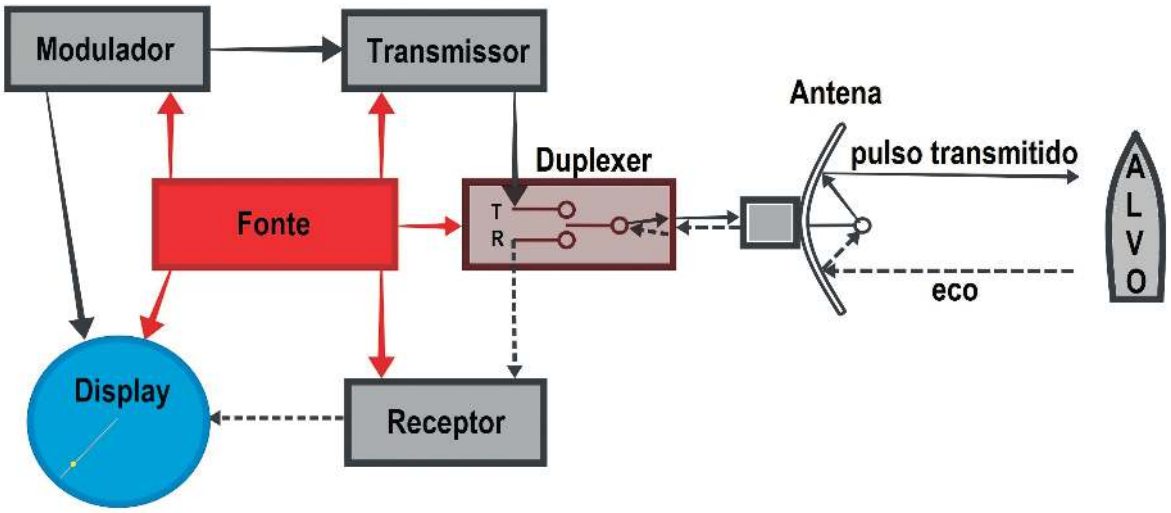
- **Transmissor**: gera energia em radiofrequência (RF), sob a forma de pulsos curtos de alta potência. A chave T/R (**Duplexer**) controla os ciclos de transmissão de pulsos e de recepção de ecos (quando a transmissão é bloqueada).

- **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

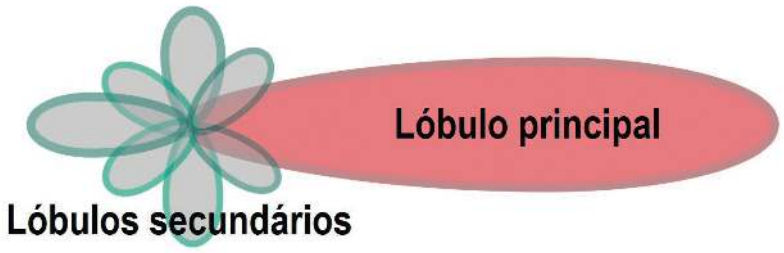
Conforme mencionado, o feixe de ondas eletromagnéticas emitido por um radar de navegação tem uma largura (ou abertura) bastante estreita no plano horizontal, mas pode ser bem largo no plano vertical.

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.

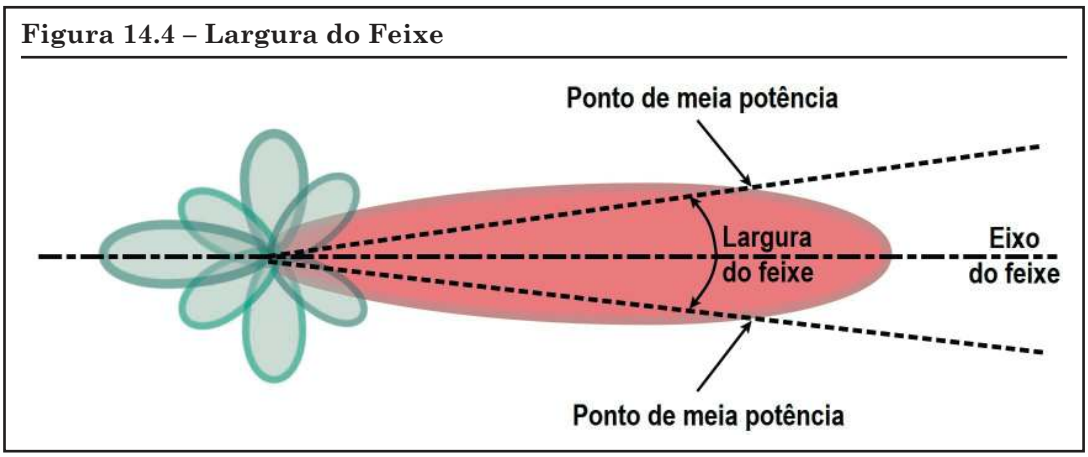
Este, portanto, é o valor do poder de discriminação em marcação do radar para a distância de 10 milhas. Para alvos situados a 5 milhas, o mesmo radar teria um poder de discriminação em marcação (ou discriminação tangencial) de 265 jardas.

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.

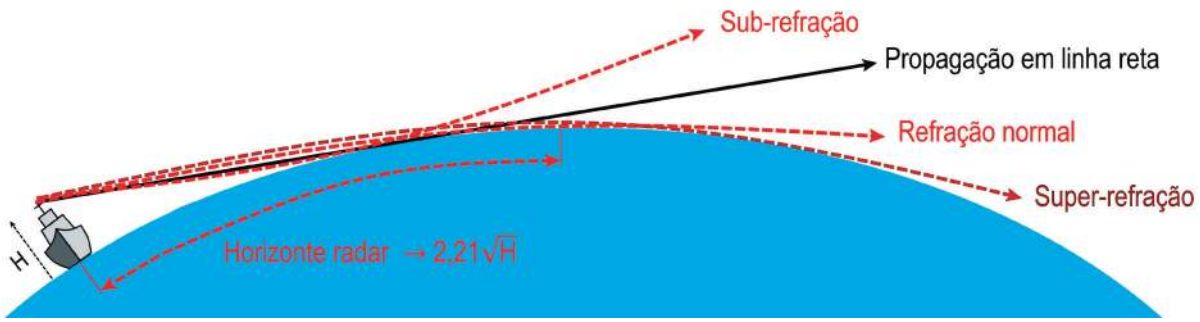
II. Sub-Refração

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.

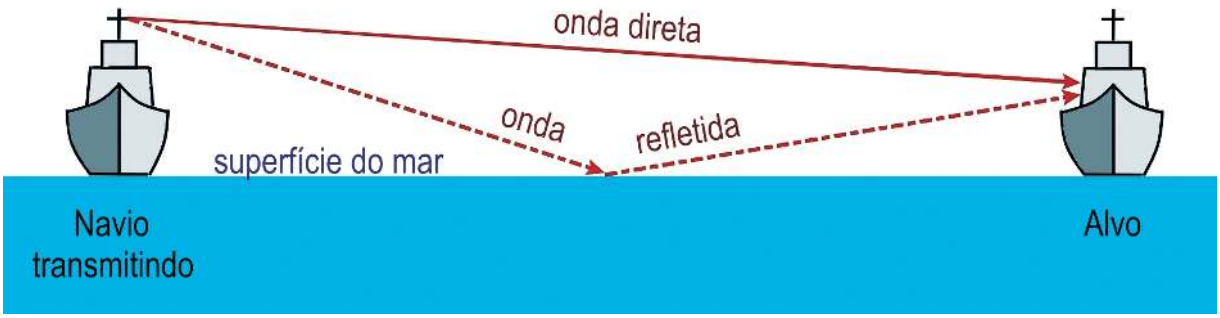
Oceano Pacífico – Foram observadas ocorrências frequentes de formação de dutos em torno de Guadalcanal, na costa leste da Austrália e nas proximidades da Nova Guiné e Coréia. Ao longo da costa oeste dos Estados Unidos, as observações indicam frequentes efeitos de duto, mas não são disponíveis indicações 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.

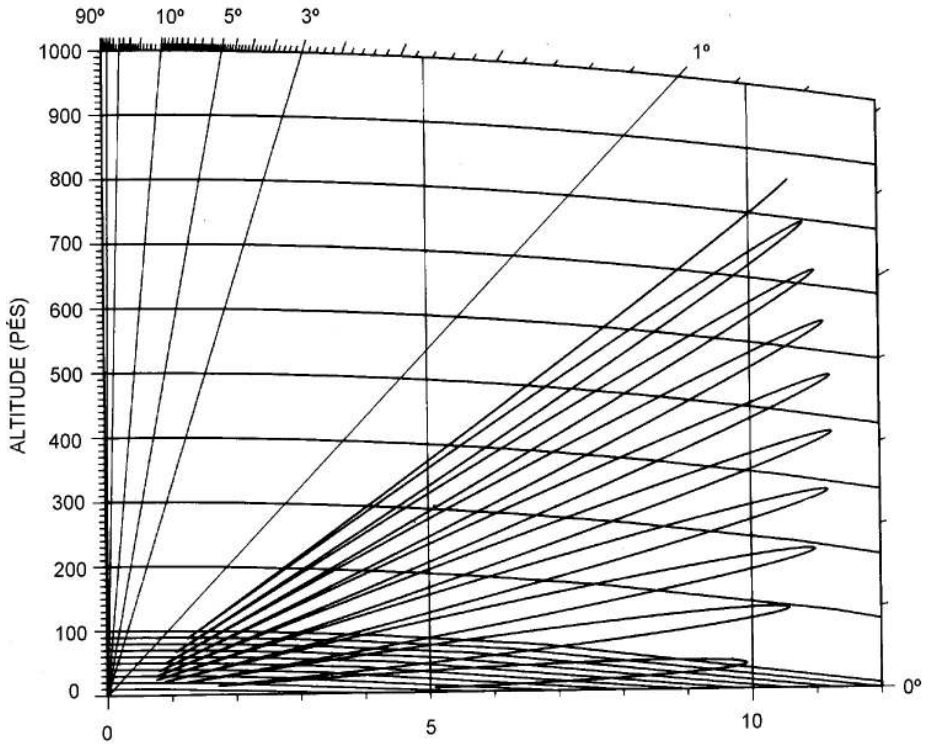
Figura 14.7 – Reflexão na superfície do mar



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

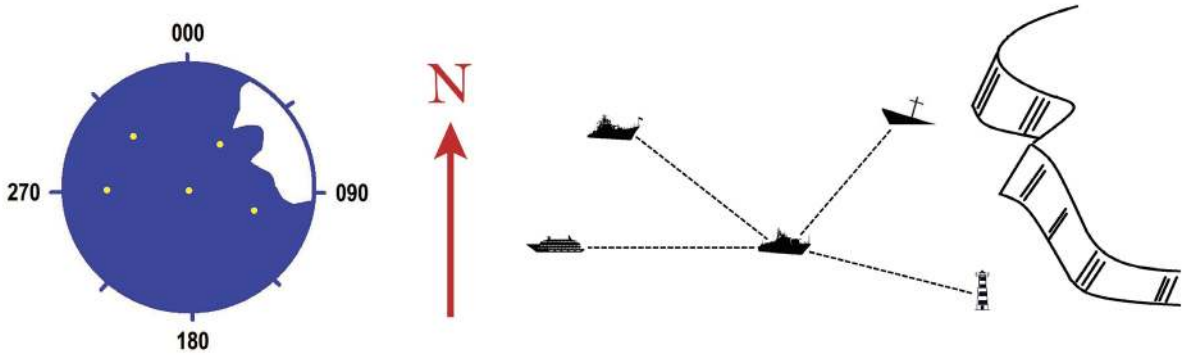


Indicador digital:
Radar Furuno FAR-2117
NPqHo Vital de Oliveira

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.

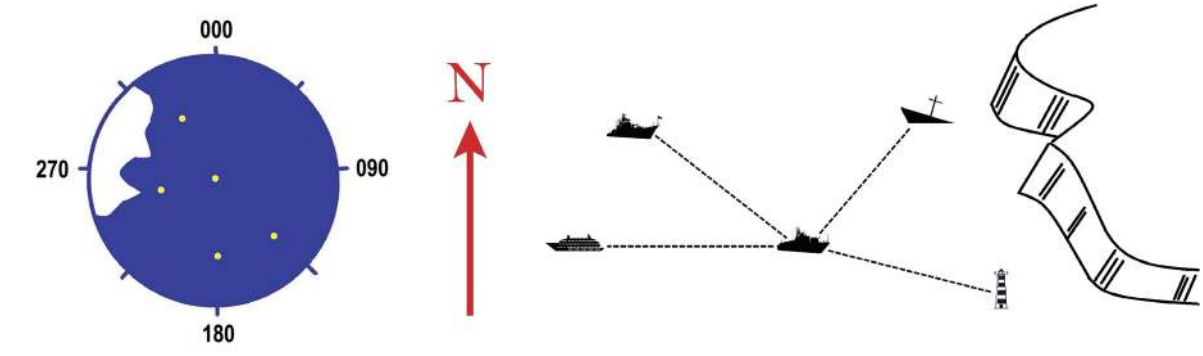
A apresentação no PPI pode ser estabilizada ou não-estabilizada. Quando o radar recebe e utiliza informação da agulha giroscópica, a apresentação é estabilizada, ou seja, é orientada de modo que o norte verdadeiro seja representado para cima, na direção 000° da graduação do perímetro da tela, conforme 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



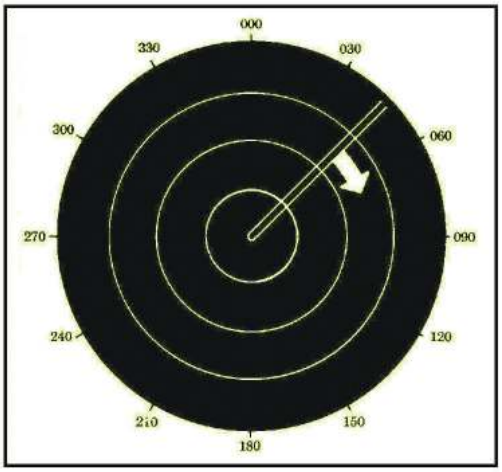
Conforme a antena gira, seu feixe é representado no indicador do radar por uma linha luminosa fina, que varre a tela no sentido horário, de forma semelhante ao raio de uma roda de bicicleta em movimento. Essa linha, chamada de "linha de varredura", ilumina as imagens dos alvos no PPI. As imagens dos 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*)

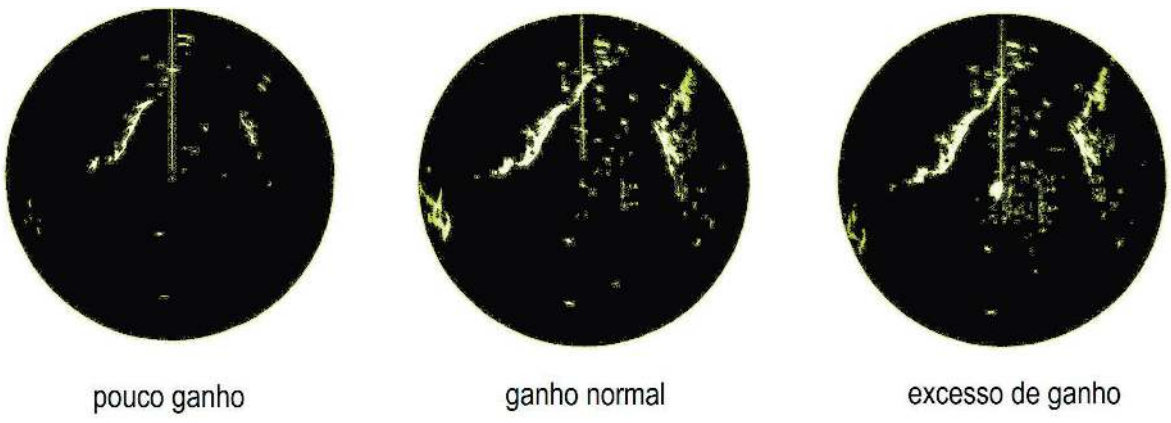
A sua regulagem determina o brilho geral da imagem na tela do radar. Um brilho excessivo pode colocar a imagem fora de foco, além de borrar a tela do radar, pois os ecos de uma varredura anterior são mantidos, prejudicando os da varredura seguinte. O controle de brilho, normalmente, deve ser colocado 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

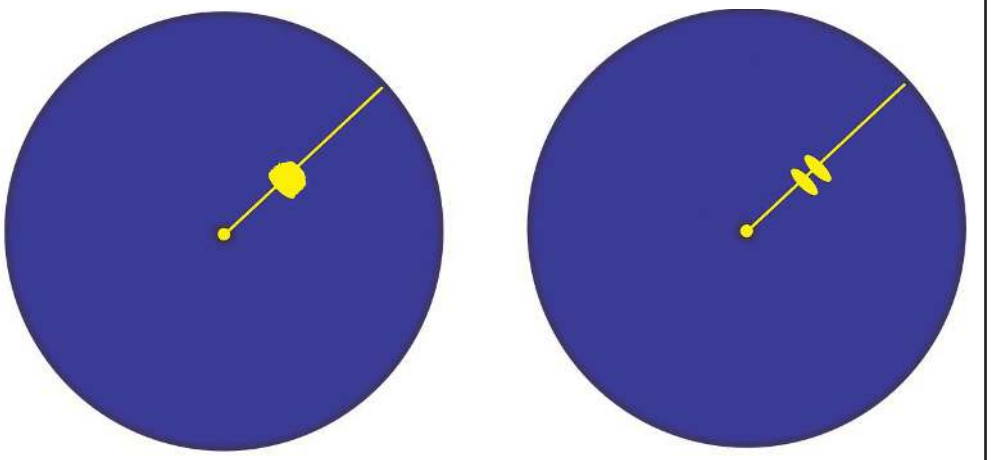


É importante o uso adequado do controle de ganho quando na presença de manchas de chuva ou neve. Com o ganho na sua posição normal, a mancha pode ser forte o bastante para obscurecer o eco de um navio dentro da borrasca ou temporal, mas, com uma redução temporária do ganho, será possível estabelecer 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.

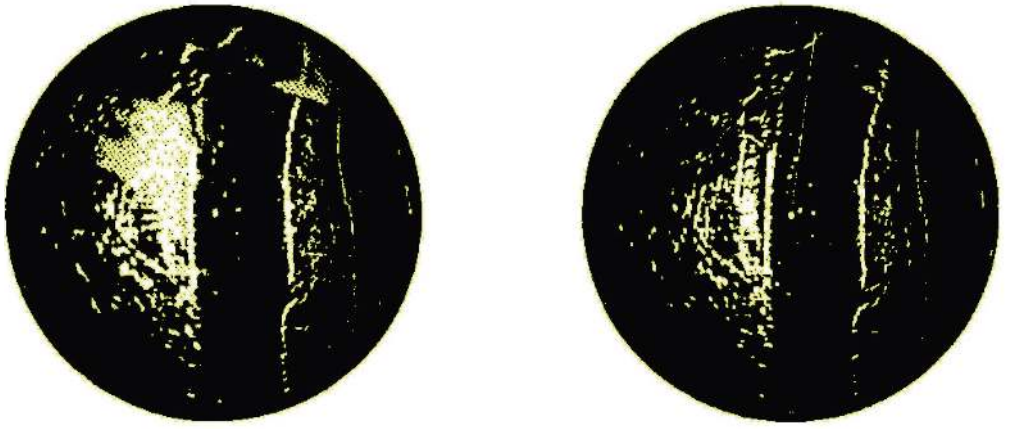
O STC é um controle de ganho auxiliar, que permite diminuir o ganho dos ecos mais próximos, sem alterar os ecos mais distantes. O alcance máximo em que o controle STC se faz efetivo é de 4 a 5 milhas, ficando progressivamente menor conforme a distância aumenta, sendo praticamente ineficaz além de 8 milhas. 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*.

PARTE 2

GNSS e DGNSS

O QUE O PROGRAMA PEDE

- Operação dos sistemas de navegação por satélite (GNSS/DGNSS)

FONTE REPRODUZIDA NESTA PARTE

Navegação: a Ciência e a Arte, vol. III, cap. 37: Navegação por satélites (37.1 a 37.3, 37.9 e 37.10: GNSS, GPS, sistema diferencial e receptores)

Altineu Pires Miguens · Diretoria de Hidrografia e Navegação, vol. III, 1ª revisão, 2026
https://www.marinha.mil.br/dhn/npublicacoes

Terminou esta parte? Resolva questões do assunto.
Telegram: t.me/capitao_amador_bot
Simulado no site: www.capitao-amador.com/mestre-amador/simulado

37 NAVEGAÇÃO POR SATÉLITES

37.1 INTRODUÇÃO

A ideia que levou ao desenvolvimento dos sistemas de navegação por satélite remonta a 1957 e ao primeiro lançamento de um satélite artificial em órbita, o russo Sputnik I. O Dr. William H. Guier e o Dr. George C. Wieffenbach, do Laboratório de Física Aplicada da Universidade Johns Hopkins (EUA) monitoraram os famosos "*beepes*" transmitidos pela passagem do satélite. Eles plotaram os sinais recebidos, em intervalos precisos, e notaram que o traçado possuía as características de uma curva Doppler. Como os satélites naturais geralmente seguem órbitas fixas, eles raciocinaram que essa curva poderia ser usada para descrever a órbita do Sputinik. Eles então demonstraram que podiam determinar todos os parâmetros orbitais da órbita de um satélite em decorrência da observação do efeito Doppler de uma única passagem em uma única estação fixa. O desvio Doppler aparente, ao receber uma transmissão da passagem de um satélite, provou ser um dispositivo de medição eficaz para estabelecer a órbita do satélite.

De outra maneira, o Dr. Frank T. McClure, também do Laboratório de Física Aplicada, raciocinou ao contrário: se a órbita do satélite fosse conhecida, as medidas do efeito Doppler poderiam ser usadas para determinar a posição de alguém na Terra. Seus estudos em apoio a essa hipótese lhe renderam o primeiro prêmio da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) por importantes contribuições para o desenvolvimento espacial.

Em 1958, o Laboratório de Física Aplicada propôs explorar a possibilidade de um sistema operacional de navegação Doppler via satélite. O Comando de Operações Navais (Chief of Naval Operations) da Marinha dos EUA então estabeleceu os requisitos para tal sistema. O

primeiro lançamento bem-sucedido de um protótipo de satélite, em abril de 1960, demonstrou a viabilidade operacional desse sistema de navegação.

O *Navy Navigation Satellite System* (NAVSAT, também conhecido como TRANSIT) foi o primeiro sistema operacional de navegação por satélite. A acurácia[1] do sistema era melhor do que 0,1 milha náutica em qualquer lugar do mundo, embora sua disponibilidade fosse um pouco limitada. Foi usado principalmente para a navegação de navios de superfície e submarinos, mas também teve algumas aplicações na navegação aérea. Também foi usado em levantamentos hidrográficos e na determinação de posições geodésicas. O lançamento de satélites para o programa TRANSIT terminou em 1988 e o sistema foi desativado quando o NAVSTAR-GPS (*Navigation System by Time and Ranging – Global Positioning System*) entrou em operação em 1996.

O surgimento do NAVSTAR-GPS, ou simplesmente GPS como é mundialmente conhecido, revolucionou praticamente todas as atividades que dependiam da determinação de posições geográficas. Em paralelo e de forma independente, na antiga URSS, foi desenvolvido o GLONASS (*Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema*), um sistema muito similar ao GPS. Por sua vez, no final da década de 1990, a Agência Espacial Europeia propôs o desenvolvimento do Galileo (*Galileo Positioning System*). Além desses, podem ser citados o BeiDou (*BeiDou Navigation Satellite System - BDS*) de origem chinesa, o IRNSS (*Indian Regional Navigational Satellite System*) de origem indiana e o QZSS (*Quasi-Zenith Satellite System*) de origem japonesa, todos já reconhecidos pela IMO como componentes do sistema de radionavegação para uso mundial (*World-Wide Radio Navigation System – WWRNS*).

De forma geral, esses sistemas têm sido chamados de GNSS (*Global Navigation Satellite System* - Sistema Global de Navegação por Satélite), nome concebido em 1991, durante a 10º Conferência de Navegação Aérea, quando a Associação Internacional de Aviação Civil (*International Civil Aviation Organization* - ICAO) reconheceu que a fonte primária para a navegação aérea no século XXI seria o GNSS. O uso integrado desses sistemas também deverá revolucionar ainda mais todas as atividades que necessitam de posicionamento geográfico.

37.2 *GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM* – GNSS

Tecnicamente, um sistema de navegação por satélite ("sat-nav") é um sistema que estabelece o posicionamento geoespacial autônomo através do uso de satélites artificiais. Um sistema como esse permite que receptores sobre a superfície terrestre possam determinar a sua localização em comparação com os sinais dos satélites, adquirindo sua posição em um sistema de referência espacial conveniente. A acurácia da localização será dada conforme o tipo de técnica de posicionamento utilizada. Quando um sistema de navegação por satélite possui a capacidade de oferecer posicionamento em qualquer ponto da superfície terrestre, adota-se a nomenclatura de Sistema Global de Navegação por Satélite (*Global Navigation Satellite System* – GNSS).

[1] *O termo "acurácia" envolve tanto erros sistemáticos como aleatórios, enquanto o termo "precisão" está unicamente vinculado aos erros aleatórios. Assim, o termo acurácia por si só envolve a medida de precisão, ou seja, para um conjunto de medidas que não apresenta erros sistemáticos, os valores de acurácia e precisão se confundem.*

Um GNSS possibilita o posicionamento em tempo real de objetos, permitindo que seja empregado em diversas áreas, como mapeamentos topográficos e geodésicos, navegação marítima, aérea e terrestre, monitoramento de frotas, demarcação de fronteiras, agricultura de acurácia, entre outros usos. Esses sinais podem ser recebidos por um usuário em qualquer lugar da superfície da Terra, lhe permitindo determinar a sua posição e velocidade em tempo real, independente das condições atmosféricas.

Atualmente, o termo GNSS vem sendo utilizado, de forma equivocada, para definir, também, o grande sistema global, constituído pelas constelações de satélites ativos, de diferentes sistemas satelitais, que transmitem continuamente sinais codificados em uma ou mais bandas de frequência. No entanto, esse grande sistema é denominado pela IMO como World-Wide Radio Navigation System – WWRNS, o qual será apresentado a seguir.

37.2.1 A IMO e o WWRNS

Em 1995, um estudo foi adotado como política da IMO para o reconhecimento e aceitação de sistemas de radionavegação para uso mundial (*World-Wide Radio Navigation System – WWRNS*), por meio da Resolução A.815(19). Esse estudo também reconheceu a necessidade de fornecer informações de posição geográfica para apoiar o *Global Maritime Distress and Safety System* (Sistema Global de Socorro e Segurança Marítima - GMDSS), localizando navios em perigo.

Cabe observar que o GPS se tornou totalmente operacional em 1995 e o GLONASS em 1996, tendo ambos os sistemas sido reconhecidos pela IMO como componentes do sistema mundial de radionavegação, o WWRNS, em 1996. Os padrões de desempenho para equipamentos receptores GPS de bordo também foram adotados em 1995 e para receptores GLONASS em 1996.

Atendendo às demandas dos usuários marítimos, os Estados Membros da IMO reconheceram a necessidade de garantir que qualquer GNSS futuro atendesse a essas demandas. Assim, os "Requisitos Marítimos para um Futuro Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS)" foram desenvolvidos e adotados pela Assembleia da IMO em 1997, por meio da Resolução A.860(20). Isso enfatizou a necessidade da IMO desempenhar um papel contínuo no monitoramento do desenvolvimento de sistemas satelitais de navegação e garantir que qualquer GNSS futuro viesse atender aos requisitos da IMO, incluindo aqueles de acurácia de navegação, integridade do serviço, disponibilidade, confiabilidade e cobertura.

Em 2000, com os sistemas GPS e GLONASS totalmente funcionais e fornecendo o grau de confiabilidade necessário, a IMO avançou com a adoção de requisitos operacionais obrigatórios para o GNSS. Uma revisão do Capítulo V (Segurança da Navegação) da SOLAS, que entrou em vigor em 2002, passou a exigir que os navios tivessem a bordo um receptor GNSS ou de radionavegação terrestre, para estabelecer e atualizar a posição do navio por meios automáticos, para uso durante toda a viagem.

A IMO também adotou resoluções, por meio de seu *Maritime Safety Committee* (MSC), sobre padrões de desempenho para equipamentos receptores de bordo de sinais GPS (Resolução MSC.112(73)), GLONASS (Resolução MSC.113(73)), DGPS e DGLONASS (Resolução MSC.114(73)) e equipamento receptor combinado de GPS/GLONASS (Resolução MSC.115(73)).

Refletindo uma maior acurácia posicional, decorrente daquelas fornecidas pelo GPS e GLONASS, em 2003, a Assembleia da IMO adotou uma nova resolução para o reconhecimento e aceitação de sistemas de radionavegação para uso mundial, qual foi a Resolução A.953(23).

Esta resolução tornou os padrões de acurácia exigidos mais rigorosos: em entradas de portos, aproximações de portos e águas costeiras, o erro de informação posicional não deveria ser superior a 10 metros com probabilidade de 95% de acerto; e em águas oceânicas, o sistema deveria fornecer informações posicionais com erro não superior a 100 metros com probabilidade de 95%. Em 20 de dezembro de 2011, a Assembleia da IMO atualizou novamente os parâmetros e exigências para reconhecer e aceitar sistemas de radionavegação adequados para uso mundial, por meio da Resolução A.1046(27)[2], que se mantem em vigor.

A concepção do WWRNS baseia-se no argumento de que, com a disponibilidade de vários sistemas de posicionamento por satélites, melhora-se a geometria das constelações e a disponibilidade de sinal, garantindo-se assim uma maior integridade e confiança aos usuários do sistema.

37.3 O SISTEMA NAVSTAR GPS

A necessidade de qualquer navegante consiste em dispor de um sistema capaz de fornecer com acurácia sua posição, a qualquer hora, em qualquer lugar da Terra e sob quaisquer condições meteorológicas.

O sistema TRANSIT, ou NAVSAT constituiu, de fato, a primeira aproximação dessa demanda. No entanto, seus satélites usavam órbitas muito baixas e, além disso, a constelação era pouco numerosa, de modo que as posições obtidas não eram muito frequentes. Ademais, sendo um sistema baseado em medidas do desvio Doppler de frequências relativamente baixas, ele estava sujeito a problemas de propagação, além de que até mesmo pequenos movimentos do receptor a bordo podiam causar erros significativos na posição determinada.

No início dos anos 70, a necessidade de um sistema de navegação por satélite de alta acurácia, com cobertura mundial, que fosse disponível a qualquer momento, sob quaisquer condições meteorológicas, tornou-se premente no âmbito das forças armadas dos Estados Unidos. Além disso, uma capacidade de posicionamento contínuo tridimensional (ou seja, latitude, longitude e altitude) foi estabelecida como requisito essencial do sistema, em contraste com a capacidade apenas bidimensional e periódica do sistema TRANSIT. Tal sistema deveria ser empregado não só por navios, submarinos, aeronaves e veículos militares terrestres, mas, também, deveria ser de grande utilidade para o segmento civil, em uma ampla variedade de aplicações, desde mapeamento topo-hidrográfico de acurácia até sistemas anticolisão de navios e aeronaves.

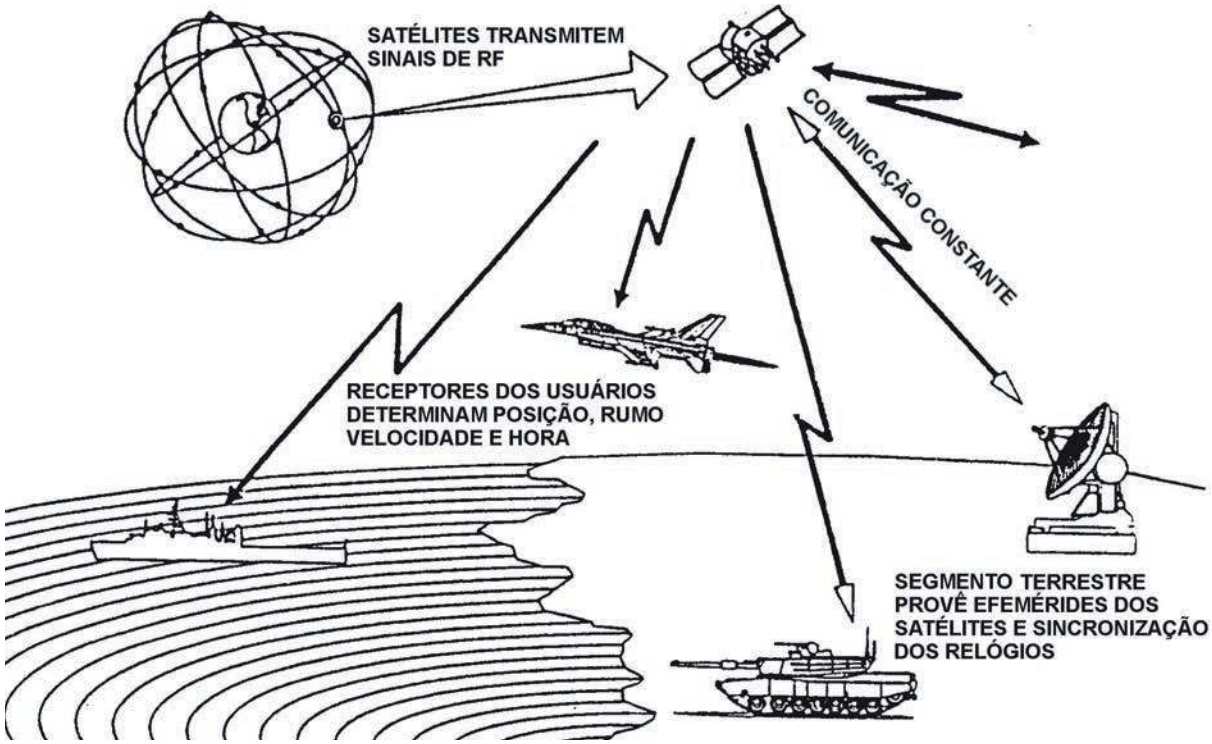
Em abril de 1973, o Departamento de Defesa dos EUA iniciou formalmente o programa de desenvolvimento de um sistema de navegação por satélite de segunda geração, denominado Sistema de Posicionamento Global por Satélites NAVSTAR (*Navigation System by Time and Ranging – Global Positioning System* (NAVSTAR GPS)). Mais tarde, neste mesmo ano, juntaram-se ao projeto representantes militares e civis de todas as forças armadas norte-americanas, da Guarda Costeira dos EUA e dos países da OTAN. Assim, o desenvolvimento do GPS tornou-se, então, um empreendimento de grande porte e de elevado custo (na época, 12 bilhões de dólares).

[2] *A Resolução A.1046(27) da IMO, que revogou a Resolução A.953(23), manteve os mesmos padrões de acurácia para posicionamento já estabelecidos na Resolução anterior revogada.*

37.3.1 Descrição do *Global Positioning System* (GPS)

O NAVSTAR GPS ou, abreviadamente, GPS, como é conhecido, é constituído por três componentes principais: o segmento espacial (satélites), o segmento terrestre (monitoramento e controle) e o segmento do usuário (receptores GPS e equipamentos associados). As três partes operam em constante interação, como apresentado na Figura 37.1, proporcionando, simultânea e continuamente, dados de posicionamento tridimensional (latitude, longitude e altitude), rumo, velocidade e tempo (hora), com alta acurácia.

Figura 37.1 – Componentes do Sistema NAVSTAR GPS



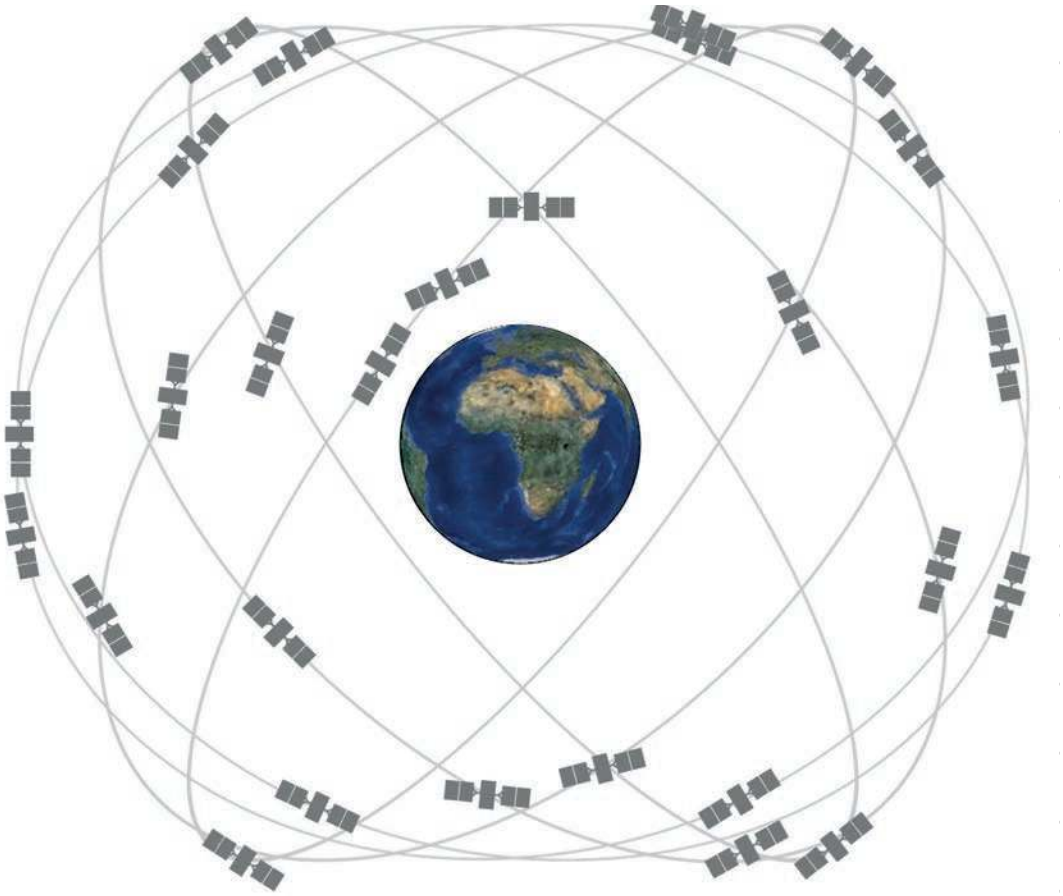
No que se refere ao segmento espacial, após o exame de várias possíveis configurações, optou-se inicialmente por um sistema baseado em uma constelação de 24 satélites, em órbitas de grande altitude ao redor da Terra, distribuídos em 6 planos orbitais (com 4 satélites em cada um), conforme o esquema apresentado na Figura 37.2. Esses planos orbitais têm uma inclinação de 55º em relação ao Equador e os satélites executam uma órbita circular muito elevada, a uma altura de aproximadamente 20.200 quilômetros (cerca de 10.900 milhas náuticas), com um período orbital de 11 horas e 58 minutos.

O governo dos Estados Unidos é compromissado em manter a disponibilidade de pelo menos 24 satélites GPS operacionais, 95% do tempo. Para tanto, o segmento espacial do GPS foi projetado para garantir que pelo menos 4 satélites estejam sempre acima do horizonte (com uma altura maior que a elevação mínima de 5º requerida para uma boa recepção), em qualquer ponto da superfície da Terra, 24 horas por dia. Em muitas ocasiões, entretanto, 12

ou 13 satélites estarão visíveis para um usuário na superfície na Terra. O projeto de órbita circular e a alta elevação tornam o sistema muito estável, com variações orbitais que são relativamente fáceis de modelar, em comparação com satélites em órbita baixa, como os que eram utilizados no sistema TRANSIT.

Para garantir esse compromisso de disponibilidade operacional de 95%, a U.S. Space Force mantem 31 satélites GPS operacionais há mais de uma década.

Figura 37.2 – Constelação de Satélites GPS



Fonte: GPS: The Global Positioning System – Space Segment

Os satélites usados no programa NAVSTAR GPS são de porte significativo, constituindo-se, na realidade, além do emprego de uso civil e comercial, em plataformas multipropósito utilizadas para uma série de outros projetos militares além de acurácia no posicionamento, tal como a detecção e localização de explosões nucleares, entre outras aplicações.

A constelação GPS, atualmente, é uma mistura de satélites antigos e novos, conforme apresentados na Figura 37.3. Um dos principais focos do programa de modernização do GPS é a adição de novos sinais de navegação à constelação de satélites.

As órbitas bastante elevadas utilizadas no GPS (aproximadamente 20.200 km) estão livres da atmosfera terrestre e seus efeitos. Isto significa que as previsões das órbitas dos satélites podem ser muito rigorosas. Embora o modelo matemático das órbitas seja muito preciso, os satélites GPS são constantemente acompanhados por estações de monitoramento. Esta é uma das razões pelas quais o GPS não usa órbitas geossíncronas. Como os satélites giram em

torno da Terra em cerca de 12 horas, eles passam sobre as estações de monitoramento duas vezes por dia, o que proporciona oportunidade para medir precisamente sua posição, altitude e velocidade. As pequenas variações detectadas nas órbitas, denominadas de erros de efemérides, são causadas por atração gravitacional da Lua, ou do Sol, e pela pressão da radiação solar sobre o satélite. Estas variações orbitais são transmitidas para os satélites, que passam a considerá-las nas suas emissões.

Figura 37.3 – Satélites componentes do atual sistema GPS



Para determinação da posição, o receptor GPS mede as distâncias a diversos satélites do sistema. Tais distâncias são obtidas pela duração do trajeto (intervalo de tempo) do sinal de rádio entre os satélites e o receptor GPS. Esta é a razão do sistema ser denominado NAVSTAR ("*NAVigation System by Time And Ranging*").

Além da medição das distâncias, é preciso, ainda, conhecer as posições dos satélites GPS, para poder determinar a posição do receptor. Esta informação é, também, transmitida pelos satélites, como uma "mensagem de navegação", que contém todos os dados orbitais necessários ao cálculo da posição do satélite no instante da medição da distância satélite–receptor, e as correções de tempo correspondentes ao satélite. Outras informações relativas ao desempenho do satélite e dados para modelagem dos efeitos ionosféricos também são incluídas na referida transmissão. Em conjunto, estas informações são conhecidas como as "efemérides do satélite".

O segmento de controle do GPS consiste em uma rede global de instalações terrestres que rastreiam os satélites GPS, monitoram suas transmissões, realizam análises, mantém uma referência comum de tempo para todos os satélites e proveem dados precisos de suas posições no espaço, em qualquer instante, e enviam comandos e dados para a constelação. O atual Segmento de Controle Operacional (*Operational Control Segment* – OCS) inclui uma estação mestra de controle, uma estação mestra de controle alternativa, 11 antenas de comando e controle e 16 locais de monitoramento. As localizações dessas instalações são mostradas na Figura 37.4.

Figura 37.4 – Segmento de Controle do Sistema GPS



Fonte: GPS: The Global Positioning System – Space Segment

A Estação Mestra de Controle (*Master Control Station* – MCS), localizada em Colorado Springs, Colorado, consiste em equipamentos e instalações necessários para monitoramento por satélite, telemetria, rastreamento, comando, controle, carregamento e geração de mensagens de navegação. As Estações de Monitoramento, localizadas no Havaí, Colorado Springs, Kwajalein, Diego Garcia e Ilha da Ascensão, rastreiam passivamente os satélites, acumulando dados de alcance dos sinais dos satélites e os retransmitindo para o MCS. O MCS processa essas informações para determinar a posição do satélite e a acurácia dos dados do sinal, atualiza a mensagem de navegação de cada satélite e retransmite essas informações para as antenas terrestres. As antenas terrestres então transmitem essas informações para os satélites. As antenas terrestres, localizadas na Ilha de Ascensão, Diego Garcia e Kwajalein, também são usadas para transmitir e receber informações de controle de satélite.

A energia elétrica para os satélites GPS é fornecida por grandes painéis solares (vide Figura 37.3), que ajudam a estabilizar o satélite em sua órbita, em conjunto com dispositivos de reação controlados por magnetos de alta potência. Além disso, os satélites são dotados de baterias, para operação nos períodos em que permanecem na sombra da Terra. Os satélites também dispõem de um suprimento limitado de propelente, para permitir manobras na órbita, ou entre órbitas. Como essas manobras só podem ser executadas com um gasto limitado de combustível, as mudanças de órbitas tendem a ser eventos longos, levando semanas ou meses. Durante estes períodos, o desempenho do satélite fica, muitas vezes, degradado.

37.3.2 Características dos sinais transmitidos

Os satélites do sistema GPS, inicialmente, transmitiam nas mesmas frequências, na faixa de UHF, centradas em 1575,42 MHz e 1227,60 MHz, e designadas, respectivamente, como frequências L1 e L2, mas o sinal de cada satélite era transmitido com uma modulação diferente, sob a forma de código, que permitia (e continua permitindo) a perfeita identificação do satélite pelo receptor GPS.

Essas modulações em forma de código consistem de um "Código de Precisão" (P Code) e de um "Código de Aquisição Inicial" (C/A – *Coarse Acquisition Code*), que proporcionam, respectivamente, o Serviço de Posicionamento Preciso (PPS – Precise Positioning Service) e o Serviço de Posicionamento Padrão (SPS – Standard Positioning Service). A portadora L1 contém ambas as modulações em código, enquanto a L2 contém somente o Código P. Assim, dois níveis de acurácia de navegação são fornecidos pelo GPS: o PPS e o SPS.

O GPS foi projetado, como já dito, pelo *U.S. Department of Defense*, em proveito de um restrito emprego militar, pelos Estados Unidos, devendo ser considerado que a sua capacidade de posicionamento extremamente precisa é um benefício ao qual os militares norte-americanos podem precisar limitar em tempos de guerra, com o propósito de negar o seu uso ao inimigo. Assim, o Código de Precisão e, consequentemente, o PPS, é acessível apenas para os usuários militares norte-americanos e os aliados da OTAN, além de outras agências governamentais dos EUA. Por sua vez, os códigos C/A e o SPS são acessíveis em todo o mundo para qualquer usuário que possua um receptor GPS. A acurácia do sinal GPS no espaço é, na verdade, a mesma para ambos os usuários, seja civil ou militar.

Embora o Código P seja mais preciso que o Código C/A, a diferença de desempenho entre os dois é, na verdade, menos significativa do que os projetistas do sistema esperavam inicialmente. Esta foi, por conseguinte, a maior razão para a introdução, no início da liberação do Serviço de Posicionamento Padrão (SPS) aos usuários civis, da "Degradação Intencional", ou "Disponibilidade Seletiva" (SA – *Selective Availability*), projetado para fornecer uma capacidade de posicionamento menos precisa do que o PPS. No entanto, o uso de SA foi descontinuado por determinação do governo norte-americano, em 2000.

SELECTIVE AVAILABILITY – SA

A *Selective Availability* (SA - Disponibilidade Seletiva) foi uma degradação intencional dos sinais públicos do GPS implementados por razões de segurança nacional. Em maio de 2000, o governo dos EUA descontinuou o uso da *Selective Availability* para tornar o GPS mais responsivo a usuários civis e comerciais em todo o mundo. Em setembro de 2007, o governo dos EUA anunciou sua decisão de adquirir a futura geração de satélites GPS, conhecidos como GPS III, sem o recurso SA. Ao fazer isso, tornou permanente a decisão política de 2000, eliminando a fonte de incerteza no desempenho do GPS que preocupava os usuários civis de GPS em todo o mundo.

Em razão do interesse militar norte-americano, o SPS transmite em uma frequência (L2), enquanto o PPS usa duas (L1 e L2). Isso significa que os usuários militares podem realizar a correção ionosférica, uma técnica que reduz a degradação do rádio causada pela atmosfera da Terra. Com menos degradação, o PPS oferece melhor acurácia do que o SPS básico. No entanto, o programa de modernização do GPS, em andamento pelo governo norte-americano, está adicionando novos sinais e frequências civis aos satélites GPS, permitindo a correção ionosférica para todos os usuários. Futuramente, a diferença de acurácia entre o GPS militar e o civil desaparecerá. Mas o GPS militar continuará a fornecer vantagens importantes em termos de segurança aprimorada e resistência a obstruções e congestionamento de sinais. Atualmente, os satélites GPS transmitem em frequências de rádio moduladas em sequência de ruído pseudoaleatório (*pseudorandom noise* – PRN[3]), designadas L1 (1575,42 MHz), L2 (1227,60 MHz) e L5 (1176,45 MHz).

Sobrepostas nos antigos códigos C/A e P(y) estão as informações de navegação, agrupadas em um formato padrão de mensagem. Essa mensagem contém informações sobre os dados de efemérides do satélite, dados de correção de propagação atmosférica e a orientação do relógio do satélite. Além disso, no decorrer do processo de modernização do GPS, conduzido pelo governo norte-americano, quatro novos formatos de mensagem, com informações adicionais, foram introduzidos no sistema do GPS: L2-CNAV, CNAV-2, L5-CNAV e MNAV.

As informações originais e as três primeiras adicionais, decorrentes do processo de modernização do sistema GPS, são informações de interesse dos usuários civis, enquanto o MNAV é uma informação de uso militar. No processo de modernização do GPS, continuou-se transmitindo o mesmo tipo de conteúdo do pacote das informações originais (efemérides do satélite, dados de correção de propagação atmosférica e a orientação do relógio do satélite), mas em um ritmo maior e com maior robustez.

---

[3] *Os **códigos de ruído pseudoaleatório (PRN)** são um elemento importante dos sistemas de navegação por satélite baseados em acesso múltiplo por divisão de código (code division multiple access – CDMA). Cada satélite dentro de uma constelação GNSS tem um código PRN único que é transmitido como parte da mensagem de navegação C/A. Este código permite que qualquer receptor identifique exatamente qual(is) satélite(s) está recebendo.*

As mensagens L2-CNAV, L5-CNAV e MNAV têm estrutura e formato de dados semelhantes. Esse formato permite mais flexibilidade, melhor controle e conteúdo aprimorado. Além disso, a mensagem MNAV possui melhorias para a segurança e robustez da mensagem de uso militar. O CNAV-2 é modulado em L1CD, compartilhando a mesma banda que a mensagem de navegação LNAV.

O GPS atribui um código C/A exclusivo e um código P exclusivo a cada satélite. Essa prática, conhecida como acesso múltiplo por divisão de código (*code division multiple access* – CDMA), permite que todos os satélites usem uma frequência de portadora comum, enquanto ainda permite que o receptor determine qual satélite está transmitindo. O CDMA também permite a fácil identificação do usuário de cada satélite GPS. Como cada satélite transmite usando sua própria combinação de código C/A e P, pode ser atribuído a ele um número de sequência PRN exclusivo. Este número permite que um satélite seja identificado quando o sistema de controle GPS se comunica com os usuários.

Como já dito, anteriormente, decorrente do processo de modernização do sistema GPS, estão sendo colocados em uso três novos sinais de navegação projetados para uso civil: L2C, L5 e L1C. O sinal de emprego civil ainda em uso, denominado L1C/A, considerado como o primeiro sinal civil, continuará transmitindo, ao fim desse processo de modernização para um total de quatro satélites GPS.

O L2C é o segundo sinal GPS de uso civil, projetado especificamente para atender às necessidades comerciais. Seu nome refere-se à frequência de rádio utilizada pelo sinal L2 e ao fato de ser de uso civil (C). Há também dois sinais militares na frequência L2. Quando combinado com o L1C/A em um receptor de dupla frequência, o L2C permite a correção ionosférica, que é uma técnica que aumenta a acurácia. Conforme afirmação contida na página oficial do sistema GPS na internet (https://www.gps.gov/), usuários civis com receptores GPS de dupla frequência desfrutam da mesma acurácia que os usuários militares (ou melhor). O L2C transmite com uma potência efetiva mais alta do que o sinal L1C/A, facilitando a recepção sob árvores e até mesmo em ambientes internos. O primeiro satélite GPS com L2C foi lançado em 2005. A partir de então, todos os satélites GPS lançados incluem um transmissor L2C.

O L5 é o terceiro sinal de GPS civil, projetado para atender aos exigentes requisitos de navegação para a salvaguarda da vida humana (*safety-of-life*) e outras aplicações de alto desempenho. Sua denominação refere-se à designação norte-americana para a radiofrequência utilizada pelo sinal L5. O L5 é transmitido em uma faixa de rádio reservada exclusivamente para serviços de segurança da aviação. Possui maior potência, maior largura de banda e um design de sinal avançado. Aeronaves futuras usarão o L5 em combinação com o L1C/A para melhorar a acurácia (via correção ionosférica) e robustez (via redundância de sinal). Além do transporte, o L5 fornecerá aos usuários em todo o mundo o sinal de GPS de uso civil mais avançado que possa existir. Quando usado em combinação com L1C/A e L2C, o L5 fornecerá um serviço altamente robusto. Por meio de uma técnica chamada *trilaning*, o uso de três frequências de GPS poderá permitir uma acurácia submétrica sem técnicas para aumento da acurácia (*augmentation*), bem como operações de alcance muito longo com técnicas de aumento da acurácia. Em 2009, a U.S. Air Force transmitiu com sucesso um sinal L5 experimental no satélite GPS IIR-20(M). O primeiro satélite GPS IIF com um transmissor L5 completo foi lançado em maio de 2010.

O L1C é o quarto sinal GPS civil, projetado para permitir a interoperabilidade entre o sistema GPS e os sistemas internacionais de navegação por satélite. Sua denominação refere-se à frequência de rádio utilizada pelo sinal L1 e ao fato de ser de uso civil (C). Há também dois sinais militares em L1, bem como o sinal C/A original. O L1C não deve ser confundido com

L1C/A. O L1C apresenta um esquema de modulação *Multiplexed Binary Offset Carrier* (MBOC) que permite tanto a cooperação internacional quanto protege os interesses de segurança nacional dos EUA. O seu desempenho melhorará a recepção do sinal GPS móvel em cidades e em outros ambientes desafiadores. Os Estados Unidos e a Europa desenvolveram originalmente o L1C como um sinal civil comum para os sistemas GPS e Galileo. O sistema *Quasi-Zenith Satellite System* (QZSS) do Japão e o sistema BeiDou da China também estão adotando sinais semelhantes ao L1C. O primeiro satélite GPS com L1C foi lançado em dezembro de 2018. L1C transmite na mesma frequência que o sinal L1 C/A original, que ficará ultrapassado.

Os novos sinais para uso civil entrarão gradualmente em operação na medida em que a *U. S. Air Force* continue lançando novos satélites GPS para substituir os mais antigos. A maioria dos novos sinais será de uso limitado até que sejam transmitidos por 18 satélites. Os usuários, à medida que esses novos sinais venham se tornando operacionais, devem atualizar os seus equipamentos para se beneficiarem deles.

A tabela a seguir resume as características das gerações atuais e futuras dos satélites componentes do sistema GPS.

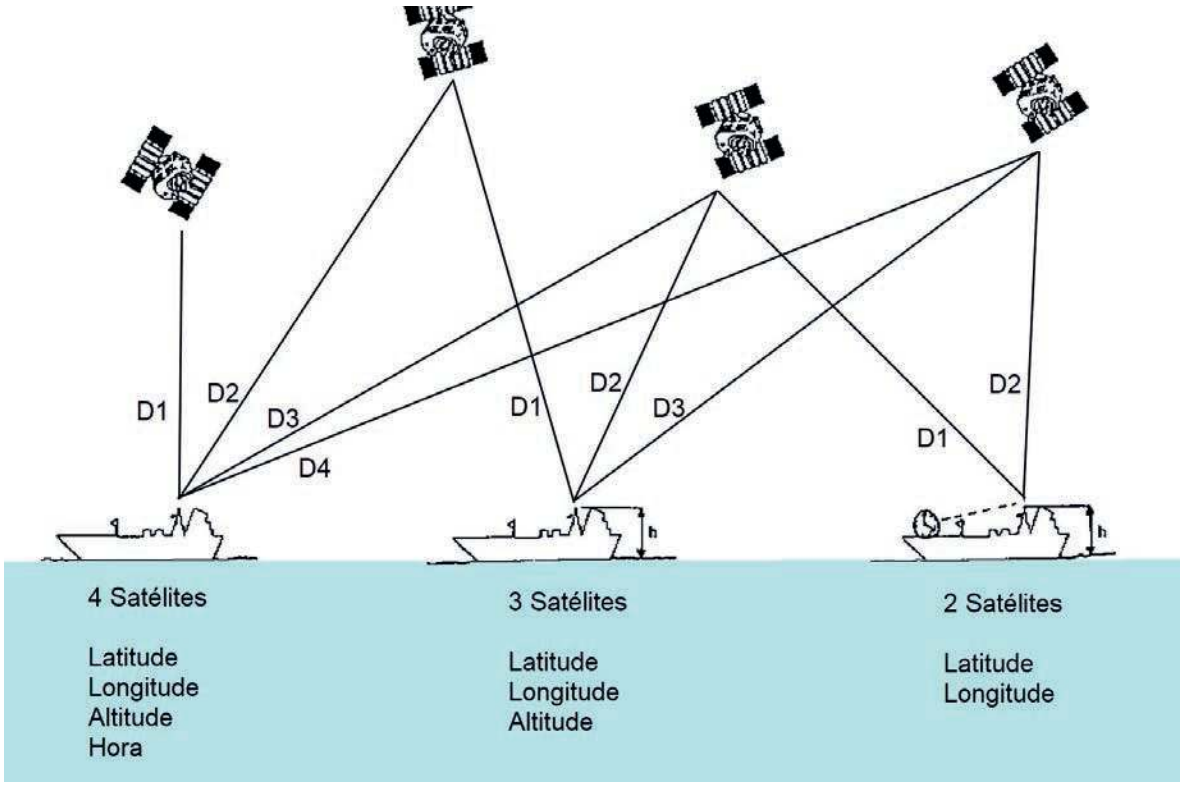
Modelo	Lançamento	Em operação	Características principais
BLOCK IIR	1997-2004	7	Código de aquisição bruto (C/A) na frequência L1 para usuários civis. Código P(Y) preciso nas frequências L1 e L2 para usuários militares. Relógio de monitoramento a bordo.
BLOCK IIR-M	2005-2009	7	Todas as características do BLOCK IIR Segundo sinal para usuário civil em L2 (L2C). Novos sinais de código M militar para maior resistência a congestionamento de sinais. Níveis de potência flexíveis para sinais militares.
BLOCK IIF	2010-2016	12	Todas as características do BLOCK IIR-M. Terceiro sinal para usuário civil em L5. Relógio atômico avançado a bordo. Aprimoramento da acurácia, intensidade e qualidade do sinal.
GPS III / IIIF	2018+	8	Todas as características do BLOCK IIF. Quarto sinal para usuário civil em L1 (L1C). Aprimoramento da confiabilidade, acurácia e integridade de sinal. Sem disponibilidade seletiva. No modelo IIIF: refletores de laser; informações de busca e salvamento.

37.3.3 Determinação da Posição GPS

Como nos sistemas de radionavegação baseados em terra (p. ex. LORAN-C), o GPS requer a obtenção de mais de uma distância para produzir uma posição na superfície da Terra. Se for desejada uma posição tridimensional (Latitude, Longitude e altitude) e informação precisa de tempo, é necessário observar 4 satélites, para obtenção de 4 distâncias, o que permite calcular as 4 incógnitas (Latitude, Longitude, altitude e hora). Este número pode ser reduzido, resolvendo com antecedência algumas das incógnitas para o receptor.

Se a altitude é conhecida com acurácia, como no caso de um navio, então restam apenas 3 incógnitas (Latitude, Longitude e hora), requerendo observações de apenas 3 satélites. Receptores de navegação mais sofisticados (possuindo um padrão atômico de frequência de rubídio), capazes de determinar a hora e sincronização independentemente, requerem apenas a observação de 2 satélites, para obtenção de 2 distâncias e determinação das 2 incógnitas que restam (Latitude e Longitude). As situações acima são ilustradas na Figura 37.5.

Figura 37.5 – Número de Satélites GPS necessários para posicionamento



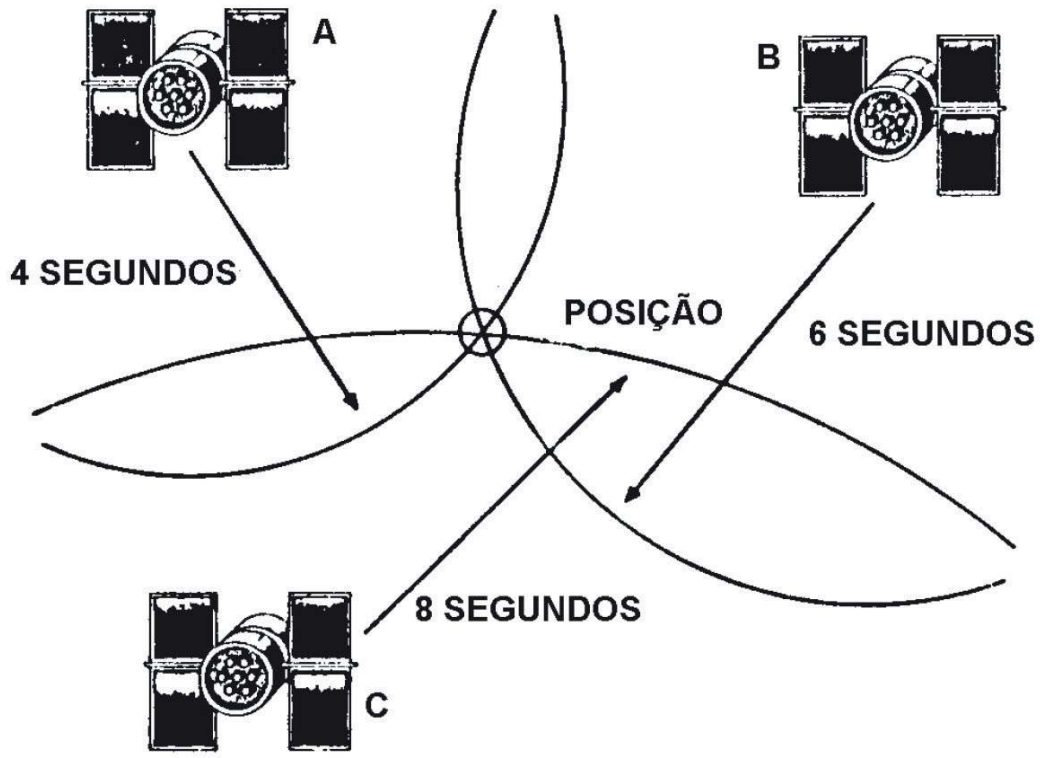
Além das 4 incógnitas anteriormente citadas (Latitude, Longitude, altitude e hora), o equipamento receptor GPS de bordo, em proveito da navegação, também fornece o rumo e a velocidade no fundo, o rumo e a velocidade da corrente e outros elementos úteis ao navegante.

O segmento de bordo do navegante é constituído pelos receptores GPS e equipamentos associados, que, basicamente, determinam com acurácia a distância do receptor para vários satélites (através da medição dos tempos de trajeto dos sinais transmitidos pelos satélites) e

computam a posição do receptor e a hora exata da medição. As posições GPS são determinadas tendo como referência o sistema geodésico WGS-84 (*World Geodetic System* / 1984). Entretanto, a maioria dos receptores tem capacidade de calcular a mudança de *datum* (*Datum Shift*) e apresentar a posição com referência a outros elipsoides e *data* locais.

Como já dito, a posição GPS é baseada na medição de distâncias aos satélites do sistema. Os satélites GPS funcionam como pontos de referência no espaço, cuja posição é conhecida com acurácia. Então, um receptor GPS (marítimo), com base na medição do intervalo de tempo decorrido entre a transmissão dos sinais pelos satélites e sua recepção a bordo, determina a sua distância a três satélites no espaço, usando tais distâncias como raios de três esferas, cada uma delas tendo um satélite como centro. A posição GPS será o ponto comum de interseção das três esferas com a superfície da Terra, conforme mostrado na Figura 37.6 (em uma aeronave, o receptor GPS teria que medir, ainda, a distância a um quarto satélite, para determinar, também, a altitude).

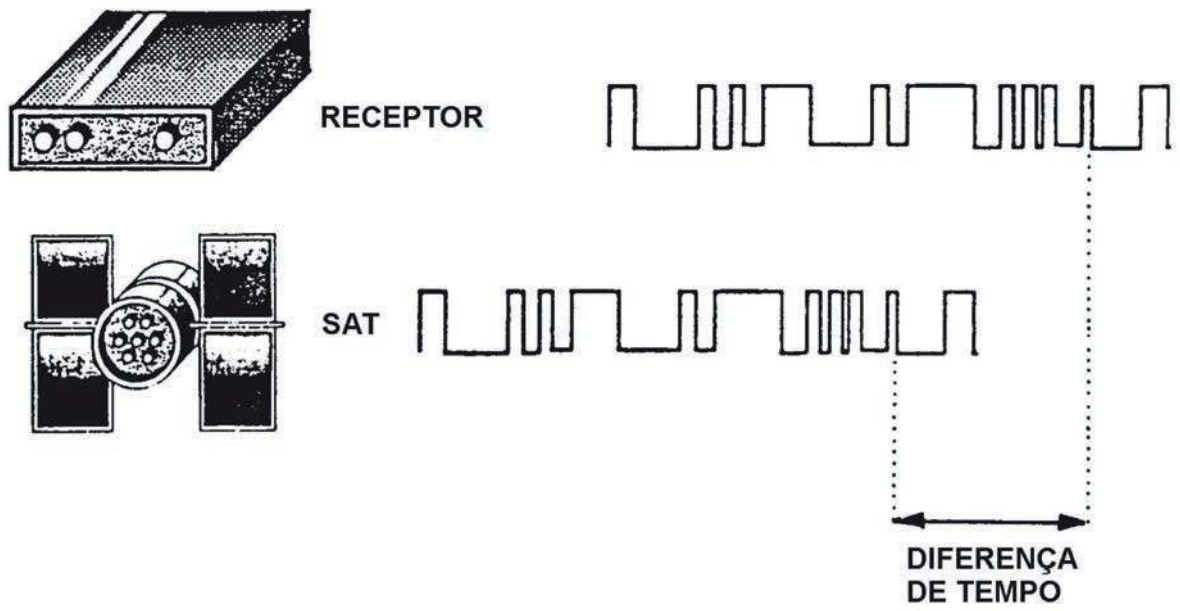
Figura 37.6 – Posição GPS



Na Figura 37.6, a distância do receptor GPS ao satélite A foi determinada com base na medida do intervalo de tempo de 4 segundos entre a transmissão do sinal pelo satélite A e sua recepção a bordo. Medindo este tempo e conhecendo a velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas (300.000 km/s), o receptor calcula a distância ao satélite A. O mesmo é feito com relação aos satélites B e C. Determinadas as três distâncias, o receptor calcula a posição do navio na superfície da Terra e a hora exata correspondente. Os intervalos de tempo entre a emissão dos sinais pelos satélites e sua recepção são medidos pelos equipamentos GPS com acurácia da ordem de 1 nanossegundo (0,000000001 segundo).

Entretanto, para determinar a duração do trajeto do sinal, o receptor GPS necessita conhecer exatamente o instante em que o sinal foi emitido pelo satélite, para poder medir a diferença de tempo entre a transmissão e a recepção. Então, o sistema GPS baseia-se no princípio de que o receptor e o satélite devem estar sincronizados, de modo que gerem o mesmo código exatamente no mesmo instante. Assim, basta ao equipamento, ao receber o código transmitido por um satélite, medir a diferença de tempo entre o instante de recepção e o instante em que o receptor gerou o mesmo código, como esquematizado na Figura 37.7.

Figura 37.7 – Medida da Diferença de Tempo no Sistema GPS

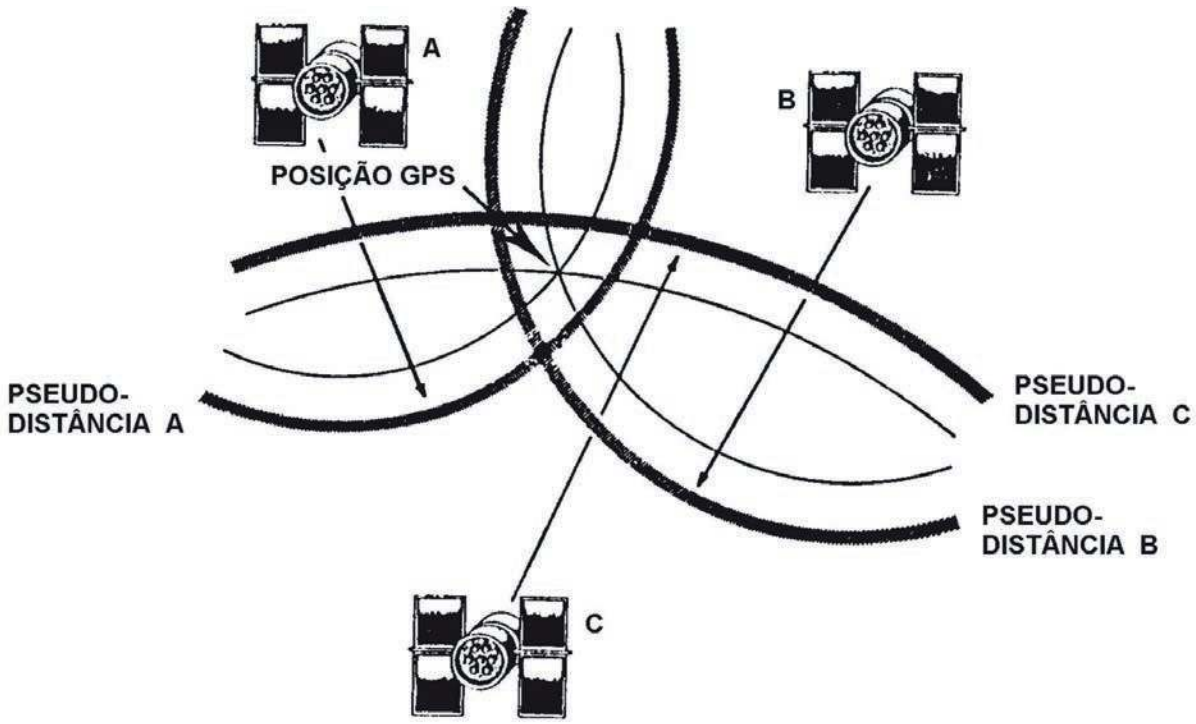


Contudo, uma sincronização perfeita exigiria que tanto os satélites como os receptores GPS dispusessem de padrões atômicos de tempo. Os satélites dispõem desses padrões, porém, no caso dos receptores, tal componente os tornaria proibitivamente caros. Em vez disso, os receptores GPS, em sua maioria, empregam para referência de tempo um oscilador a cristal, que permite uma sincronização com boa aproximação entre ele e o satélite. Mas, com isso, fica introduzido um erro de tempo na medida da duração do trajeto entre a emissão e a recepção do sinal. Este fator, somado ao erro decorrente da variação da velocidade de propagação do sinal, resulta em um pequeno erro de distância, que é comum a todas as distâncias GPS medidas em um determinado momento. Então, as distâncias assim obtidas são denominadas de pseudodistâncias (pseudoranges), ou distâncias aparentes, aos satélites.

Inicialmente, as pseudodistâncias medidas para três satélites GPS não se cruzam em um ponto. Contudo, o computador do receptor ajusta as distâncias em incrementos iguais até que as LDP resultantes convirjam em um único ponto, resolvendo, na realidade, três equações (uma para cada pseudodistância) para três incógnitas (Latitude, Longitude e erro de tempo), produzindo uma estimativa de sua posição. Como próximo passo, o receptor considera seu próprio movimento durante o processo de aquisição e processamento dos sinais dos satélites. Isso é feito através da comparação das frequências dos sinais dos satélites com um sinal de referência que o receptor gera internamente. A partir do efeito

Doppler, o receptor computa sua velocidade relativa para cada um dos satélites que está observando. Então, recalcula as três equações mencionadas, até que o cálculo produza um ponto, conforme esquematizado na Figura 37.8. Como visto, um quarto satélite será necessário, se a altitude também tiver que ser determinada.

Figura 37.8 – Posição GPS por Pseudodistâncias



Além das distâncias aos três satélites, é necessário que o receptor GPS conheça, também, as posições precisas dos satélites, no instante da observação. Para isso, o sinal transmitido pelos satélites GPS tem duas partes:

• um código digital, único para cada satélite, que o identifica; e

• superposto ao código, "uma mensagem de navegação" (NAV message) que contém informações atualizadas sobre a órbita do satélite (dados de efemérides), além de outros elementos.

Como já visto, cada satélite GPS transmite continuamente em duas ou mais frequências, de modo que os receptores GPS possam determinar e eliminar os efeitos da refração ionosférica e atmosférica sobre o sinal, permitindo, assim, um cálculo mais preciso da velocidade de propagação e, consequentemente, das distâncias entre o receptor e os satélites.

Os sinais são modulados por "mensagens de navegação" de 30 segundos, transmitidos em 50 bps (bits por segundo). Os primeiros 18 segundos contêm os dados de efemérides para o satélite que transmite o sinal, definindo com acurácia a sua posição, em função do tempo. Os outros 12 segundos contêm dados de "almanaque", que definem as órbitas e as condições operacionais de todos os satélites do sistema. Os receptores GPS armazenam e usam os dados

de efemérides para determinar a pseudodistância ao satélite, e os dados de "almanaque" como auxílio para selecionar os 4 melhores satélites para emprego na obtenção da posição, em qualquer hora e lugar.

37.3.4 Acurácia do Sistema GPS

Os satélites GPS transmitem seus sinais no espaço com certa acurácia, mas os sinais que o usuário recebe depende de fatores adicionais, incluindo geometria do satélite, bloqueio de sinal, condições atmosféricas e recursos e qualidade do receptor. Por exemplo, os smartphones habilitados para receber sinais GPS são normalmente precisos em um raio de 4,9 m (16 pés) sob céu aberto. No entanto, essa acurácia piora perto de edifícios, pontes e árvores.

Usuários específicos, a exemplo dos navegantes e aeronavegantes, aumentam a acurácia do sinal GPS com receptores de dupla frequência e/ou sistemas de aumento (augmentation systems). Essa combinação de receptores e sistemas de aumento da acurácia podem permitir o posicionamento em tempo real dentro de poucos centímetros e medições de longo prazo no nível do milímetro.

Muitos fatores podem degradar a acurácia do posicionamento do GPS. Causas comuns incluem:

- Bloqueio do sinal de satélite devido a edifícios, pontes, árvores, etc.;
- Uso interno ou subterrâneo;
- Disposição geométrica dos satélites; e
- Sinais refletidos em edifícios ou paredes ("*multipath*").

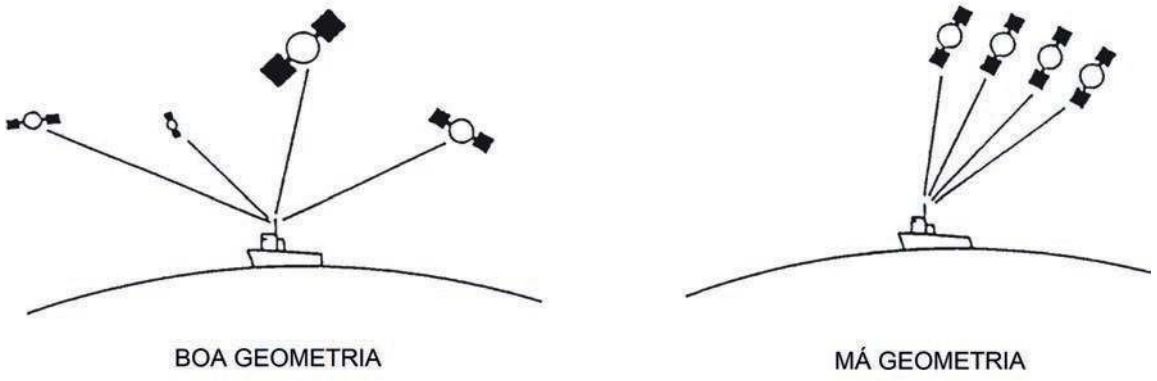
Causas menos comuns, mas relevantes, podem incluir:

- Interferência rádio ou interferência atmosférica;
- Grandes tempestades solares;
- Manutenção/manobras de satélites criando lacunas temporárias na cobertura; e
- Receptores projetados incorretamente que não estejam em conformidade com as especificações da interface GPS.

Na passagem pela ionosfera, que é composta de partículas eletricamente carregadas que refratam as ondas de rádio, o sinal do satélite sofre um atraso. Os receptores GPS modernos, capazes de receber duas ou mais frequências emitidas pelos satélites, eliminam a maior parte desse erro. Além disso, a troposfera, que contém uma quantidade significativa de vapor d'água, também afeta os sinais GPS, de uma maneira quase impossível de corrigir. O efeito da troposfera, entretanto, é menor que o da ionosfera.

Por sua vez, a acurácia de uma posição GPS depende, também, da geometria da situação, ou seja, da disposição geométrica dos satélites, conforme pode ser observado na Figura 37.9. Para obter a posição com o maior rigor possível, o receptor GPS leva em conta um princípio da geometria denominado "Diluição Geométrica da Precisão" (*Geometric Dilution of Precision* – GDOP), que se refere ao fato de que a solução do problema de determinação da posição pode ser melhor ou pior, dependendo dos satélites utilizados para a medição.

Figura 37.9 – Efeitos da Geometria na Precisão da Posição GPS



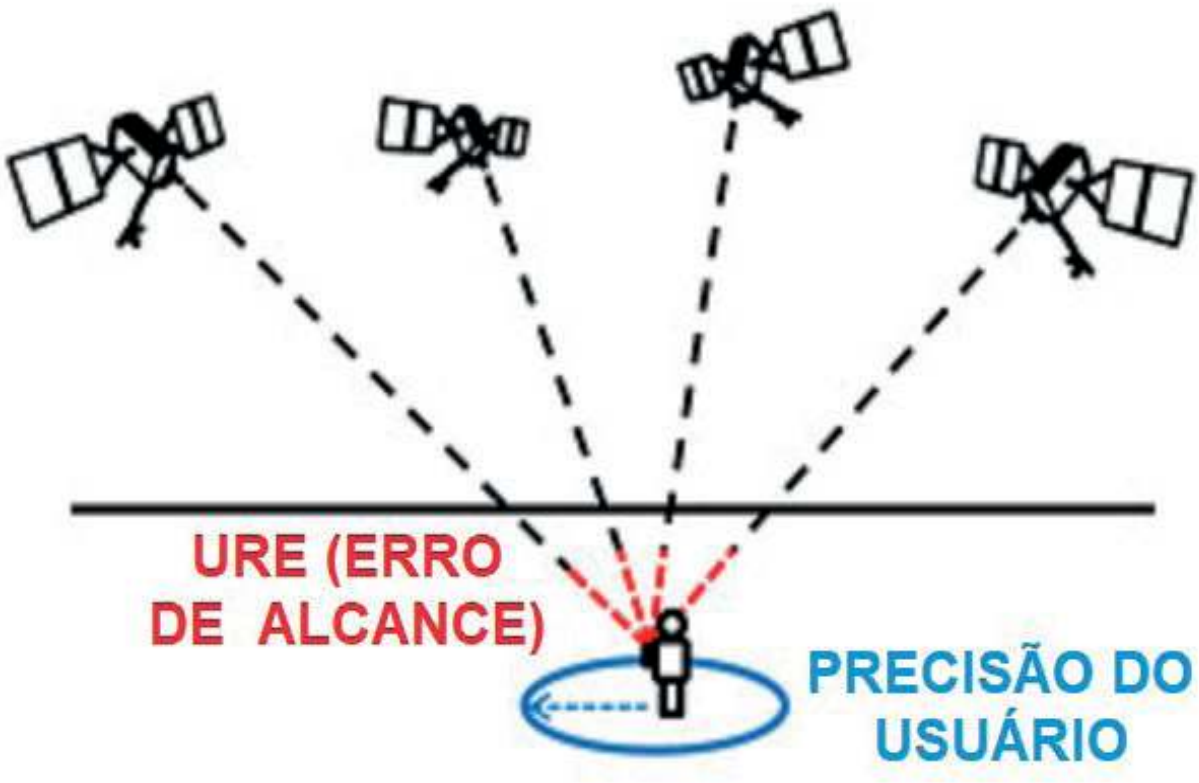
Todos os receptores GPS são projetados para selecionar uma configuração de satélites que proporcione a melhor geometria (melhores ângulos de corte entre as LDP). A geometria dos satélites é apresentada ao usuário por um fator de diluição da acurácia da posição, conhecido como PDOP (*Positional Dilution of Precision*), que deve ser usado como um indicador da qualidade da informação obtida. Os fatores PDOP são números relativos; quanto menor o fator PDOP, melhor a acurácia da posição. Inversamente, quanto maior o valor do fator, pior a qualidade da determinação correspondente (ou seja, maior a influência dos erros de observação nos resultados do posicionamento).

O governo norte-americano é comprometido em fornecer os sinais GPS nos níveis de acurácia especificados no GPS *Standard Positioning Service* (SPS) *Performance Standard* (GPS SPS PS – Padrão de Desempenho do Serviço de Posicionamento Padrão GPS).

Os compromissos de acurácia não se aplicam aos dispositivos receptores do GPS dos usuários, mas sim aos sinais transmitidos no espaço pelos satélites. Por exemplo, o SPS se compromete a transmitir o sinal de GPS no espaço com um erro de alcance médio global diário para o usuário (*User Range Error* – URE) de ≤ 2,0 m (6,6 pés), com 95% de probabilidade, em todos os satélites operacionais em suas slots (posições orbitais) na constelação. O desempenho real geralmente é muito melhor. Em 20 de abril de 2021, o URE médio global em todos os satélites foi ≤ 0,643 m (2,1 pés), em 95% do tempo observado.

De forma clara e objetiva, o URE não é a acurácia do usuário. A acurácia do usuário depende, com já dito anteriormente, de uma combinação da geometria dos satélites, do URE e de fatores locais, como bloqueio de sinal, condições atmosféricas e recursos/qualidade do projeto do receptor. Para calcular a posição, um dispositivo receptor GPS mede a sua distância (alcance) de vários satélites GPS. Nesse contexto, o URE (*User Range Error*) é uma medida da acurácia do alcance entre o dispositivo receptor do usuário e o satélite transmissor do sinal. A acurácia do posicionamento do usuário (que pode ser expressa como um raio) refere-se o quão perto a posição calculada pelo receptor está próxima da posição verdadeira, permitida diretamente pelos sinais GPS, conforme esquematizado pela Figura 37.10.

Figura 37.10 - URE versus a Precisão do Usuário



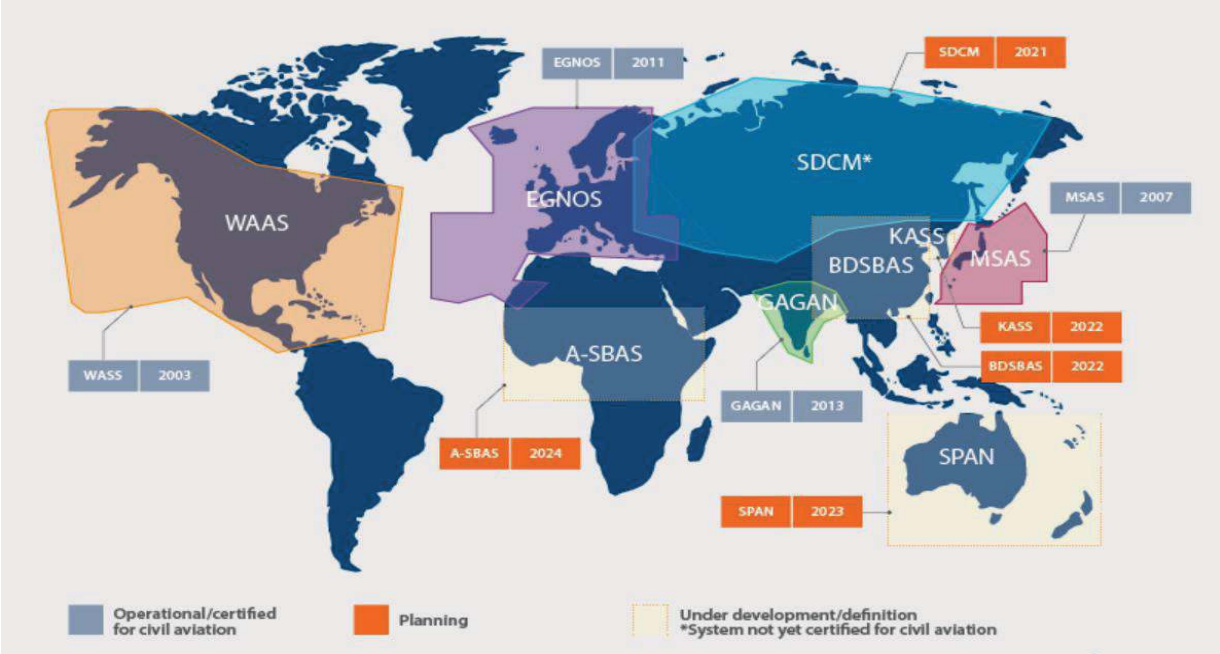
É necessário, ainda, recordar que o sistema geodésico adotado para referência do GPS é o WGS-84. Assim, para plotar uma posição GPS em uma carta náutica construída com base em outro *datum* e outro elipsoide de referência, pode ser preciso aplicar correções à Latitude e à Longitude fornecidas pelo equipamento, principalmente se a carta for de escala muito grande. Tais correções, em geral, vêm indicadas nas próprias cartas. Na maioria dos casos, entretanto, são pequenas correções, sem maior interesse para o navegante. Além disso, o próprio receptor GPS pode ter capacidade de executar a mudança de *datum* ("*datum shift*").

Desde que a capacidade operacional inicial do GPS foi divulgada pela primeira vez em 1993, o desempenho real do GPS atendeu e excedeu continuamente os níveis mínimos de desempenho especificados no SPS PS. Por exemplo, com a acurácia atual do sinal no espaço (*Signal-in-Space* – SIS), estabelecido a partir de 2018, os receptores GPS de melhor desempenho têm alcançado acurácia horizontal de 3 metros, ou melhor, e acurácia vertical de 5 metros, ou melhor, 95% das vezes. Várias agências dos EUA monitoram continuamente o desempenho real do GPS SPS, incluindo a *Federal Aviation Administration* (FAA), que publica relatórios trimestrais de análise de desempenho no site da *National Satellite Test Bed* (NSTB) (http://www.nstb.tc.faa.gov/).

Estes sistemas, apesar de serem regionais, buscam ser compatíveis entre si, de modo a permitir a cooperação internacional, como o norte-americano WAAS (*Wide Area Augmentation System*) voltado para a navegação aérea, o europeu EGNOS (*European Geostationary Navigation Overlay Service*) voltado para a navegação aérea, marítima e terrestre sobre a maior parte do continente europeu, o indiano GAGAN (*GPS Aided GEO Augmented Navigation*) e o japonês MSAS (*Michibiki Satellite Augmentation System*) ambos voltados para a navegação aérea.

Em desenvolvimento pode-se elencar o chinês BDSBAS (BeiDou SBAS), o sul-coreano KASS (*Korea Augmentation Satellite System*), o russo SDCM (*System for Differential Corrections and Monitoring*), o ASECNA: SBAS (A-SBAS) para África e Oceano Índico e o binacional, entre a Australia e Nova Zelândia, SPAN (*Southern Positioning Augmentation Network*).

Figura 37.30 – Cobertura atual e planejada dos sistemas SBAS



Fonte: EUSPA (European Union Agency for the Space Programme)

A Figura 37.30 apresenta um esquema da cobertura atual (novembro de 2021) e planejada dos sistemas SBAS tendo ao lado de seus acrônimos as datas de início de operação.

37.9 O SISTEMA DIFERENCIAL

A técnica diferencial aplicada ao GPS, na década de 1980, foi desenvolvida para obter maior precisão de posicionamento do SPS (*Standard Positioning Service*) do sistema. A técnica diferencial corrige não só a degradação intencional da precisão do GPS (se imposta pelo governo dos EUA, por meio da "disponibilidade seletiva"), mas também as influências incontroláveis, como as condições de propagação ionosféricas e atmosféricas, os erros de sincronização dos relógios e as irregularidades nas órbitas dos satélites. Essa técnica tornava a precisão de posicionamento do GPS, acessível a qualquer usuário, melhor que 10 metros.

A técnica diferencial, aplicada ao GPS, passou a ser conhecida, desde a sua implantação, como *Differential Global Positioning System* – DGPS, que é um Sistema Baseado em Estações Terrestres (*Ground-Based Augmentation System* – GBAS). De acordo com os conceitos estabelecidos pela IMO, no âmbito do WWRNS, um differential system é um sistema de aumento da acurácia de posicionamento, navegação e tempo (PNT) pelo qual os sinais de radionavegação são monitorados em uma posição conhecida e as correções assim determinadas são transmitidas aos usuários na área de cobertura.

O conceito da técnica diferencial é anterior ao sistema GPS, tendo sido originalmente aplicado aos sistemas eletrônicos de navegação baseados em terra, como o Omega.

A aplicação da técnica diferencial ao GPS foi um desenvolvimento lógico na evolução da navegação GPS, conduzido, a partir de 1985, pela Guarda Costeira dos Estados Unidos com o propósito de buscar soluções para melhorar a precisão do GPS para o uso civil, a fim de que esse sistema pudesse alcançar as especificações para navegação marítima do Plano Federal de Radionavegação dos EUA. Esse plano especificava uma precisão de posição de 8 a 20 metros, com 99,7% de disponibilidade, para navegação de aproximação e navegação em águas restritas (interior de portos, baías, etc.). Na década de 1990, o sinal do GPS "padrão" não oferecia a precisão e a integridade necessárias para preencher este requisito.

A rede DGPS norte-americana, quando em pleno funcionamento, constitui-se de 45 estações de referência instaladas em radiofaróis marítimos operados pela Guarda Costeira dos EUA (USCG) e de 2 estações em radiofaróis canadenses situados na Colúmbia Britânica.

Em 21 de março de 2018, a USCG anunciou a descontinuação de suas estações de referência integrantes do seu sistema DGPS, destinadas à navegação marítima, a qual foi iniciada em setembro de 2018 e concluída em setembro de 2020. Esses fechamentos das ER-DGPS culminaram, naturalmente, na interrupção definitiva do serviço *Nationwide Differential Global Positioning System* (NDGPS) do governo dos Estados Unidos da América.

Tal decisão ocorreu de estudo conduzido pela USCG que concluiu que a precisão da posição no mar fornecida pelo GPS "não aumentado" (un-augmented) e pelo *Wide Area Augmentation System* (WAAS), baseado no GPS, era suficiente para atender aos requisitos de segurança da navegação previstos para a aproximação de áreas portuárias, não havendo, portanto, justificativas para realizar investimentos adicionais para atualizar e manter o sistema NDGPS.

Por seu turno, o governo da Austrália, por meio da *Australian Maritime Safety Authority* (AMSA) informou, em novembro de 2019, que descontinuaria o seu serviço de DGPS, a partir de 1º de julho de 2020, justificando que a maior precisão do GPS e a introdução de outras constelações de posicionamento global, como o GLONASS, o Galileo e o Beidou, significavam que o serviço DGPS da AMSA não seria mais necessário. Outras nações, seguindo o exemplo dos EUA, como o Japão e a África do Sul, também tiveram iniciativas semelhantes, quanto a desativar as suas redes DGPS.

Recentemente, em 9 de agosto de 2021, o governo do Reino Unido, que também operava um sistema diferencial de GPS, desde 1987, destinado à navegação marítima costeira, por meio da *General Lighthouse Authorities of the UK and Ireland* (GLA), anunciou que esse serviço seria descontinuado em 31 de março de 2022. Como justificativa, a exemplo da USCG, o GLA informou que o sistema era redundante ao *European Geostationary Navigation Overlay Service* (EGNOS), atualmente baseado no GPS americano, mas previsto também processar os sinais do Galileo.

Como já apresentado no início deste item, o acrônimo DGPS deve ser empregado, tão somente, quando um GBAS, utilizando a técnica diferencial para melhoria da acurácia do posicionamento, empregar exclusivamente o GPS. Caso o sistema diferencial utilize outros sinais de sistemas satelitais, além do GPS, como o Galileo, o GLONASS e/ou o BeiDou, o sistema diferencial deverá ser nominado, de forma genérica, como *Differential Global Navigation Satellite Systems* (DGNSS). Uma relação atualizada de todas as estações de referência de DGNSS (ER-DGNSS), existentes no mundo, pode ser obtida na publicação "Table of DGNSS Stations[27]", da IALA.

O governo brasileiro, por intermédio da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), atualmente opera um sistema híbrido DGPS-DGNSS, destinado à navegação costeira e interior, que será apresentado detalhadamente no subitem 37.9.2.

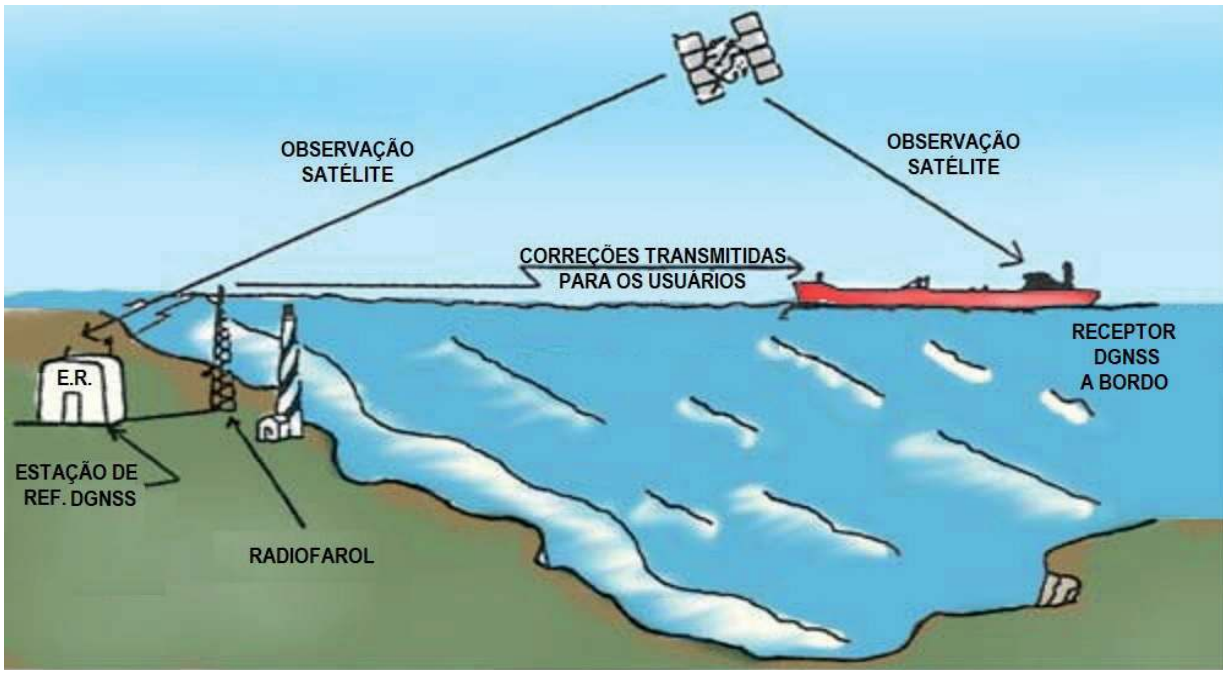
37.9.1 Componentes e operação do DGNSS

O princípio fundamental do DGNSS é a comparação da posição de um ponto fixo, denominado estação de referência, com as posições obtidas de um receptor GNSS naquele ponto. A diferença observada pode ser considerada como um deslocamento de coordenadas geográficas de 2 ou 3 dimensões (diferencial de posição), ou como uma série de correções para os dados de alcance do satélite (diferencial de pseudodistância).

Dessa forma, a navegação DGNSS em tempo real requer três componentes principais, conforme apresentado na Figura 37.31:

- Estação de Referência DGNSS (ER-DGNSS);
- link de comunicações (Navio ↔ ER-DGNSS ↔ Satélite ↔ Navio); e
- receptor DGNSS a bordo do navio ou embarcação.

Figura 37.31 – Princípio de funcionamento do DGNSS



[27] *A "Table of DGNSS Stations" pode ser consultada no endereço eletrônico da IALA: https://www.iala-aism.org/.*

O conceito de operação utilizado é o de posicionamento relativo. As observações simultâneas dos mesmos satélites por duas estações ER-DGNSS e navio proporcionam a minimização ou, até mesmo, a eliminação dos efeitos de alguns erros sistemáticos que incidem de forma semelhante em ambas as estações (erros das órbitas dos satélites, refração troposférica e ionosférica, erros nos relógios dos satélites, etc.).

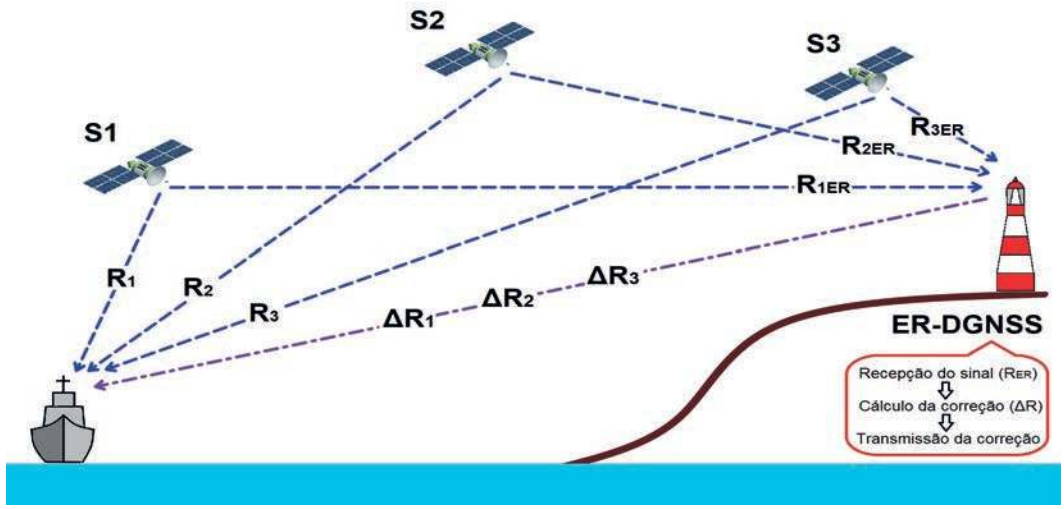
A ER-DGNSS é instalada em um ponto de coordenadas geográficas conhecidas com precisão, normalmente um radiofarol para navegação marítima. Em operação, o receptor GNSS da ER-DGNSS calcula a distância real de sua posição conhecida para cada satélite que está sendo observado, isto é, determina o valor da distância de sua posição cartesiana (X, Y, Z) para a posição cartesiana dos satélites (X_1, Y_1, Z_1). Ao mesmo tempo, o receptor GNSS mede as distâncias para os satélites que estão sendo acompanhados e computa as diferenças entre as distâncias calculadas e as distâncias medidas, obtendo correções na medida da distância para cada satélite.

Estas correções são transmitidas pelo link de comunicações para os receptores DGNSS instalados a bordo dos navios/embarcações que trafegam na área. Na navegação marítima, em muitos casos, utiliza-se a portadora do sinal dos radiofaróis marítimos para transmitir as correções DGNSS para os navios nas águas vizinhas. Para computar os dados de correção, o navio necessita de um equipamento especial para receber o sinal transmitido, demodular os dados de correção e injetá-los no receptor DGNSS de bordo.

O receptor DGNSS, então, incorpora os dados de correção na solução GNSS, ao mesmo tempo em que computa os dados dos satélites, permitindo medidas muito mais precisas de posição, rumo e velocidade. A técnica diferencial aplicada a um ou mais sistemas GNSS (em conjunto) aumenta a precisão de posição para um valor melhor que 10 metros e permite medidas de velocidades com precisão de 0,1 nó, aperfeiçoando, desta forma, a eficiência e a segurança da navegação marítima.

Na figura 37.32 o receptor GNSS na Estação de Referência DGNSS (ER-DGNSS) mede as distâncias aos três satélites (S_1, S_2, S_3) que estão sendo acompanhados e determina os valores de R1ER, R2ER e R3ER. Ao mesmo tempo, compara estes valores com as distâncias calculadas aos três satélites e obtém as correções ΔR_1, ΔR_2 e ΔR_3. Tais correções são transmitidas pelo link de comunicações da estação. A bordo do navio, o receptor DGNSS mede as distâncias aos três satélites, obtendo os valores R_1, R_2 e R_3. Ao mesmo tempo, recebe as correções transmitidas pela ER-DGNSS e calcula as distâncias corretas aos satélites ($R_{1corr} = R_1 + \Delta R_1$; e assim adiante). A posição GNSS é, então, calculada com os valores corretos de distâncias, o que proporciona uma precisão muito melhor.

Figura 37.32 – Percurso "terrestre" dos satélites do QZSS



Para a navegação marítima, a IMO e a IALA endossaram o uso dos radiofaróis (RF) para transmissão dos dados de correções DGNSS. Há várias vantagens derivadas do uso dos radiofaróis marítimos, entre as quais se destacam:

• o alcance dos RF é consistente com o alcance preciso dos dados do DGNSS (até cerca de 200–250 milhas da Estação de Referência);

• a rede de RF provê uma cobertura costeira efetiva;

• os regulamentos internacionais de radiodifusão protegem a faixa de frequências usadas pelos RF marítimos (283,5 kHz a 325 kHz), em todo o mundo;

• a propagação nesta faixa de frequências é, predominantemente, de onda terrestre, com um alcance utilizável da mesma ordem de magnitude da validade das correções DGNSS;

• os regulamentos internacionais de radiodifusão permitem que os RF transmitam informações suplementares de navegação (nas quais se incluem as correções DGNSS);

• os equipamentos de transmissão dos RF (NDB) são confiáveis e relativamente baratos;

• a bordo dos navios, o equipamento necessário para receber as correções DGNSS pode ser utilizado em todo o mundo, pois os RF marítimos de todos os países operam na mesma faixa de frequências;

• a transmissão das correções DGNSS pela portadora do sinal dos RF cumpre recomendação da IALA, que dispõe que as transmissões DGNSS não devem ser codificadas, a fim de que qualquer usuário possa ter acesso ao sistema; e

• a ER-DGNSS utiliza toda a infraestrutura já existente para operar e manter o RF.

37.9.2 O Sistema Diferencial Brasileiro

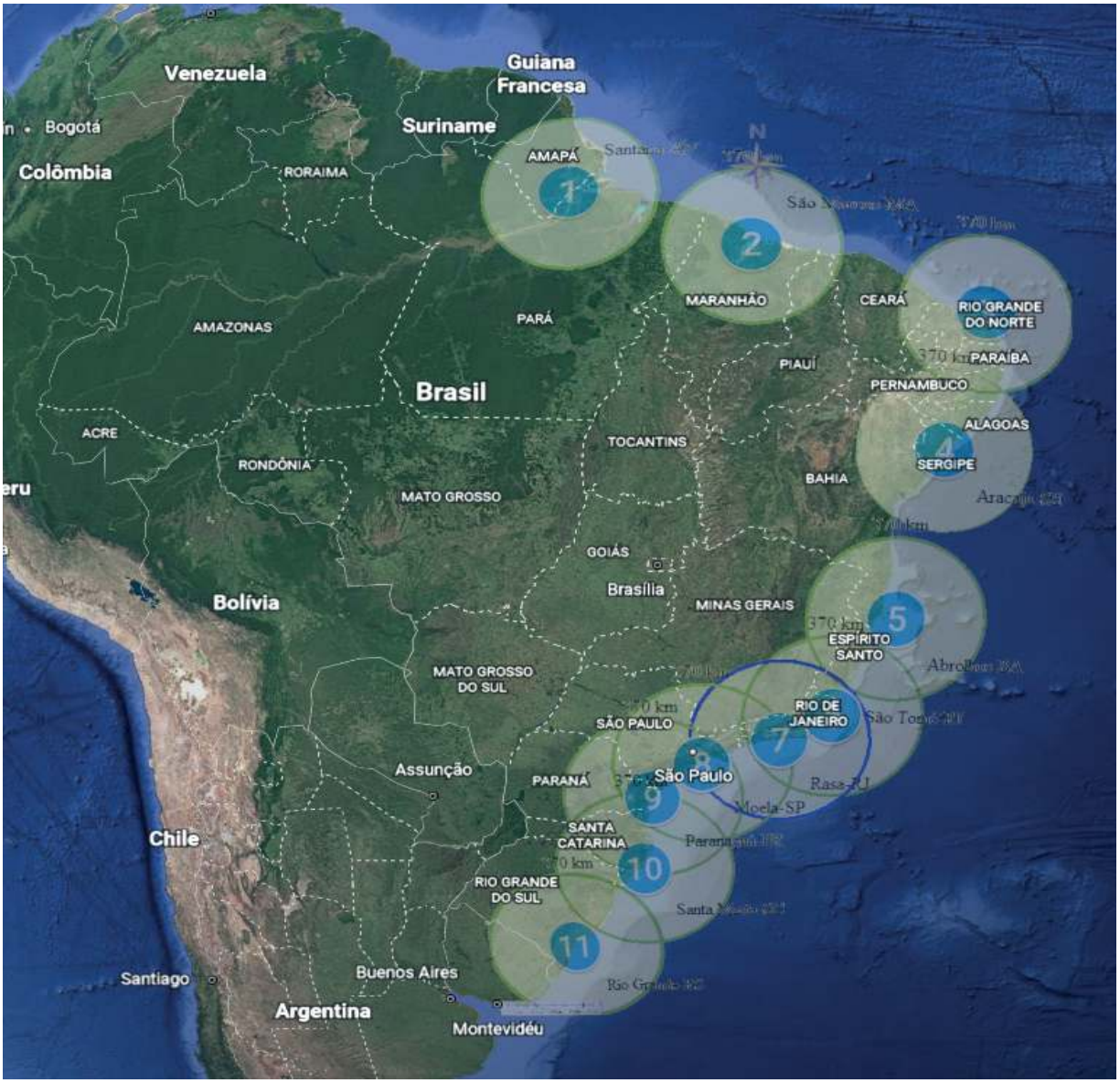
O Brasil dispõe, desde 1993, de estações de referência que empregam a técnica diferencial baseada na constelação de satélites americanos GPS. A primeira ER-DGPS foi instalada no radiofarol de São Marcos, no Maranhão, para aumentar a segurança da navegação no difícil canal de acesso ao terminal da Ponta da Madeira e ao porto de Itaqui.

Atualmente, encontram-se operacionais as ER-DGPS localizadas nos radiofaróis de São Marcos (MA), de Calcanhar (RN), de Sergipe (SE), de Abrolhos (BA), de São Tomé (RJ), de Moela (SP), de Santa Marta (SC) e de Rio Grande (RS). A ER instalada no RF de Canivete (AP) foi desativada e um novo RF, com DGPS, foi instalado na cidade de Santana (AP).

Decorrente de um já iniciado processo de modernização das ER diferenciais, os radiofaróis da Ilha Rasa (RJ), São Tomé (RJ), Moela (SP) e Paranaguá (PR) operam, hoje, como uma ER-DGNSS, com capacidade de receber os sinais transmitidos pelas constelações satelitais do GPS e do GLONASS.

As nove ER-DGPS e as ER-DGNSS, em operação na costa brasileira, permitem a cobertura com correções diferenciais num raio de cerca de 200 milhas náuticas em torno dos radiofaróis onde estão instaladas. A Figura 37.33 ilustra a área de cobertura da costa brasileira beneficiada pelo sistema diferencial de correção de posicionamento satelital, decorrente das onze atuais ER diferenciais hoje instaladas.

Figura 37.33 - Cobertura da costa brasileira pela rede DGPS e DGNSS



Informações técnicas sobre as características operacionais das ER-DGPS/DGNSS, instaladas nos radiofaróis brasileiros, podem ser obtidas na Lista de Auxílios-Rádio, publicada pela DHN.

37.10 RECEPTORES GNSS

Como já apresentado anteriormente, um *Global Navigation Satellite Systems* (GNSS), reconhecido como componente do *World-Wide Radio Navigation System* (WWRNS) pela IMO, é um sistema baseado no espaço que fornece serviços para determinação da Posição, Navegação (velocidade e rumo) e Tempo (PNT).

Se um GNSS for reconhecido pela IMO como um componente do *World Wide Radio Navigation System* (WWRNS), conforme estabelecido por sua Resolução A.1046(27), de 30 de novembro de 2011, os receptores desse GNSS deverão atender aos requisitos preconizados por

aquela organização para os equipamentos de determinação de posição referidos no Capítulo V da Convenção SOLAS.

Os receptores GNSS, em combinação com outros equipamentos, são capazes de fornecer informações PNT, tais como:

• posição real;

• posição relativa (podendo ser processado posteriormente para obter a velocidade no fundo, rumo no fundo, etc.); e

• sincronização do tempo.

Estas informações podem referir-se a um observador estacionário ou em movimento.

O equipamento receptor de radionavegação multissistema embarcado

O termo "equipamento receptor de radionavegação multissistema embarcado", de acordo com a Resolução A.1046(27) da IMO, inclui todos os componentes e unidades necessários para que o sistema desempenhe adequadamente as funções pretendidas.

O equipamento deve incluir os seguintes componentes e recursos mínimos:

• antenas capazes de receber todos os sinais de radionavegação necessários para suportar a funcionalidade do equipamento receptor;

• receptor(es) e processador(es) capazes de processar os sinais de radionavegação necessários para dar suporte à funcionalidade do equipamento receptor;

• meios de acessar as informações PNT computadas, quais sejam, entre outras: latitude, longitude, rumo no fundo (*course over ground* – COG), velocidade no fundo (speed over ground – SOG), hora e fontes das informações;

• interface para fornecimento de dados de controle e configuração do receptor;

• display (tela);

• saída de dados brutos, para o fornecimento de informações adicionais, como medições de alcance e dados de navegação do GNSS;

• indicação da qualidade e confiabilidade dos dados PNT computados e informados ao usuário (os "DOPs", a serem apresentados adiante); e

• indicação do(s) sistema(s) de radionavegação utilizado para as informações PNT.

O sistema das antenas deve ser adequado e instalado em uma posição do navio que proporcione um ambiente satisfatório para a recepção de todos os sinais de radionavegação necessários. Os efeitos de múltiplos caminhos[28] e compatibilidade eletromagnética (EMC) devem ser levados em consideração.

---

[28] *A propagação por múltiplos caminhos é um fenômeno muito comum que traz a ocorrência do desvanecimento dos sinais nas transmissões por canais móveis. Ela corresponde aos vários caminhos que o sinal percorre entre o transmissor e o receptor ao se refletir pelas superfícies de obstáculos presentes no meio e a difração e reflexão acima e no entorno dos mesmos. O espalhamento desses retardos causa variações de fase e amplitude gerando atenuações do sinal recebido caracterizando o desvanecimento.*

Requisitos operacionais e funcionais

O equipamento receptor deve:

• Operar utilizando sinais de navegação de acesso civil de pelo menos dois GNSS independentes reconhecidos pela IMO como parte do WWRNS, fornecidos nas faixas de frequências do serviço de radionavegação por satélite (espaço-Terra) designadas nas normas da International Telecommunication Union (ITU).

• Fornecer dados PNT com o nível necessário de resiliência e integridade, seja usado diretamente como entrada para outros equipamentos, ou fornecido para uso em sistemas integrados de navegação;

• Nos casos em que os sinais dos sistemas de radionavegação terrestre são fornecidos nas faixas de frequências estabelecidas, ter a possibilidade de operar utilizando esse sinais;

• Ter facilidades para processar dados de aumento (augmentation), de acordo com os métodos apropriados;

• Permitir o usuário selecionar ou desmarcar os sinais de radionavegação e de aumento;

• Ser capaz de processar os sinais acima e combiná-los para fornecer uma única solução PNT (latitude, longitude, COG, SOG, hora e fontes das informações);

• Fornecer as informações, em forma alfanumérica, da solução PNT final em um display local (ou um display com interface separado), e para cada fonte individual quando solicitada;

• Ser capaz de fornecer a solução PNT com a precisão necessária dentro de:

◦ 5 minutos, onde não há dados de almanaque de satélite válidos;

◦ 1 minuto, onde há dados de almanaque de satélite válidos; e

◦ 2 minutos, quando submetido a interrupção de energia ou perda de sinal < 60 segundos;

• Fornecer a hora em UTC;

• Ser capaz de gerar uma nova solução PNT pelo menos uma vez a cada 0,5 segundo para embarcações de alta velocidade e pelo menos uma vez a cada 1 segundo para embarcações convencionais;

• Ser capaz de avaliar se o desempenho da solução PNT (precisão e integridade) atende aos requisitos para cada fase da navegação (oceânica, costeira, interior e portuária), devendo um alerta ser fornecido quando tal avaliação não puder ser determinada; e

• Fornecer um aviso se após 5 segundos para embarcações de alta velocidade ou 7 segundos para embarcações convencionais, novos dados de PNT não foram calculados. Sob tais condições, a última posição conhecida e a hora da última correção válida, com a indicação explícita do status para que não haja ambiguidade, devem ser emitidas até que a operação normal seja retomada.

Padrões de desempenho para os receptores de bordo

Os padrões de desempenho para os receptores de bordo que operam com multissistemas de radionavegação, como um GNSS, são regulados pela Resolução MSC.401(95), adotada pela IMO em 08 de junho de 2015, alterada pela Resolução MSC.432(98), de 16 de junho de 2017, ambas em vigor. A referida Resolução recomenda que os Estados nacionais, aderentes à Convenção SOLAS, assegurem que os receptores de bordo que operam com multissistemas de radionavegação, instalados a partir de 31 de dezembro de 2017 estejam em conformidade com os padrões de desempenho não inferiores aos especificados na Resolução.

A introdução de padrões de desempenho de receptores de navegação multissistemas de bordo permite o uso combinado dos sistemas de radionavegação atual, bem como os sistemas de aumento (augmentation) para o fornecimento de dados de posição, velocidade, rumo e tempo dentro do processo da navegação marítima. Ademais, um receptor multissistemas usando sinais de navegação de dois ou mais GNSS, com ou sem aumento, permitirá uma melhor resistência às interferências de radiofrequência intencionais e/ou não intencionais, bem como essa abordagem combinada também fornecerá uma redundância a fim de mitigar a perda de um dos sistemas.

Acurácia do GNSS: os DOPs

Como já apresentado anteriormente, cada segmento espacial GNSS é composto por até 30 satélites por constelação, que podem ser implantados em vários planos orbitais e tipos de órbita. O espaçamento dos satélites em órbita é normalmente organizado de tal forma que um mínimo de quatro satélites estará à vista dos usuários, em todo o mundo.

Um receptor GNSS de navegação de qualidade pode atingir uma precisão horizontal de 3 metros ou melhor e uma precisão vertical de 5 metros ou melhor, em 95% do tempo de leitura, sem que seja empregado um sistema de "*augmentation*". No entanto, o valor informado não atinge os 100% de acurácia por causa das fontes de erro do GNSS.

Na tela de um receptor GNSS pode-se observar alguns registros de variáveis como HDOP, TDOP, PDOP, etc. Todas essas variáveis que terminam com DOP significam que são diluições de precisão (*dilution of precision* – DOP). Na prática, esse erro é devido a posição dos satélites no céu. Quanto mais perto eles estão do horizonte, os sinais enfrentam mais obstáculos (como a densidade atmosférica) até chegar ao receptor a bordo. Além disso os satélites precisam estar relativamente espalhados no céu para haver uma melhor trilateração de sinal, princípio fundamental dos sistemas GNSS.

A letra anterior ao "DOP" é o que define o significado da variável, como a seguir:

- HDOP – *horizontal dilution of precision*;
- VDOP – *vertical dilution of precision*;
- PDOP – *position (3D) dilution of precision*; geralmente VDOP e HDOP são substituídas pelo PDOP que já dá a precisão das duas anteriores na mesma variável;
- TDOP – *time dilution of precision*; e
- GDOP – *geometric dilution of precision*, que constitui-se no valor obtido da raiz quadrada da soma de $PDOP^2$ mais $TDOP^2$.

Quanto ao nível dos DOPs, a tabela a seguir apresenta as faixas e níveis de precisão.

PARTE 3

Meteorologia

O QUE O PROGRAMA PEDE

- Cartas sinóticas, boletins meteorológicos, imagens de satélite e avisos de mau tempo
- Características das frentes, nevoeiros, nuvens e ciclones extratropicais
- Ventos predominantes na costa do Brasil e principais instrumentos meteorológicos

FONTE REPRODUZIDA NESTA PARTE

Navegação: a Ciência e a Arte, vol. III, cap. 45: Noções de meteorologia para navegantes (45.1 a 45.6, sem 45.3.4: atmosfera e circulação geral, elementos meteorológicos, ciclones e frentes, tempo no Atlântico Sul, previsão a bordo e estado do mar)

Altineu Pires Miguens · Diretoria de Hidrografia e Navegação, vol. III, 1ª revisão, 2026
https://www.marinha.mil.br/dhn/npublicacoes

Terminou esta parte? Resolva questões do assunto.

Telegram: t.me/capitao_amador_bot
Simulado no site: www.capitao-amador.com/mestre-amador/simulado

45 NOÇÕES DE METEOROLOGIA PARA NAVEGANTES

45.1 A ATMOSFERA. CIRCULAÇÃO GERAL DA ATMOSFERA

45.1.1. A atmosfera: sua composição e estrutura

Os fenômenos meteorológicos ocorrem na atmosfera. Para compreendê-los, é necessário conhecer a composição e a estrutura da atmosfera.

Em média, o ar atmosférico, ao nível do mar, é composto dos seguintes elementos (ar seco):

Nitrogênio	78,08%	}	99,99%
Oxigênio	20,95%		
Argônio	0,93%		
Dióxido de carbono (CO_2)	0,03%		
Neônio	0,0018%		
Hélio	0,000524%		
Criptônio	0,0001%		
Hidrogênio	0,00005%		
Xenônio	0,0000087%		
Ozônio	0 a 0,000007%	(aumentando com a altitude)	
Radônio	6 x 10–18%	(diminuindo com a altitude)	

Além disso, o ar atmosférico contém, também:

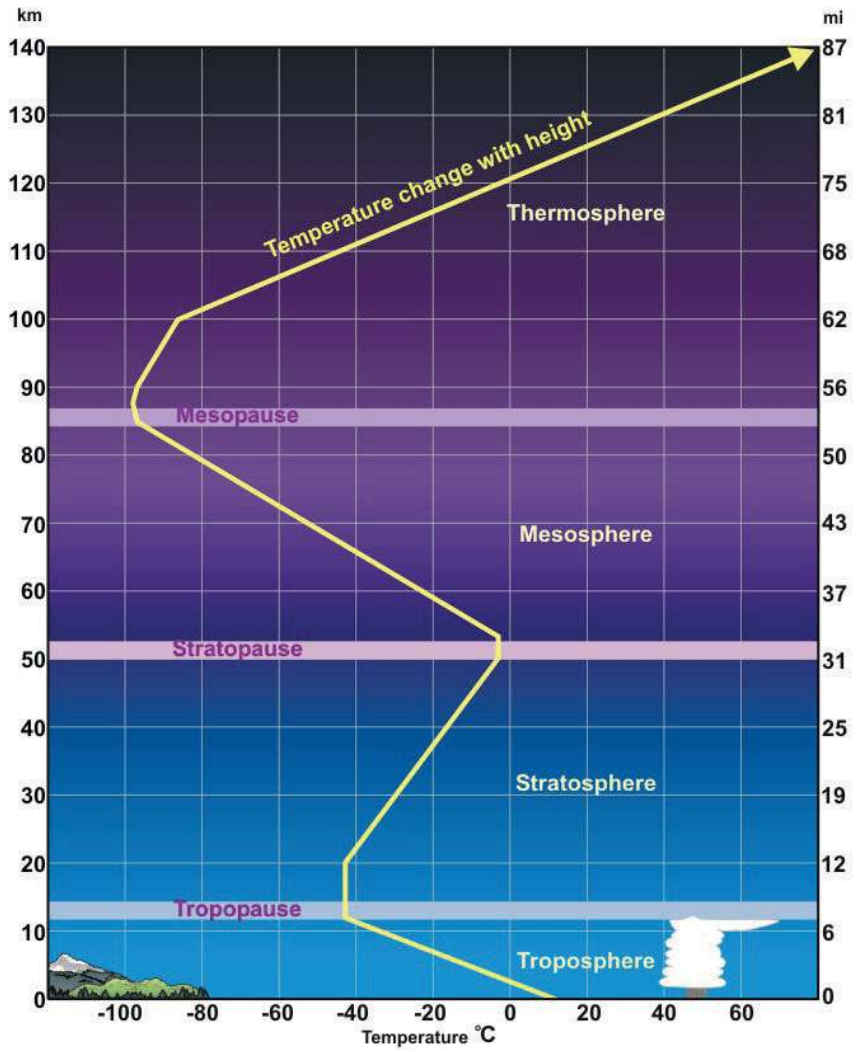
- Vapor d'água; e
- impurezas.

Embora o nitrogênio represente a maior parcela, a quantidade de vapor d'água é mais importante para a meteorologia. As impurezas, representadas por poeiras, fumaça, sal marinho e detritos em geral, desempenham, também, importante papel na formação de fenômenos meteorológicos, facilitando a condensação do ar atmosférico. São denominados "núcleos de condensação".

Quanto à estrutura, a atmosfera pode ser dividida nas seguintes camadas, conforme apresentada na Figura 45.1:

- troposfera ou baixa atmosfera: a temperatura decresce com o aumento de altitude; em média, 1°C/150m de altitude;
- estratosfera: temperatura aumenta com a altitude;
- mesosfera: temperatura decresce com a altitude em uma taxa de 3,5°C/km; e
- termosfera: temperatura aumenta com a altitude.

Figura 45.1 – Estrutura da Atmosfera



Fonte: Advisory Circular No:00-6B, U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration

É na troposfera que ocorre a grande maioria dos fenômenos meteorológicos, em decorrência de:

- alta porcentagem de vapor d'água;
- existência de impurezas (núcleos de condensação); e
- maior variação da temperatura.

A faixa que separa a troposfera da estratosfera denomina-se tropopausa. O estudo dessa região é de grande importância para a aviação, em virtude de estar associada à existência de ventos muito fortes, denominados correntes de jato.

A espessura da troposfera e, consequentemente, a altitude da tropopausa variam com a Latitude e com as estações do ano. Em média, consideram-se os seguintes valores:

- no Equador: 16.500 m (54.000 pés); e
- nos polos: 8.500 m (28.000 pés).

45.1.2 Aquecimento e resfriamento desigual e periódico da superfície da terra e da atmosfera

a. Radiação e Convecção

Radiação

A razão de iniciar o estudo de meteorologia marinha pela radiação solar é evidenciar a extraordinária importância da fonte de energia responsável pela ocorrência dos fenômenos meteorológicos e oceanográficos.

Radiação solar é o processo pelo qual a energia solar é propagada através do espaço, em decorrência das variações em seus campos elétrico e magnético. A energia irradiada pelo Sol é a maior responsável pela formação dos fenômenos meteorológicos.

A radiação solar, em linhas gerais, é feita da seguinte maneira:

- da quantidade total de energia radiante (ondas curtas) que alcança a atmosfera terrestre, uma grande parcela é refletida, ainda sob a forma de ondas curtas, para o espaço;
- da outra parcela, uma parte da energia irradiada é absorvida diretamente pela atmosfera e a outra parte da energia irradiada passa pela atmosfera e é absorvida pela superfície da Terra, causando-lhe substancial aumento da temperatura; e
- dessa parte (que é absorvida), a Terra reflete uma certa quantidade, da qual uma porção é novamente absorvida pela atmosfera e a outra encaminha-se para o espaço.

Assim, no fim da tarde, a energia acumulada pela Terra atingirá a sua máxima diária, tendo-se, em consequência, uma maior quantidade de energia sendo refletida por ela. Se, nessa ocasião, o céu estiver encoberto por nuvens, uma parte dessa energia refletida será absorvida pela atmosfera e a outra retornará à Terra, ao invés de seguir para o espaço. Esta é a causa de serem as noites de céu encoberto mais quentes do que as de céu limpo.

As quantidades de energia calorífica a serem absorvidas pelos diferentes tipos de superfícies dependerão da sua composição. Assim, sendo o calor específico da água três vezes maior que o da terra, uma massa de água para se elevar de um ΔT de temperatura necessita receber uma quantidade de calor três vezes maior do que aquela suficiente para elevar uma massa correspondente de terra à mesma temperatura. Da mesma forma, as superfícies secas se aquecem e se resfriam mais rapidamente do que as úmidas. Por exemplo, praias arenosas e pistas pavimentadas se aquecem mais durante o dia e se resfriam mais à noite do que uma floresta e um pântano.

Então, dependendo do tipo de superfície observa-se grande variação na relação entre a quantidade de radiação solar refletida e a quantidade recebida pela superfície. Essa relação denomina-se albedo[1].

Convecção

Convecção é o movimento vertical do ar atmosférico, tendo, como consequência imediata, a transferência de suas principais propriedades, isto é, uma distribuição de temperatura e umidade entre os diversos níveis de altitude. Tal conceito não deve ser confundido com o de advecção, que significa a transferência de algumas propriedades atmosféricas em decorrência de um movimento horizontal do ar (vento).

A convecção pela radiação solar é provocada pelo maior aquecimento do ar próximo à superfície da Terra (por condução e maior absorção da energia refletida pela Terra) do que o ar em níveis superiores, e pelo aquecimento desigual de porções da superfície terrestre. Assim, durante o processo de aquecimento diurno da superfície, uma parcela de ar que se encontra imediatamente sobre uma certa região torna-se mais aquecida do que a parte que se localiza sobre regiões vizinhas, menos secas. Como a parcela de ar mais aquecido torna-se mais leve (menos denso) que o ar superior, ela sobe para níveis mais elevados e, para o espaço que ocupava, é sugado (por diferença de pressão) o ar mais frio, que se encontra sobre uma região vizinha mais úmida. Ao subir, o ar fica, normalmente, sujeito a menores temperaturas. A consequência é a condensação do vapor d'água, ou o regresso a níveis mais baixos, em virtude de ter se tornado mais frio e, portanto, mais pesado (denso) que o ar de regiões vizinhas.

b. Influência dos movimentos de rotação e translação da Terra

Dois importantes fatores responsáveis pelos fenômenos meteorológicos e climáticos são:

1 - a rotação diária da Terra em torno do seu eixo; e

2 - o movimento de translação (ou revolução) anual da Terra em torno do Sol.

O aquecimento e resfriamento diário resulta da rotação da Terra em torno do seu eixo. Conforme a Terra gira, o lado voltado para o Sol é aquecido; quando a noite chega, esta parte resfria, geralmente alcançando a temperatura mínima um pouco antes do nascer do Sol.

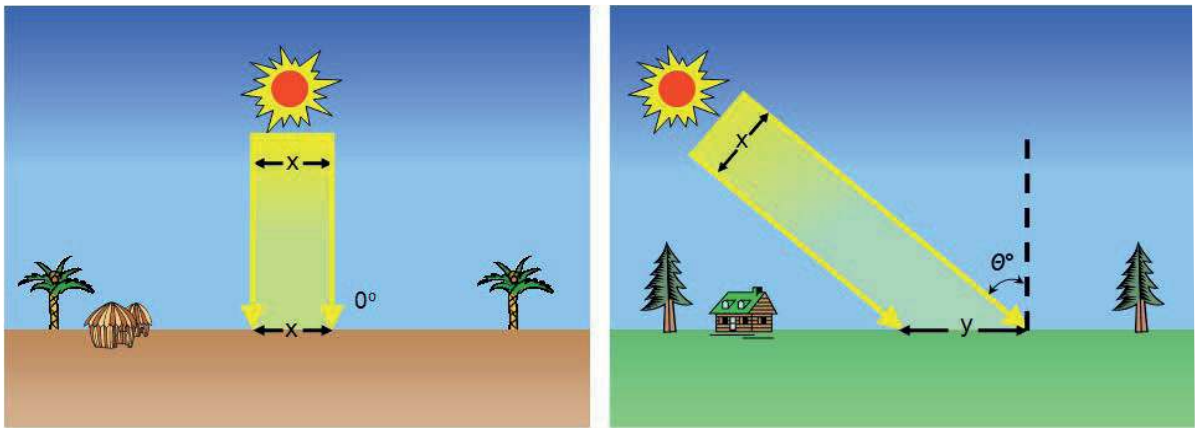
Os efeitos devido à revolução anual em torno do Sol são modificados pela inclinação do eixo da Terra. As áreas sobre as quais incidem raios diretos ou perpendiculares do Sol recebem mais calor do que aquelas sobre as quais os raios solares incidem inclinados, conforme mostrado na Figura 45.2.

---

*[1] Por definição, o **albedo** (ou coeficiente de reflexão) é a razão entre a quantidade de radiação solar refletida e a quantidade total recebida pela superfície, variando de 0% (absorção total) a 100% (reflexão total).*

No verão, o Sol alcança uma altura mais elevada no céu, seus raios incidem mais na vertical (na zona tropical chegam a incidir perpendicularmente) e, portanto, de uma forma mais concentrada, como apresentada na Figura 45.2(a). Além disso, como o Sol permanece mais tempo acima do horizonte, é transmitido calor à Terra (por absorção) por um período maior do que ela perde calor (por radiação). Como resultado, as temperaturas são mais elevadas.

Figura 45.2 – Variação da energia solar recebida pela Terra



a) raios perpendiculares (0°) b) raios inclinados (θ°)

Fonte: Advisory Circular No:00-6B, U.S. Department of Transportation, Federal Aviation

Por outro lado, no inverno as alturas atingidas pelo Sol são mais baixas, seus raios incidem mais inclinados, de uma forma menos concentrada, isto é, a mesma quantidade de raios solares cobre uma área maior da superfície da Terra, como também pode ser observado na Figura 45.2(b).

Além disso, os raios inclinados atravessam um caminho maior na atmosfera, como pode ser visto na Figura 45.2(b), que absorve, reflete e dispersa a energia do Sol; assim, menos energia alcança a superfície da Terra e a baixa atmosfera.

Ademais, como a permanência do Sol acima do horizonte diminui, a Terra perde mais calor por radiação, do que ganha por absorção. Se o eixo da Terra fosse perpendicular ao plano da sua órbita, não existiriam diferentes estações ao longo do ano, havendo, em vez disso, um clima uniforme, muito quente no Equador (onde os raios do Sol incidiriam sempre perpendicularmente) e muito frio nos polos e nas altas Latitudes (onde os raios solares incidiriam sempre muito inclinados).

O ângulo de incidência dos raios solares também varia ao longo do dia, devido ao movimento de rotação da Terra.

A diferença de inclinação dos raios solares também é responsável pela diferença de calor durante o dia. Às 0800 horas, quando o Sol está inclinado sobre o horizonte, seus raios percorrerão uma extensão maior na atmosfera e sua energia se distribuirá por uma área muito maior do que ao meio-dia, quando o Sol está a pino e seus raios percorrem uma trajetória menor na atmosfera, além de concentrarem sua energia em uma área menor.

c. Aquecimento desigual de massas terrestres e de massas de água

Um terceiro fator, constituído pelas diferentes reações ao calor das massas terrestres e massas de água, contribui para as variações de macroescala no aquecimento e resfriamento da superfície da Terra.

As áreas terrestres aquecem-se e resfriam-se mais rapidamente que as massas de água. Durante a noite, a água conserva calor, enquanto a terra perde seu calor rapidamente para a atmosfera. Esta diferença de comportamento entre terra e água também influencia as temperaturas sazonais. No inverno, os climas marítimos são menos frios que os climas continentais de mesma Latitude; no verão, os climas marítimos são mais frescos que os continentais.

d. Aquecimento da atmosfera

Uma vez aquecida, a Terra passa a funcionar como um irradiador de calor. O ar, que era quase transparente às irradiações de ondas curtas do Sol, absorve quase que totalmente as irradiações de ondas longas da Terra, aquecendo-se gradativamente, de baixo para cima.

A transferência de calor da Terra para a atmosfera se faz por 4 processos:

• **Radiação:** em que a Terra irradia calor, sob a forma de ondas eletromagnéticas, e a atmosfera absorve;

• **Condução:** em que a camada de ar em contacto com o solo conduz calor para as camadas superiores;

• **Convecção**: em que as camadas mais baixas da atmosfera, se aquecendo, tornam-se mais leves, tendendo a subir, conduzindo calor para as camadas superiores; e

• **Advecção:** que é a transferência horizontal de calor de região para região, por meio dos ventos.

Assim como a superfície da Terra, a atmosfera também experimenta um aquecimento desigual. As principais causas da variação do aquecimento da atmosfera são:

• **Incidência do raio solar:** como vimos, o ângulo de incidência e a quantidade de raios solares, em um mesmo lugar, variam durante o dia e com a estação do ano, em virtude dos movimentos de rotação e translação da Terra e da inclinação do eixo da Terra com relação à sua órbita. Com isso, varia, também, a quantidade de calor transmitida à atmosfera (pelo Sol e pelos mecanismos de troca de calor com a Terra). Além disso, quanto maior a Latitude, menor o ângulo de incidência dos raios solares e, portanto, menor a temperatura. Isto também explica o aquecimento desigual da atmosfera em diferentes locais;

• **Cobertura de nuvens:** as nuvens dificultam que a energia solar alcance a Terra, diminuindo o seu aquecimento e, por conseguinte, o aquecimento da atmosfera; por isto, nos dias em que o céu está encoberto, o ar tende a ser mais frio. No entanto, as nuvens também absorvem uma parte da energia refletida pela Terra; esta é a causa de serem as noites de céu encoberto menos frias do que as de céu limpo; e

• **Natureza do solo:** como vimos, a natureza do solo é responsável pela quantidade de energia absorvida pela Terra, pela rapidez com que a Terra se aquece e se resfria, e pela quantidade de calor que a Terra irradia. Assim, a natureza do solo é, também, um fator preponderante na variação do aquecimento da atmosfera.

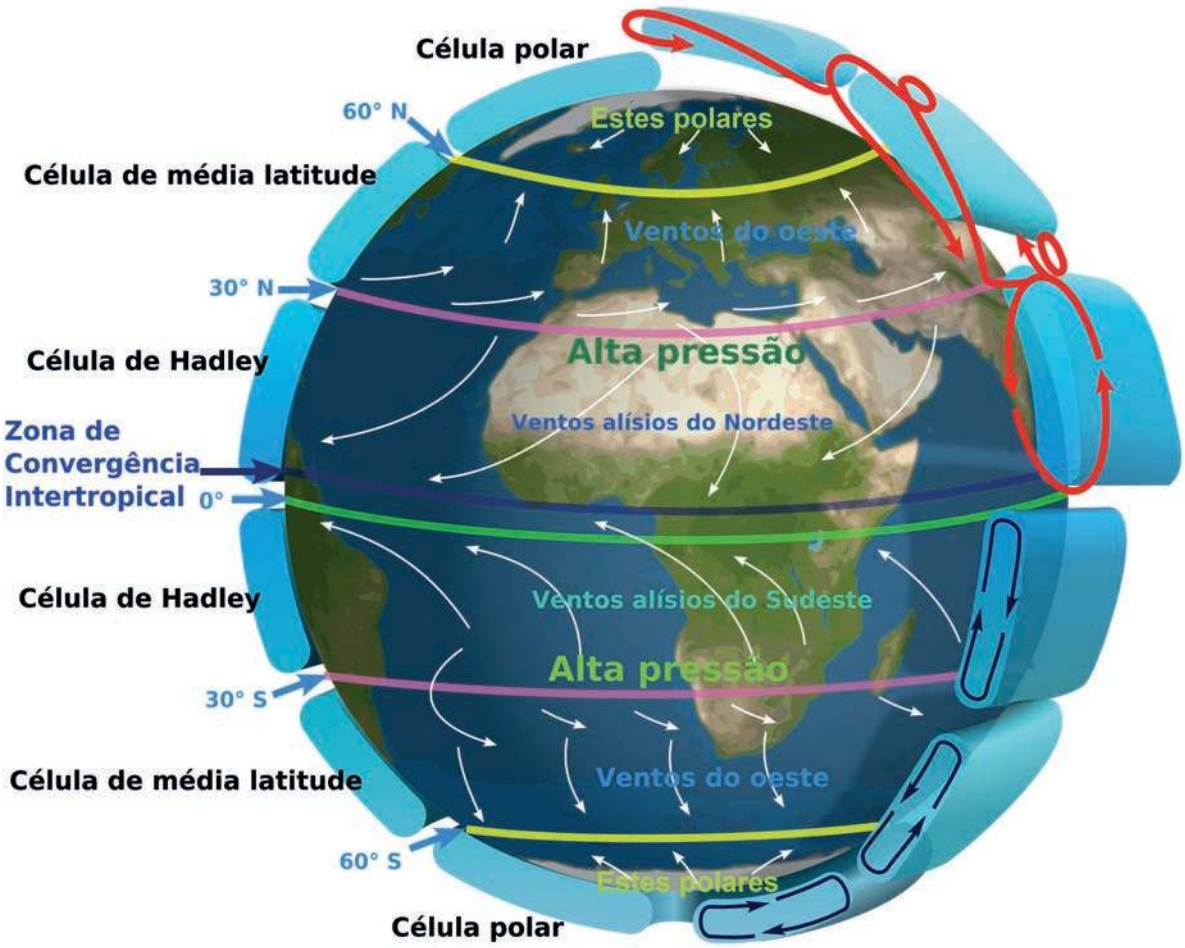
45.1.3 Circulação Geral da Atmosfera. Os Grandes Sistemas de Vento

A energia da radiação solar recebida pela Terra é absorvida de forma diferenciada pelas regiões tropicais, pelas áreas temperadas e pelas altas latitudes. A região tropical absorve mais energia do que emite, ficando com um saldo positivo, enquanto as áreas polares absorvem menos energia do que emitem, ficando com saldo negativo. A busca do equilíbrio térmico origina e desencadeia a circulação geral da atmosfera, que transporta calor da região tropical para as áreas de médias e altas latitudes.

Essa circulação é de grande escala ou planetária, diferindo das circulações regionais (monções), das circulações dos sistemas sinóticos (1.000 km) e dos sistemas locais.

O aquecimento desigual da superfície da Terra e da atmosfera estabelece a grande circulação atmosférica, ascendente pela parte aquecida e descendente pelos lados mais frios. Os grandes sistemas de vento daí resultantes são mostrados na figura 45.3.

Figura 45.3 - Circulação Geral 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 (ZCIT), 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, constituem os ventos alísios (Alísios de NE no Hemisfério Norte e Alísios de SE no Hemisfério Sul), representados na Figura 45.3.

Na faixa equatorial de baixas pressões, os ventos apresentam-se normalmente fracos e variáveis, com calmarias frequentes, possuindo, porém, uma deriva suave e lenta de Leste para Oeste. A faixa inteira é chamada de doldrums (ou marasmo), sendo este termo, originalmente, aplicado às áreas oceânicas próximas ao Equador, onde os navios de vela muitas vezes se viam às voltas com as calmarias. A zona de calmas equatoriais é, então, caracterizada por calmarias ou ventos fracos e variáveis, trovoadas e chuvas, fortes e frequentes, durante todo o ano.

Os ventos alísios, por sua vez, são constantes e moderados, soprando da faixa de pressões altas das Latitudes subtropicais na direção do equador (região dos doldrums). Os alísios sopram com mais força no inverno dos respectivos hemisférios (em dezembro no Hemisfério Norte e em junho no Hemisfério Sul). Quando são mais fortes, aproximam-se mais das direções dos polos (ou seja, sopram do N no Hemisfério Norte e do S no Hemisfério Sul); sendo fracos, sopram mais do Leste.

A zona dos ventos alísios, em cada hemisfério, está compreendida, em média, entre a zona de calmas equatoriais e o paralelo de 30º.

Por cima dos ventos alísios, nas altas camadas atmosféricas, sopram em sentido contrário os chamados contra-alísios, mantendo-se, assim, a circulação entre as zonas tropicais e subtropicais e a zona equatorial.

Então, 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 30º N e 30º 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. Dessas zonas de alta pressão à superfície, o ar flui tanto para a zona equatorial (ventos alísios), como para zonas de baixas pressões situadas em Latitudes mais altas. Novamente em virtude do Efeito de Coriolis, causando um desvio para a direita no Hemisfério Norte e para a esquerda no Hemisfério Sul, os ventos resultantes em ambos os hemisférios sopram da direção geral Oeste (W), sendo as áreas em que atuam, então, denominadas Cinturão de Vento do Oeste, ou Oestes Predominantes (Figura 45.3).

Assim, os ventos que sopram dos lados polares das faixas subtropicais de pressões altas, provenientes da circulação anticiclônica em torno dos centros de alta pressão situados nas Latitudes de 30° N e 30° S, se defletem à medida que se deslocam para Latitudes mais elevadas, tornando-se ventos de Sudoeste nas Latitudes temperadas do Hemisfério Norte e ventos de Noroeste, ou Oeste, nas Latitudes temperadas do Hemisfério Sul. São os chamados ventos predominantes de Oeste. Começam em torno das Latitudes 35º, em ambos os hemisférios, e se estendem até as baixas subpolares, nas proximidades dos círculos polares. Perto da superfície eles são submetidos às interrupções causadas pelas grandes perturbações atmosféricas e pelos ventos irregulares e intermitentes que sopram de todas as direções; porém, tendem sempre a manter a direção predominante de Oeste. São, por isso, muitas vezes, chamados de ventos tempestuosos de Oeste. Persistem o ano todo, embora sejam mais fortes no inverno, principalmente no Hemisfério Norte, sobre o Atlântico Norte e Pacífico

Norte. As áreas entre as Latitudes 40˚ S e 60˚ S situam-se quase que totalmente sobre os oceanos, e os ventos de Oeste que aí ocorrem são fortes e persistentes o ano todo. A região é denominada pelos navegantes de Latitudes tormentosas.

Os polos constituem regiões de altas pressões atmosféricas (Altas Polares), de onde flui o ar para regiões menos frias. Ainda por causa da Força de Coriolis, os ventos que sopram dos polos para a região de baixas pressões na altura das Latitudes de 60º N e 60º S procedem da direção geral Leste (E), sendo, então, denominados Estes Polares (ver a Figura 45.3). A zona de baixa pressão para a qual fluem é conhecida como frente polar.

Os ventos predominantes de Oeste, relativamente aquecidos, encontram os ventos frios polares de Leste, ou o ar frio dos continentes, ao longo de uma zona irregular limítrofe que recebe a denominação de frente polar. A frente polar é o limite, à superfície, do ar frio que avança na direção de Latitudes mais aquecidas.

Como visto no Capítulo 10 (Volume I), a ação desses grandes sistemas de vento sobre os oceanos gera uma circulação predominantemente superficial e eminentemente horizontal, produzindo correntes oceânicas cujo conhecimento é de grande importância para a navegação. Além disso, a compreensão da circulação geral da atmosfera é, também, essencial no estudo da meteorologia.

45.2 ELEMENTOS METEOROLÓGICOS

As condições de tempo podem ser descritas em termos de 7 elementos meteorológicos, quais sejam:

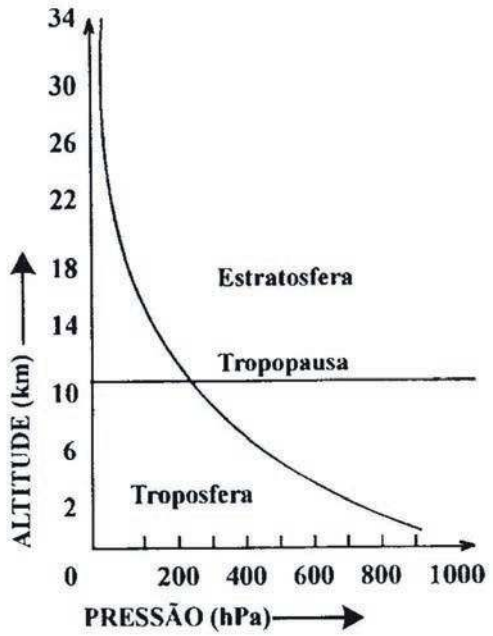
- pressão;
- temperatura;
- umidade;
- ventos;
- nuvens;
- visibilidade; e
- precipitação.

45.2.1 Pressão

a. Medida da pressão atmosférica

Pressão atmosférica é a força exercida pelo peso da atmosfera sobre uma área unitária. Assim, a pressão a uma altitude especificada é o peso, por unidade de área, da atmosfera acima dessa altitude. Logo, a pressão decresce à medida que a altitude aumenta, pois o peso da atmosfera remanescente diminui continuamente, conforme mostrado na Figura 45.4.

Figura 45.4 – Variação Vertical da Pressão Atmosférica



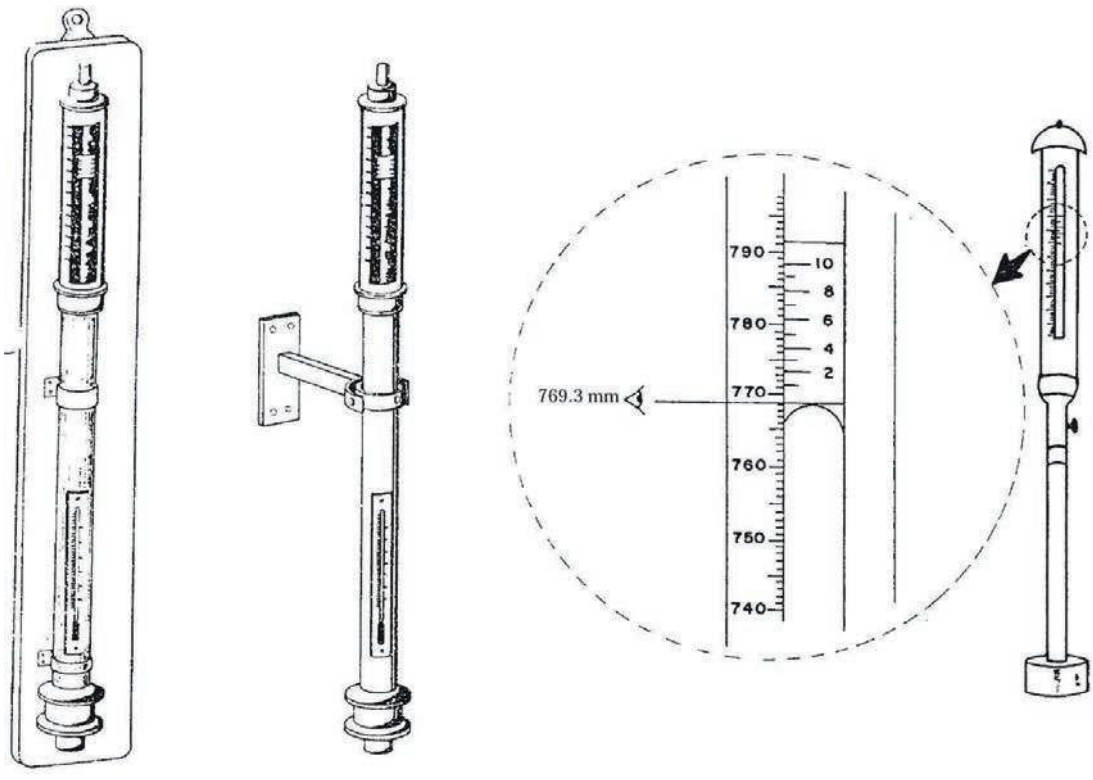
Como a pressão atmosférica diminui com a altitude, uma corrente de ar ascendente terá uma expansão contínua enquanto se eleva. Essa expansão é a causa principal do seu resfriamento até a temperatura do ponto de orvalho e a subsequente formação de nebulosidade, como será visto adiante.

Os instrumentos utilizados na medição da pressão atmosférica são os barômetros, que podem ser, por exemplo, de mercúrio ou aneroide.

O barômetro de mercúrio possui um tubo vertical de vidro contendo uma coluna de mercúrio. Mudanças na pressão atmosférica são indicadas por mudanças na altura da coluna de mercúrio. Então, a altura da coluna de mercúrio, neste instrumento, exprimirá o valor da pressão, como mostrado na Figura 45.5.

Os barômetros de mercúrio não são convenientes para uso a bordo, em virtude de sua fragilidade, tamanho e susceptibilidade a erros devidos aos movimentos do navio. Alguns navios, entretanto, dispõem de um barômetro de mercúrio, embora este instrumento não seja, normalmente, utilizado para consultas e leituras rotineiras, servindo apenas para aferições mais frequentes e controle do barômetro aneroide, por ele ser de alta precisão.

Figura 45.5 – Barômetros de Mercúrio. Leitura Correta da Pressão Atmosférica



Normalmente, a pressão atmosférica é medida a bordo por meio de barômetros aneroides, a exemplo do mostrado na Figura 45.6, que estão localizados no passadiço, no camarim de navegação ou em suas proximidades. Em um barômetro aneroide, o elemento sensível consta de uma série de câmaras metálicas ocas, que se deformam pela ação da pressão. Esta deformação transmite-se a um ponteiro, que indica o valor da pressão em um mostrador graduado. Os barômetros aneroides são instrumentos compactos, resistentes e bastante convenientes para uso a bordo, embora não tenham uma precisão tão alta como os barômetros de mercúrio.

Figura 45.6 – Barômetro Aneroide



A maioria dos barômetros existentes a bordo apresenta seus mostradores graduados em milibares[2]. Entretanto, não é raro encontrar-se instrumentos graduados em milímetros ou polegadas de mercúrio. A conversão recíproca das unidades de medida de pressão é feita por meio da Tábua X do Apêndice 1 a este Volume 3.

Exemplos:

1. Converter 29,80 pol Hg em milímetros e milibares.

   Resposta: pela Tábua X (Apêndice 1): 29,80 pol Hg = 756,8 mm = 1009 mb

2. Converter 758,3 mm Hg em polegadas e milibares.

   Resposta: pela Tábua X (Apêndice 1): 758,3 mm Hg = 29,85 pol = 1011 mb

3. Converter 1016 mb em mm e pol Hg.

   Resposta: pela Tábua X (Apêndice 1): 1016 mb = 30,0 pol Hg = 762,1 mm

Para maior exatidão das previsões de tempo efetuadas a bordo, para preenchimento das mensagens meteorológicas e para comparação de medidas de pressão realizadas em locais diferentes (que são feitas em diferentes altitudes), a indicação da pressão, lida no barômetro aneroide, deve ser reduzida ao nível do mar. Para isto, aplicasse-lhe uma correção aditiva, retirada da Tábua XIII, também apresentada no Apêndice 1 a este Volume 3, usando-se a tabela superior se o barômetro for graduado em milibares (hectopascais) e a tabela inferior se o barômetro for graduado em milímetros. Em ambas, os argumentos de entrada são a altura do barômetro sobre o nível do mar (em metros) e a temperatura externa (em graus centígrados).

Exemplos:

1. Leitura do barômetro aneroide: 1008,0 mb; altitude do passadiço do navio (onde está o barômetro): 10 m; temperatura externa: 30°C.

   Correção para redução ao nível do mar (Tábua XIII): + 1,2 mb; e

   Pressão atmosférica reduzida ao nível do mar: 1009,2 mb.

---

[2] A partir de 1982, a Organização Meteorológica Mundial (OMM) recomendou uma transição gradual do termo milibar (mb) para hectopascal (hPa), que são unidades equivalentes, de modo que, com o tempo, o segundo termo passe a ser usado como unidade de pressão atmosférica.

2. Leitura do barômetro aneroide: 755,5 mm; altitude do passadiço do navio (onde está o barômetro): 10 m; temperatura externa: 10˚C.

Correção para redução ao nível do mar (Tábua XIII): + 0,9 mm; e

Pressão atmosférica reduzida ao nível do mar: 756,4 mm.

As leituras do barômetro de mercúrio têm que ser referidas às condições padrão, ou seja, à temperatura de 0ºC, à Latitude de 45º e ao nível do mar. Assim sendo, além da correção para a altitude (redução ao nível do mar) aplicada às leituras dos barômetros aneroides, as pressões lidas nos barômetros de mercúrio também têm que ser corrigidas do efeito da temperatura (para referir a pressão à temperatura de 0ºC) e do efeito da Latitude (o que corresponde a reduzir a pressão atmosférica à gravidade normal). Os valores dessas correções são obtidos em tabelas reproduzidas na publicação DG3 – Manual do Observador Meteorológico, editada pela DHN.

As indicações do barômetro aneroide estão sujeitas a erros instrumentais, que são determinados pela aferição do instrumento ou pela comparação com o barômetro de mercúrio de controle. A aferição do barômetro aneroide fornece a correção instrumental a ser aplicada às leituras feitas. Os barômetros aneroides dos navios da MB devem ser periodicamente encaminhados à Base de Hidrografia da Marinha em Niterói (BHMN), para aferição. Além disso, devem ser frequentemente comparados com uma pressão padrão, obtida com barômetro de mercúrio. O cartão de aferição do barômetro, com os valores da correção instrumental, deve ser afixado ao instrumento.

O barômetro aneroide deve ser instalado numa antepara do passadiço, ou camarim de navegação, ficando protegido dos raios solares e afastado das fontes artificiais de calor (canalizações de vapor ou água quente, chaminés, lâmpadas, etc.). Ademais, é importante que o instrumento esteja o mais livre possível de choques ou vibrações.

Para a leitura correta do barômetro aneroide, o observador coloca-se bem à frente do instrumento, para evitar erros de paralaxe. Bate, então, com o dedo levemente no mostrador ou caixa do barômetro (para certificar-se que o ponteiro não está travado) e efetua a leitura da pressão.

O barômetro aneroide pode converter-se num equipamento registrador, denominado barógrafo, a exemplo do apresentado na Figura 45.7, que registra continuamente os valores da pressão atmosférica em um papel graduado, fixado a um tambor, que gira acionado por um mecanismo de relojoaria, normalmente dotado de corda para oito dias. O registro do barógrafo é denominado de barograma e tem a vantagem de indicar com clareza a tendência barométrica, que é importante para o diagnóstico e a previsão do tempo.

Figura 45.7 – Barógrafo



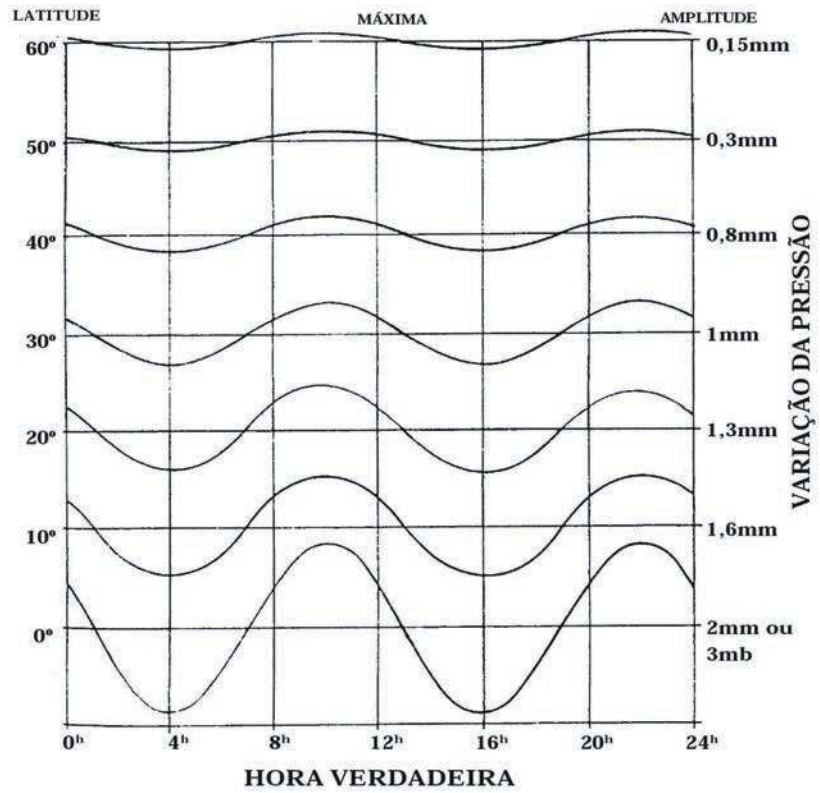
O altímetro é um barômetro aneroide que, ao invés de indicar a pressão, indica a altitude. Sendo a pressão atmosférica a medida de peso por unidade de área que o ar exerce sobre a superfície da Terra, torna-se claro, como já visto, que a pressão diminui com o aumento da altitude. Normalmente, a pressão atmosférica varia cerca de 12 milibares (hectopascais) por cada 300 pés (91 m) de altitude; assim, na atmosfera padrão a altitude corresponde à pressão medida. Neste princípio se baseiam os altímetros. Então, um altímetro somente indicará a altitude correta na atmosfera padrão. Portanto, além da correção instrumental (obtida pela aferição do instrumento), a leitura do altímetro deve sofrer correções de pressão e temperatura (para referir-se à atmosfera padrão).

b. Variação diurna da pressão

O valor da pressão atmosférica normal (padrão) ao nível do mar é de 1.013,25 mb (hPa), o que corresponde a 760 mm ou 29,92126 pol Hg.

Em todos os pontos da superfície da Terra, a pressão atmosférica, especialmente em condições de bom tempo, varia de modo regular, apresentando uma dupla oscilação diária, com máximos às 10 e 22 horas verdadeiras e mínimos às 04 e 16 horas verdadeiras. Assim, o barômetro sobe desde as 04 até às 10 horas e desce das 10 às 16 horas; torna a subir, das 16 às 22 horas, para baixar, das 22 às 04 horas. Esta oscilação é perfeitamente nítida e de amplitude significativa nas regiões equatoriais e tropicais, mas imperceptível nas altas Latitudes, conforme apresentado na Figura 45.8. Sua amplitude é, de certo modo, proporcional à amplitude da variação diurna da temperatura, pois decresce do Equador para os polos, diminui com o aumento da nebulosidade e é maior no interior dos continentes do que sobre os mares.

Figura 45.8 – Maré Barométrica (Variação Diurna da Pressão)



Esta variação diurna da pressão é denominada maré barométrica. Como visto, as maiores marés barométricas ocorrem no Equador, onde a amplitude atinge 3 mb. Nas regiões temperadas e em Latitudes elevadas, variações irregulares da pressão mascaram completamente a maré barométrica, que só será percebida nas curvas médias de pressão. Quando, nos trópicos, a maré barométrica não ocorre regularmente, às horas próprias, é sinal de que o tempo vai mudar.

c. Variação anual. Distribuição média da pressão na superfície da terra

Na escala anual, por sua vez, a pressão, principalmente sobre os continentes, tende a ser maior no inverno (pois o ar frio é mais denso) e menor no verão. Esta variação anual da pressão é proporcional à variação anual da temperatura, sendo pouco significativa sobre o Equador, mas ponderável nas Latitudes médias e altas.

As linhas que unem pontos da superfície da Terra de igual pressão atmosférica no mesmo instante são denominadas de isóbaras. Quando, sobre uma carta meteorológica, são traçadas as isóbaras, geralmente de 3 em 3, ou de 4 em 4 milibares, obtém-se um mapa de isóbaras, ou configuração isobárica. Esta representação facilita a identificação de centros de alta pressão (ou anticiclones), depressões ou centros de baixa (ciclones), frentes, oclusões, cristas, cavados, etc. Além disso, permite a determinação do gradiente barométrico, que indica a força do vento num lugar. O exame da configuração isobárica, especialmente de mapas de isóbaras sucessivos, é de grande importância para a previsão do tempo, como será visto adiante.

Traçando as isóbaras das pressões médias calculadas para longos períodos de tempo, observa-se que a pressão, a despeito de suas contínuas variações, tende a se distribuir com certa regularidade sobre a superfície da Terra. Conforme visto quando apresentada a circulação geral da atmosfera, em virtude do aquecimento das regiões equatoriais, forma-se aí uma zona de baixas pressões (ZCIT), subindo o ar quente e dirigindo-se em altitude para Latitudes mais elevadas; porém, ao ultrapassar os trópicos, o ar arrefece e desce, dando lugar a uma zona de altas pressões, na Latitude média de 30º em ambos os hemisférios. Estas zonas de altas e baixas pressões são praticamente permanentes durante todo o ano, e originam entre elas os ventos alísios de NE no Hemisfério Norte e os alísios de SE no Hemisfério Sul. Nas Latitudes de cerca de 60º N e 60º S forma-se uma outra zona de baixas pressões semipermanentes. Como visto, entre as altas subtropicais e estas zonas de baixas pressões sopram, em ambos os hemisférios, ventos de Oeste. Tais ventos predominam entre os paralelos de 35º a 60º e são provenientes da circulação anticiclônica em torno dos centros de alta pressão situados nas Latitudes de 30º N e 30º S. Os polos N e S são, por sua vez, regiões de altas permanentes, onde se originam os ventos E polares, em ambos os hemisférios.

As Figuras 45.9 e 45.10 mostram, respectivamente, a distribuição geral da pressão e os ventos predominantes no período de outubro a março (verão no Hemisfério Sul) e no período de abril a setembro (inverno austral).

Figura 45.9 – Distribuição Geral da Pressão e Ventos Predominantes – Janeiro (Verão no Hemisfério Sul)

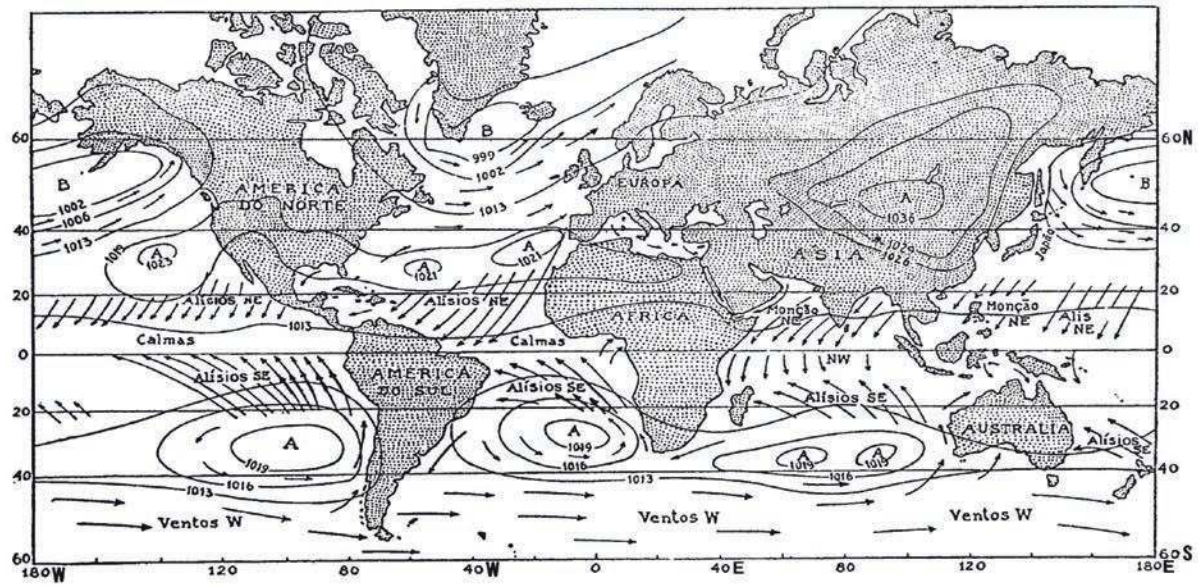
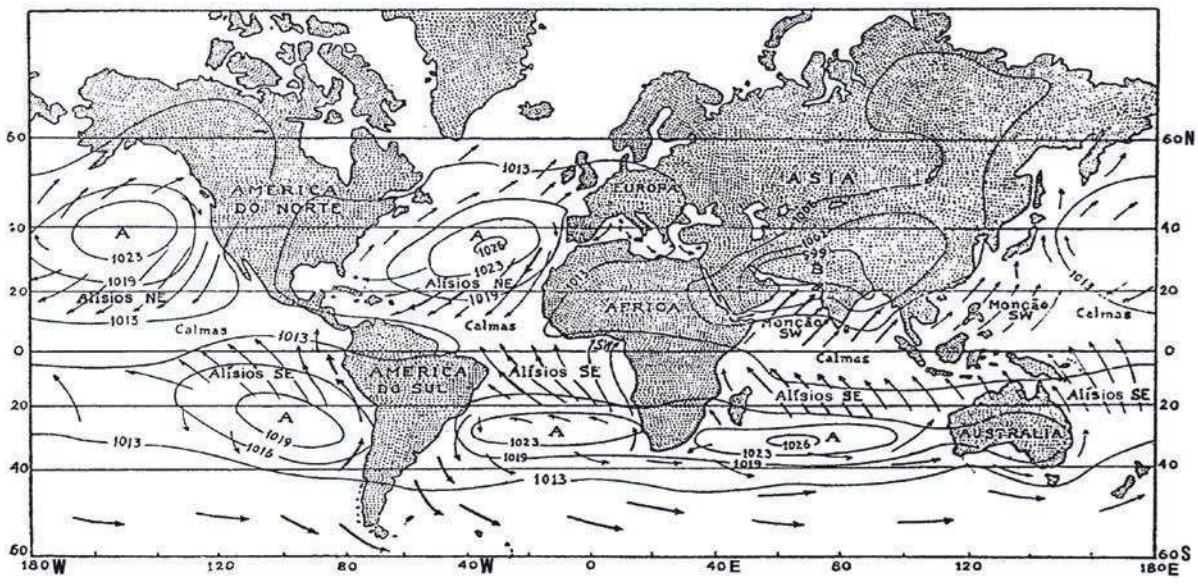


Figura 45.10 – Distribuição Geral da Pressão e Ventos Predominantes – Julho (Verão no Hemisfério Norte)



O estudo dessas distribuições médias de pressões na superfície da Terra permite concluir o seguinte:

i - Doldrums[3]:

Em janeiro, a faixa equatorial contínua de baixas pressões (ZCIT) apresenta seus centros de pressões mais baixas sobre áreas continentais do Hemisfério Sul, onde já é meio

[3] ***Doldrums*** *ou marasmo é uma expressão coloquial derivada a partir de um uso histórico marítimo, que se refere às partes do Oceano Atlântico e do Oceano Pacífico, em torno do Equador, onde os ventos predominantes são calmos. Navegadores (navios à vela) que ficaram presos por dias ou semanas nessas áreas sem vento deram-lhes o nome de "doldrums" (do inglês arcaico "dol" ou "dold", significando "tonto" ou "estúpido").*

de verão. Em julho, a faixa se localiza, quase toda ela, ao norte do Equador, e as pressões baixas se estendem para o norte, sobre a América do Norte e Ásia, com mínimas no noroeste da Índia e sudoeste dos Estados Unidos (vide Figura 45.10). Os ventos alísios de nordeste, do Hemisfério Norte, em janeiro chegam a atingir e mesmo ultrapassar o Equador, em alguns casos. Em julho, os alísios de SE do Hemisfério Sul cruzam o Equador e atingem Latitudes de 10º N a 20º N. A convergência desses ventos na região dos doldrums e os movimentos verticais resultantes causam chuvas fortes e frequentes durante todo o ano na região da ZCTI.

ii - Faixas de altas pressões:

Em janeiro, a faixa subtropical de altas pressões se apresenta, praticamente, contínua no Hemisfério Norte, próximo à Latitude 30º, com pressões um pouco mais elevadas nas áreas lestes do Atlântico e Pacífico, e menos elevadas nas áreas oestes dos mesmos oceanos.

No Hemisfério Sul, onde a Terra se apresenta aquecida em janeiro, há três máximas sobre as regiões relativamente frias do oceano, devido ao resfriamento anormal da água por efeito de correntes frias que se deslocam para o norte.

Em julho, no Hemisfério Norte, a faixa de altas pressões é quebrada pelo desenvolvimento de baixas pressões sobre as regiões quentes do interior do sudoeste dos Estados Unidos e sudoeste da Ásia, porém, há ocorrência de células de altas pressões bem desenvolvidas sobre as áreas oceânicas frias. Essas duas células são de grande importância, pois afetam o tempo em todas as regiões temperadas do Hemisfério Norte. Ao sul do Equador, embora se observem pressões mais elevadas sobre as áreas continentais, os centros de pressões mais altas permanecem sobre as áreas marítimas, como acontece em janeiro. A pequena proporção de terras nessas Latitudes não é bastante para inverter a distribuição de pressões, como no Hemisfério Norte.

iii - Baixas subpolares:

Entre os centros subtropicais de pressões altas e as baixas subpolares sopram, como visto, os ventos predominantes de Oeste, que começam em torno da Latitude 35º, em ambos os hemisférios, e se estendem até as baixas subpolares, nas proximidades dos círculos polares. Tais ventos persistem durante todo o ano, embora sejam mais fortes no inverno, principalmente no Hemisfério Norte, sobre o Atlântico Norte e Pacífico Norte.

iv - Frente polar:

Na região das baixas subpolares, os ventos predominantes de Oeste, relativamente aquecidos, encontram os ventos frios polares de Leste, ou o ar frio dos continentes, ao longo de uma zona irregular limítrofe denominada frente polar. A frente polar é o limite, à superfície, do ar frio que avança na direção de Latitudes mais aquecidas.

v - Altas polares:

Os polos, como visto, são regiões de altas pressões. Os ventos que sopram das pressões elevadas da Antártica, e são defletidos para a esquerda, são chamados de ventos polares de Leste. Embora não existam ventos regulares soprando do mar em torno do Polo Norte, há ocorrência de ventos predominantes de Leste que sopram da Groenlândia e, no inverno, dos centros gelados da Sibéria e do Canadá, que podem ser considerados como representantes de ventos polares de Leste, do Hemisfério Norte.

É importante que o navegante conheça o valor médio da pressão para a época em que cruza uma determinada região, pois a medida de um valor de pressão muito diferente da média prevista poderá ter um significado relevante para a previsão do tempo a bordo.

45.2.2 Temperatura

A medida da temperatura é de grande importância na meteorologia. Esta medida é feita por meio de termômetros, graduados em graus centígrados (ou Celsius) ou em graus Fahrenheit. Ambas as escalas têm como referências o ponto de congelamento e o ponto de ebulição da água, com a temperatura de congelamento em 0˚C ou 32˚F, e a temperatura de ebulição em 100˚C ou 212˚F.

A Tábua XI – Conversão de Escalas Termométricas, apresentada no Apêndice 1 deste Volume 3, permite converter leituras de temperatura em graus Fahrenheit para graus centígrados, e vice-versa, utilizando a fórmula:

$$\frac{C}{5} = \frac{(F - 32)}{9}$$

Onde: C = temperatura em graus centígrados;

F = temperatura em graus Fahrenheit.

Os termômetros medem temperaturas pela dilatação (ou contração) da substância nele empregada, que é, como sabemos, proporcional à variação da temperatura.

Toda substância reage a temperaturas diferentes (dilatando-se ou contraindo-se). Existem, no entanto, determinadas substâncias cujas variações regulares constituem um meio de melhor definir o estado calorífico de uma massa qualquer. Os termômetros são baseados, principalmente, na dilatação, contração e condutividade elétrica de certas substâncias.

Os termômetros usados a bordo utilizam como elemento sensível o mercúrio, sendo compostos por um tubo fixo de vidro, de diâmetro uniforme, graduado em escala, fechado num extremo e possuindo no outro um depósito (bulbo), conforme mostrado na Figura 45.11a. O depósito e uma parte do interior do tubo contêm mercúrio, ficando o resto vazio. Quando a temperatura aumenta, o mercúrio se dilata e o topo da sua coluna indica, na escala gravada no vidro, o valor da temperatura.

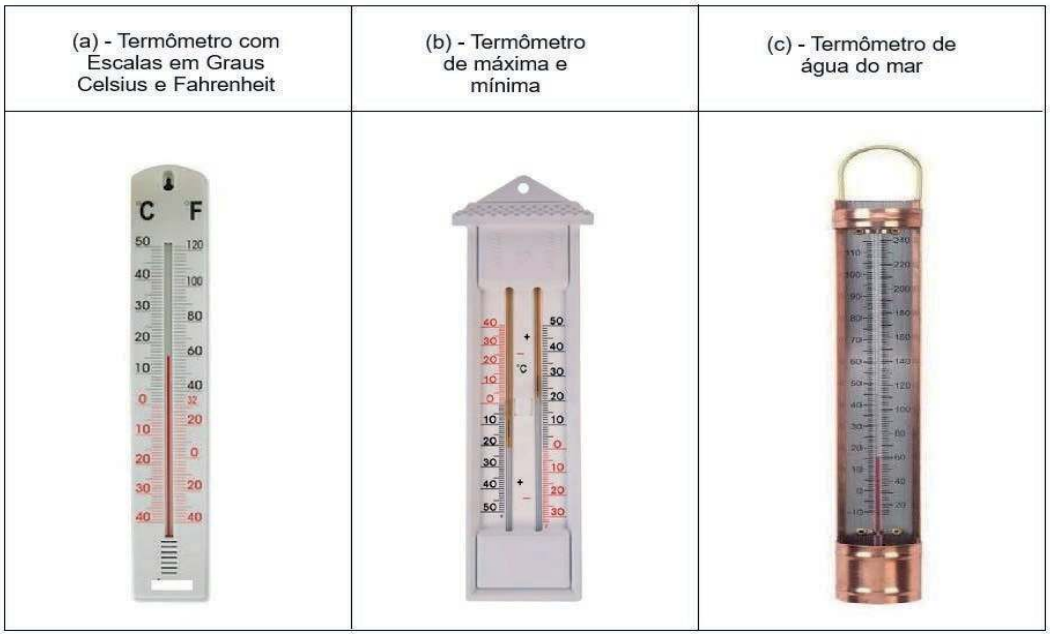
Outros tipos de termômetro utilizados em meteorologia são:

• Termômetros elétricos - usados com mais frequência, na meteorologia, em observações de altitude. São baseados na variação da resistência a uma corrente elétrica, quando a temperatura do condutor varia. Outros têm por base o princípio termoelétrico de que, quando um circuito elétrico for feito de dois metais diferentes e as junções não se mantiverem na mesma temperatura, haverá passagem de corrente.

• Termômetro de máxima e mínima - mede a maior e a menor temperatura ocorrida num dado intervalo de tempo, conforme mostrado na Figura 45.11b.

• Termômetro de água do mar - tem um formato especial, com uma carcaça protetora metálica que se avoluma na altura do bulbo, para tornar o instrumento mais resistente; destina-se a medir a temperatura da água do mar à superfície, como mostrado na Figura 45.11c.

Figura 45.11 – Termômetros



Existem, também, os termógrafos, que, conforme o próprio nome indica, são instrumentos que registram todas as variações de temperatura em um gráfico, podendo-se verificar os instantes em que ocorreram as temperaturas máxima e mínima. Há vários tipos de termógrafos; todavia, todos têm o mesmo princípio básico, que consiste de um elemento sensível às variações de temperatura, um sistema de relojoaria, engrenagens, alavancas e um tambor no qual é enrolado o papel registrador.

Os termômetros e termógrafos são sensíveis às temperaturas das massas com que estão em contato direto, logo não devem sofrer influências de fatores estranhos às massas cuja temperatura se quer medir. Assim é que, para medir as condições do ar circulante livremente num local, é necessário que os instrumentos estejam protegidos de radiações (solares, terrestres, de objetos vizinhos, etc.). Nos navios, os termógrafos e termômetros devem ficar em local protegido das trepidações, dos choques e dos efeitos de fontes artificiais de calor (canalização de vapor, água quente, etc.).

Pode-se fazer, a bordo, uma verificação nos termômetros, colocando-se o bulbo num recipiente cheio de gelo fundente; nesta situação, se o termômetro estiver correto, ler-se-á, na escala, a temperatura de 0˚C (ou 32˚F).

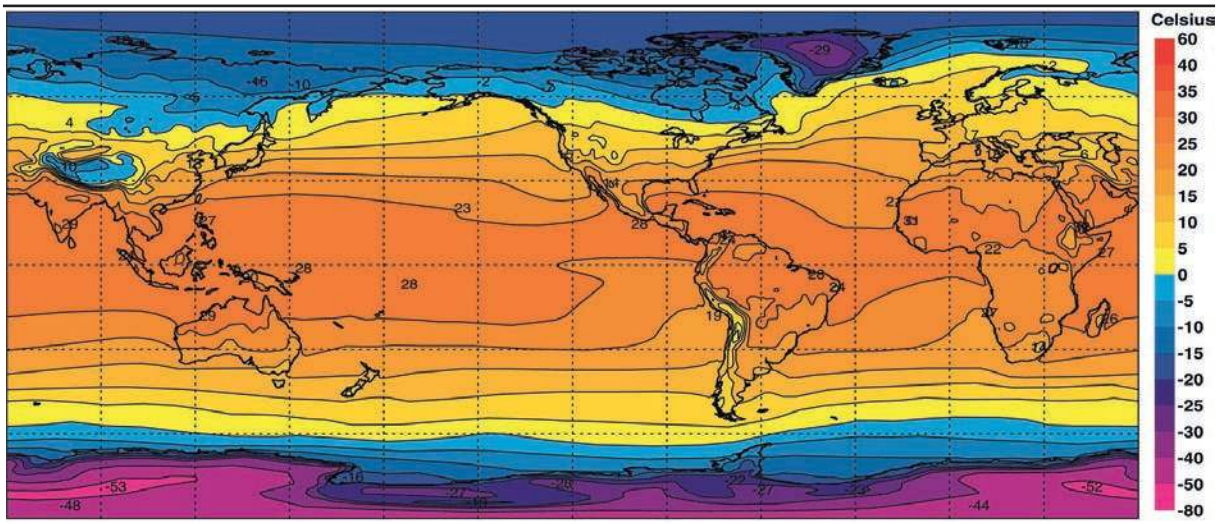
Tal como a pressão, a temperatura do ar varia continuamente em um determinado local. Por convenção, a temperatura padrão do ar ao nível do mar é 15˚C, ou 59˚F.

Na troposfera (camada inferior da atmosfera) a temperatura, normalmente, decresce com o aumento da altitude. Na estratosfera, todavia, a temperatura aumenta com a altitude, passando, de maneira geral, a diminuir na mesosfera, e voltando a aumentar na termosfera.

Quando a temperatura aumenta com a altitude diz-se que há uma inversão de temperatura. As inversões podem ser de superfície e de ar superior. As inversões de superfície decorrem de acentuado resfriamento da superfície terrestre causado pela grande quantidade de energia calorífica irradiada para o espaço. A parcela de ar situada imediatamente acima dessa superfície ficará mais fria do que o ar em níveis mais elevados. Esse processo ocorre, normalmente, nas noites de céu limpo. As inversões de ar superior são provocadas, via de regra, pela passagem de frentes.

A Figura 45.12 mostra um mapa da distribuição da temperatura média anual do ar ao nível do mar. Sobre os continentes, as isotermas se curvam em direção ao polo, formando um cavado, o que não se pode atribuir apenas à redução da temperatura ao nível do mar. As temperaturas médias continentais excedem as oceânicas; uma insolação mais forte durante as estações mais quentes compensa, e mesmo excede, qualquer anomalia das estações mais frias. Sobre os oceanos, o fato que mais se salienta é a tendência das isotermas de se deslocarem em direção ao Equador de oeste para leste. As regiões a oeste dos oceanos são mais quentes do que as de leste. Pode-se, de pronto, relacionar, em termos gerais, este fato à circulação do vento. O mais forte transporte de ar pelos alísios em direção ao Equador se realiza na parte leste dos oceanos; este ar, vindo das latitudes médias, é relativamente frio.

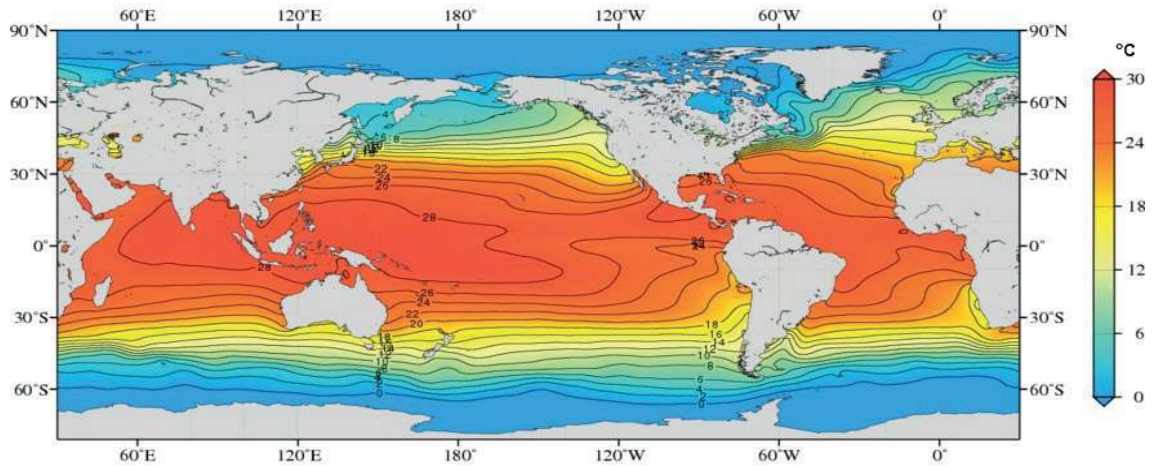
Figura 45.12 – Isotermas Médias Anuais do ar ao nível do mar



Fonte: ERA-40 climatological Atlas / ECMWF

A Figura 45.13 apresenta as temperaturas médias anuais do mar à superfície e mostra uma semelhança notável entre as isotermas médias anuais do ar ao nível do mar e o campo de temperatura superficial do oceano. Esta coincidência entre os dois conjuntos é tão perfeita que diferenças superiores a 1˚C entre as temperaturas do ar e do oceano são raras; é impossível traçar linhas representativas desta diferença. A maior parte dos oceanos tropicais parece ser levemente mais quente em média (aproximadamente 0,5ºC) que o ar, tanto na média anual quanto nas quedas estacionais de temperatura.

Figura 45.13 – Temperaturas Médias Anuais da Superfície do Mar



Fonte: World Ocean Atlas 2018 / NOAA

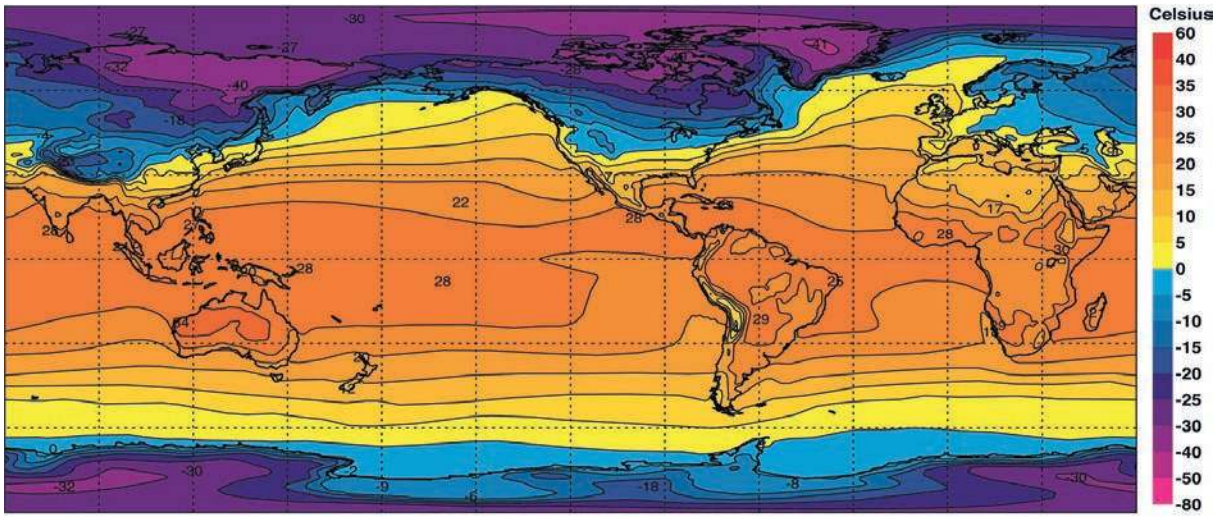
A temperatura da superfície do mar (TSM) quase não apresenta variação de valor durante o dia e à noite, uma vez que a energia recebida da radiação solar é em grande parte utilizada na evaporação da água da superfície do mar. Essa transformação da água superficial do oceano em vapor d'água contribui significativamente para aumentar a umidade do ar atmosférico. Ao mesmo tempo, esse comportamento resulta numa variação muito lenta e gradual da TSM ao longo do ano, sendo normalmente muito pequena a variação da TSM em períodos curtos, de poucos dias, com exceção de regiões sujeitas ao fenômeno da ressurgência (afloramento de águas frias profundas).

Entretanto, o navegante pode deparar com acentuadas variações de TSM ao longo de sua derrota, devido a oscilações nos limites de grandes correntes marítimas de temperaturas distintas daquelas do oceano circundante.

A TSM tem muita importância na interação oceano-atmosfera, porque influencia de forma bastante significativa o resfriamento do ar, no caso de TSM mais fria, podendo resultar na formação de nevoeiro ou névoa. Quando a TSM é mais quente, pode intensificar os processos convectivos, causando temporais e, até mesmo, o desenvolvimento de tormentas e furacões (quando a TSM é superior a 27ºC). A comparação entre a temperatura do ar à superfície e a TSM é de grande importância para o diagnóstico e o prognóstico do tempo.

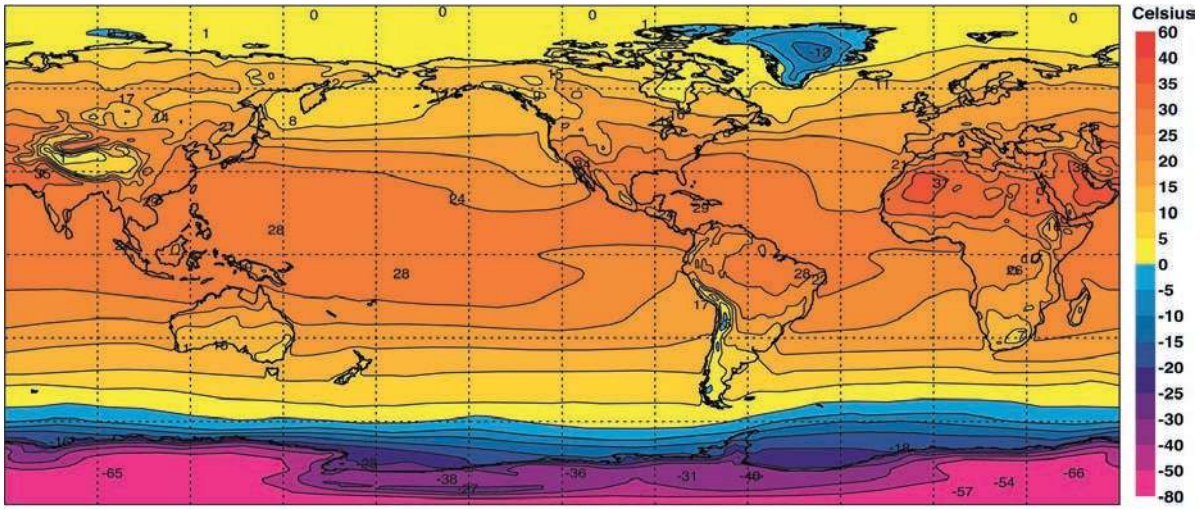
As Figuras 45.14 e 45.15 apresentam as isotermas médias para os períodos de dezembro a fevereiro (inverno no HN e verão no HS) e de junho a agosto (verão no HN e inverno no HS), respectivamente.

Figura 45.14 – Isotermas de Dezembro-Fevereiro (inverno no HN e verão no HS)



Fonte: ERA-40 climatological Atlas / ECMWF

Figura 45.15 – Isotermas de Junho-Agosto (verão no HN e inverno no HS)



Fonte: ERA-40 climatological Atlas / ECMWF

Comparando as figuras, pode-se observar que:

• em ambos os hemisférios e em qualquer estação, a temperatura tende, realmente, a diminuir do Equador para os polos;

• em ambos os hemisférios, mas principalmente no Hemisfério Sul, que é mais oceânico, as isotermas tendem a se distribuir conforme os paralelos;

• no verão, o maior aquecimento dos continentes repuxa para os polos as isotermas sobre as massas terrestres; no inverno, o maior resfriamento dos continentes produz efeito inverso;

• note-se que, no interior dos continentes (em particular no Hemisfério Norte), encontram-se os extremos de temperatura, tanto no verão como no inverno; e

• é visível a influência da Corrente do Golfo (Gulf Stream), uma corrente quente, no aquecimento do norte da Europa e da Escandinávia.

45.2.3 Umidade

Na atmosfera observa-se água no seu estado gasoso, como vapor d'água; no seu estado líquido, como gotículas de nuvens e gotas de chuvas; e no seu estado sólido, como cristais de gelo.

Umidade é um termo geral que descreve o conteúdo de vapor d'água existente no ar atmosférico. O aquecimento ou o resfriamento da água causa sua mudança de um para outro de seus três estados: sólido, líquido e gasoso (vapor d'água). A aplicação contínua de calor derrete o gelo, tornando-o líquido (água), que, por sua vez, evapora, transformando-se em vapor d'água. A retirada contínua de calor do vapor d'água causa sua condensação e a passagem para o estado líquido; a água, por seu turno, transforma-se em gelo, com o prosseguimento do processo de remoção de calor. Estas mudanças de estado são sempre acompanhadas de ganho ou perda de calor pelos ambientes próximos.

O vapor d'água existente na atmosfera provém da evaporação das superfícies líquidas da crosta terrestre (oceanos, rios, lagos, etc.); logo, normalmente, sua quantidade diminui com a altitude.

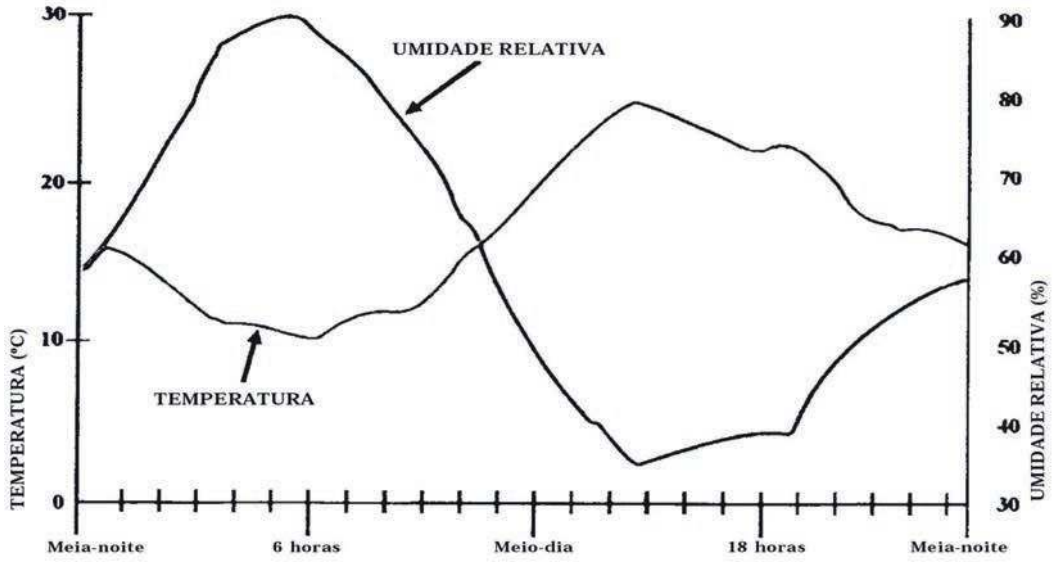
A capacidade do ar atmosférico de conter umidade é diretamente proporcional à sua temperatura. Esta é uma das principais propriedades do ar atmosférico. Quanto maior a temperatura do ar, maior a quantidade de vapor d'água que poderá conter. Diz-se que o ar atmosférico está saturado quando contém a quantidade máxima de vapor d'água, possível a uma dada temperatura (e pressão). Então, em temperaturas mais elevadas é necessária maior quantidade de vapor d'água para tornar o ar saturado, ocorrendo o inverso em temperaturas mais baixas.

Embora existam outros conceitos, como umidade absoluta, umidade específica e razão de mistura, o principal modo pelo qual é expressa a umidade do ar é a umidade relativa, definida como a relação, em percentagem, existente entre a quantidade de vapor d'água presente no ar e a quantidade máxima de vapor d'água que ele poderá conter, a uma determinada temperatura.

Ponto de orvalho ou temperatura do ponto de orvalho é, para uma determinada pressão e teor de vapor d'água constantes, o valor de temperatura correspondente ao ponto de saturação (ou seja, é a temperatura mínima na qual o ar atmosférico mantém-se saturado). Se o resfriamento persistir e o ar atingir temperatura inferior à do ponto de orvalho, iniciar-se-á o processo de condensação.

Numa situação em que a quantidade de vapor d'água contido no ar permaneça constante, ou seja, sem acréscimo ou retirada de umidade, se a temperatura do ar aumenta, a sua capacidade de conter vapor d'água até se saturar também aumenta; logo, a sua umidade relativa diminui. Se a temperatura do ar diminui, o seu limite de conter umidade até se saturar também diminui; logo, a sua umidade relativa aumenta. Assim, constata-se que a umidade relativa varia de modo inversamente proporcional à variação da temperatura, conforme mostrado na Figura 45.16.

Figura 45.16 – A Umidade Relativa varia inversamente com a Temperatura do Ar



Existem três processos gerais de condensação do vapor d'água contido no ar atmosférico em uma determinada pressão, isto é, a um determinado nível de altitude:

- resfriamento;
- acréscimo de umidade; e
- resfriamento mais acréscimo de umidade.

A condição de saturação do ar é importante porque qualquer resfriamento adicional do ar saturado força o vapor d'água a mudar de estado, retornando à forma líquida. Assim se formam as nuvens, os nevoeiros e as neblinas. Se o processo continua o bastante, ocorre precipitação, ou seja, descida de uma parcela do vapor d'água condensado, sob a forma de chuva, geada, neve, saraiva, chuvisco, ou de uma combinação deles.

Se o mesmo ar saturado for aquecido até uma temperatura mais alta, ele poderá absorver uma quantidade maior de vapor d'água, até tornar-se novamente saturado, nessa temperatura mais elevada.

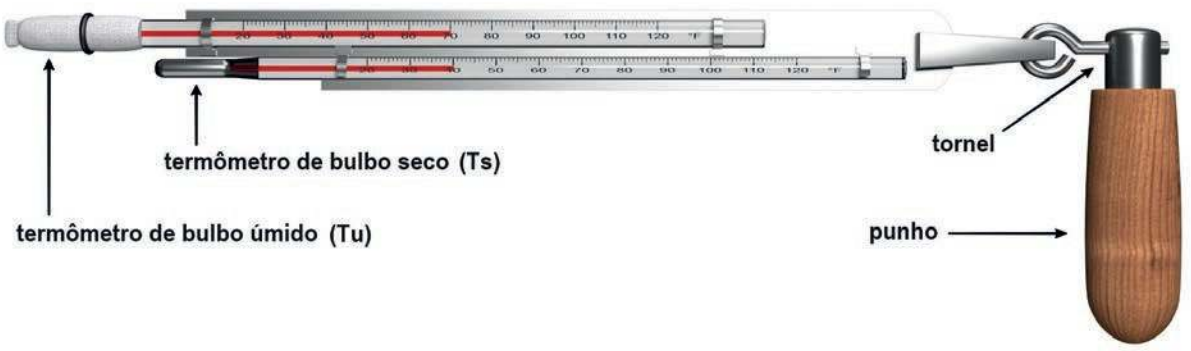
A umidade do ar é determinada por meio de higrômetros e psicrômetros. O higrômetro mais comum utiliza o cabelo humano como elemento sensível, porém outras substâncias de propriedades idênticas também podem ser usadas. O cabelo, por ser bastante sensível às variações da umidade do ar, além de sofrer a influência da temperatura, faz com que os higrômetros construídos com ele indiquem diretamente a umidade relativa do ar (Figura 45.17). Os higrógrafos são instrumentos que registram a umidade relativa do ar. O princípio de funcionamento é idêntico ao do higrômetro, acrescido do sistema de relojoaria e do tambor giratório no qual é enrolado o papel de registro.

Figura 45.17 – Higrômetros



No entanto, são os psicrômetros que fornecem as medidas mais precisas da umidade do ar. O tipo mais comum deste instrumento utilizado a bordo é o psicrômetro de funda, que possui dois termômetros iguais, geralmente graduados de meio em meio grau centígrado, sendo que um dos termômetros tem o bulbo envolto por uma camisa de musselina. Os termômetros são montados em uma armação metálica, provida de um punho, em torno do qual pode girar, como apresentado na Figura 45.18.

Figura 45.18 – Psicrômetro de Funda



No momento da observação, a camisa de musselina do termômetro úmido é embebida em água. O observador, então, segurando pelo punho, faz girar rapidamente o psicrômetro ao ar livre, durante cerca de 2 a 3 minutos, e, em seguida, efetua a leitura da temperatura do termômetro seco (Ts) e da temperatura do termômetro úmido (Tu).

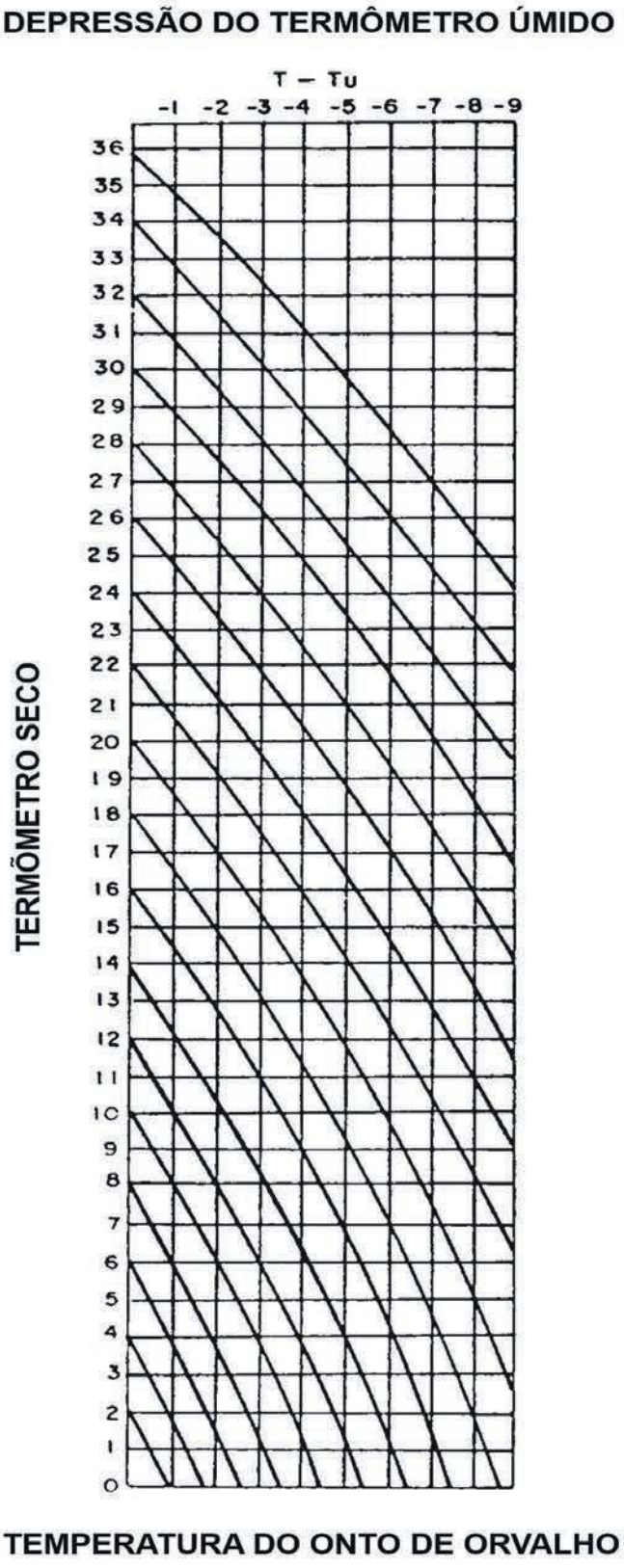
A evaporação da água da musselina do termômetro úmido produz um resfriamento proporcional à quantidade de vapor d'água contido no ar, indicado na escala termométrica. Quanto mais seco estiver o ar, maior será a evaporação e, também, maior será o resfriamento.

Com a diferença entre as leituras do termômetro seco e do termômetro úmido (denominada depressão do termômetro úmido) e a temperatura do ar (temperatura do termômetro seco), a Tábua XIV do Apêndice 1 deste Volume, ou o ábaco da Figura 45.19, fornece o valor da temperatura do ponto de orvalho (Td), ou dew point, correspondente ao ponto de saturação, ou seja, à temperatura em que o vapor d'água existente no ar atmosférico começa a ser condensar.

Exemplos:

1	Temperatura do Termômetro Seco:	Ts = + 26º C
	Temperatura do Termômetro Úmido:	Tu = + 20º C
	Depressão do Termômetro Úmido:	Ts–Tu = 6º C
	Tábua XIV (ou ábaco da Figura 45.19):	Td = 17,1º C
2	Temperatura do Termômetro Seco:	Ts = + 30º C
	Temperatura do Termômetro Úmido:	Tu = + 26º C
	Depressão do Termômetro Úmido:	Ts–Tu = 4º C
	Tábua XIV (ou ábaco da Figura 45.19):	Td = 24,7º C

Figura 45.19 – Ábaco para Determinação da Temperatura do Ponto de Orvalho (Td)



Como empregar o ábaco para determinar a temperatura do Ponto de Orvalho (Td):

• descer pela curva que parte da temperatura do termômetro seco (Ts) até o encontro com a depressão do termômetro úmido (T-Tu); e

• ler então, à esquerda, a temperatura do ponto de orvalho (Td).

Exemplo:

Termômetro seco = 26,0º

Termômetro úmido = 20,0º

Depressão = 6,0º

Ponto de orvalho = 17,0º

Com a temperatura do termômetro seco (Ts) e a depressão do ponto de orvalho (Ts–Td), retira-se da Tábua XV, apresentada no Apêndice 1 deste Volume, o valor da umidade relativa.

1	Temperatura do Termômetro Seco:	Ts = + 26º C
	Temperatura do ponto de orvalho:	Td = + 17,1º C
	Depressão do ponto de orvalho:	Ts–Td = 8,9º C
	Tábua XV → umidade relativa:	57,6% ≃ 58%
2	Temperatura do Termômetro Seco:	Ts = + 30º C
	Temperatura do ponto de orvalho:	Td = + 24,7º C
	Depressão do ponto de orvalho:	Ts–Td = 5,3º C
	Tábua XV → umidade relativa:	73,3% ≃ 73%

Pode-se, ainda, com a temperatura do ar (temperatura do termômetro seco, Ts) e a umidade relativa, obter a temperatura do ponto de orvalho (Td), utilizando a Tábua XVI, apresentada no Apêndice 1 deste Volume.

1	Temperatura do ar (temperatura do termômetro seco):	Ts = + 12º C
	Umidade relativa (lida no higrômetro):	70%
	Tábua XVI → temperatura do ponto de orvalho:	Td = 6,7º C
2	Temperatura do ar (temperatura do termômetro seco):	Ts = + 32º C
	Umidade relativa (lida no higrômetro):	50%
	Tábua XVI → temperatura do ponto de orvalho:	Td = 20,3º C

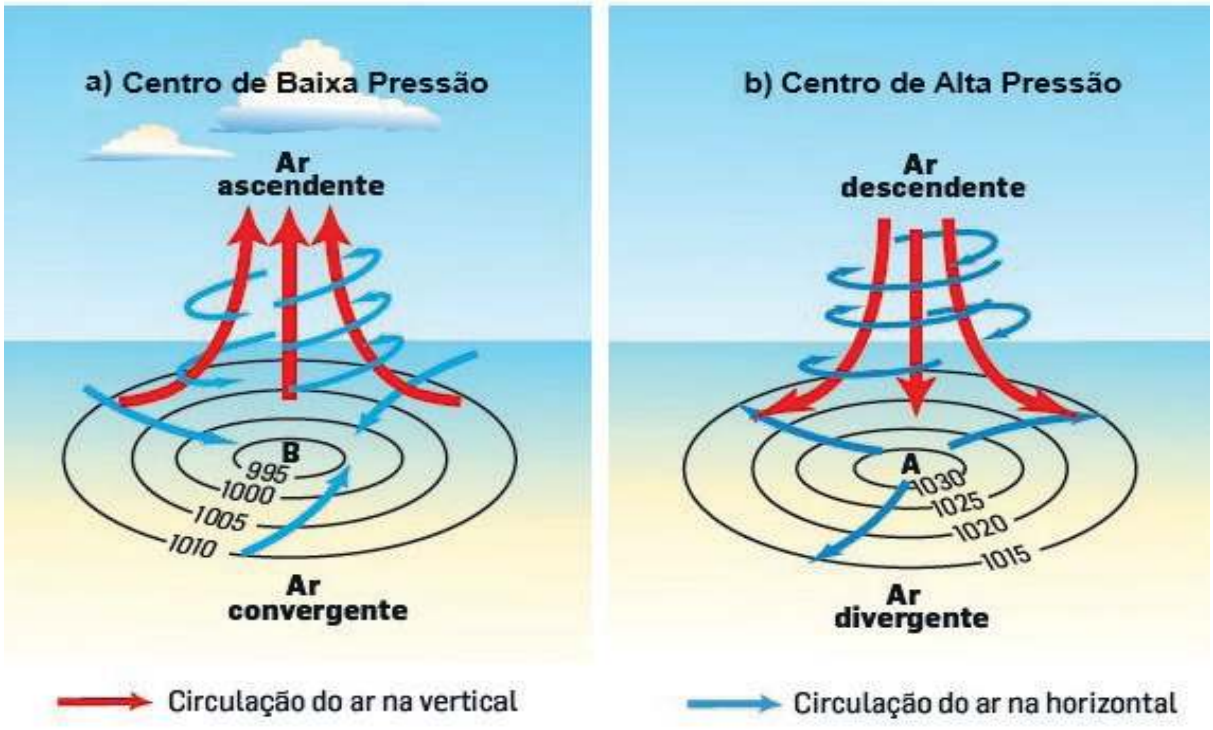
Como visto, o psicrômetro de funda é um instrumento bastante útil, pois permite obter a umidade relativa e, também, a temperatura do ponto de orvalho (Td), que é um parâmetro meteorológico muito importante. Além disso, em virtude de sua precisão, serve para calibrar os higrômetros. A bordo, o psicrômetro deve ser operado num lugar à sombra, a barlavento.

45.2.4 Vento

Vento é o movimento horizontal do ar, resultante de diferenças na pressão atmosférica entre áreas adjacentes.

Quando uma região na superfície terrestre é aquecida sob a influência dos raios solares, a irradiação do calor provoca o aquecimento do ar, que, em consequência, se torna menos denso, mais leve e sobe para as camadas superiores. Isto é, na região considerada forma-se uma zona de baixa pressão atmosférica na superfície, afluindo para aí o ar das áreas vizinhas mais frias, onde a pressão é mais elevada. Então, os centros de baixa pressão (ciclones) são centros convergentes, isto é, na superfície o ar converge para o centro de baixa pressão, conforme mostrado na Figura 45.20a.

Figura 45.20 – Circulação nos Centros de Baixa e Alta Pressão

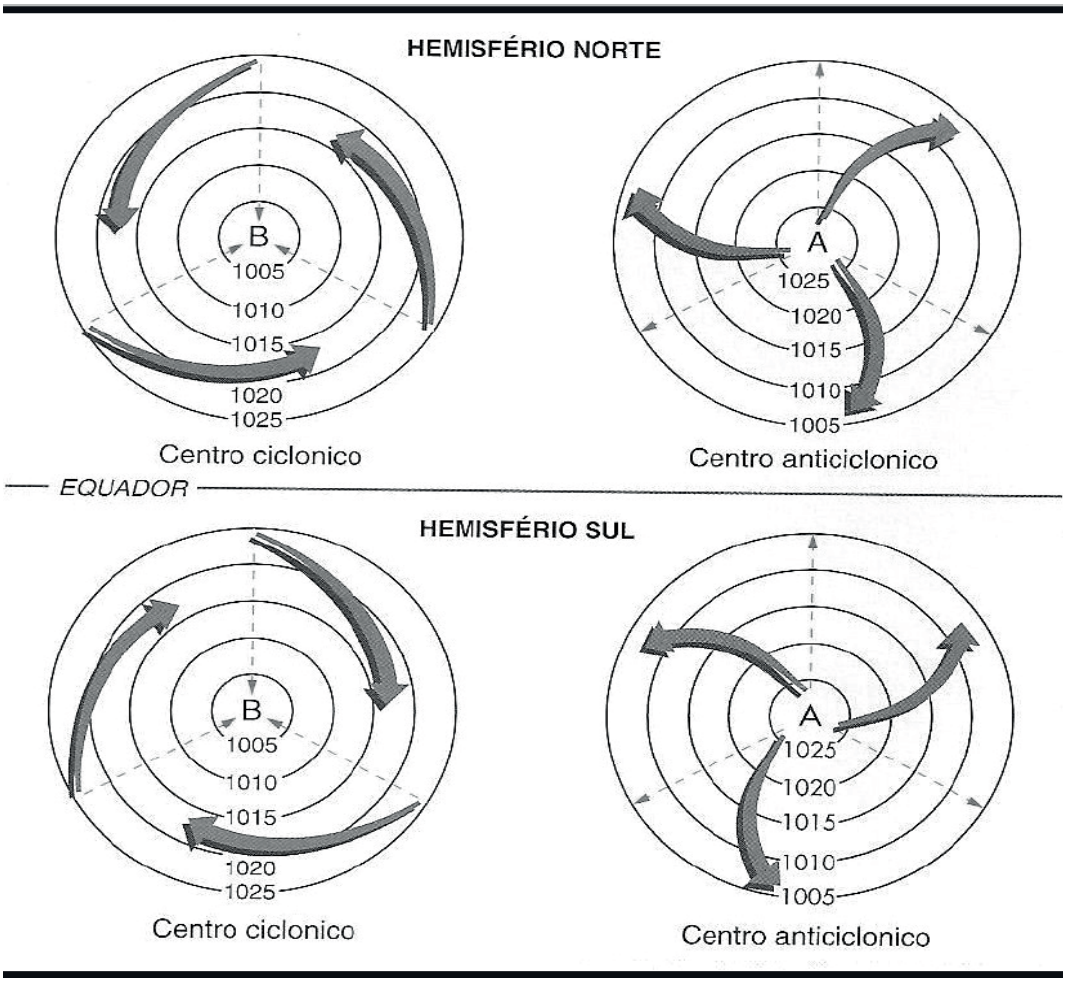


Por outro lado, uma região fria na superfície resfria o ar adjacente, tornando-o mais denso e resultando em uma área de alta pressão. Este ar tende a fluir para as zonas de baixa pressão. Como indicado na Figura 45.20b, os centros de alta pressão são centros divergentes, isto é, na superfície o ar se afasta dos centros de alta, na direção de regiões de pressão mais baixa. Isto causa a descida (subsidência) do ar das camadas mais altas para a superfície.

Assim se originam os ventos na superfície da Terra, podendo-se, pois, enunciar como lei geral dos ventos: "O vento sopra dos centros de alta pressão para os centros de baixa pressão".

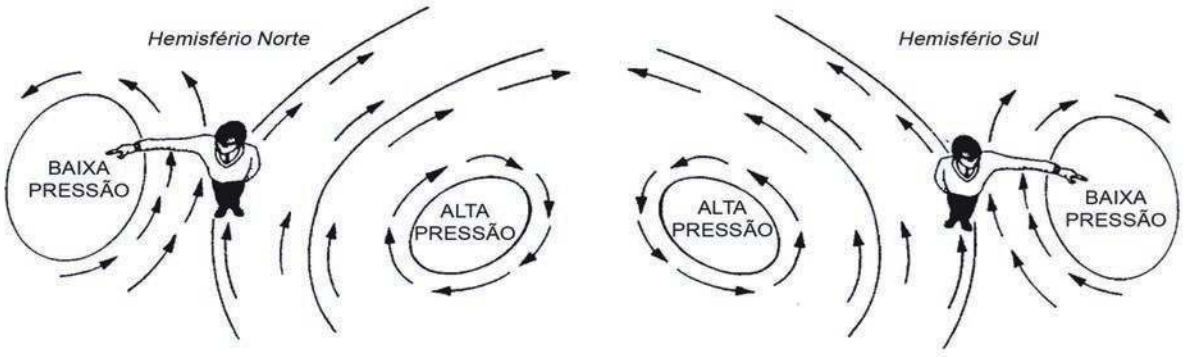
Entretanto, o efeito do movimento de rotação da Terra (força de Coriolis) impede o vento de soprar diretamente dos centros de alta para os centros de baixa pressão. Em vez disso, o vento segue uma trajetória curva. Em virtude da rotação do globo terrestre, os ventos, pelo Efeito de Coriolis, são desviados para a direita no Hemisfério Norte e para a esquerda no Hemisfério Sul. Então, no Hemisfério Norte os ventos giram no sentido anti-horário em torno dos centros de baixa pressão e no sentido horário em volta dos centros de alta. No Hemisfério Sul sucede o contrário, isto é, os ventos giram no sentido horário em torno dos centros de baixa e no sentido anti-horário em torno dos centros de alta pressão, conforme apresentado na Figura 45.21.

Figura 45.21 – Representação Gráfica dos Ciclones e Anticiclones, com as Isóbaras e os Ventos Correspondentes



Disto resulta a lei de Buys-Ballot[4] (1817-1890), ou lei básica dos ventos, que estabeleceu uma relação entre o vento e a distribuição de pressão e que pode ser aqui enunciada do seguinte modo: "Voltando-se para a direção de onde sopra o vento verdadeiro, a baixa barométrica fica à sua direita no Hemisfério Norte e à esquerda no Hemisfério Sul, a cerca de 110° da direção de onde sopra o vento", conforme apresentado na Figura 45.22.

Figura 45.22 – Identificação da Circulação (Lei de Buys-Ballot)



[4] *A Lei de Buys-Ballot é válida para circulação sinótica, que é um modelo mais representativo em alto-mar. Em baías ou águas interiores, o relevo ou outros aspectos locais podem mudar significativamente a direção esperada do vento.*

Em meteorologia, a circulação em torno de um centro de baixa pressão (B) toma a designação de sistema ciclônico de ventos ou, simplesmente, ciclone. Em torno de um centro de alta pressão (A), o conjunto de ventos denomina-se anticiclone. A representação gráfica dos ciclones e anticiclones faz-se, como visto, por meio de isóbaras (linhas que unem os pontos da superfície da Terra de igual pressão barométrica, no mesmo instante). Os ventos não são bem tangentes às isóbaras, formando com elas ângulos de 20º a 30º para o lado do centro de baixa pressão. Num anticiclone, o ângulo dos ventos com as isóbaras é, geralmente, maior e sempre para o lado de fora do centro de alta (vide Figura 45.21).

Há, então, uma relação entre os efeitos da temperatura e da pressão e a circulação resultante. Existe, normalmente, uma associação entre temperaturas de superfície mais frias, pressões atmosféricas mais altas, subsidência e divergência; e entre temperaturas de superfície mais elevadas, pressões mais baixas, convergência e ascensão do ar. O vento é resultado dessas associações. Áreas de alta e de baixa pressão e os fluxos de ventos a elas associados formam-se e movem-se continuamente através da superfície da Terra. Certas características meteorológicas são típicas destas áreas de pressão e, assim, o conhecimento de sua localização e de seus movimentos é essencial para a previsão do tempo.

Em regra, os sistemas ciclônicos de ventos movem-se rapidamente e são acompanhados por mau tempo. Os ventos à superfície convergem para os centros de baixa pressão. Além disso, nas depressões há subida de ar da superfície para as camadas superiores, causando, assim, o resfriamento desse ar e, consequentemente, a sua saturação, seguida da formação de nebulosidade e possibilidade de chuvas (vide Figura 45.20a, onde é esquematizada a formação de nuvens no centro de baixa pressão, pela ascensão e resfriamento do ar). Por outro lado, os sistemas anticiclônicos deslocam-se vagarosamente e, em geral, estão associados a bom tempo.

Direção e força do vento

A direção do vento é a direção de onde ele sopra. Assim, o vento N (Norte) sopra do Norte para o Sul; o vento E (Leste) sopra de Leste para Oeste.

A força do vento é a pressão que ele exerce sobre a unidade de área. A força do vento não é função da pressão barométrica, mas sim da diferença de pressões entre dois lugares e da distância entre eles, isto é, a força do vento é proporcional ao gradiente barométrico, que é a diferença de pressões, em hectopascais (hPa), medida perpendicularmente às isóbaras (e correspondente à distância de 60 milhas). Quanto mais próximas estiverem as isóbaras, maior o gradiente barométrico e maior a força do vento. Porém, em vez de se medir a força, mede-se a velocidade do vento, ou seja, a distância que o ar percorre na unidade de tempo. Em meteorologia marinha, a velocidade do vento é expressa em nós (milhas náuticas por hora); 1 nó é igual a 1,852 km/h, ou 0,514 m/s.

Para indicar a força do vento, adota-se a escala Beaufort, como apresentada na Tabela 45.1, com números de 0 a 12 para designar desde a calmaria até ventos de furacão. Nessa tabela, o aspecto do mar estimado depende de condições de intensidade e duração do vento e de pista (ou seja, área da superfície do mar sob ação do vento).

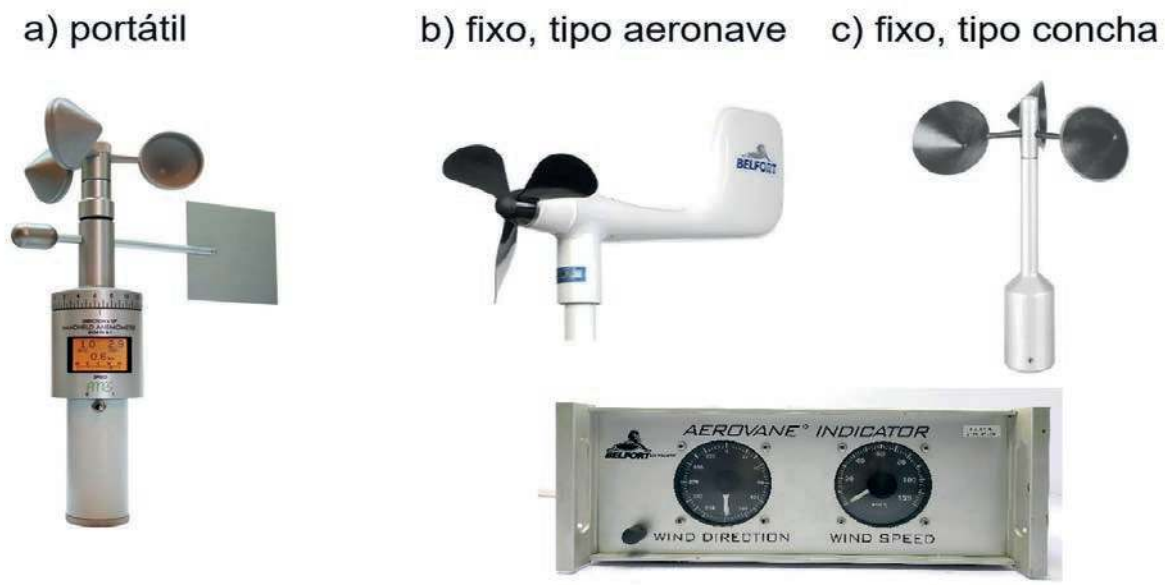
Tabela 45.1 – Escala Beaufort utilizada para classificação do vento e do estado do mar

Código	Intensidade (nós)	Descrição Português/Inglês	Aspecto do mar
0	< 1	Calmaria *Calm*	Espelhado.
1	1 a 3	Bafagem *Light Air*	Mar encrespado em pequenas rugas com aparência de escamas, sem cristas.
2	4 a 6	Aragem *Light Breeze*	Ligeiras ondulações curtas, de 30 cm de altura com cristas viradas, mas sem arrebentação.
3	7 a 10	Fraco *Gentle Breeze*	Grandes ondulações de 60 cm, com princípio de arrebentação. Alguns carneiros.
4	11 a 16	Moderado *Moderate Breeze*	Pequenas vagas de 1,5 m, com frequentes carneiros.
5	17 a 21	Fresco *Fresh Breeze*	Vagas moderadas, de forma longa e 2,4 m de altura. Muitos carneiros. Possibilidade de alguns borrifos.
6	22 a 27	Muito Fresco *Strong Breeze*	Grandes vagas de 3,6 m de altura. Muitas cristas brancas. Frequentes borrifos.
7	28 a 33	Forte *Near Gale*	Mar grosso. Vagas de 4,8 m de altura. A espuma da arrebentação se dispõe em estrias, indicando a direção do vento. Muitos borrifos.
8	34 a 40	Muito Forte *Gale*	Vagalhões regulares de 5,5 a 7,5 m com faixas espessas e espuma branca e franca arrebentação.
9	41 a 47	Duro *Severe Gale*	Vagalhões de 7,0 a 10,0 m com faixas de espuma densa. O mar rola. A visibilidade começa a ser afetada.
10	48 a 55	Muito Duro *Storm*	Grandes vagalhões de 9,0 a 12,0 m. 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	56 a 63	Tempestuoso *Violent Storm*	Vagalhões excepcionalmente grandes, até 16,0 m. A visibilidade é afetada. Os navios de tamanho médio desaparecem no cavado das vagas.
12	≥ 64	Furacão *Hurricane*	Mar branco de espuma; respingos saturam o ar. A visibilidade é seriamente afetada.

O Apêndice a este Capítulo contém imagens do aspecto do mar, decorrentes da força do vento, retirados do modelo DHN-5909-3 - Escala Beaufort, editado pela DHN. As fotografias mostram a correspondência entre a aparência da superficie do mar e a escala Beaufort de ventos, devendo ser usadas para estimar a força do vento, na falta de aparelhos registradores adequados.

A direção e a velocidade do vento são medidas pelos anemômetros, podendo ser portátil ou fixo no mastro, conforme apresentados na Figura 45.23. Em ambos os tipos, a orientação do sensor (anemoscópio) indica a direção do vento, enquanto a rotação do hélice ou das conchas permite a determinação da sua velocidade.

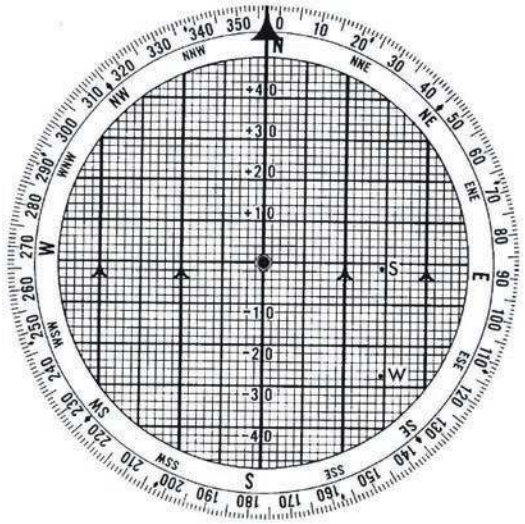
Figura 45.23 – Tipos de Anemômetro Portátil e de Mastro



Os anemômetros existentes nos navios indicam a direção e a velocidade do vento relativo, ou vento aparente, que resulta da combinação do vento verdadeiro com o movimento do navio. Entretanto, é necessário conhecer o vento verdadeiro. Para determinação do vento verdadeiro a bordo, partindo dos elementos do vento relativo, podem ser utilizados ábacos especiais, a Tábua XII do Apêndice 1 (a este Volume) ou a solução gráfica do problema, através da construção, em uma rosa de manobra, do "triângulo de velocidades".

Os ábacos especiais, como o apresentado na Figura 45.24, têm, cada um deles, suas próprias instruções de uso.

Figura 45.24 – Ábaco para Determinação do Vento Verdadeiro



A Tábua XII — Direção e Velocidade do Vento Verdadeiro, apresentada no Apêndice 1, deve ser usada da seguinte maneira:

• Divida a velocidade do vento relativo (vento aparente), em nós, pela velocidade do navio, também em nós;

• entre na Tábua XII com este fator e o ângulo entre o rumo e a direção do vento relativo; e

• os dados fornecidos pela Tábua XII são:

◦ a diferença entre o rumo e a direção do vento verdadeiro (o vento verdadeiro estará no mesmo bordo que o vento relativo, mais para ré); e

◦ um fator que, multiplicado pela velocidade do navio (em nós) dará a velocidade do vento verdadeiro, em nós.

Exemplos:

1. Rumo do navio = 270º, velocidade = 14,3 nós

Vento relativo = 040° BE, velocidade = 20 nós

Determinar a direção e a velocidade do vento verdadeiro pela Tábua XII.

Solução:

a) $$\text{fator} = \frac{\text{Velocidade do vento relativo}}{\text{Velocidade do navio}} = \frac{20}{14,3} \simeq 1,4$$

b) Tábua XII : 085° ; 0,90

c) Direção do vento verdadeiro: 270º + 085º = 355º

Velocidade do vento verdadeiro: 0,90 x 14,3 ≃ 13 nós

2. Rumo do navio = 235º, velocidade = 8 nós

Vento relativo = 120° BB, velocidade = 24 nós

Determinar a direção e a velocidade do vento verdadeiro pela Tábua XII.

Solução:

a) $$\text{fator} = \frac{\text{Velocidade do vento relativo}}{\text{Velocidade do navio}} = \frac{20}{8} = 3,0$$

b) Tábua XII : 134° ; 3,61

c) Direção do vento verdadeiro: 235º – 134º = 101º

Velocidade do vento verdadeiro: 3,61 x 8 = 28,9 ≃ 29 nós

Para determinação do vento verdadeiro pela rosa de manobra, através do "triângulo de velocidades", o problema pode ser resolvido assemelhando o movimento do ar ao movimento relativo de um outro navio. O vento verdadeiro corresponde ao movimento real (absoluto) do ar. O vento relativo é o movimento do ar em relação ao navio (que também se move). Procede-se, então, da seguinte maneira:

• Retiram-se dos mostradores do anemômetro os valores correspondentes à direção e à velocidade do vento relativo; anotam-se o rumo verdadeiro e a velocidade do navio;

• combina-se a direção do vento relativo com o rumo do navio, para obter a direção, na rosa de manobra, de onde sopra o vento aparente;

• plota-se na rosa de manobra, a partir do centro do diagrama, o vetor do movimento do navio (tr), selecionando uma escala de velocidade adequada;

• da cabeça deste vetor (ponto r), traça-se o vetor do vento aparente (rw), com a direção de onde sopra este vento e sua velocidade, medida na mesma escala usada para a velocidade do navio; e

• obtém-se, então, o vetor tw, que fornece os elementos do vento verdadeiro: direção (de onde sopra) e velocidade (medida na mesma escala usada para traçar os outros dois vetores).

Exemplos:

1. Rumo do navio = 150º, velocidade = 17 nós

Vento relativo = 040˚ BE, velocidade = 15 nós

Determinar, pelo "triângulo de velocidades", os elementos do vento verdadeiro.

Solução:

a) Se o vento relativo está entrando aos 040º BE e o rumo do navio é 150º, ele está soprando de 190˚;

b) Selecionando a escala de velocidades de 2:1, plotam-se na rosa de manobra os vetores do movimento do navio (tr) e do vento relativo (rw), conforme mostrado na Figura 45.25;

c) Determina-se, então, o vetor do vento verdadeiro (tw), obtendo-se:

• direção = 270˚ (de onde sopra o vento verdadeiro);

• velocidade = 11 nós (medida na escala 2:1).

2. Rumo do navio = 213˚, velocidade = 21 nós

Vento relativo = 070˚ BB, velocidade = 20 nós

Determinar, pelo "triângulo de velocidades", a direção e a velocidade do vento verdadeiro.

Solução:

a) Se o vento relativo está entrando aos 070º BB e o rumo do navio é 213º, o vento aparente está soprando de 143˚;

b) Selecionando a escala de velocidades de 3:1, plotam-se na rosa de manobra os vetores do movimento do navio (tr) e do vento relativo (rw), conforme mostrado na Figura 45.26;

c) Traça-se, então, o vetor do vento verdadeiro (tw), do qual obtém-se:

• direção = 086˚ (de onde sopra o vento verdadeiro);

• velocidade = 23 nós (o valor da velocidade do vento é sempre arredondado, na prática da navegação, ao inteiro mais próximo).

Figura 45.25 – Determinação do Vento Verdadeiro

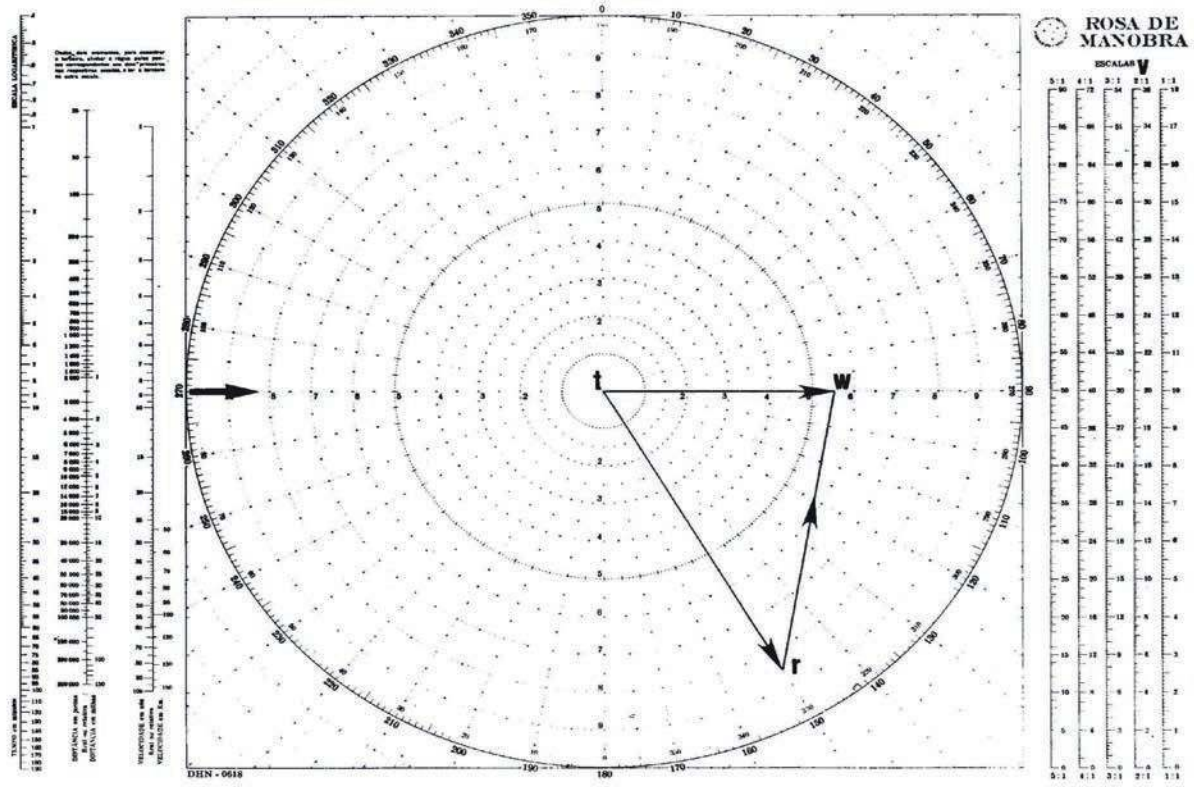
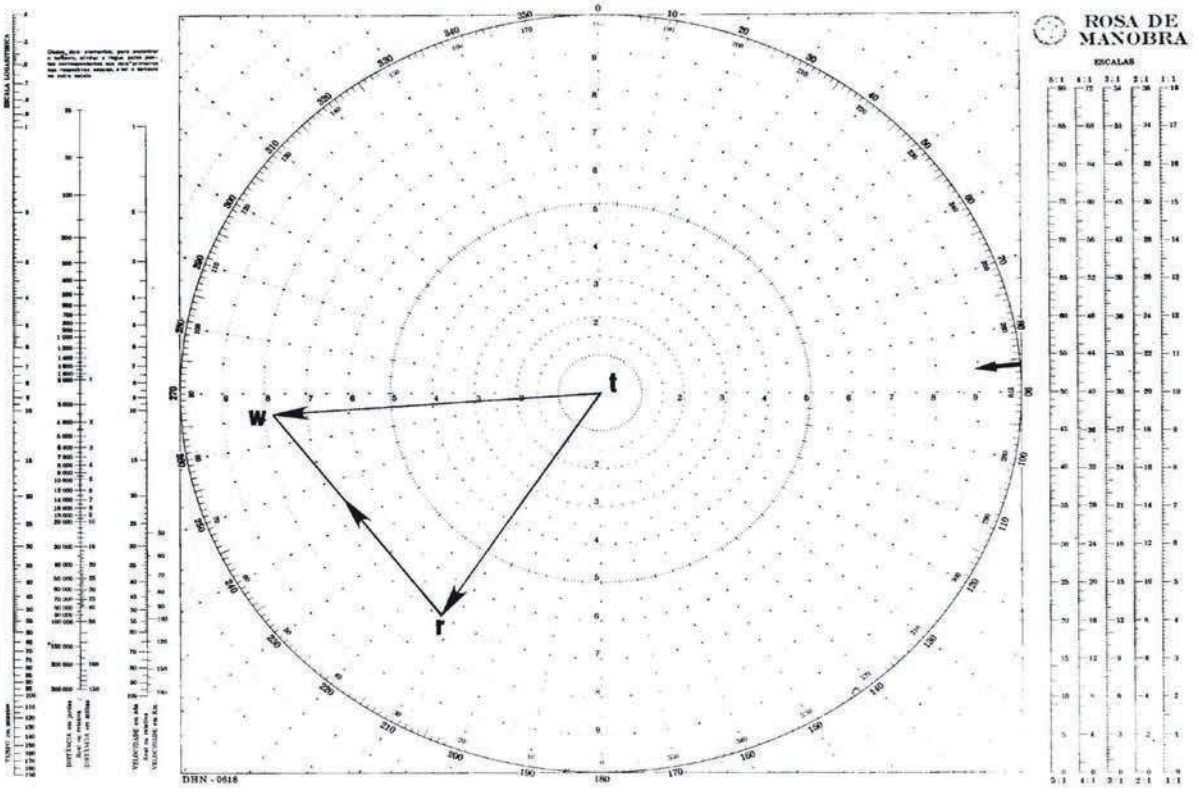


Figura 45.26 – Determinação do Vento Verdadeiro



Quando a direção do vento coincide com o rumo do navio, não há necessidade do uso da rosa de manobra. Esta situação ocorre quando o vento relativo está entrando pela proa (000º relativos) ou pela popa do navio (180º relativos). O vento verdadeiro, então, é obtido subtraindo ou somando ao vento relativo à velocidade do navio. Quando a bordo não se sente vento, é porque o vento verdadeiro está de popa, com velocidade igual à do navio.

Exemplos:

1. Rumo do navio = 090º, velocidade = 20 nós

Vento relativo = 180˚, velocidade = 15 nós

Vento verdadeiro: direção = 270˚, velocidade = 35 nós.

2. Rumo do navio = 090º, velocidade = 20 nós

Vento relativo = 000˚, velocidade = 30 nós

Vento verdadeiro: direção = 090˚, velocidade = 10 nós.

3. Rumo do navio = 090º, velocidade = 20 nós

Vento relativo = zero (não se sente o vento a bordo)

Vento verdadeiro: direção = 270˚, velocidade = 20 nós.

Além dos ventos gerais, descritos quando se estuda a circulação geral da atmosfera, existem sistemas periódicos de ventos que sopram em áreas relativamente grandes, como as monções do Oceano Índico e do Mar da China. As monções são ventos periódicos, que sopram cerca de 6 meses em uma determinada direção e outro tanto de tempo na direção oposta.

Como vimos, os alísios têm origem em uma zona de altas pressões de caráter permanente, nas proximidades do paralelo de 30º de ambos os hemisférios. Contudo, existindo um vasto continente nesta zona, a pressão atmosférica pode modificar-se, de modo a perturbar grandemente o regime dos ventos alísios. É o que ocorre sobre a Ásia, cujos áridos e vastos planaltos estão sujeitos a grandes variações de temperatura. No verão do Hemisfério Norte (abril a setembro), a terra se aquece consideravelmente na Ásia Central e origina uma acentuada baixa pressão atmosférica; ter-se-á, assim, um vento SW, em vez do alísio de NE. No inverno do Hemisfério Norte (outubro a março), o continente asiático resfria-se rapidamente e origina uma alta pressão; deste modo, será reforçado o alísio de NE, o qual chega a passar para o Hemisfério Sul, desviando-se para a esquerda e tornando-se um vento NW.

Assim, as monções fazem-se sentir no Oceano Índico e no Mar da China, nos seguintes períodos:

- Monção de SW: de abril a setembro; e
- Monção de NE: de outubro a março.

No inverno do Hemisfério Norte, o centro de alta pressão localiza-se sobre a China; no verão, o centro de baixa pressão forma-se sobre a Índia. Consequentemente, a monção de NE sopra forte no Mar da China e fraca no Índico; por outro lado, a monção de SW é violenta (força 6 a 8) no Oceano Índico e fraca no Mar da China. A transição de uma monção para outra é acompanhada ora de calmarias ora de aguaceiros, sendo, então, frequentes os tufões no Mar da China.

Ainda que a palavra monção seja especificamente utilizada para designar ventos periódicos do sul e sudeste da Ásia, existem sistemas análogos em outros locais onde se desenvolvem grandes diferenças de temperatura entre os oceanos e os continentes. Nas Latitudes médias e altas estes ventos sazonais tendem a ser mascarados pelos ventos gerais. Contudo, nas Latitudes mais baixas podem ser encontrados outros ventos tipo monção, tais como:

• **Monção do Golfo da Guiné:** devido ao sobreaquecimento das planícies centrais da África, o alísio de SE do Atlântico Sul é desviado no Golfo da Guiné, produzindo, nesta região, um vento S ou SW permanente, conhecido por monção africana ou do Golfo da Guiné;

• **Monção do Mar Vermelho:** o vento predominante no Mar Vermelho é de NNW, porém, de outubro a maio, prevalece na parte Sul a monção de SSE, causada por um desvio, no Golfo de Áden, da monção de NE vinda do Oceano Índico. Na parte Norte do Mar Vermelho mantém-se o vento NNW e na parte central forma-se uma zona de calmarias ou de ventos fracos; e

• **Monção da costa do Brasil:** durante o verão no Hemisfério Sul, forma-se na parte central do Brasil uma zona de baixa pressão que origina, de setembro a março, a monção de NE ao longo da costa, até o Rio da Prata. Nos meses restantes do ano, prevalece o vento de SE ou SW.

Ademais, diferentes condições topográficas, associadas a diferenças de pressão e temperatura, produzem uma grande variedade de sistemas de ventos locais na superfície da Terra, ou seja, além dos ventos gerais e dos ventos periódicos mencionados, existem inúmeros ventos locais, que influenciam o tempo em muitos lugares. Quando o vento catabático é seco e quente para a estação em que ocorre, é denominado de *foehn*. Os *foehns*, então, são ventos fortes, secos e quentes que se desenvolvem, em determinadas ocasiões, na encosta de sotavento das cordilheiras. São, sobretudo, frequentes e fortes sobre as encostas norte dos Alpes; porém, com menor intensidade, podem ocorrer a sotavento de qualquer montanha. Ventos deste tipo têm lugar ao longo da encosta leste das Montanhas Rochosas, nos EUA, sendo conhecidos pelo nome de *chinook*.

Outro tipo de **vento catabático** é um vento frio soprando para baixo de uma elevação. Embora se aqueça durante a descida, este tipo de vento permanece frio, com relação ao ar circundante. Tais ventos são, em geral, violentos, podendo, até mesmo, alcançar força de furacão. Recebem nomes diferentes, de acordo com o local onde sopram. Exemplos deste tipo de vento são:

• **Bora:** vento frio de NE, por vezes violento, que sopra no Mar Adriático, ocasionado por uma depressão no Mediterrâneo;

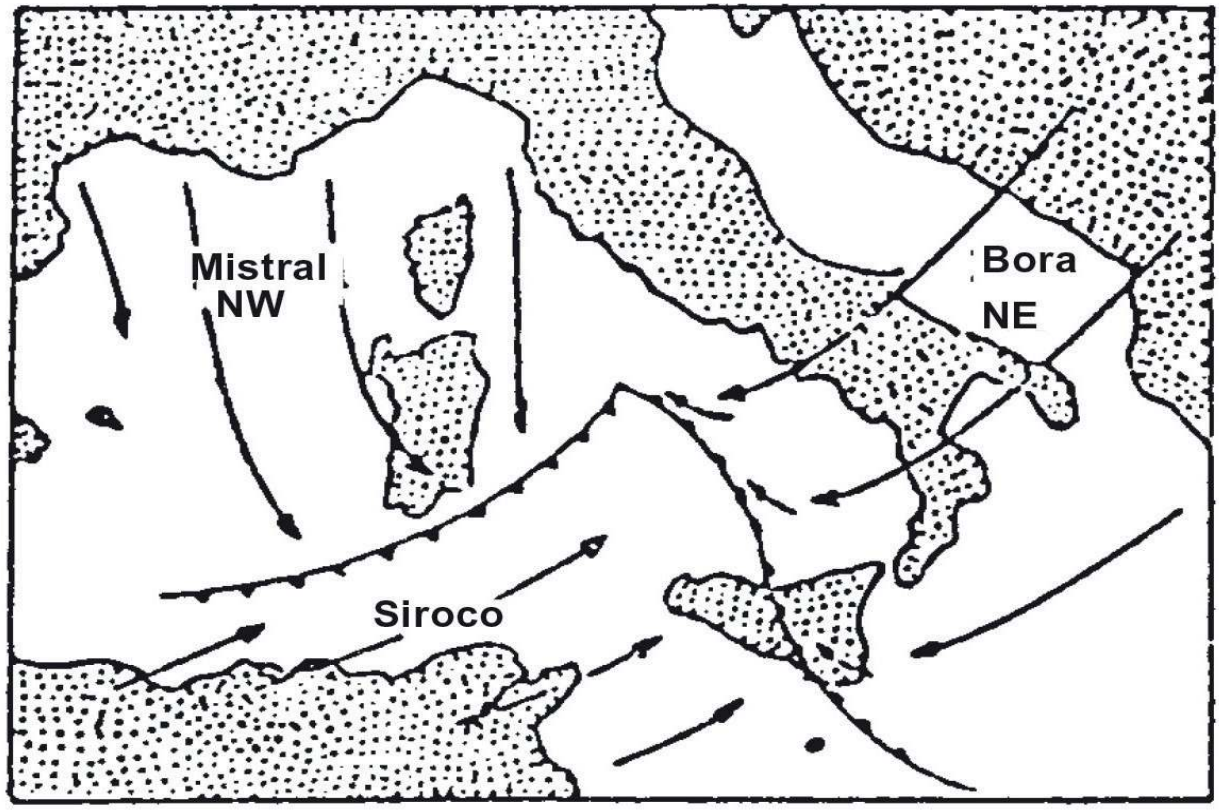
• **Mistral:** vento frio de NW, muito frequente no Golfo de Lion e no oeste do Mediterrâneo, que sopra muitas vezes com violência tempestuosa no inverno, como apresentado na Figura 45.27. Produz-se nas mesmas condições do bora;

• **Tehuantepecer:** que sopra no Golfo do México e na costa da América Central;

• **Pampeiro:** vento violento de SW que sopra na costa da Argentina, sobretudo nas proximidades do Rio da Prata, ocorrendo de julho a setembro, devido a uma depressão em "V" que se forma na região; e

• **Minuano:** vento frio que sopra no sul do Brasil.

Figura 45.27 – Ventos do Mediterrâneo



Como visto no Capítulo 41, na Antártica os ventos catabáticos, ou ventos de drenagem, são frequentes e, muitas vezes, destrutivos.

Em alguns locais ocorrem ventos catabáticos durante a noite, denominados brisas de montanha.

O **vento anabático**, ou brisa de vale, é o ar quente e úmido que sopra montanha acima, normalmente como resultado do aquecimento de superfície, favorecendo a formação de instabilidade no topo da elevação; ocorre, em geral, durante o dia.

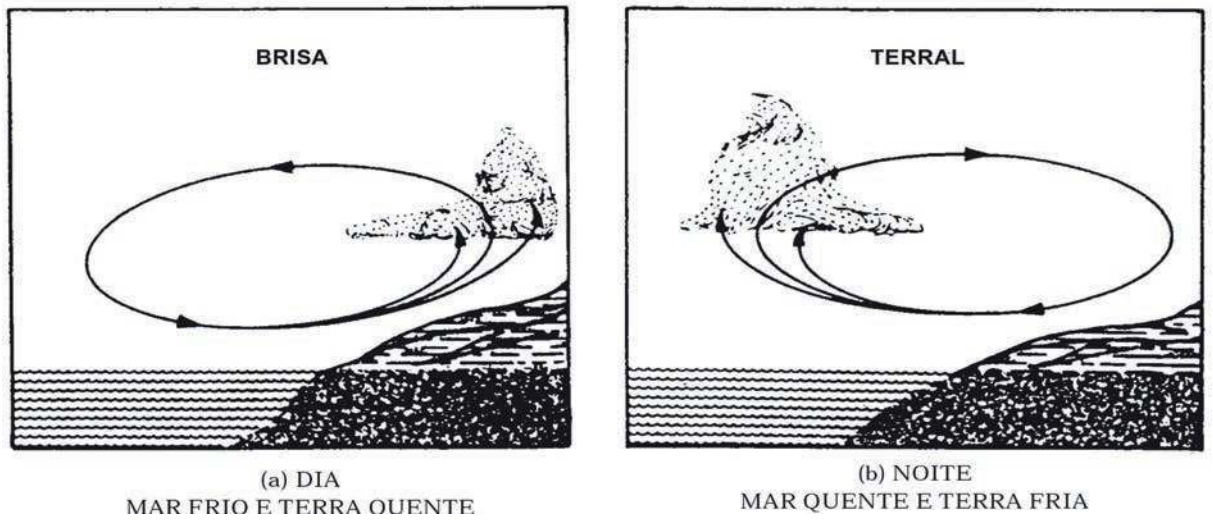
Entre os ventos quentes, talvez o mais conhecido seja o **Siroco**, vento S/SW que sopra da África do Norte sobre o Mediterrâneo Central e o sul da Itália (vide Figura 45.27), na parte frontal de uma baixa que avança, movendo-se do Sahara ou do deserto da Arábia. Sobre a África o ar é seco; porém, quando chega à Itália, frequentemente está muito úmido. Este vento, na Espanha, é chamado de **Leveche**. O caso extremo de vento quente é o **Simún**, que é tão quente e seco que se descreve, frequentemente, como sufocante. Sopra, em determinadas ocasiões, com rajadas curtas, sobre o Sahara e os desertos da Arábia, muitas vezes transportando areia fina.

Os ventos locais mais comuns são a brisa marítima (também conhecida como maral ou simplesmente brisa) e a brisa terrestre (também conhecida como terral), ventos cíclicos causados pelo aquecimento e resfriamento alternados e desiguais de massas terrestres e áreas marítimas adjacentes. Pela manhã, é pequena a diferença de temperatura entre a terra e o mar. Entre 0900 e 1100 horas locais, com o Sol ganhando altura no céu, a temperatura da terra torna-se maior que a do mar adjacente. Então, o ar sobre a superfície terrestre se aquece mais rapidamente que o ar sobre o oceano e ascende; o ar mais frio e denso do oceano

movimenta-se para o continente, a fim de substituir o ar quente daquela região, originando um fluxo do mar para a costa, denominado brisa, brisa marítima ou viração, conforme mostrado na Figura 45.28a, que normalmente começa a soprar mais forte no início da tarde.

Mais tarde, quando a terra resfria e desaparece o contraste de temperaturas, a brisa para. Durante a noite, o continente se resfria mais rapidamente que o oceano e, quando a terra fica mais fria que o mar, o ar sobre a superfície terrestre é resfriado e torna-se mais denso, aumentando a pressão atmosférica, enquanto o ar sobre o oceano torna-se mais quente e menos denso, originando uma pressão mais baixa. Isto causa um fluxo de ar da terra para o mar; este fenômeno denomina-se terral ou brisa terrestre, que sopra durante a noite e cessa próximo do nascer do Sol, conforme mostrado na Figura 45.28b. A brisa e o terral sopram em ocasiões de bom tempo sobre muitas costas, particularmente nos climas quentes. Nos trópicos e regiões subtropicais o ciclo brisa-terral repete-se com grande regularidade, durante a maior parte do ano, sendo mais notável no verão. A brisa do mar é, em geral, mais forte que o terral.

Figura 45.28 – Brisa e Terral



Como as mudanças na pressão atmosférica associadas com este ciclo não são grandes, os ventos resultantes são, normalmente, fracos ou moderados. Além disso, esta circulação é de alcance limitado, atingindo, no máximo, 20 milhas terra a dentro e não mais que 5 a 6 milhas para o largo.

45.2.5 Nuvens

Para que ocorra a condensação do vapor d'água contido no ar atmosférico e se desencadeie o processo de formação de nuvens em determinado nível de altitude, é necessário que haja resfriamento do ar até que a umidade relativa tenha atingido o índice de 100%. A atmosfera a cada nível de altitude tem uma temperatura do ar distinta, porque, conforme sobe, o ar se expande e, consequentemente, se resfria. Esse resfriamento afetará continuamente a umidade relativa da massa de ar ascendente, até atingir o nível em que ela chegará a 100%, na altitude denominada nível de condensação, onde a temperatura do ar

será a própria temperatura do ponto de orvalho. Nesse nível, que coincide com o nível da base das nuvens baixas, iniciar-se-á a condensação, que continuará a se processar com a subida da massa de ar.

As nuvens consistem de água em seus estados visíveis, sendo constituídas de gotículas d'água, cristais de gelo, ou uma mistura de ambos, suspensa no ar acima da superfície da Terra. Em geral, as nuvens são sustentadas por correntes ascendentes na atmosfera e, apesar de parecerem flutuar, os elementos que as compõem caem lentamente em relação ao ar circundante. As nuvens, portanto, resultam da condensação e/ou do congelamento do vapor d'água existente no ar atmosférico.

O processo mais frequente de formação de nuvens é o resfriamento do ar atmosférico provocado pela sua subida. As nuvens se formam quando o ar saturado é resfriado. Quando o ar contendo umidade ascende, afastando-se da superfície da Terra, ele se resfria. Conforme a ascensão e o resfriamento continuam, a condição de saturação é atingida. Um resfriamento adicional força o vapor d'água a mudar de estado, dando origem a uma nuvem. A condensação do vapor d'água em gotículas tem lugar, preferencialmente, em torno de certas partículas sólidas existentes no ar, denominadas núcleos de condensação, constituídos por substâncias higroscópicas. Uma vez iniciado o processo, o vapor d'água passa a condensar-se sobre a água líquida que já se tenha formado.

Basicamente, a subida do ar que dá origem às nuvens pode ser causada por três mecanismos distintos:

• aquecimento desigual de massa de ar (convecção), quando o ar ascende por efeito do aquecimento que recebe da superfície da Terra;

• subida forçada pelo relevo, quando o ar ascende como resultado de um vento que sopra empurrando-o montanha acima; e

• ação de subida ao longo de frentes meteorológicas.

Todas as nuvens se constituem, inicialmente, na troposfera, podendo apresentar duas formas gerais. As nuvens podem aparecer como camadas uniformes ou extensos lençóis, cobrindo grandes áreas, sem muita altura ou desenvolvimento vertical. São, então, chamadas de nuvens estratiformes, estando associadas com estabilidade na atmosfera ou ausência de correntes ascendentes. Isto resulta, geralmente, em visibilidade ruim por baixo das bases das nuvens, devido à falta de correntes verticais para misturar e dispersar fumaça e partículas de poeira suspensas no ar. A precipitação associada às nuvens estratiformes é de caráter leve, contínua e extensiva. Às vezes, observam-se pancadas de chuvas fortes caírem de uma camada de nuvens estratiformes, mas isto significa que há nuvens cumuliformes na camada, invisíveis para o observador.

A outra forma geral das nuvens apresenta uma natureza volumosa, com desenvolvimento vertical considerável. São as nuvens cumuliformes. Enquanto as nuvens estratiformes se desenvolvem horizontalmente, as nuvens cumuliformes se desenvolvem verticalmente. A presença de correntes ascendentes, verticais, é característica das nuvens cumuliformes, podendo ser notadas observando-se o aspecto das nuvens, principalmente nos seus estágios de formação. Estas nuvens estão associadas com algum grau de instabilidade na atmosfera e a presença de correntes verticais. De fato, são estas correntes ascendentes que causam o desenvolvimento vertical das nuvens cumuliformes. Algumas destas nuvens, denominadas cumulonimbus, desenvolvem-se desde as proximidades da superfície, através da troposfera,

até grandes altitudes, alcançando os primeiros níveis da estratosfera. A visibilidade nas condições que produzem nuvens cumuliformes é, em geral, boa, pois as correntes verticais presentes servem para misturar e distribuir através da atmosfera a fumaça e as partículas de poeira suspensas no ar. A precipitação associada às nuvens cumuliformes é de caráter forte, descontínua, em pancadas, com ou sem trovões.

As nuvens cumuliformes apresentam protuberâncias, numa aparência de couve-flor, em contraste com a forma plana característica das nuvens estratiformes. As bases das nuvens cumuliformes normalmente se apresentam num mesmo nível, enquanto que a altitude dos seus topos é muito variável. O topo das nuvens deste tipo marca o limite das correntes verticais que as produziram. A base das nuvens cumuliformes está, em geral, abaixo de 1.500 metros, pois, raramente, o teor de umidade é tão baixo que permita que o ar seja elevado até esta altitude sem haver condensação. O topo, no entanto, pode estar a qualquer altitude, dependendo apenas do grau de instabilidade da atmosfera. As nuvens cumuliformes dividem-se em dois tipos, dependendo do seu tamanho e aspecto:

- cumulus de bom tempo ou, simplesmente, cumulus; e
- cumulonimbus.

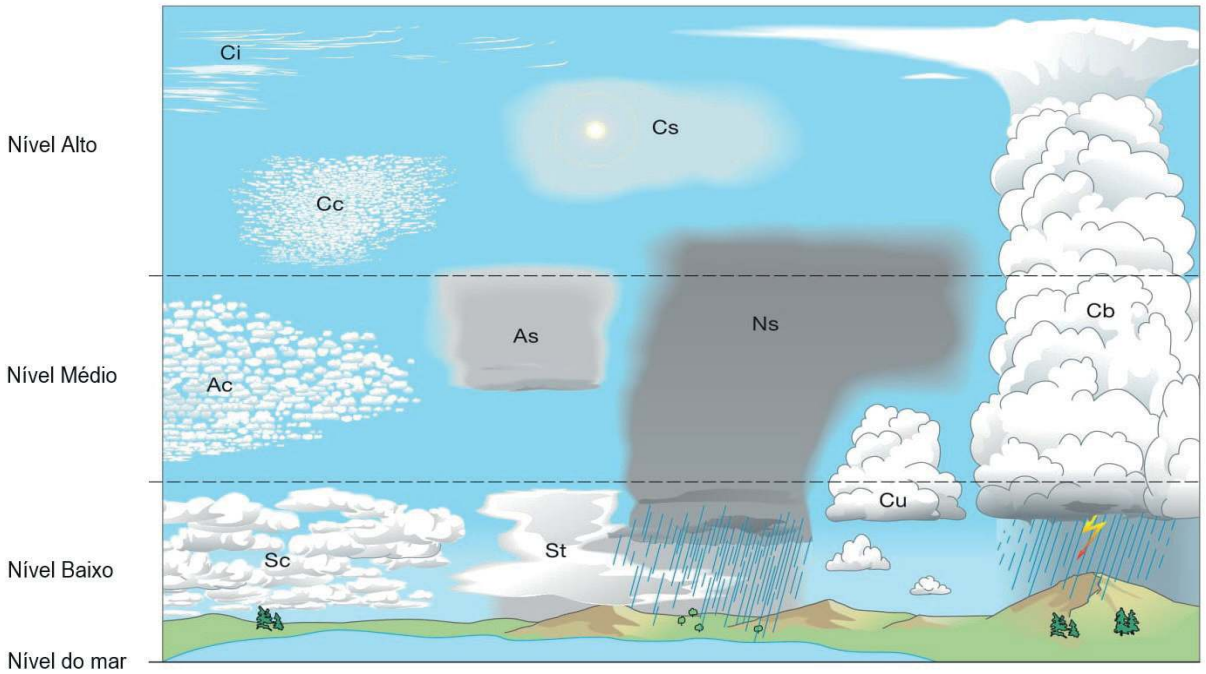
A classificação internacional de nuvens, padronizada pela OMM, baseia-se, essencialmente, em 10 grupos principais, denominados gêneros, dispostos, de acordo com a altitude da base das nuvens (isto é, a faixa de nível a partir da superfície da Terra). Como já visto, as nuvens são geralmente encontradas em uma faixa de altitudes variando do nível do mar até o topo da troposfera (a tropopausa). A troposfera pode ser dividida verticalmente em três níveis: alto, médio e baixo. Cada nível é definido pela faixa de altitudes nas quais nuvens de certos gêneros ocorrem com mais frequência. Os níveis se sobrepõem e seus limites variam também com a latitude, conforme apresentado na Tabela 45.2 e na Figura 45.29.

Tabela 45.2 – Classificação dos gêneros das nuvens por nível, de acordo com as altitudes aproximadas das bases das nuvens.

Nível	Gênero	Região Polar	Zona Temperada	Zona Tropical
Alto	Cirrus (Ci) Cirrocumulus (Cc) Cirrostratus (Cs)	3.000 a 8.000 m	5.000 a 13.000 m	6.000 a 18.000 m
Médio	Altocumulus (Ac) Altostratus (As) Nimbostratus	2.000 a 4.000 m	2.000 a 7.000 m	2.000 a 8.000 m
Baixo	Stratus (St) Stratocumulus (Sc) Cumulus (Cu) Cumulonimbus (Cb)	0 a 2.000 m	0 a 2.000 m	0 a 2.000 m

Fonte: World Meteorological Organization - International Cloud Atlas (WMO-No. 407, 2017 edition)

Figura 45.29 – Identificação das Nuvens quanto aos níveis e gêneros



Fonte: World Meteorological Organization - International Cloud Atlas (WMO-No. 407, 2017 edition)

O International Cloud Atlas (ICA) observa que a maioria das nuvens está confinada dentro de seu nível com as seguintes poucas exceções notáveis:

• o altostratus é geralmente encontrado no nível médio, mas frequentemente se estende mais alto;

• o nimbostratus é quase sempre encontrado no nível médio, mas geralmente se estende para os outros dois níveis;

• o cumulus e o cumulonimbus geralmente têm suas bases no nível baixo, mas sua extensão vertical é frequentemente tão grande que seus topos podem atingir os níveis médio e alto.

Assim, quando a altura de uma nuvem específica é conhecida, o conceito de níveis pode ser de alguma ajuda para o observador na identificação da nuvem. O gênero pode ser determinado fazendo uma escolha entre os gêneros normalmente encontrados no nível correspondente à sua altura.

a. Nuvens Altas

Cirrus (Ci) são nuvens brancas esparsas, de aparência delicada e fibrosa, dando a impressão de uma textura sedosa (vide Figura 45.30). Sua aparência fibrosa e sedosa deve-se ao fato de que são inteiramente constituídas de cristais de gelo. Seus delicados filamentos lembram os rabos de galo. Os cirrus aparecem de várias formas, como tufos isolados, linhas compridas e finas através do céu, ou podem estar dispostos em faixas paralelas que cruzam o céu em grandes círculos e parecem convergir em direção a um ponto do horizonte. Isto pode indicar, de modo geral, a direção de uma área de baixa pressão. Os cirrus podem aparecer muito brilhantes no nascer do Sol e no ocaso, pois, por causa de sua altitude, tornam-se iluminados antes que outras nuvens, pela manhã; ou permanecem iluminados após as demais,

no pôr do sol. Cirrus são geralmente associados com bom tempo, mas, se são seguidos por nuvens mais baixas e espessas, podem ser o aviso prévio de chuva, ou neve. As nuvens tipo cirrus com garras (rabos de galo) com acentuado deslocamento na direção do navio são uma boa indicação de mau tempo se aproximando.

Cirrocumulus (Cc) são nuvens delgadas e brancas, em forma de pequenos flocos de aspecto arredondado, compostas quase que exclusivamente de cristais de gelo (vide Figura 45.30). Apresentam-se, em geral, associadas aos cirrus e cirrostratus. Por vezes, os cirrocumulus aparecem dispostos de uma forma que dá ao céu uma aparência pedregosa ("céu pedrento"), conhecida em inglês, como mackerel sky (céu de cavala), pois o padrão também lembra as escamas no dorso de um mackerel. Tal como os cirrus, os cirrocumulus são geralmente associados com bom tempo, mas podem preceder uma tormenta, se se tornarem cinzentos, mais espessos e mais baixos.

Cirrostratus (Cs) são nuvens muito delgadas, transparentes e esbranquiçadas, que têm a aparência de um véu (vide Figura 45.30). Às vezes, encobrem o céu total ou parcialmente, dando à abóbada celeste um aspecto leitoso. A cobertura de cirrostratus não é suficientemente densa para ocultar o contorno do Sol ou da Lua; no entanto, os cristais de gelo que compõem tais nuvens refratam a luz desses astros, formando halos em sua volta, com o Sol ou a Lua no centro. Os cirrostratus podem ser formados por cirrus que se tornaram mais espessos; se continua o aumento de espessura e essas nuvens descem para níveis mais baixos, os cristais de gelo se derretem, passando a gotículas d'água, e as nuvens tornam-se altostratus. Quando isto ocorre, pode-se esperar chuva dentro de 24 horas.

Figura 45.30 – Nuvens Altas: Cirrus, Cirrocumulus e Cirrostratus



Fonte: World Meteorological Organization - International Cloud Atlas (WMO-No. 407, 2017 edition)

b. Nuvens Médias

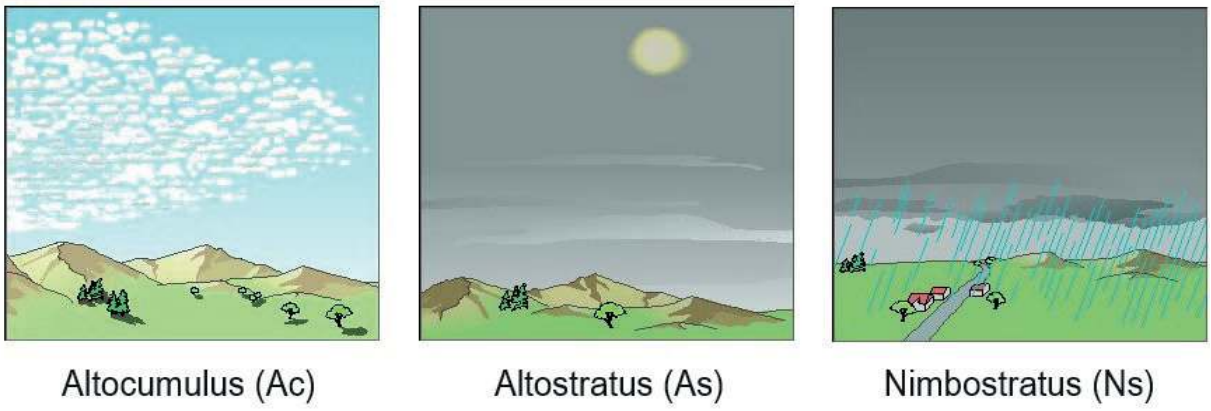
Altocumulus (Ac) se dispõem em forma de camada, consistindo de nuvens grandes e arredondadas que tendem a juntar-se umas às outras (vide Figura 45.31). Podem variar em espessura e em cor, do branco ao cinza escuro, mas aparecem mais ou menos regularmente arranjadas.

Os altocumulus são compostos quase que exclusivamente de gotículas d'água. Algumas vezes os altocumulus se apresentam em faixas que se parecem com ondas oceânicas, com trechos do céu azul visível entre elas, produzindo uma impressão de "céu encarneirado". Quando os altocumulus se tornam mais espessos e descem para níveis mais baixos, podem produzir chuvas e trovoadas, mas não trazem mau tempo prolongado.

Altostratus (As) são nuvens cinza-azuladas que se apresentam em camadas translúcidas de aspecto estriado, fibroso e uniforme, encobrindo o céu totalmente ou parcialmente (vide Figura 45.31). Possuem regiões suficientemente delgadas para deixar passar a luz do Sol ou da Lua. Tais astros, quando vistos através destas nuvens, aparecem como se estivessem brilhando atrás de um vidro semifosco, com uma coroa em torno, sem a formação de halos. Os altostratus são compostos de gotículas d'água e cristais de gelo, podendo conter, também, gotas de chuva e lâminas de neve. Se essas nuvens se tornam mais espessas e descem para níveis mais baixos, ou se nimbostratus (ou "nuvens de chuva") se formam abaixo delas, pode-se esperar chuva contínua (ou neve) dentro de poucas horas.

Nimbostratus (Ns) são nuvens escuras, sem forma definida, que se apresentam em camadas quase uniformes, algumas vezes com bases irregulares, sendo espessas o suficiente para bloquear o Sol; são nuvens típicas de chuva (vide Figura 45.31). A precipitação que cai destas nuvens é contínua ou intermitente, mas nunca de pancadas fortes. Os nimbostratus são compostos de gotículas de água, algumas vezes super-resfriadas, e gotas de chuva, cristais e lâminas de neve, ou uma mistura dessas partículas líquidas e sólidas. Nuvens baixas e irregulares frequentemente ocorrem abaixo da camada, com as quais podem ou não se fundir.

Figura 45.31 – Nuvens Médias: Altocumulus, Altostratus e Nimbostratus



Fonte: World Meteorological Organization - International Cloud Atlas (WMO-No. 407, 2017 edition)

c. Nuvens Baixas

Stratus (St) são nuvens baixas e cinzentas, em camadas bastante uniformes, que podem cobrir uma grande extensão do céu, parecendo um nevoeiro (vide Figura 45.32). Muitas vezes, a base dessas nuvens está a uma altura não maior que 300 metros (1.000 pés). São constituídos exclusivamente de gotículas d'água, na maioria das vezes. Em muitas ocasiões, a camada de stratus torna-se tão densa que permite apenas a passagem de pouca luz do Sol, reduzindo a visibilidade e prejudicando as operações aéreas. Algumas vezes, ventos fortes fragmentam os stratus, dando origem aos "fractostratus". Uma neblina leve pode descer deste tipo de nuvem. Além disso, quando os stratus são densos podem produzir chuva ou neve granulada.

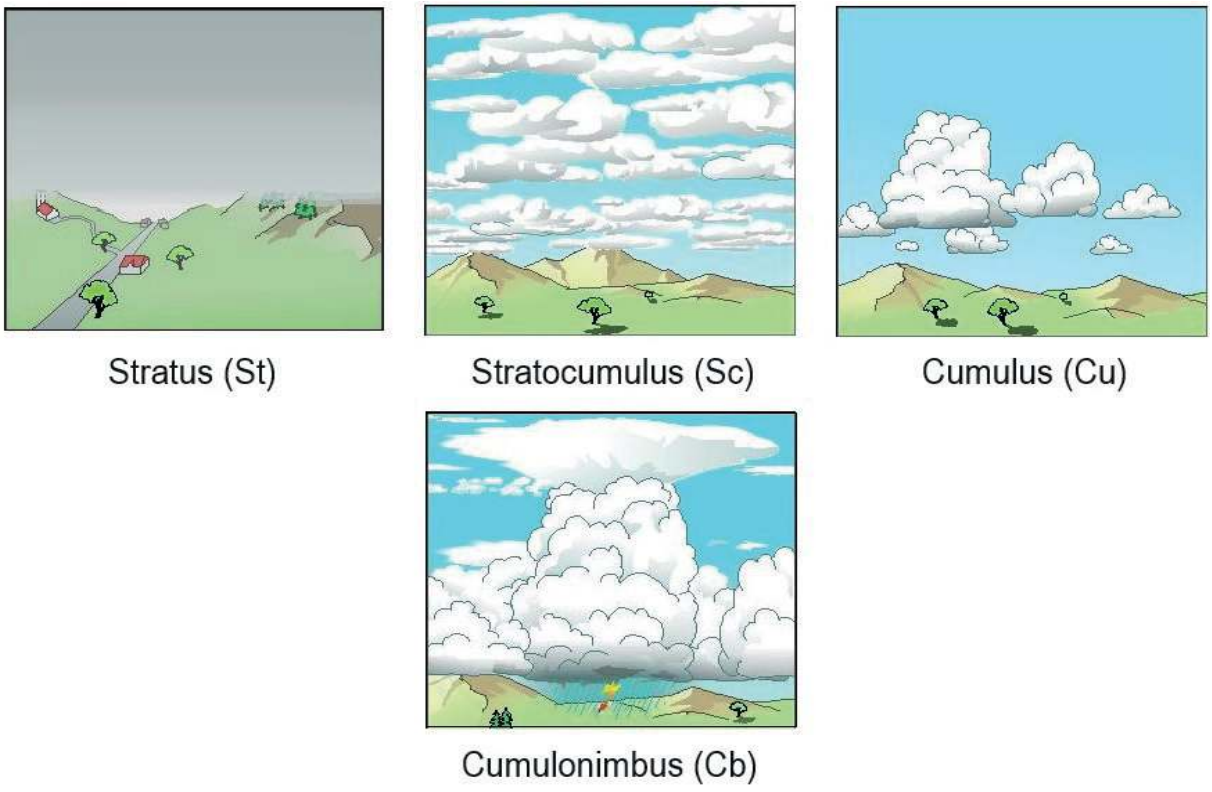
Stratocumulus (Sc) são nuvens baixas, cinzentas, de aspecto sedoso e formas arredondadas, que se apresentam em ondas de tal modo próximas entre si que, às vezes, dão ao céu uma aparência ondulada, similar à produzida pelos altocumulus (vide Figura 45.32). As camadas de stratocumulus movem-se para frente com o vento. Estas nuvens, compostas de gotículas d'água, algumas vezes acompanhadas de gotas de chuva ou grânulos de neve,

são o produto final da mudança diária característica que sofrem as nuvens tipo cumulus. Os stratocumulus são, normalmente, seguidos de céu claro durante a noite.

Cumulus (Cu), como visto, são nuvens de desenvolvimento vertical, formadas pelo ar ascendente, que é resfriado conforme alcança maiores altitudes (vide Figura 45.32). Têm uma base horizontal e um topo com formato de domo, do qual sobressaem protuberâncias, como numa couve-flor. Em geral, apresentam-se isoladas e densas. São formadas por processos mais rigorosos e apresentam, às vezes, enorme desenvolvimento vertical; essa grande quantidade de vapor, água e gelo em constante movimento provoca turbulência na atmosfera.

Cumulonimbus (Cb) é a nuvem cumulus de maior desenvolvimento vertical (vide Figura 45.32). A presença de um cumulonimbus na atmosfera pode causar a ocorrência de forte turbulência, gelo, relâmpago, trovoada, saraiva, precipitação, ventos muito fortes e, em certas áreas, até mesmo tornados e trombas d'água. As variações de pressão são muito bruscas, tornando as indicações do barômetro e de outros instrumentos de bordo com baixa confiabilidade. A nuvem do tipo cumulonimbus constitui um caso especial, pois, tendo grande desenvolvimento vertical, ocupa todos os níveis (baixo, médio e alto). No entanto, deve ser observada como nuvem baixa.

Figura 45.32 – Nuvens Baixas: Stratus, Stratocumulus, Cumulus e Cumulonimbus



Fonte: World Meteorological Organization - International Cloud Atlas (WMO-No. 407, 2017 edition)

A identificação dos diversos tipos de nuvens requer do navegante uma certa experiência. O uso das fotografias para classificação e identificação de nuvens, como apresentado no Apêndice a este Capítulo auxilia muito a identificar o tipo de nuvem observado.

Por fim, considerando o grau de nebulosidade, ela ocorre de forma mais intensa nas regiões mais quentes, onde a evaporação é mais notável. Na região equatorial, a nebulosidade atinge o valor médio de 6 (seis décimos do céu encoberto); nos trópicos, a média alcança o

valor 4 (quatro décimos de céu encoberto) e nas Latitudes temperadas o valor médio é de 5 (cinco décimos do céu encoberto). Nas áreas marítimas, a nebulosidade é mais elevada que nas continentais.

45.2.6 Visibilidade: nevoeiro e névoa seca

Define-se visibilidade meteorológica como a maior distância em que um objeto de características determinadas pode ser visto e reconhecido. Os seguintes fatores afetam a visibilidade no mar:

• **Precipitação:** Os diferentes tipos de precipitação serão estudados no subitem seguinte (45.2.7). A chuva, exceto em pancadas fortes e passageiras, raramente reduz a visibilidade à superfície para menos de 1.500 metros. O chuvisco e a neve, em geral, reduzem a visibilidade em um grau maior que a chuva. Nevascas fortes podem reduzir a visibilidade a zero;

• **Névoa e nevoeiro:** A névoa e o nevoeiro, abaixo estudados, são os fenômenos que reduzem a visibilidade em maior grau. Em um nevoeiro denso, a visibilidade, normalmente, cai a zero, ou a um valor próximo de zero;

• **Borrifos ou espuma do mar arrastada pelo vento:** Quando ocorrem no mar ventos de força 10 ou acima, na escala Beaufort (velocidade ≥ 48 nós), as espumas se desprendem das cristas das ondas, provocando borrifos que podem reduzir drasticamente a visibilidade, para umas poucas dezenas de metros (50 m ou menos);

• **Poeira:** A poeira fina transportada das regiões desérticas afeta a visibilidade no mar nas proximidades destas regiões. A poeira roxa do Saara é comumente observada nas áreas marítimas a oeste da África, até o arquipélago de Cabo Verde. Da mesma forma, as monções de NE na China transportam poeira amarela do interior do continente para além do Mar da China; e

• **Sal:** No mar, partículas de sal são levantadas e introduzidas na atmosfera, podendo reduzir a visibilidade, em uma faixa que varia de 500 a 1.000 metros de altitude.

a. Nevoeiro

Forma-se nevoeiro sempre que o ar superficial é levado à condição de saturação, ou melhor, um pouco além da saturação, para que se condense uma quantidade de vapor d'água suficiente para afetar a visibilidade. Os processos capazes de levar o ar úmido da superfície à saturação e, assim, produzir nevoeiro são dois: o resfriamento e o aumento da evaporação. O nevoeiro é, em síntese, uma nuvem que toca a superfície; uma nuvem cuja base esteja abaixo de 15 m (50 pés) de altura é denominada de nevoeiro.

O nevoeiro é formado pela condensação do vapor d'água nas baixas camadas da atmosfera, reduzindo a visibilidade horizontal. É constituído de gotículas d'água minúsculas em suspensão na atmosfera. Seu aspecto é branco leitoso ou acinzentado, caso haja grande concentração de poluentes no ar. Em ambos os casos, pode-se sentir a umidade.

Para sua formação, o nevoeiro requer condições especiais, tais como:

• alta umidade relativa;

• estabilidade atmosférica (ausência de correntes verticais);

- resfriamento conveniente;
- presença de núcleos de condensação; e
- ventos fracos de superfície.

Como visto, há semelhança entre nuvens baixas e nevoeiro. A diferença é que a base do nevoeiro está a menos de 15 metros da superfície, enquanto que a base de uma nuvem baixa estará em uma altura maior. Com a ocorrência de ventos fortes, ou pelo aquecimento, o nevoeiro se dissipa, ou pode ocorrer sua ascensão, formando uma nuvem tipo stratus.

O nevoeiro diminui a visibilidade para menos de 1 km; no caso de nevoeiro denso, a visibilidade pode ser reduzida a zero. Logo que for observada a ocorrência de nevoeiro, é necessário pôr em prática as medidas de segurança para navegação sob visibilidade restrita, especialmente aquelas estabelecidas pelos regulamentos internacionais, como o RIPEAM (Regulamento Internacional para Evitar Abalroamento no Mar).

O nevoeiro é formado quando o vapor d'água existente na atmosfera se condensa, seja como resultado do resfriamento do ar ou do acréscimo ao seu teor de vapor d'água, o que, por sua vez, conduz às seguintes classificações:

- **Nevoeiros de resfriamento**, que ocorrerem devido ao resfriamento do ar à superfície, pelo oceano ou pelo terreno subjacente. O resfriamento pode ser produzido das seguintes maneiras:

  – por contacto com o solo resfriado durante a noite (nevoeiro de radiação);

  – por contacto do ar quente e úmido em movimento com uma superfície (solo ou mar) mais fria, sobre a qual se desloca (nevoeiro de advecção); e

  – por ascensão adiabática do ar que se desloca, subindo por um terreno elevado (nevoeiro orográfico ou de encosta).

- **Nevoeiros de evaporação**, que ocorrem devido ao aumento de evaporação, que tende a elevar a umidade relativa, provocar a saturação do ar à superfície e a condensação do vapor d'água, com a consequente formação de nevoeiro. O aumento da evaporação pode se dar por:

  – evaporação de uma chuva quente em ar mais frio (nevoeiro frontal); e

  – evaporação de um mar mais quente em ar mais frio (nevoeiro de vapor).

i. Nevoeiros de resfriamento

A mais frequente e decisiva causa de formação de nevoeiro é o resfriamento do ar, em contacto com a superfície. Os nevoeiros de resfriamento dividem-se em nevoeiros de radiação, nevoeiros de advecção e nevoeiros orográficos ou de encosta.

Nevoeiro de radiação

O nevoeiro de radiação é formado pelo ar úmido em contacto com a superfície da Terra, que foi submetida a um resfriamento noturno por radiação. Em noites claras e calmas, o solo perde calor muito rapidamente. O ar em contacto com o solo é resfriado por condução, a umidade relativa aumenta e ocorrem saturação e condensação, formando-se nevoeiro nas camadas próximas da superfície. Os nevoeiros de radiação não se formam normalmente sobre o mar, pois a superfície da água não sofre um grande resfriamento por radiação à noite.

Porém, um vento que sopra de terra para o mar poderá transportar o nevoeiro de radiação para áreas marítimas costeiras, criando uma situação perigosa para a navegação, especialmente para embarcações que se aproximam da costa, vindas de uma área de boa visibilidade e, de repente, deparando-se com um banco espesso de nevoeiro.

O nevoeiro de radiação é, então, o tipo mais comum de nevoeiro terrestre, ou continental, pois no mar o resfriamento noturno é muito pequeno. Forma-se, normalmente, à tardinha ou de madrugada.

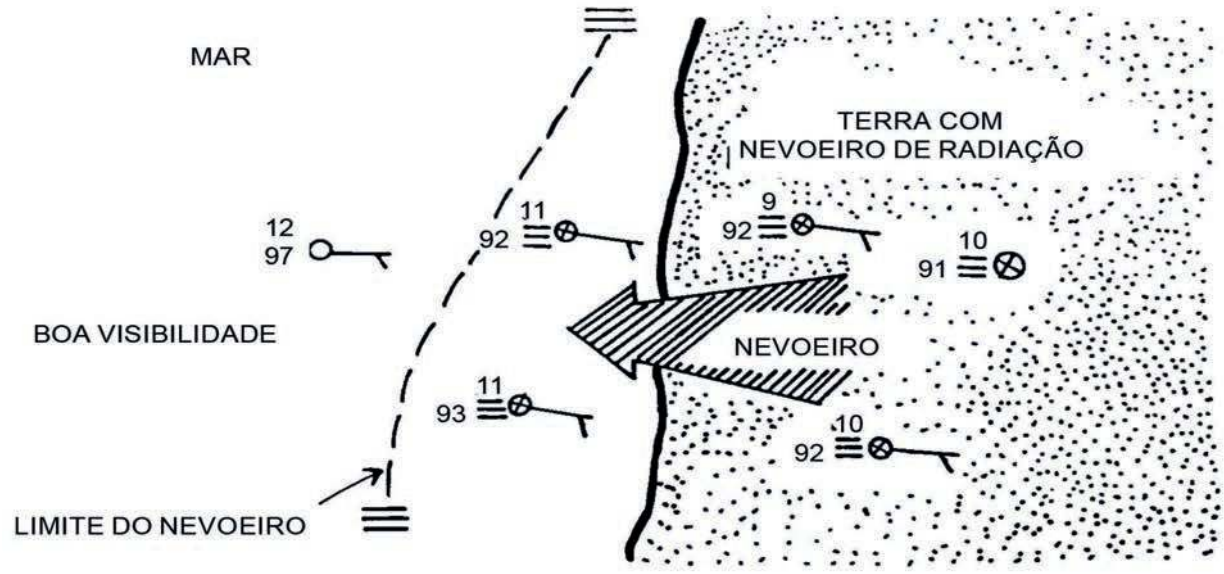
O nevoeiro de radiação forma-se nos lugares úmidos, normalmente após dia e noite límpidos, se o vento não é forte e o ar é estável. Essas condições são frequentes nos anticiclones. Ele começa a se dissipar à medida que os raios solares aquecem o solo, que, por sua vez, aquece o ar adjacente por condução. Como os demais nevoeiros, quando o vento se intensifica, tende a se dissipar, ou se elevar, tornando-se uma nuvem baixa.

Então, as condições favoráveis para a formação de nevoeiro de radiação são:

- ar calmo, ou quase calmo;
- céu claro; e
- alta umidade relativa.

A Figura 45.33 mostra um nevoeiro de radiação formado sobre terra sendo conduzido para uma área marítima costeira, por um vento que sopra de terra para o mar, afetando a visibilidade na referida área.

Figura 45.33 – Nevoeiro de radiação formado em terra e que se desloca para o mar



Nevoeiro de advecção

O nevoeiro de advecção é formado pelo ar úmido e quente deslocando-se sobre uma superfície mais fria. É muito comum ao longo das regiões costeiras e sobre o mar. É produzido pelo resfriamento das camadas mais baixas do ar úmido e quente, quando este se move sobre uma superfície mais fria. O resfriamento das massas de ar em movimento depende da diferença de temperatura entre elas e a superfície sobre a qual deslizam. No inverno,

este tipo de nevoeiro ocorrerá quando o ar dos oceanos, mais quente e úmido, invade os continentes frios. Por outro lado, no verão, água fria ao longo dos continentes frequentemente produz nevoeiro de advecção no mar, quando o ar quente e úmido se desloca da terra para o oceano. O nevoeiro de advecção é o tipo de nevoeiro mais frequente no mar, sendo comum em Latitudes mais altas no verão, quando os ventos de Latitudes mais baixas carregam o ar úmido e quente sobre águas progressivamente mais frias. Assim, tais nevoeiros são comuns sobre as correntes marítimas frias, como a Corrente do Labrador, durante as invasões de ar quente. Também ocorrem no Golfo do México, durante o inverno, devido às águas frias do Mississipi, vindas do Norte.

Para haver nevoeiro de advecção é necessário haver vento, para deslocar o ar quente e úmido para regiões mais frias. No entanto, o vento não pode ser forte, pois isto favorece a mistura vertical de ar. Na prática observa-se que, quando a velocidade do vento passa de aproximadamente 15 nós, a turbulência resultante geralmente eleva o nevoeiro, formando-se, então, as nuvens stratus.

A previsão do nevoeiro de advecção consiste em estabelecer a trajetória do ar quente e úmido e estudar o resfriamento que este sofre em seu deslocamento. O nevoeiro de advecção pode ser muito denso e persistir por longos períodos. Na previsão do nevoeiro de advecção atentar, também, para que haja as seguintes condições propícias: o mar seja bem mais frio que o ar; o ar se desloque sobre isotermas cada vez mais frias, com velocidade moderada (vento moderado); elevada umidade relativa e grande estabilidade atmosférica.

Nevoeiro orográfico ou de encosta

O nevoeiro orográfico é formado pelo ar úmido que se resfria devido à expansão que sofre quando se move para cima, deslocando-se ao longo de uma encosta ou montanha. Se este resfriamento for suficiente para saturar o ar e produzir a condensação, forma-se o nevoeiro orográfico. Um vento encosta acima é necessário para formação e manutenção deste tipo de nevoeiro. Como ocorre com os outros tipos, quando o vento se torna bastante forte, o nevoeiro se eleva, tornando-se uma nuvem stratus.

ii. Nevoeiros de evaporação

Se a evaporação for suficiente para aumentar a umidade relativa até tornar o ar saturado e houver núcleos de condensação na atmosfera, ocorrerá a condensação do vapor d'água existente no ar e a consequente formação do nevoeiro.

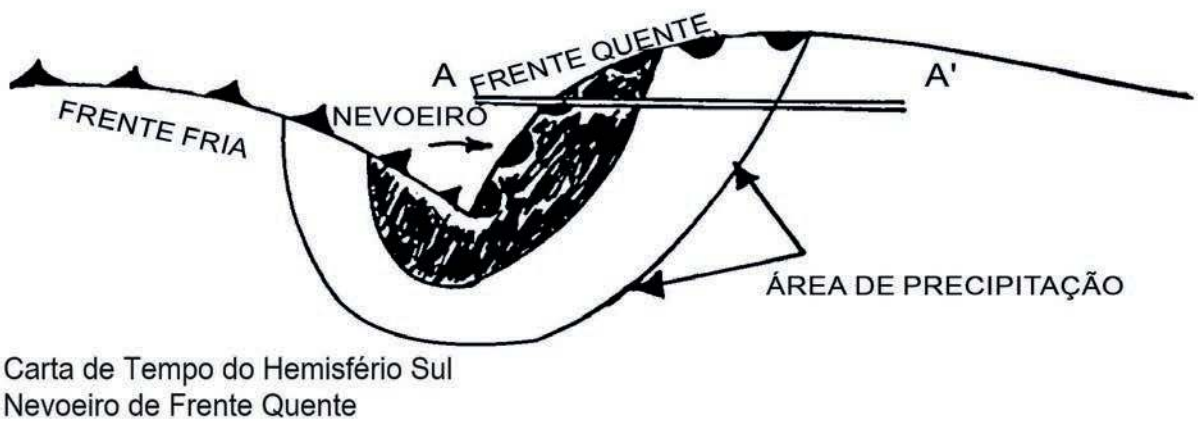
Os nevoeiros de evaporação dividem-se em nevoeiros frontais e nevoeiros de vapor.

Nevoeiro frontal

Uma frente, como será visto adiante, é a superfície de contacto entre duas massas de ar, uma quente e outra fria. O ar quente, sendo mais leve, subirá, resfriando-se adiabaticamente e provocando condensação do vapor d'água nele existente e precipitação. As gotas de chuva, provenientes do ar quente superior, estão mais aquecidas que a camada de ar frio superficial sob a frente; assim, a precipitação do ar quente invasor se evapora quando cai através do ar frio e o satura, formando nevoeiro. Os nevoeiros frontais ocorrem frequentemente no inverno e, em geral, estão associados com frentes quentes. Ocasionalmente, formam-se em

frentes frias ou estacionárias. Os nevoeiros frontais formam-se rapidamente e muitas vezes cobrem extensas áreas. O nevoeiro frontal só se forma quando a temperatura da água que se precipita do ar quente é muito maior do que a do ar frio sob a frente. Isso significa que este tipo de nevoeiro ocorre apenas em conexão com frentes bastante intensas. A Figura 45.34 mostra um esquema de nevoeiro frontal.

Figura 45.34 – Nevoeiro Frontal



Nevoeiro de vapor

O nevoeiro de vapor é resultado do movimento do ar muito frio sobre uma superfície de águas mais quentes (de temperatura muito superior à do ar). Forma-se quando a evaporação da superfície líquida aquecida produz vapor d'água que se junta ao ar frio, o qual torna-se saturado e provoca a condensação. O nevoeiro de vapor eleva-se sobre a superfície do mar, sendo, por isso, também denominado de fumaça do mar (sea smoke).

Este tipo de nevoeiro é frequente nas regiões polares e subpolares, em especial no inverno, quando o ar extremamente frio vindo da região dos polos se escoa sobre mares mais quentes. Por estarem as águas do mar muito mais quentes que o ar, a evaporação é tão intensa que o vapor se desprende da água, saturando o ar frio e formando o nevoeiro, denominado, então, de fumaça congelada (frost smoke).

Como se sabe, a água tem um grau de calor específico maior que o do ar. Por isso, é frequente a ocorrência do nevoeiro de vapor no inverno. Pode-se citar, como exemplo, a ocorrência de nevoeiro no inverno, na Baía de Guanabara. Observando as informações do Atlas de Cartas Piloto para a área do Porto do Rio de Janeiro, pode-se notar que o percentual de ocorrência de nevoeiro é tanto maior quanto maior for a temperatura da água do mar à superfície, em relação à temperatura do ar.

Porto do Rio de Janeiro			
Mês	**Temperatura Média**	**Temperatura da Água do Mar**	**Nevoeiro**
Maio	23,5º C	24,0º C	10,2%
Junho	22,6º C	23,0º C	12,0%
Julho	21,8º C	22,0º C	10,1%
Agosto	22,2º C	22,0º C	7,0%
Setembro	22,0º C	22,0º C	7,0%

Os nevoeiros são classificados, conforme o seu grau de intensidade e os seus efeitos sobre a visibilidade horizontal, em:

• **nevoeiros fortes:** quando a visibilidade é reduzida para até 100 metros, ou menos, de distância do observador; e

• **nevoeiros fracos ou leves:** quando a visibilidade varia de 100 m até 1 km de distância do observador.

Quando o fenômeno tem a aparência de um nevoeiro muito fraco e a visibilidade horizontal, embora reduzida, é ainda maior que 1 km (variando, normalmente, entre 1 e 2 km), é denominado de **névoa úmida ou neblina**. A névoa úmida apresenta uma grande quantidade de matéria sólida em suspensão no ar (poluentes atmosféricos), em relação às gotículas d'água, que são minúsculas e mais dispersas.

Quanto à **previsão de nevoeiros**, os navegantes poderão adotar o seguinte procedimento:

(a) Medir a temperatura do ar, ou temperatura do termômetro seco (Ts), e a temperatura do termômetro úmido (Tu);

(b) com as temperaturas acima, extrair das tabelas ou diagramas apresentados a temperatura do ponto de orvalho (Td) e a umidade relativa (U%);

(c) medir a temperatura da água do mar à superfície; e

(d) se a diferença entre a temperatura do ponto de orvalho e a temperatura da água do mar for de aproximadamente 1ºC (mar aberto) ou 2ºC (litoral), e a umidade relativa for igual ou superior a 95%, as condições são favoráveis para formação de nevoeiro (o nevoeiro só se formará se forem encontradas estas condições).

b. Névoa seca

Névoa seca é a concentração de minúsculas partículas secas, de poeira ou de sal, no ar atmosférico, muito pequenas para serem individualmente distinguidas, mas em número suficiente para reduzir a visibilidade horizontal e projetar um véu azulado ou amarelado sobre a paisagem, mascarando suas cores e fazendo com que os objetos apareçam de forma indistinta, mal definidos. A névoa seca apresenta uma tonalidade diferente, de acordo com a paisagem associada. Apresenta uma tonalidade azul-chumbo, quando vista na direção de um fundo escuro (serras, cidades, etc.); porém, torna-se amarela ou alaranjada, quando vista de encontro a um fundo claro (Sol, nuvens no horizonte). A umidade está sempre abaixo de 80%, porque não existe, em suspensão, água em quantidade considerável.

Como o nevoeiro, a névoa seca é encontrada na atmosfera estável. Por outro lado, como se conclui de seu nome, difere, essencialmente, do nevoeiro, por se formar exclusivamente quando a umidade relativa é pequena. Enquanto o nevoeiro, normalmente, tem pequena extensão vertical, a névoa seca pode apresentar uma grande espessura.

A fumaça no ar também pode afetar a visibilidade horizontal, nas proximidades de sua fonte de origem. Para que a fumaça venha a figurar como estado de tempo, é necessário que haja estabilidade atmosférica e o vento esteja fraco. A fumaça é dissipada com pequeno aumento da velocidade do vento; no entanto, sua presença no ar significa uma condição excelente para que se forme um nevoeiro denso, pois as partículas de carbono em suspensão na atmosfera são ótimos núcleos de condensação.

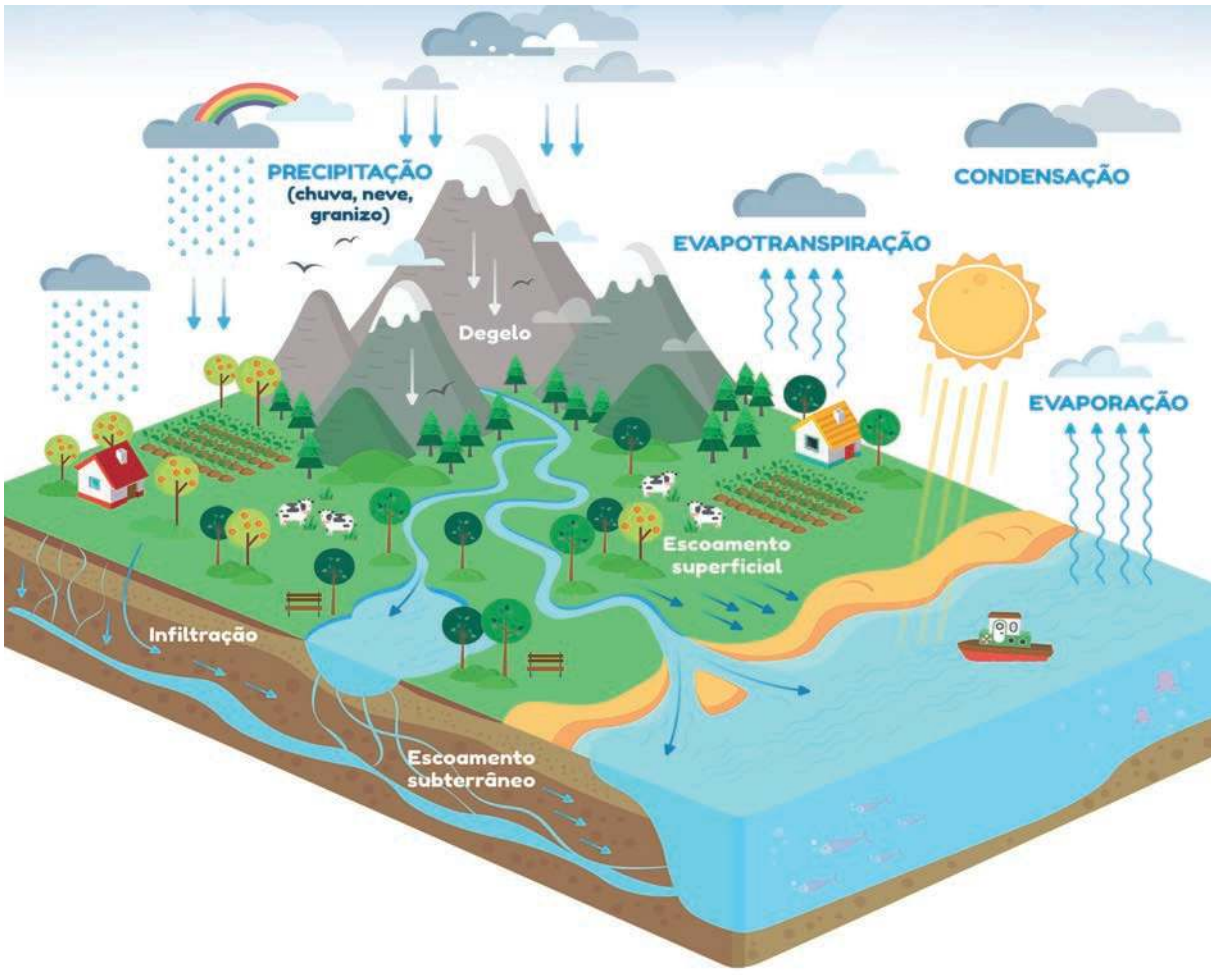
O smog (smoke + fog) é uma mistura de fumaça e nevoeiro, que também afeta a visibilidade. É um caso especial em que a umidade relativa não é tão baixa como na névoa seca, nem tão alta como no nevoeiro ou na neblina. A umidade relativa de 100% é uma situação de equilíbrio quando a água é pura, e a ela é referida. Se a água contida na atmosfera não for pura, pela presença de impurezas, pode ocorrer a saturação do ar com menos de 100% de umidade relativa, dando origem ao smog.

45.2.7 Precipitação

Denomina-se precipitação à descida de uma parcela do ar atmosférico sob a forma líquida e/ou sólida para níveis inferiores. Pode ocorrer sob a forma de chuva, chuvisco ou garoa, neve, granizo ou saraiva, ou uma combinação deles. Nem toda precipitação atinge a superfície terrestre, pois parte dela evapora-se em seu caminho descendente, ao encontrar maiores pressões e temperaturas. Todas as formas de precipitação podem reduzir a visibilidade, até um grau que torne perigosa a operação de navios e aeronaves.

A precipitação constitui uma etapa do ciclo da água na natureza, conforme esquematizado na Figura 45.35.

Figura 45.35 – Ciclo da Água na Natureza



Fonte: EPAL – Grupo Águas de Portugal

A precipitação ocorre quando o tamanho e o peso das gotas d'água, das partículas e cristais de gelo, ou flocos de neve, são suficientes para romperem o equilíbrio entre a força da gravidade e as correntes de ar ascendentes. A precipitação líquida pode ser classificada como chuva e chuvisco ou garoa; a precipitação sólida como neve, granizo e saraiva. A precipitação também pode ser classificada como contínua, intermitente e em pancadas (esta última situação ocorre com nuvens Cumuliformes).

De maneira diferente da garoa, chuva, neve ou granizo, que se formam no ar e caem em direção à superfície terrestre, o orvalho e a geada se formam diretamente sobre o terreno. O orvalho é a condensação direta sobre o solo, que ocorre geralmente durante a noite, quando a superfície da Terra se resfria por radiação. O orvalho é constituído de gotículas d'água numerosas e pequenas, que se depositam principalmente sobre as folhas, as flores e todas as partes baixas das plantas, em particular durante as noites de verão. Quando ocorre um resfriamento súbito do solo, durante a noite, há, em consequência, a condensação da umidade existente nas camadas atmosféricas em contato com ele e, também, da transpiração que as plantas exalam, sob a forma de vapor d'água, dando origem ao orvalho. A ausência de vento favorece o processo. Além disso, o orvalho se forma em estepes secas próximas à costa, onde a brisa do mar coloca uma estreita camada de umidade durante o dia, que se condensa com o frio da noite.

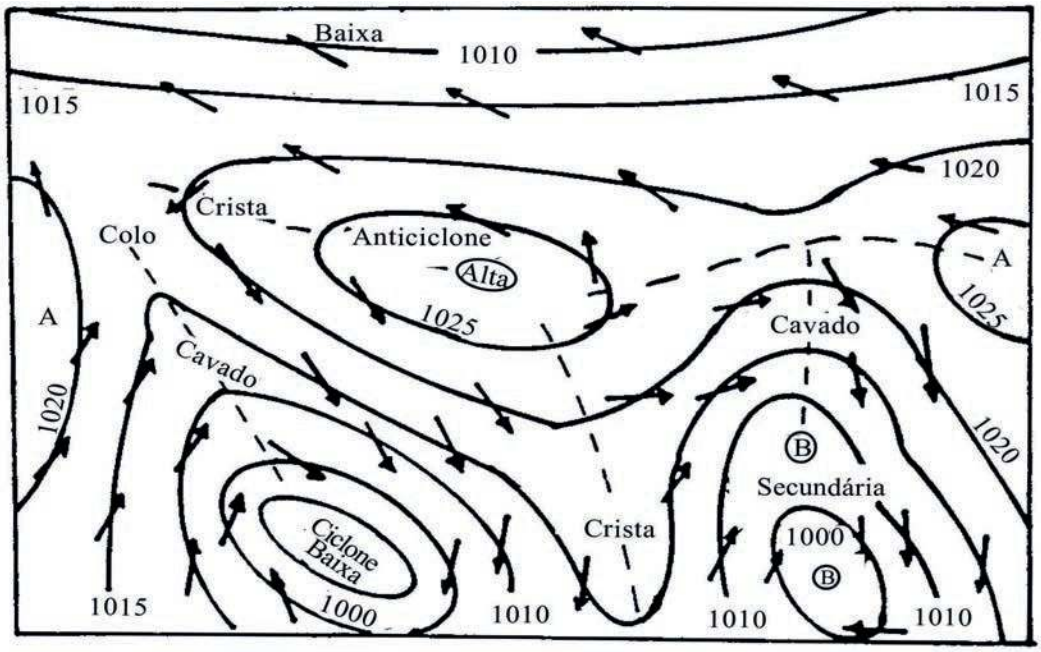
A geada é constituída por cristais de gelo e ocorre da mesma forma que o orvalho, só que aqui o vapor d'água se transforma diretamente em cristais de gelo. Assim, a geada tem a mesma origem que o orvalho comum, sendo provocada pela presença, nas camadas atmosféricas em contato com o solo, de uma certa quantidade de umidade, que se forma com a ajuda da transpiração vegetal, e de um brusco resfriamento, quando a temperatura ambiente atinge valor inferior a 0ºC. A geada se forma durante as noites límpidas e sem vento, quando o vapor d'água se transforma em agulhas de gelo.

45.3 FENÔMENOS METEOROLÓGICOS BÁSICOS: CICLONES (DEPRESSÕES) E ANTICICLONES. MASSAS DE AR E FRENTES

45.3.1 Ciclones (Depressões) e Anticiclones

Como já visto, as isóbaras são linhas que unem os pontos que têm o mesmo valor de pressão ao nível do mar. As isóbaras traçadas numa carta meteorológica de superfície definem uma configuração isobárica, onde podem ser identificados os sistemas de altas pressões (anticiclones) e os sistemas de baixas pressões (ciclones). Na figura 45.36 são mostrados alguns sistemas típicos de pressão e de ventos para o Hemisfério Sul.

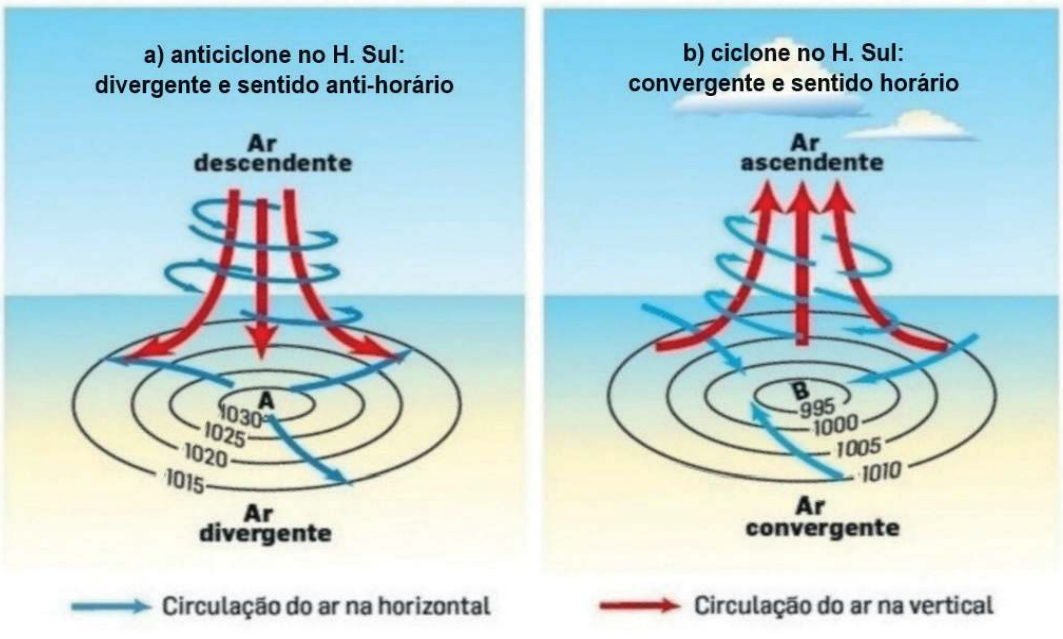
Figura 45.36 – Sistemas de Pressão e de Direção dos Ventos para o Hemisfério Sul



Quanto mais estreito for o espaçamento entre as isóbaras, maior será o gradiente de pressão e, portanto, maior será a velocidade do vento. Conforme se sabe, os ventos não sopram paralelos às isóbaras, formando com elas ângulos de 20º a 30º para o lado dos centros de baixa pressão. Num anticiclone, o ângulo dos ventos com as isóbaras é maior e sempre para o lado de fora do centro de alta.

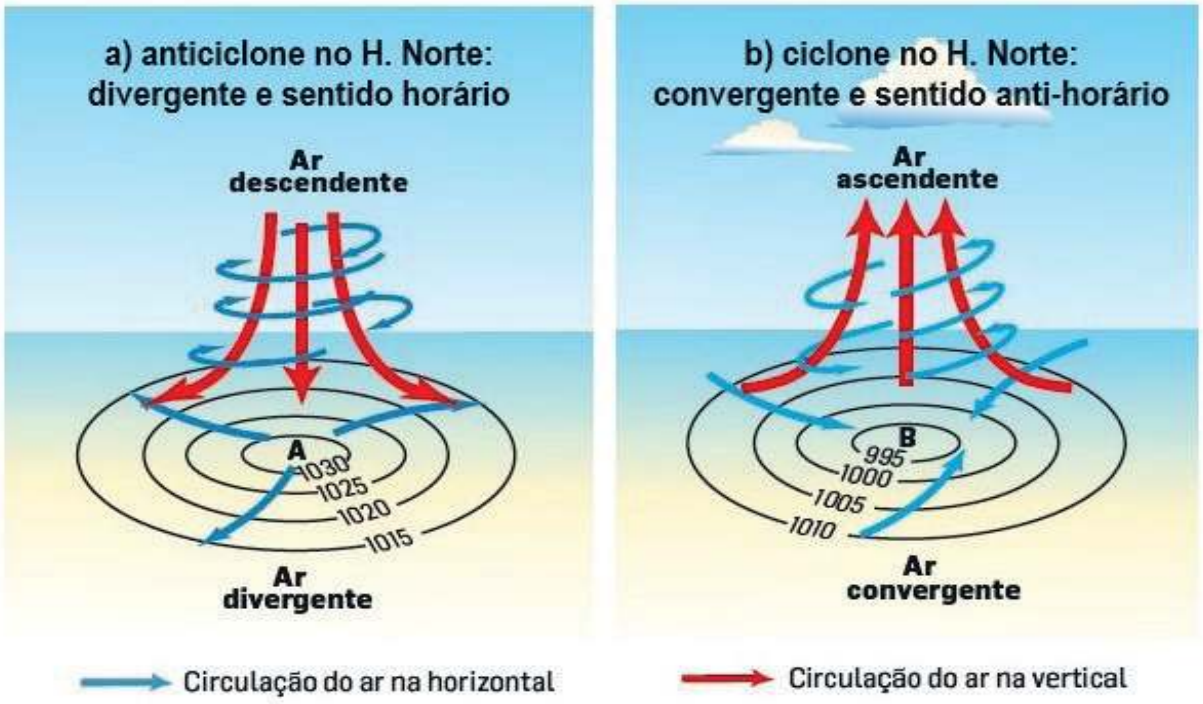
Os anticiclones são regiões de altas pressões. A pressão é máxima no centro, que está circundado por isóbaras fechadas. Ventos fracos e tempo bom ocorrem próximo ao centro do anticiclone. A circulação nos centros de alta pressão, no Hemisfério Sul, é divergente e no sentido anti-horário, conforme apresentado na Figura 45.37a.

Figura 45.37 – Circulação Anticiclônica e Ciclônica no Hemisfério Sul



No Hemisfério Norte, a circulação anticlônica efetua-se no sentido horário, conforme apresentado na Figura 45.38a.

Figura 45.38 – Circulação Anticiclônica e Ciclônica no Hemisfério Norte



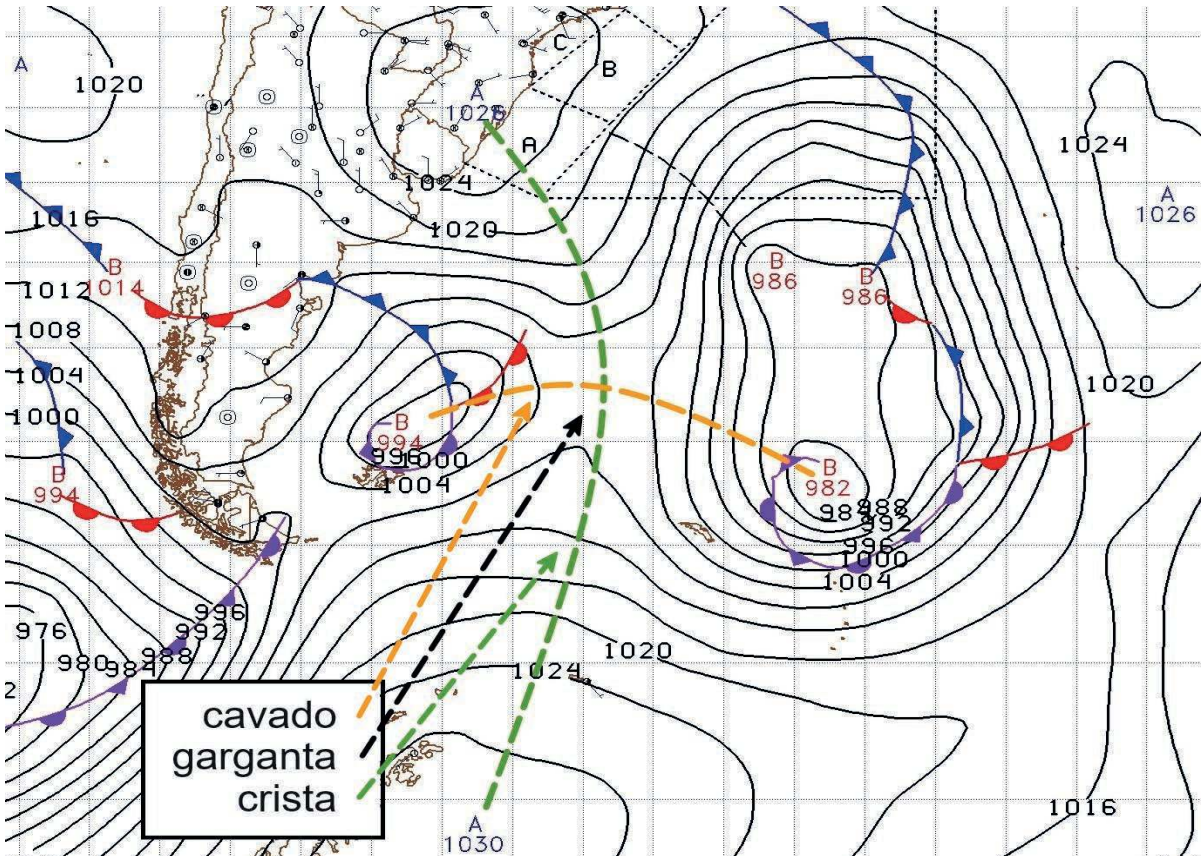
Uma crista é uma área alongada de alta pressão, conforme mostrado nas Figuras 45.36 e 45.39. A crista caracteriza-se pelo alongamento das isóbaras de um centro de alta pressão em determinada direção (ao longo do eixo da crista). A saliência é mais pronunciada conforme as isóbaras se afastam do centro de alta, na direção da periferia. Quando a crista é bem pronunciada, constata-se a circulação de ar quente para regiões mais frias e, normalmente, a ocorrência de frente quente. Por esta razão, é importante a identificação das regiões onde ocorrem cristas. O eixo das cristas indica a direção do alongamento de um centro de alta pressão.

Um ciclone é uma depressão barométrica, delimitada por uma série de isóbaras ovais ou quase circulares, que envolvem uma área de pressões baixas, isto é, uma área onde as pressões decrescem da periferia para o centro. A circulação nos centros de baixa pressão, no Hemisfério Sul, é convergente e no sentido horário, conforme apresentado na Figura 45.37b. No Hemisfério Norte, a circulação ciclônica efetua-se no sentido anti-horário conforme apresentado na Figura 45.38b.

Um cavado é uma configuração típica dos ciclones, em que uma cunha de baixas pressões afasta-se do centro da depressão; no eixo do cavado as isóbaras estão mais distantes do centro de baixa pressão do que nas demais direções, conforme mostrado nas Figuras 45.36 e 45.39. A saliência é mais pronunciada conforme as isóbaras se afastam do centro de baixa. Quando o cavado é bem acentuado, constata-se a circulação de ar frio para regiões mais quentes e, normalmente, a ocorrência de frente fria. Por esta razão, é importante, na análise de cartas sinóticas de pressão à superfície e de imagens de satélites meteorológicos, a identificação das regiões onde ocorrem cavados. O eixo dos cavados indica a direção do alongamento de um centro de baixa.

Uma garganta é a região que separa duas depressões e dois anticiclones. O colo da garganta localiza-se na interseção do eixo de um cavado e do eixo de uma crista, conforme mostrado nas Figuras 45.36 e 45.39. Ao atravessar uma garganta, o gradiente de pressão muda de sentido gradualmente; como consequência, o vento ali é fraco e de direção variável.

Figura 45.39 - Crista, Cavado e Garganta

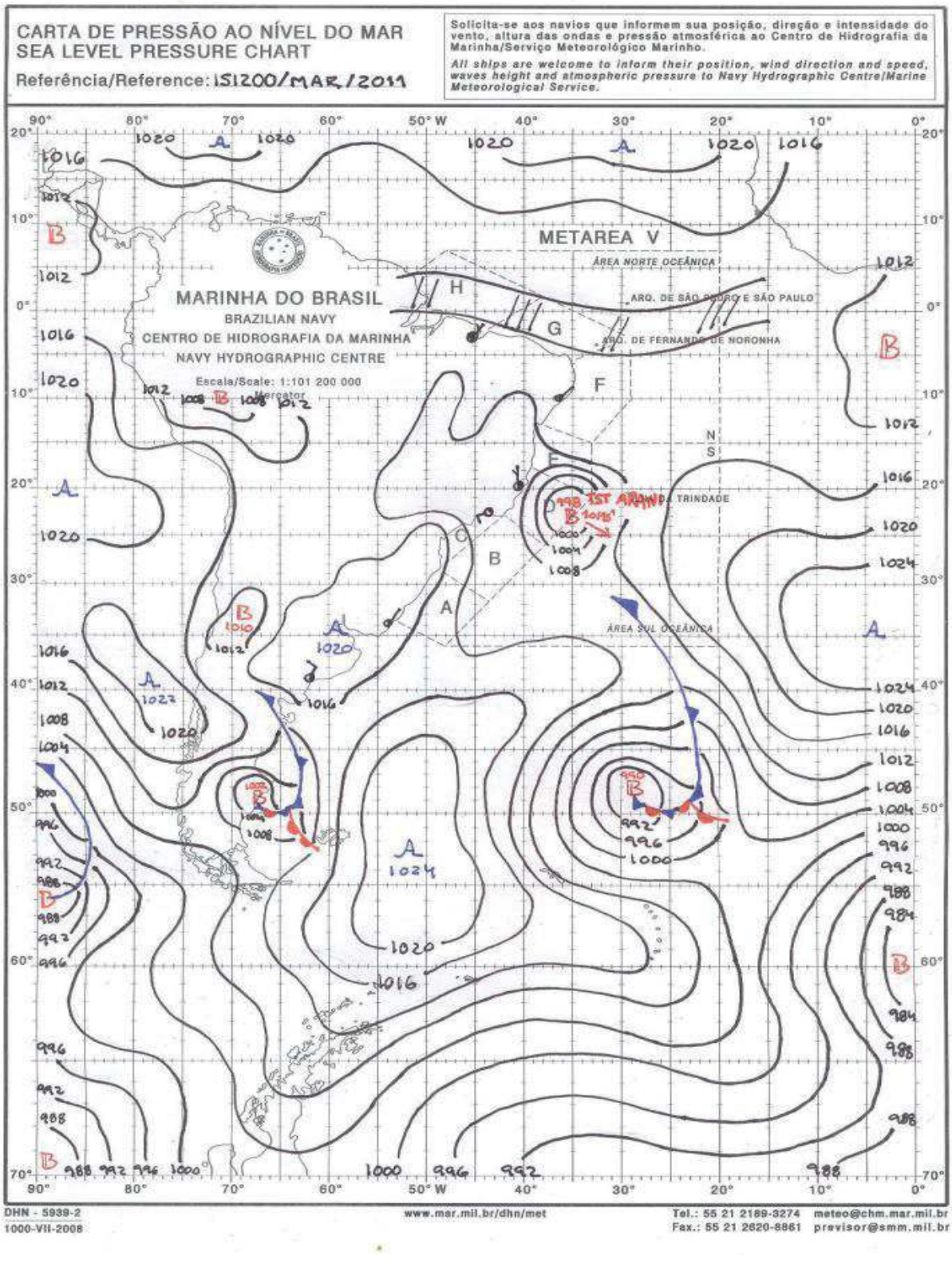


O mau tempo, em qualquer parte do globo, está quase sempre associado a uma convergência de ventos, ou seja, a um ciclone ou depressão. Os ciclones são divididos, conforme a região em que se formam, em ciclones tropicais, que representam o mais impressionante fenômeno que se forma na atmosfera, como visto no Capítulo 42, e ciclones extratropicais ou depressões extratropicais, que serão apresentados a seguir.

45.3.2 Depressões Extratropicais, Subtropicais e Tropicais

Os ciclones, também chamados de depressões, podem ser diferenciados segundo sua estrutura vertical e costumam ocorrer mais frequentemente nas faixas de latitude de onde recebem sua classificação. Contudo, essa diferenciação é mais correlacionada com a estrutura vertical do que com a região. Por exemplo, conforme contido na Figura 45.40, a carta sinótica do Serviço Meteorológico Marinho de 1200Z no dia 15 de março de 2011 mostra a Tempestade Subtropical Arani entre 20°S e 23°S, ou seja, na região tropical.

Figura 45.40 - Tempestade Subtropical Arani



Desta forma, ainda que transitem ou até mesmo se originem em regiões diversas das correspondentes à sua nomenclatura, são classificadas segundo as características listadas a seguir:

a) **Ciclone Tropical** - centro de baixa pressão atmosférica em escala sinótica com núcleo quente, não associado a um sistema frontal, originado sobre águas tropicais ou

subtropicais, com convecção profunda organizada e circulação de vento à superfície fechada em torno de um centro bem definido. Os ciclones tropicais são classificados pela média do vento máximo sustentado à superfície, no intervalo de um minuto:

- **Depressão Tropical** - inferior a 34 nós, 63 km/h, 39 mph ou Força 7 na Escala Beaufort;

- **Tempestade Tropical** - igual ou superior a 34 e inferior a 64 nós, 63 a 118 km/h, 39 a 74 mph ou Força 8 a 11 na Escala Beaufort; e

- **Furacão** - igual ou superior a 64 nós, 118 km/h, 74 mph ou Força 12 na Escala Beaufort.

b) **Ciclone Subtropical** - centro de baixa pressão atmosférico não associado a um sistema frontal que apresenta características tanto de ciclones tropicais como de extratropicais. Em comparação com os ciclones tropicais, geralmente apresentam ventos máximos relativamente mais afastados do centro do sistema, a distâncias maiores que 60 milhas náuticas e campo de ventos e distribuição de convecção menos simétricos. Os ciclones subtropicais são classificados pela média do vento máximo sustentado à superfície, no intervalo de um minuto:

- **Depressão Subtropical** - inferior a 34 nós, 63 km/h, 39 mph ou Força 7 na Escala Beaufort;

- **Tempestade Subtropical** - igual ou superior a 34 e inferior a 64 nós, 63 a 118 km/h, 39 a 74 mph ou Força 8 a 11 na Escala Beaufort.

c) **Ciclone Extratropical** - centro de baixa pressão atmosférica que extrai sua energia primordialmente da energia potencial decorrente de um contraste horizontal de temperatura, geralmente associado a um sistema frontal.

d) **Onda Tropical** - cavado ou um valor máximo da curvatura ciclônica no campo dos ventos alísios.

e) **Distúrbio Tropical** - sistema discreto de convecção aparentemente organizada, com diâmetro geralmente entre 100 e 300 milhas náuticas, originado nas regiões tropicais ou subtropicais, apresentando característica migratória não frontal e mantendo sua identidade por pelo menos 24 horas. Pode ser associado ou não a uma perturbação notável no campo de ventos.

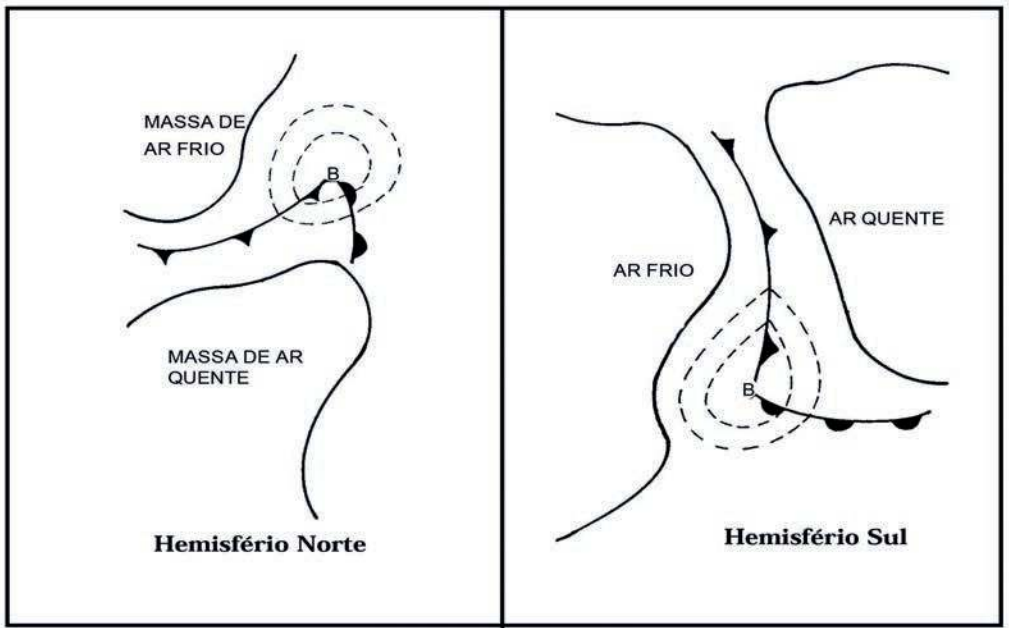
Formação das Depressões Extratropicais

Dentre os três tipos de ciclones citados acima, os ciclones extratropicais são os que ocorrem mais frequentemente na região marítima da costa brasileira. Os ciclones extratropicais acham-se associados com os movimentos da frente polar na direção do Equador e, normalmente, se originam longe dos trópicos, numa zona conhecida como área de ciclogênese ou região frontogenética, em ambos os hemisférios.

A frente polar, como já visto, é a interseção, sobre o globo terrestre, da superfície de separação entre os ventos Estes Polares (que sopram de NE no Hemisfério Norte e de SE no Hemisfério Sul, transportando ar frio e seco das regiões frígidas) e os ventos predominantes de Oeste (que sopram de SW no Hemisfério Norte e de NW no Hemisfério Sul, transportando ar mais quente e úmido das regiões subtropicais). Esta linha muda constantemente de forma e de posição, em consequência da instabilidade do ar nas suas vizinhanças. É sobre a frente polar que se geram as depressões extratropicais ou depressões das zonas temperadas.

A condição essencial para a formação de uma depressão extratropical é a existência de massas de ar quente e frio adjacentes, como representado na Figura 45.41. A junção dessas massas de ar de temperaturas e umidades diferentes, deslocando-se em sentidos opostos, é que dará origem aos ciclones extratropicais.

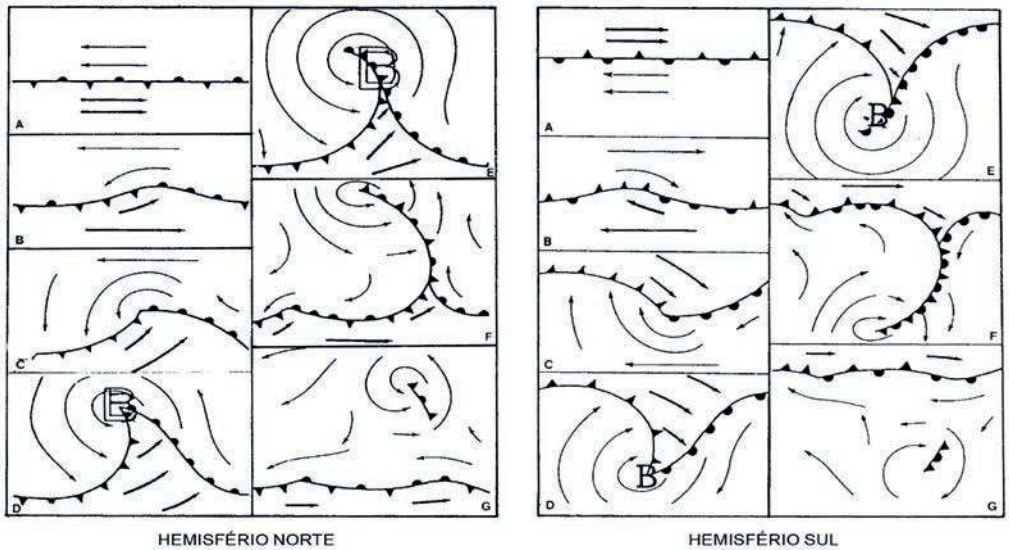
Figura 45.41 – Formação de uma Depressão Extratropical



O processo de formação e o ciclo de vida de um ciclone extratropical podem ser explicados do seguinte modo:

• quando as duas massas de ar em contacto não diferem muito em temperatura e umidade, mantém-se entre elas um estado de equilíbrio, que dá à frente polar um caráter estável. Neste caso, as isóbaras são aproximadamente paralelas à frente polar, de um lado e de outro, com os ventos em ambos os lados da frente soprando paralelos a ela, como mostrado na condição inicial A na Figura 45.42;

Figura 45.42 – Processo de Formação e Ciclo de Vida de uma Depressão Extratropical



• pequenas perturbações nesse estado de relativo equilíbrio, como um aquecimento local desigual e terreno irregular provocam desequilíbrio de pressões, que podem dar início a uma curvatura tipo onda na frente, como mostrado na situação B na Figura 45.42. Então, a frente deforma-se e um sistema ciclônico de ventos entra em formação;

• se esta tendência persiste e a onda aumenta em amplitude, em consequência do desequilíbrio das duas massas de ar adjacentes, uma língua de ar subtropical penetra na zona de ar frio; subsequentemente, o ar frio avança por trás e por baixo do ar quente, resultando na deformação da frente polar e das isóbaras e estabelecendo uma circulação ciclônica (no sentido horário no Hemisfério Sul e no sentido anti-horário no Hemisfério Norte). Uma seção da frente começa a se mover como uma frente quente, enquanto a seção adjacente começa a se deslocar como uma frente fria, como mostrado na situação C na Figura 45.42. Esta espécie de deformação é denominada onda frontal;

• no pico da onda frontal, na ponta da língua ou setor de ar quente, forma-se um centro de baixa pressão. A circulação ciclônica torna-se mais intensa e as componentes dos ventos perpendiculares às frentes são agora bastante fortes para deslocá-las, com a frente fria movendo-se mais rapidamente que a frente quente, como mostrado na situação D na Figura 45.42;

• a depressão evolui e entra em sua fase ativa, distinguindo-se as frentes fria e quente, sobre as quais incidem, respectivamente, o ar frio (vindo de Latitudes elevadas) e o ar subtropical, mais quente. A frente fria avança por baixo do ar quente, que vai subindo na atmosfera; a língua ou setor quente alonga-se e se estreita. Quando a frente fria alcança a frente quente, as duas são ditas oclusas (fecham-se juntas) e o processo, ou resultado, é chamado de oclusão, como mostrado na situação E na Figura 45.42. A depressão, então, está no apogeu; esta é a hora de máxima intensidade da onda ciclônica;

• quando a oclusão continua a se estender, a língua de ar quente desaparece, a circulação ciclônica diminui de intensidade, o centro de baixa pressão se enfraquece e o movimento frontal se retarda, como mostrado na situação F na Figura 45.42. A depressão desfaz-se em seguida e o equilíbrio de temperaturas e pressões tende a se restabelecer. A velocidade do vento diminui e a chuva desaparece; e

• algumas vezes, uma nova onda frontal pode começar a se formar ao longo da porção de oeste da frente fria. No estágio final, as duas frentes se tornam outra vez uma única frente estacionária. O centro de baixa com seu remanescente da oclusão terá desaparecido, como mostrado na situação G na Figura 45.42.

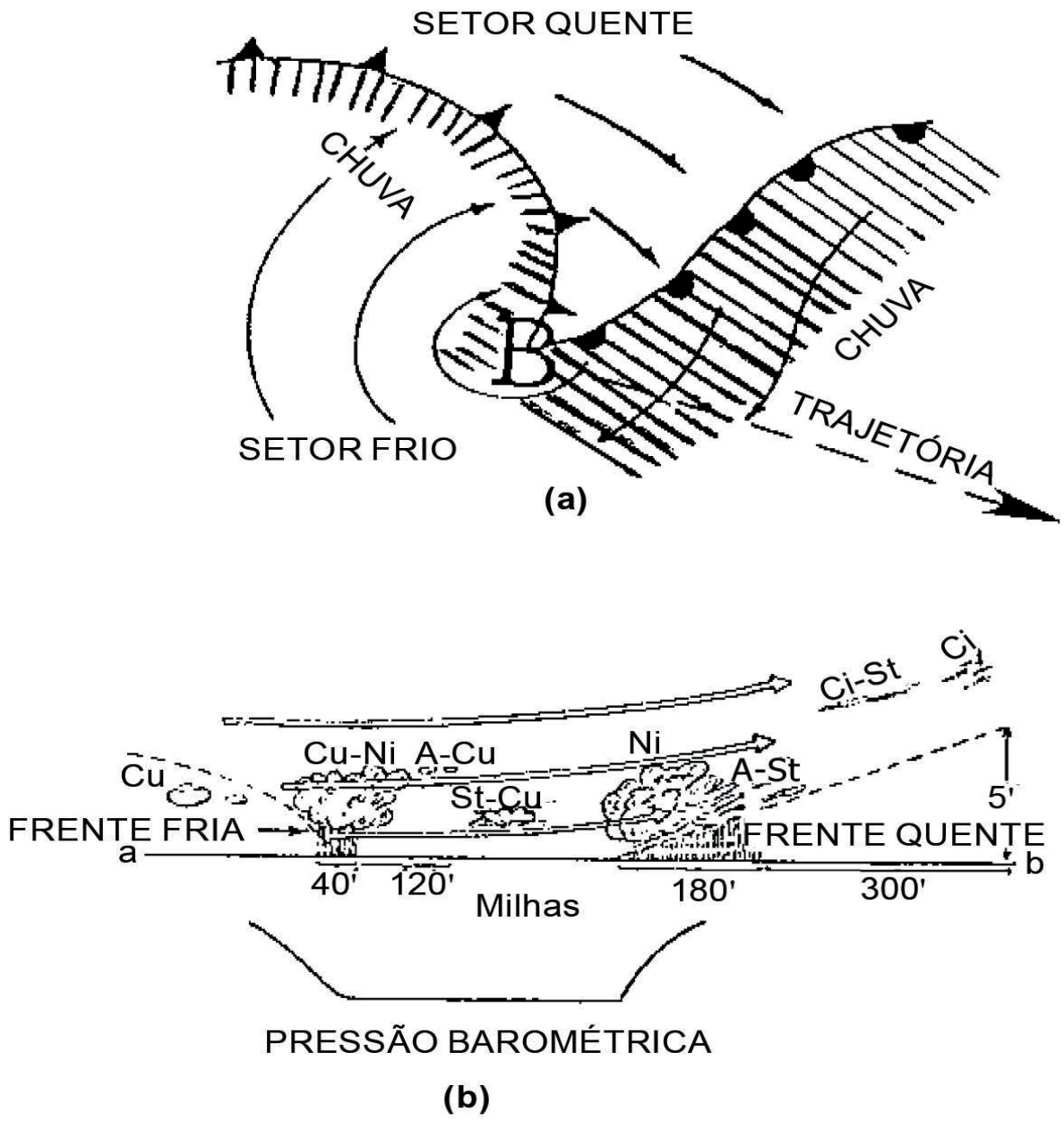
Condições de tempo associadas às Depressões Extratropicais

O ciclo de vida de uma depressão extratropical estende-se, normalmente, por 5 ou 6 dias, atingindo a maior violência ao fim de 1 dia após a sua formação. O centro de baixa desloca-se de Oeste (W) para Leste (E), seguindo a direção do vento no setor quente, isto é, no Hemisfério Sul move-se na direção ESE (como mostrado na Figura 45.43) e no Hemisfério Norte na direção ENE. A velocidade de translação da depressão regula, em média, de 20 a 30 nós. A depressão desloca-se inicialmente devagar, mas aumenta de velocidade quando entra em sua fase mais ativa. Por fim, move-se lentamente de novo. A violência das depressões é variável; via de regra, as baixas barométricas profundas originam ventos tempestuosos, as outras podem apenas causar ventos moderados. A área de uma depressão atinge, normalmente, de 500 a 1.000 milhas.

Em geral, nas Latitudes médias, especialmente durante o inverno, observam-se ventos fortes e tempestuosos associados aos ciclones extratropicais. Atrás de uma frente fria há uma depressão em desenvolvimento e, à medida que esta se intensifica, a região sujeita às ocorrências de ventos fortes torna-se mais extensa. Nestas áreas, no Hemisfério Sul o vento ronda de NW para SW (como mostrado na Figura 45.43a) e aumenta de velocidade. As condições de mar podem ser especialmente perigosas e as embarcações podem sofrer danos.

Ao longo do ciclo de vida de uma depressão extratropical desenvolvem-se tipos de nebulosidade bastante variados. Em termos gerais, esta nebulosidade pode ser classificada como ilustrado no esquema da Figura 45.43b. Os sinais precursores das depressões são os cirrus, os quais aparecem no Zênite quando o centro de baixa ainda se encontra a centenas de milhas de distância.

Figura 45.43 – Depressão na Fase Ativa (Hemisfério Sul)



As regiões ciclogenéticas na América do Sul são, principalmente, o extremo sul do continente, o nordeste da Argentina, o Paraguai e o sul do Brasil.

A navegação na costa do Brasil e no Atlântico Sul geralmente passa ao norte da região de ciclogênese, onde nascem as depressões extratropicais. Neste caso, a passagem do fenômeno será observada a bordo na ordem a seguir indicada (ver a Figura 45.43):

• **antes da passagem da frente quente**: vento moderado de NE, rondando para N e NW, com aumento de força; baixa contínua do barômetro; temperatura elevada, aumentando progressivamente; visibilidade regular; extensas camadas de nuvens formadas por cirrus, cirrostratus, altostratus e, finalmente, nimbostratus; chuva numa zona de cerca de 180 milhas de largura;

• **passagem da frente quente**: vento N e NW; aumento de temperatura e de umidade; pequena queda do barômetro; deixa de chover; a visibilidade diminui;

• **setor quente**: vento NW; podendo alcançar força 6 a 8 (40 nós); barômetro estacionário; temperatura elevada e alta umidade relativa; nevoeiros frequentes; nebulosidade menor, com stratus e stratocumulus. Depois, quando se aproxima a frente fria, aumento de nebulosidade, principalmente com altocumulus;

• **passagem da frente fria**: salto do vento NW para SW; subida brusca do barômetro e descida rápida da temperatura; diminuição da umidade relativa; nuvens tipo cumulonimbus (Cb); aguaceiros e trovoadas numa zona de cerca de 40 milhas de largura; boa visibilidade no intervalo dos aguaceiros; e

• **depois da passagem da frente fria**: o tempo melhora; vento SW; chuva intermitente; boa visibilidade; cumulus de bom tempo.

Estas fases do estado do tempo ocorridas na passagem de uma depressão poderão suceder-se com relativa rapidez se o navio navegar de E para W, isto é, em sentido contrário ao da trajetória do centro de baixa pressão.

Uma frente oclusa produz aguaceiros e salto do vento para SW.

No caso de o navio, navegando em Latitudes elevadas do Hemisfério Sul, passar ao sul do centro da depressão, o vento rondará de E para S e SW. A temperatura não sofrerá grande variação e o barômetro cessa de descer, para subir lentamente.

Algumas vezes, uma depressão, já depois de muito enfraquecida, se regenera e se reintensifica. Outras vezes, os ciclones extratropicais não aparecem isolados, ocorrendo uma série de quatro a seis, sucessivamente mais novos, constituindo uma família de baixas. Cada uma delas nasce, em regra, ao norte daquela que segue à sua frente.

Pode, também, ocorrer a formação de uma pequena depressão circular subsidiária da principal, geralmente produzida por deformação das isóbaras do lado equatorial. É a chamada depressão secundária, a qual produz, normalmente, muita chuva. O vento sopra por vezes com violência, sem grande variação do barômetro. A trajetória da depressão secundária é variável; geralmente, esta depressão move-se no mesmo sentido da depressão principal, isto é, de W para E; algumas vezes, a depressão secundária gira em torno da depressão principal.

Como visto, uma configuração que pode ocorrer em uma depressão é a formação de um cavado, onde as isóbaras tomam a forma de um V (vide Figura 45.39), constituindo a denominada depressão em V, que se forma em um colo isobárico (vide Figura 45.36). O vento, nas depressões em V, não ronda como nas depressões normais, mas dá um salto brusco de mais de 90º, rondando de NW para SW e refrescando violentamente, acompanhado de forte

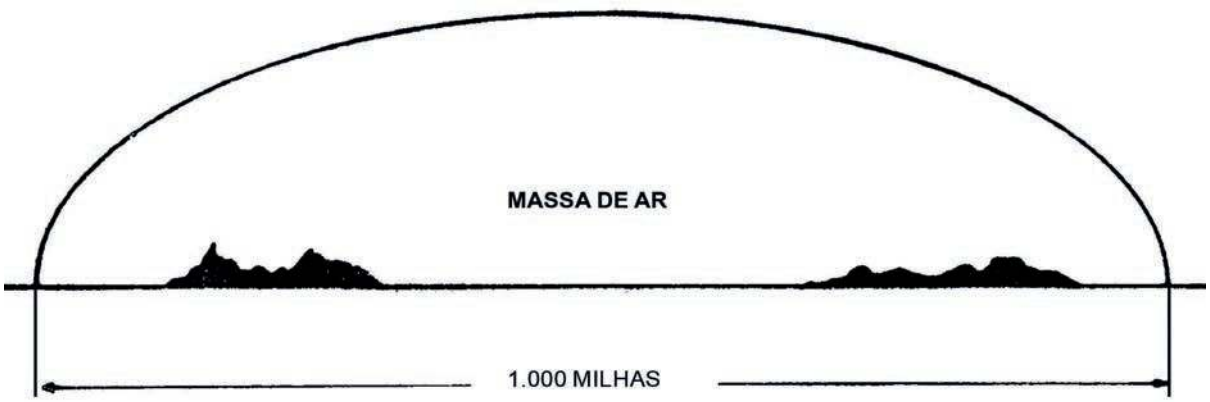
aguaceiro momentâneo, quando o eixo do cavado (ou linha de talvegue) passa pelo observador. A pressão também varia bruscamente, acusando o barômetro um "dente" pronunciado. Em geral, há forte trovoada. As depressões em V deslocam-se regularmente de W para E, com velocidades de 20 a 30 nós. O eixo do cavado é uma área perigosa para navios e aviões.

45.3.3 Massas de Ar e Frentes

Uma grande quantidade de ar na troposfera com propriedades próprias (temperatura e umidade) e uniformidade horizontal constitui uma massa de ar. As propriedades físicas características de uma massa de ar são a temperatura e a umidade, que tendem a apresentar uniformidade horizontal (no mesmo nível) ao longo da massa de ar, que pode ser visualizada como uma grande bolha de ar na superfície da Terra. A extensão horizontal típica de uma massa de ar é de 1.000 milhas, ou mais (vide Figura 45.44). As massas de ar movem-se como um corpo através da superfície terrestre, de uma região para outra.

As massas de ar se formam sobre extensas áreas da superfície da Terra que são suficientemente uniformes, permitindo à atmosfera adjacente adquirir características semelhantes, isto é, aproximar-se da uniformidade horizontal. As propriedades de qualquer massa de ar são adquiridas, primeiramente, na região de formação, de onde se originam; posteriormente, tais características são modificadas por influência das condições atmosféricas e da superfície das áreas sobre as quais se desloca, depois de abandonar a região de origem.

Figura 45.44 – Massa de Ar

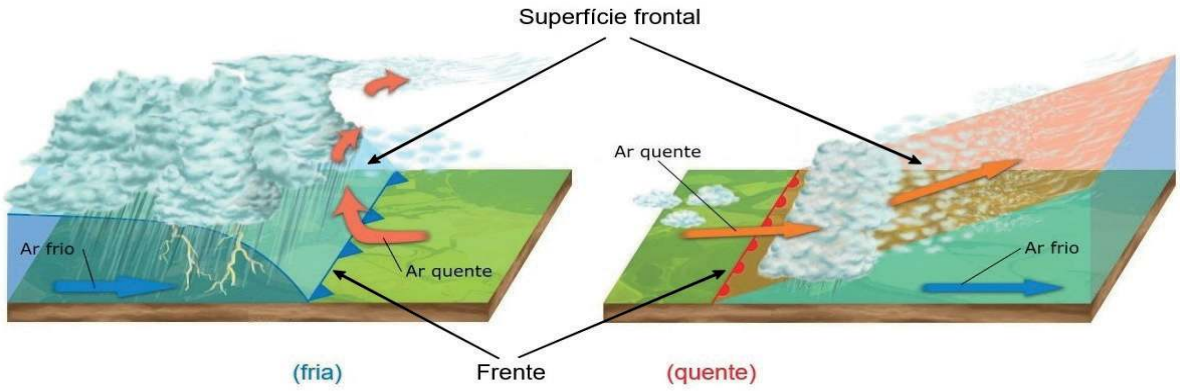


MASSA DE AR FRIA	MASSA DE AR QUENTE
– mais fria que a superfície sobre a qual se desloca; – pressão alta (ar denso); – circulação anticiclônica; – aquecimento por baixo causa correntes verticais; e – nuvens cumuliformes; boa visibilidade.	– mais quente que a superfície sobre a qual desliza; – pressão baixa; – circulação ciclônica; – resfriamento por baixo; ausência de correntes verticais; e – nuvens estratiformes; visibilidade ruim.

Quanto à origem, as massas de ar podem ser polares, quando provêm dos polos; tropicais, quando oriundas das regiões tropicais; continentais, quando se originam nos continentes; e marítimas, quando se formam sobre os oceanos. Com relação à temperatura de seus níveis inferiores, as massas de ar podem ser quentes (mais aquecidas que as regiões sobre as quais se deslocam) ou frias (mais frias que as regiões sobre as quais se movimentam).

Quando duas massas de ar de propriedades diferentes se encontram tendem a conservar suas características, formando zonas de separação. Denominamos de superfície frontal à superfície de separação de duas massas de ar de características distintas. A superfície frontal, então, é uma camada atmosférica relativamente estreita que separa duas massas de ar de características contrastantes. **Frente é a linha na superfície terrestre que separa duas massas de ar**, conforme os exemplos apresentados na Figura 45.45. As frentes, portanto, marcam descontinuidades em toda a extensão do encontro entre duas massas de ar, constituindo zonas de transição de massas de ar de propriedades diversas, em particular quanto à temperatura. As superfícies frontais são inclinadas; a inclinação depende do deslocamento da massa de ar que avança e da relação entre as propriedades de ambas as massas. A espessura do mau tempo frontal pode variar de 50 a 300 km; a frente é um fenômeno de escala sinótica, podendo estender-se lateralmente por várias centenas de quilômetros.

Figura 45.45 – Superfície Frontal e Frente



Fonte da Ilustração: Shutterstock.com

A região frontal é, normalmente, de pressões relativamente baixas (não significando, entretanto, que exista obrigatoriamente um centro de baixa) e convergência de massas de ar, o que já bastaria para tornar a região instável e, portanto, associada a mau tempo, com probabilidade de subida de ar e posterior formação de nuvens. Além desses fatores, a diferença de temperaturas das massas é, também, forte catalizador na subida do ar, com o ar mais frio tendendo a permanecer próximo da superfície, enquanto o mais quente ascende a níveis elevados. O processo de formação de frentes denomina-se frontogênesis.

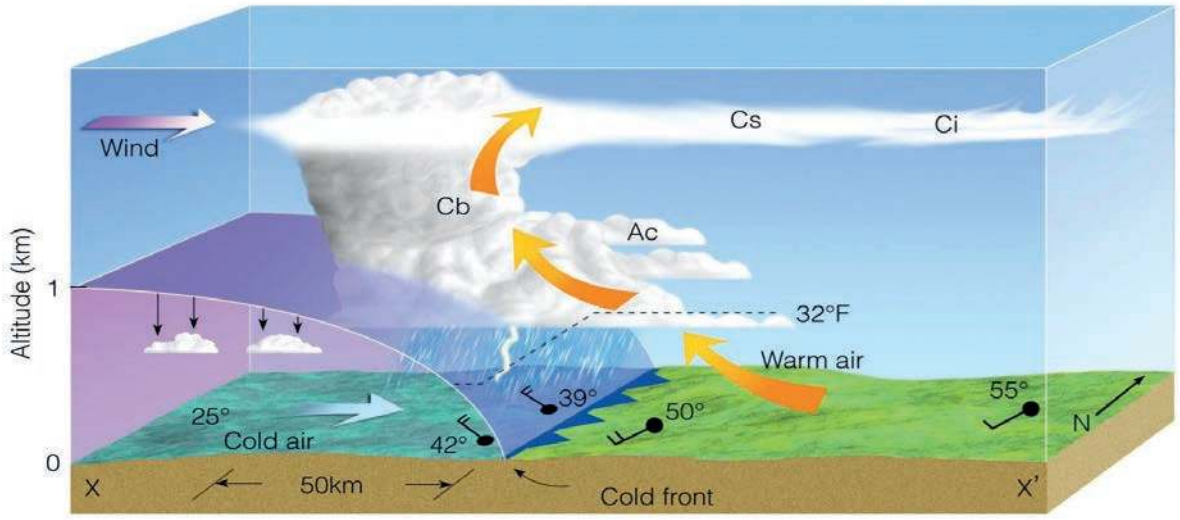
As frentes classificam-se em:

- frias;
- quentes;
- oclusas; e
- estacionárias.

a. Frente fria

Diz-se que uma frente é fria quando a massa de ar que avança é mais fria do que a que se encontra em determinada região, isto é, a massa de ar frio se desloca para substituir uma massa de ar quente na superfície. O ar quente, mais leve, sobe quando empurrado pelo ar frio, formando na frente fria uma rampa abrupta, com inclinação forte, conforme mostrado na Figura 45.46. Assim, a faixa de mau tempo associada a uma frente fria é, em geral, mais estreita, embora mais rigorosa, do que a de uma frente quente. A frente fria apresenta formação de nuvens cumuliformes, com chuvas em forma de pancadas moderadas a fortes e trovoadas. Quando a massa é muito seca, pode não apresentar nebulosidade e suas tempestades são apenas relacionadas a ventos fortes.

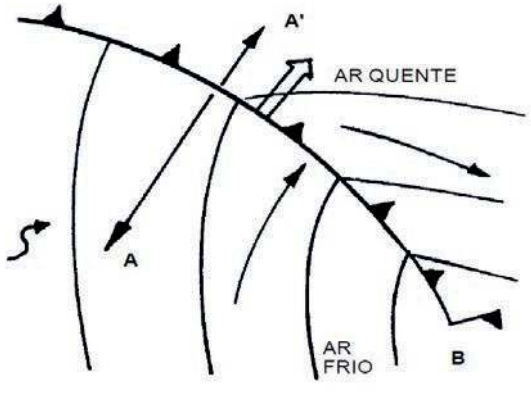
Figura 45.46 - Frente Fria



Fonte: Thomson Higher Education

Com a aproximação da frente fria, a tendência barométrica é normalmente indicada por uma queda brusca da pressão, contínua ou não. Adiante da frente fria, o vento rondará, no Hemisfério Sul, no sentido anti-horário, de NE ou N para NW e, em seguida, abruptamente para SW, forte e com rajadas, conforme mostrado na Figura 45.47. A temperatura aumenta com a aproximação e cai rapidamente após a passagem da frente. Há redução de visibilidade, devido às pancadas de chuva.

Figura 45.47 – Representação de uma Frente Fria



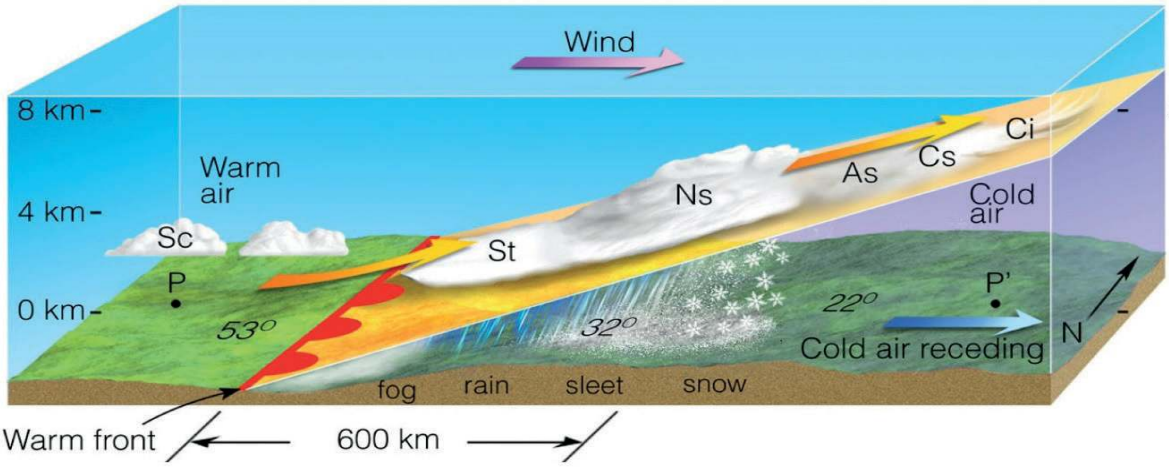
Quando o deslocamento da frente fria é lento, as mudanças não ocorrem tão bruscamente, mas sim lenta e gradativamente, formando nuvens estratiformes, que ocasionam precipitação contínua e persistente.

Uma frente fria secundária resulta de uma massa de ar frio que se desenvolve na retaguarda de uma frente fria principal, em virtude da alta velocidade com que se desloca a frente principal ou em consequência do surgimento de uma ramificação fria de uma grande oclusão. As condições de tempo associadas às frentes frias secundárias podem ser rigorosas.

b. Frente quente

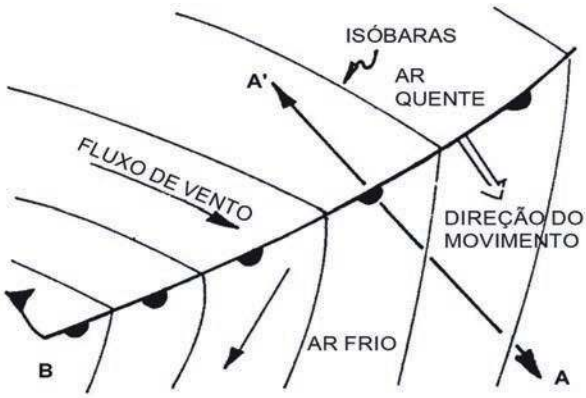
A frente quente ocorre quando há substituição do ar frio pelo ar quente à superfície. Na frente quente, então, o ar quente se desloca contra a massa de ar frio; como o ar quente é mais leve, a frente quente eleva-se sobre a massa de ar frio, formando uma rampa suave, com menor inclinação, conforme apresentado na Figura 45.48. Por isso, o mau tempo associado a uma frente quente, embora menos rigoroso, estende-se normalmente em uma faixa mais larga que nas frentes frias. Na região que precede a frente quente, vai ocorrendo uma lenta queda de pressão atmosférica, com o desenvolvimento de nuvens altas (cirrus, cirrocumulus, cirrostratus), com cirrus presentes até cerca de 500 km adiante da frente.

Figura 45.48 – Frente Quente



Fonte: Thomson Higher Education

Figura 45.49 – Representação de uma Frente Quente



Com a aproximação da frente, a nebulosidade, que consiste agora de cirrus, cirrostratus, nimbostratus e stratus, ocasiona precipitação leve, tipo garoa, contínua ou intermitente.

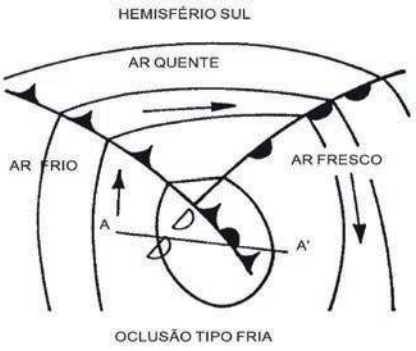
A pressão, normalmente, cai durante um tempo apreciável antes da passagem frontal, começando a subir logo após. O vento adiante da frente é fraco e, após a sua passagem, ronda no sentido horário, conforme apresentado na Figura 45.49. A visibilidade é, em geral, boa até o início da precipitação.

c. Frente oclusa

Uma frente oclusa é formada quando uma frente fria alcança uma frente quente e uma das duas frentes, quente ou fria, deixa de ter contacto com o solo, para elevar-se sobre a superfície da outra. A frente oclusa, assim, é proveniente do encontro de uma frente fria com uma frente quente; as frentes oclusas estão, em geral, associadas às circulações ciclônicas. Na região em que se forma a oclusão, observa-se a existência de três massas de ar de natureza diferente: uma quente, uma fria e uma terceira mais fria ou mais quente do que as outras duas.

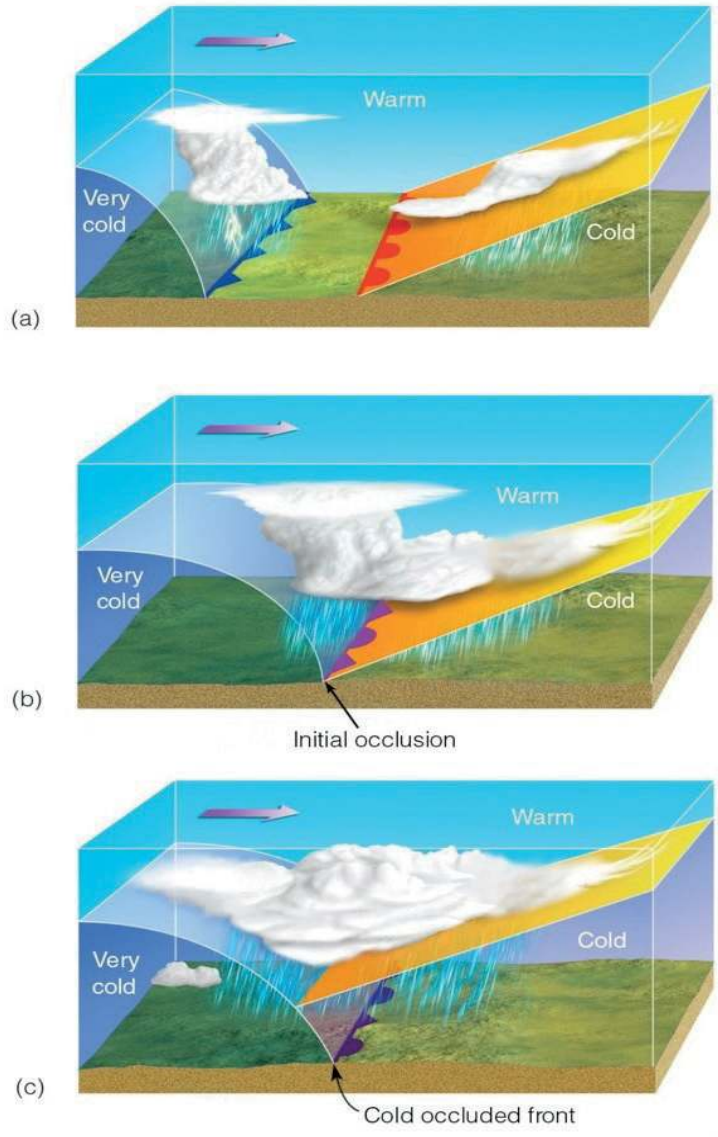
A oclusão pode ser tipo frente fria (oclusão tipo fria), mostrada nas Figuras 45.50 e 45.51, ou tipo frente quente (oclusão tipo quente), representada nas Figuras 45.52 e 45.53.

Figura 45.50 – Representação da Frente Oclusa Fria



Na oclusão tipo frente fria, o ar atrás da frente fria é mais frio que o ar fresco adiante da frente quente. À medida que a oclusão progride, o ar frio e denso desloca todo o ar que se encontra na trajetória da frente fria. O ar quente, literalmente apanhado entre duas massas de ar frio, é impelido rapidamente para cima. O resultado é uma mistura de condições de tempo frontais, com mau tempo de frente quente, seguido imediatamente de mau tempo de frente fria. Este é o tipo mais comum de oclusão.

Figura 45.51 – Formação da Frente Oclusa tipo Frente Fria

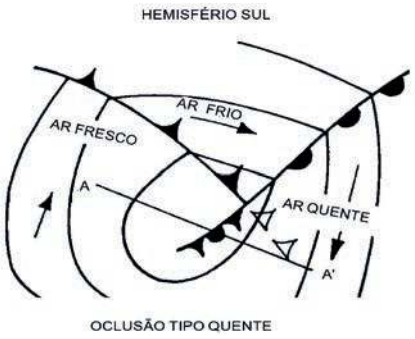


Fonte: Thomson Higher Education

Na frente oclusa quente, o ar adiante da frente quente é mais frio e mais denso que o ar fresco por trás da frente fria. Este ar, que se move mais rápido, empurrando a frente fria, é mais leve e, então, sobe sobre o ar (mais frio) que está por baixo da frente quente. O tempo de frente quente será seguido por tempo de frente fria, como em toda as oclusões.

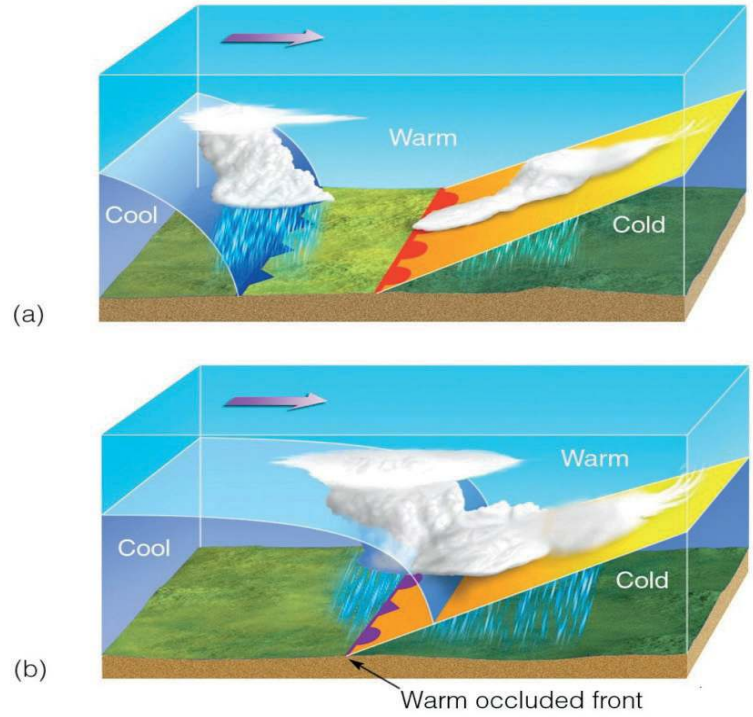
Assim, o tempo associado às oclusões tem características tanto das frentes quentes como das frentes frias. As condições de tempo mudam rapidamente nas oclusões e são, em geral, muito severas durante as etapas iniciais do seu desenvolvimento.

Figura 45.52 – Representação da Frente Oclusa Quente



A oclusão é precedida por nuvens de frente quente. Pode haver um período de chuvas contínuas adiante e na linha da oclusão, ou um período mais curto de chuva forte, principalmente atrás da oclusão, dependendo de o ar na frente da oclusão ser mais frio ou mais quente que o ar atrás dela. Além disso, pode ocorrer uma repentina rondada do vento na oclusão.

Figura 45.53 – Formação da Frente Oclusa tipo Frente Quente



Fonte: Thomson Higher Education

d. Frente estacionária

Ocorre quando não se observa deslocamento da superfície frontal, que se mantém fixa, não havendo, assim, substituição do ar à superfície. Nessa situação, os ventos são paralelos à frente em ambos os lados, porém de direções opostas. Sua tendência é se dissipar, num processo de frontólise, se não vier a receber um reforço de uma massa de ar (geralmente fria), para reiniciar o seu deslocamento.

d. Tempestades de areia

Ventos de moderados a fortes, soprando sobre terreno seco, solto e desprovido de vegetação, levantam nuvens de poeira que são carregadas pelos movimentos do ar. São frequentes nas grandes planícies, em áreas desérticas e desprovidas de vegetação. Quando há estabilidade na atmosfera, a poeira permanece próxima à superfície e o céu pode ser visto através dela.

Quando há instabilidade, a turbulência leva a poeira até grandes alturas, a atmosfera inferior fica toldada e o céu desaparece através de uma nuvem cinza de poeira, que chega quase a ocultar o Sol. Por vezes, a nuvem de poeira atinge tal densidade que torna necessária a iluminação artificial em pleno dia; a poeira que assim se eleva compõe-se de partículas minúsculas, que podem ser levadas através de grandes distâncias.

As condições para ocorrência das tempestades de areia são:

- ventos de intensidade maior que 15 nós; e
- preferencialmente, nas estações quentes.

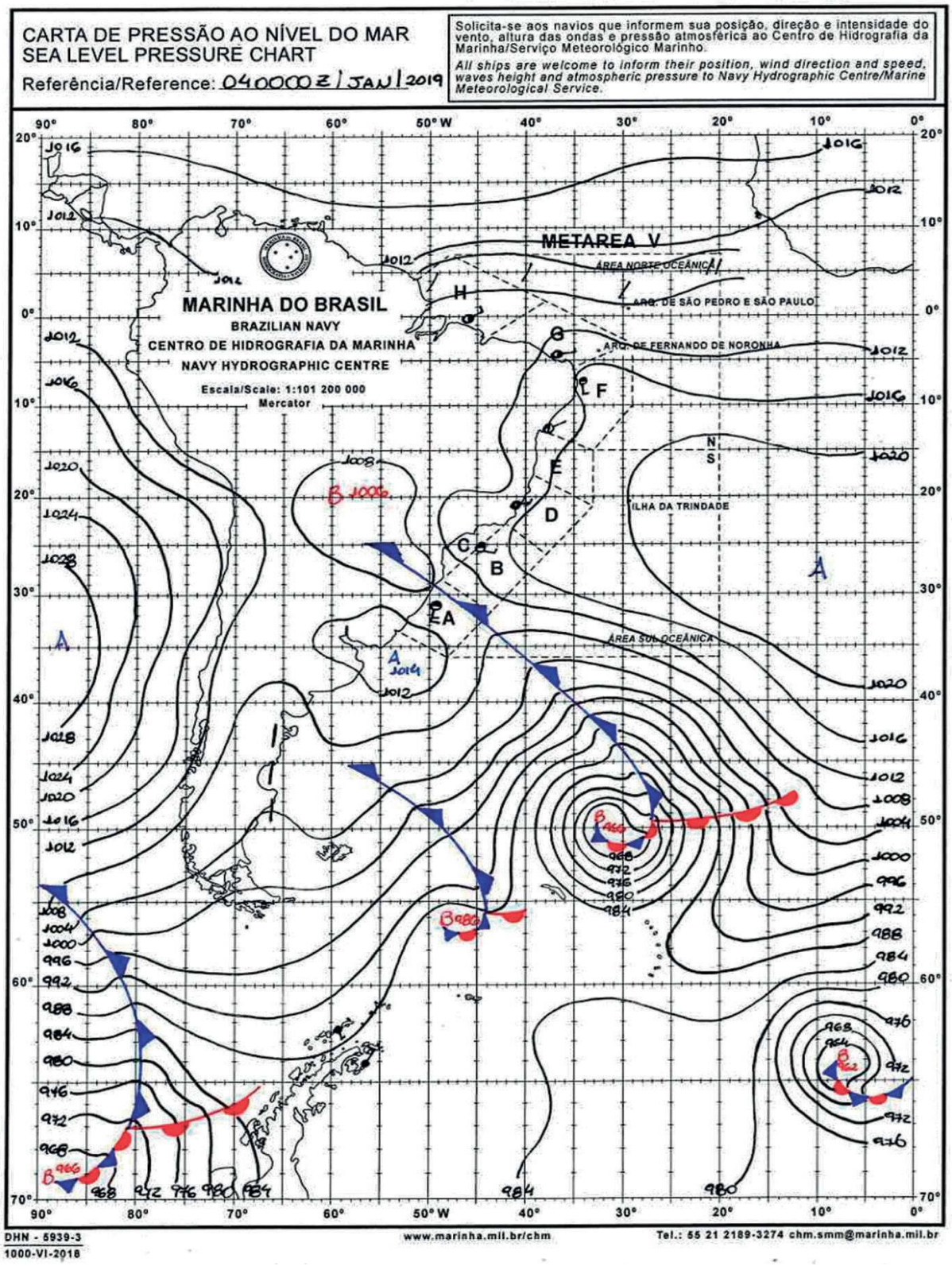
Com relação à visibilidade nas tempestades de areia, quando a tempestade é densa, a visibilidade fica reduzida a distâncias menores que 500 m.

45.4 CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS PREDOMINANTES E EVOLUÇÕES TÍPICAS DO TEMPO NO ATLÂNTICO SUL

Na situação normal, de bom tempo, o anticiclone subtropical do Atlântico Sul domina o oceano e o litoral, que são banhados por ar tropical marítimo, quente e úmido. Os ventos, de fracos a moderados, variam de SE a NE; o tempo é bom, com nebulosidade. A temperatura sobe lentamente e há um declínio lento da pressão pelo aquecimento da superfície.

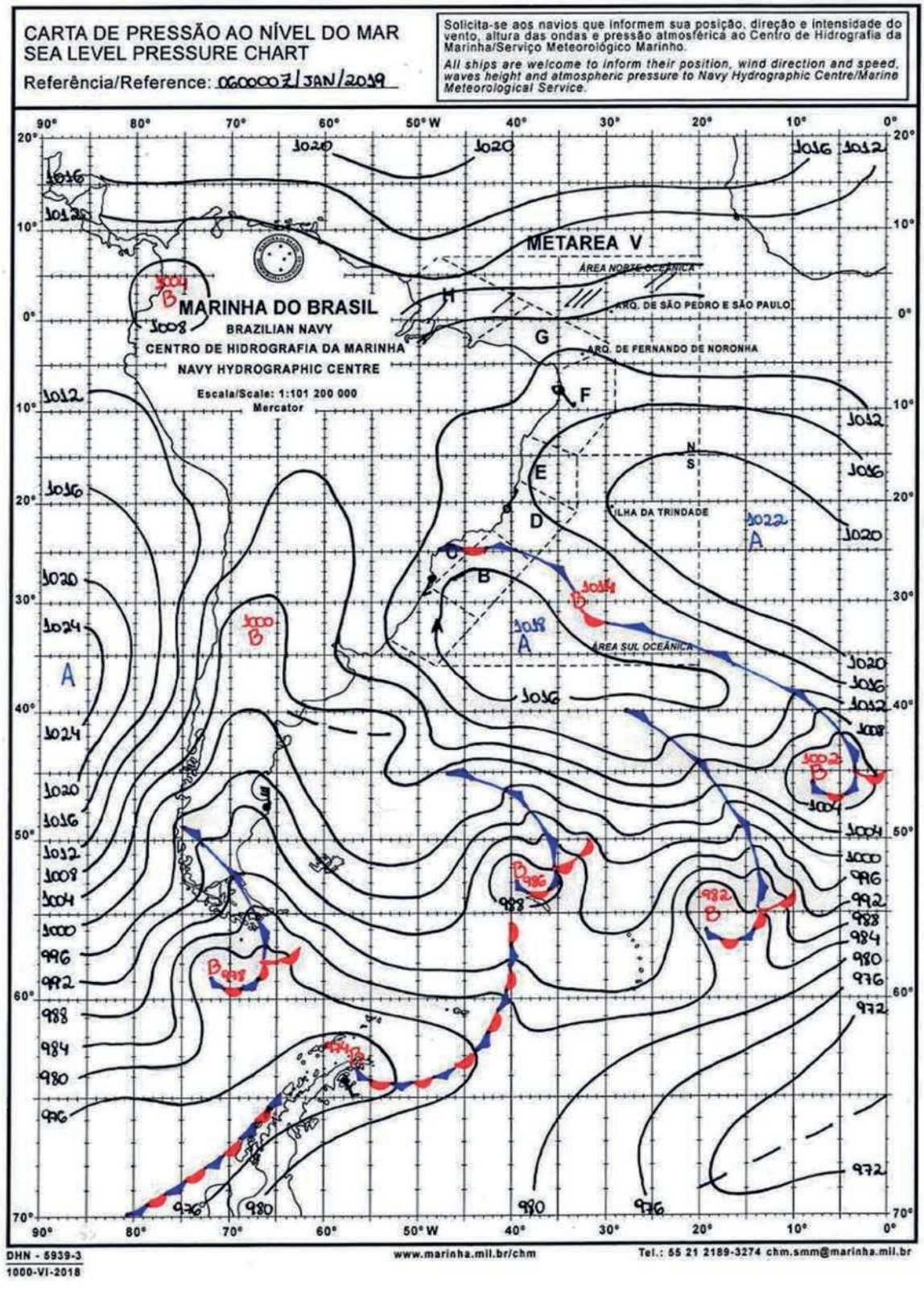
Uma massa de ar frio é acumulada no sul do continente e, precedida por uma frente fria, avança para o norte, deslocando-se na direção da região tropical. A sua configuração faz com que a frente fique perpendicular à costa sudeste da América do Sul, conforme apresentado na Figura 45.55.

Figura 45.55 – Aproximação da Frente Fria



A massa de ar frio, então, penetra na região do ar tropical. A depressão e a frente fria aparecem bem definidas na Figura 45.56. A frente fria estende-se para SE e move-se para NE.

Figura 45.56 – Penetração do Ar Frio na Região do Ar Tropical



À aproximação da frente fria:

- a pressão declina, a temperatura e a umidade tendem a aumentar;
- o vento se intensifica, soprando do N ou NW; às vezes, uma calmaria precede a frente; e
- o tempo se fecha gradualmente de cirrus e cirrostratus; a cerca de 40 milhas aparecem altocumulus isolados, que se adensam e avolumam, baixando a cumulus e stratocumulus; dos cumulus (ou cumulonimbus, se o ar quente é instável) caem chuvaradas ou aguaceiros intensos, mas efêmeros, que começam cerca de 10 milhas adiante da frente. No caso de haver cumulonimbus, podem ocorrer trovoadas, entretanto, a frente fria pode não produzir chuvas e, nem mesmo, nebulosidade, associando-se apenas a ventos fortes.

À passagem da frente fria, a região sob o seu efeito apresenta as seguintes características:

- a pressão passa por um mínimo, depois sobe (a pressão cai na aproximação da frente e volta a subir após a passagem da mesma);
- os ventos rondam subitamente de NW para SW, com rajadas frescas, mormente se a pressão é muito baixa;
- a umidade sobe e depois da passagem da frente tende a diminuir;
- a temperatura cai (a circulação vem do sul, trazendo ar mais frio); e
- na passagem da frente há nebulosidade e chuvas, com aguaceiros fortes, mas efêmeros, e possíveis trovoadas.

Passada a frente, a pressão sobe, a temperatura declina mais, o céu limpa gradualmente e volta a reinar tempo bom, com ventos de SW ou S.

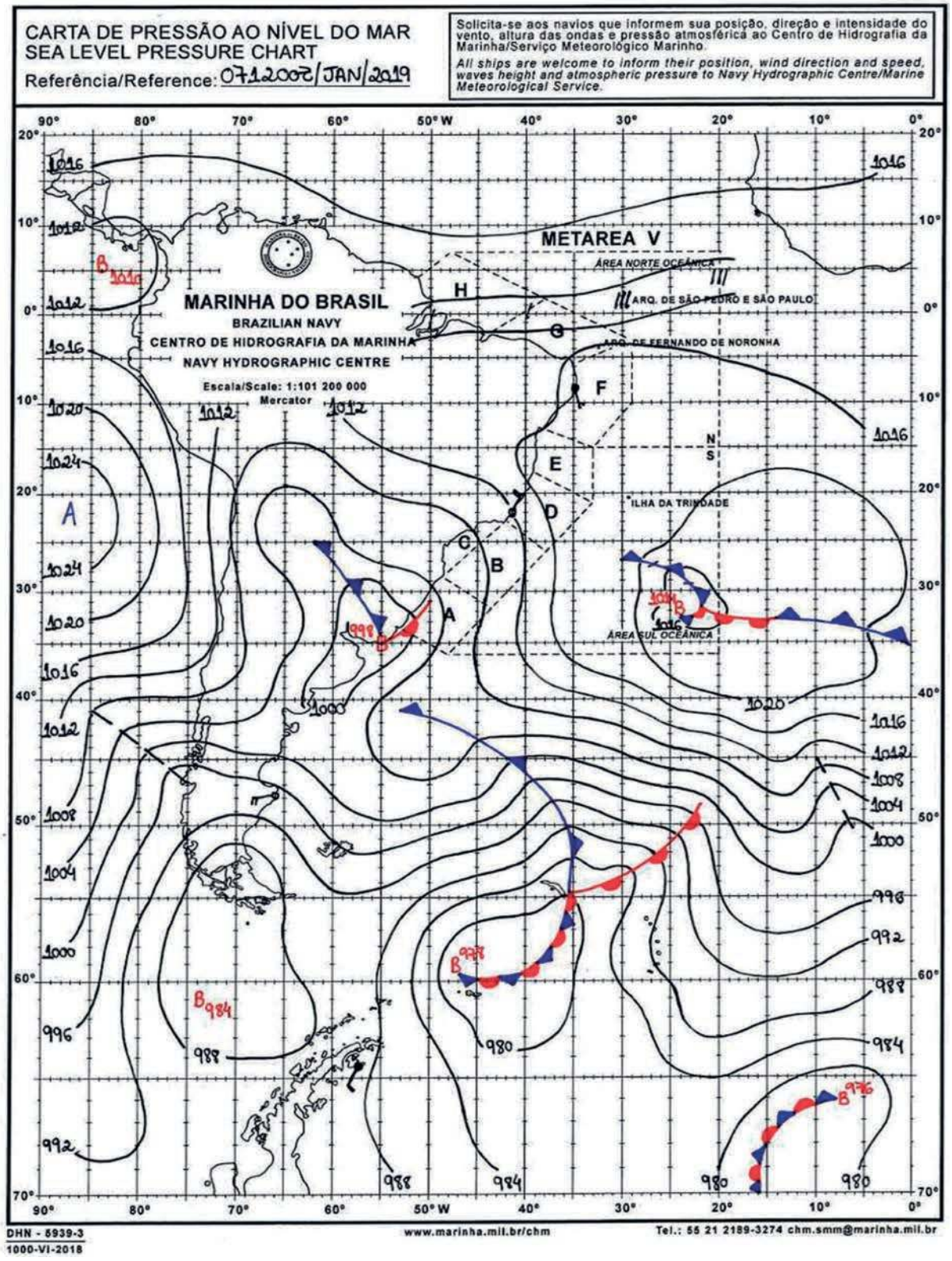
A massa de ar frio penetra na região tropical e, a seguir, se desloca para leste. Sua parte mais ao norte começa a perder as características de frente fria e, dentro em breve, transformar-se-á na massa de ar tropical. A sua extremidade inferior (ao sul) continua se deslocando para leste, conforme mostrado na Figura 45.57.

Se a massa fria é suficientemente forte, a frente pode avançar até o Nordeste; então, o anticiclone frio cobre a maior parte do Brasil, determinando, após os aguaceiros frontais, tempo bom e fresco, em ar instável (cumulus, etc.). Mas, no Nordeste a frente já chega mal definida e, finalmente, o anticiclone frio se funde com o anticiclone do Atlântico Sul e o ar frio se transforma em tropical marítimo, voltando à situação normal, inicialmente descrita.

Os sistemas frontais aproximam-se durante o inverno em intervalos médios de 5 a 7 dias. No verão, torna-se difícil precisar o período, em virtude da grande intensificação do Anticiclone Tropical Marítimo posicionado a leste da costa brasileira. Durante quase todo o ano as frentes frias levam cerca de 48 horas para se deslocarem do litoral do Rio Grande do Sul ao Rio de Janeiro.

No norte do país, a Zona de Convergência Intertropical ou Equador Meteorológico é uma região de mar confuso, normalmente de pequenas vagas e de direção indeterminada. A região apresenta forte nebulosidade, porém a navegação utilizando radar não apresenta dificuldades, exceto quando ocorrem aguaceiros intensos.

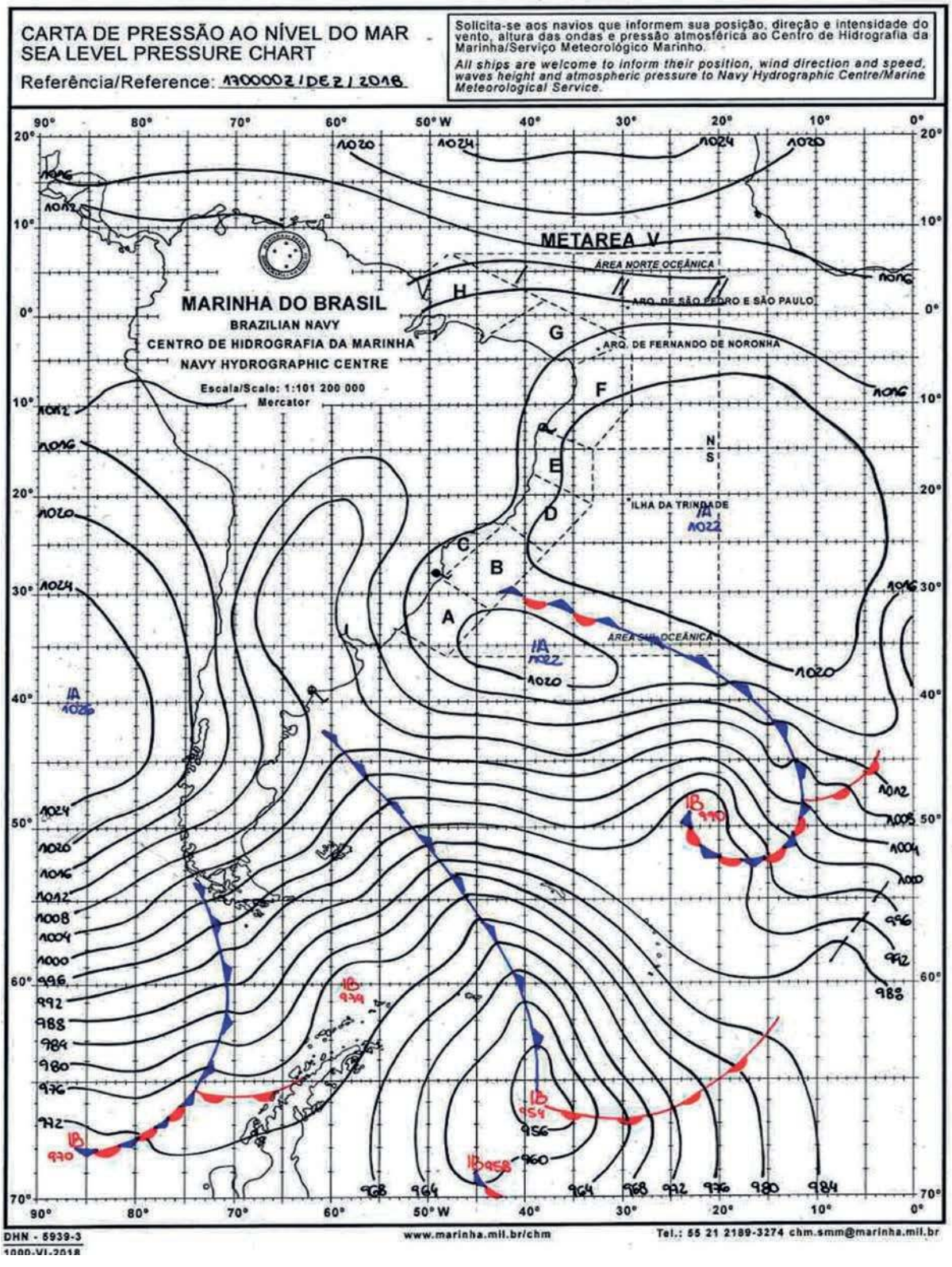
Figura 45.57 – Início da Dissipação (Frontólise)



A evolução típica apresentada está sujeita a variações. A frente fria pode se deter no sul e formar depressões. O sul do Brasil fica, então, num setor quente, com ventos de NW e aquecimento pré-frontal, conforme apresentado na Figura 45.58; sobrevém, depois, a frente fria, com os sintomas

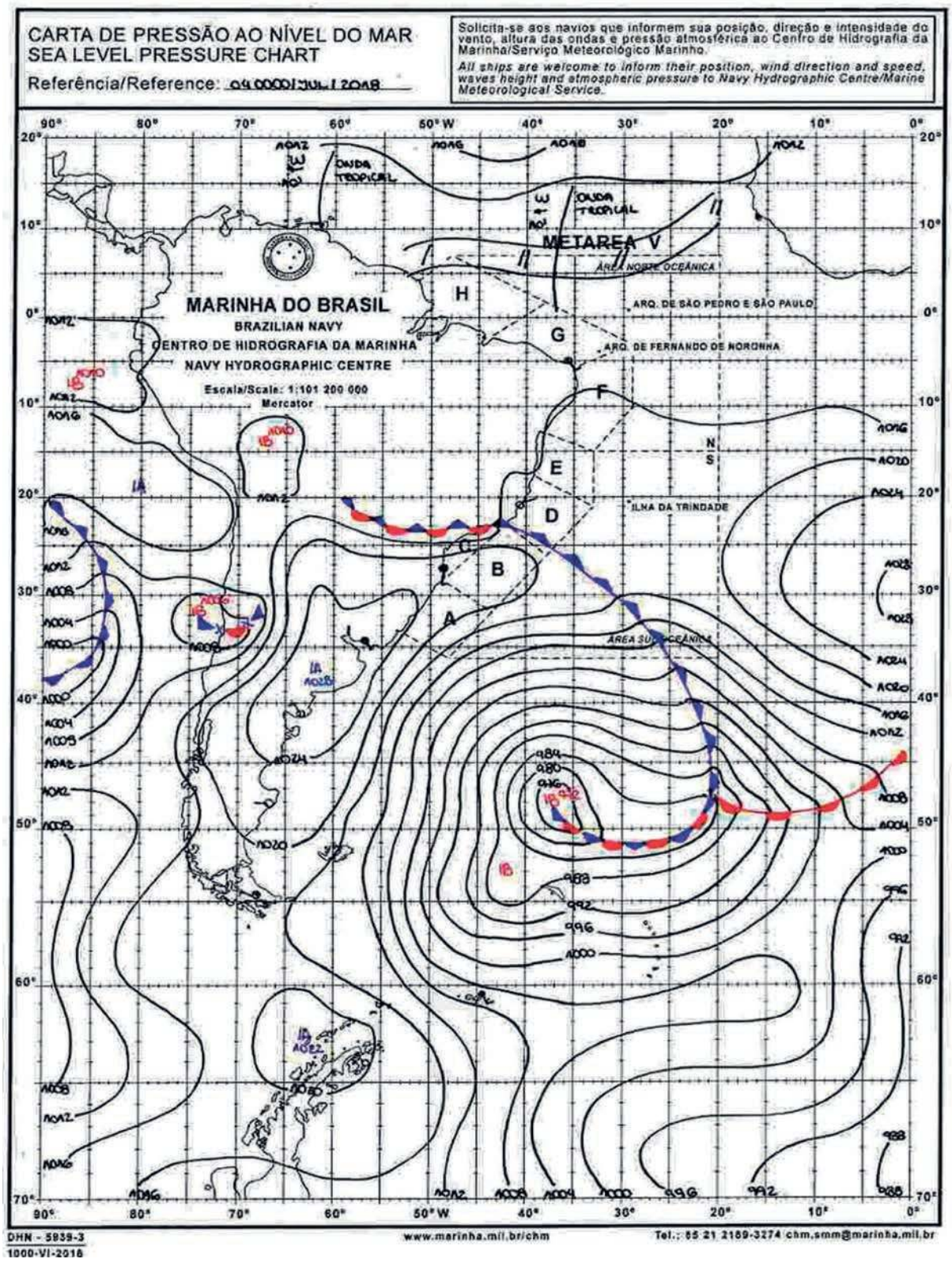
já descritos. Com o avançar da depressão para SE, a frente fria varre toda a costa sul, produzindo vento de SE, que ronda gradualmente para SW. Este fenômeno é mais comum no inverno.

Figura 45.58 – Frente Fria Detida no Sul do Brasil



Algumas raras vezes, exclusivamente no inverno, a frente se detém mais ao norte e forma depressões, nas proximidades do Rio de Janeiro, por exemplo (vide Figura 45.59). Estabelece-se, então, violenta circulação (fortes vendavais de SE), levantando muito mar entre Santos e Cabo Frio. Este fenômeno exige, para se formar, uma poderosa invasão fria no interior do continente, resistida por fortes ventos quentes (N ou NW).

Figura 45.59 – Frente Fria se detém nas proximidades do Rio de Janeiro



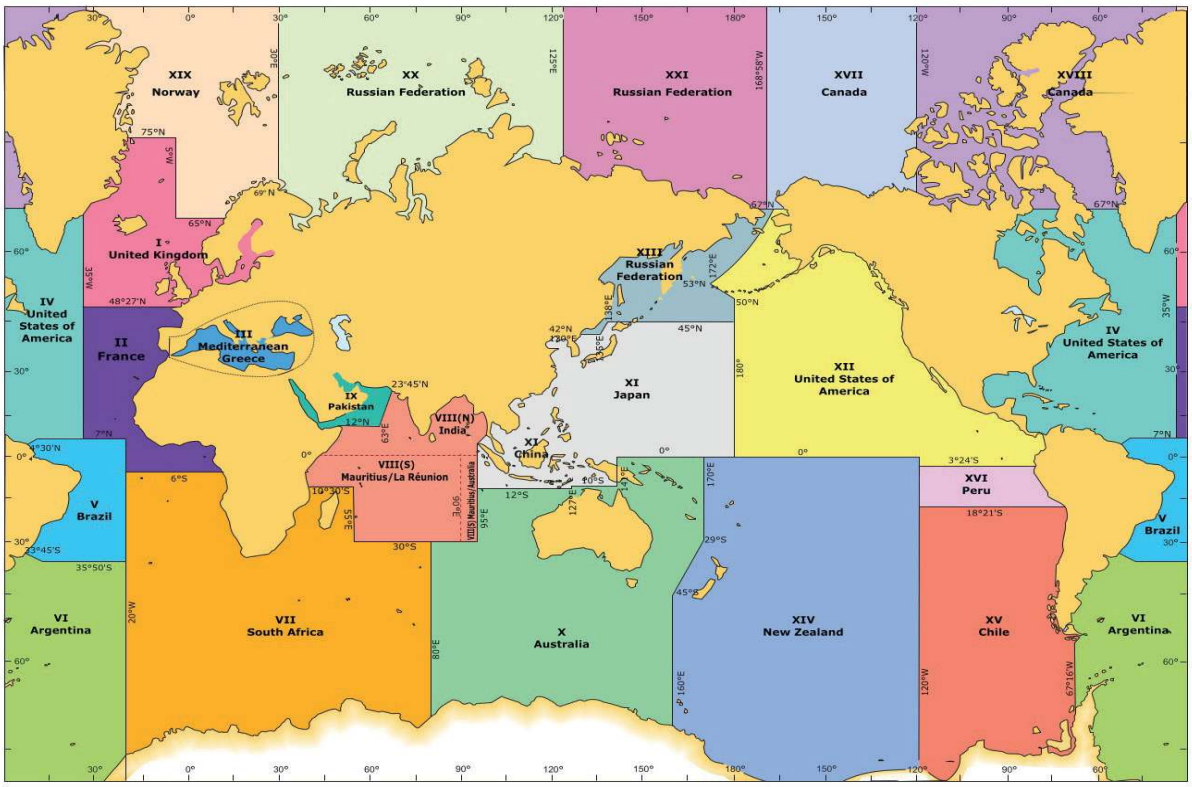
Pode ocorrer, também, o recuo da frente, como frente quente. Quando isto se dá, o céu encoberto (nimbostratus e altostratus) e chuvas intermitentes permanecem, por vários dias, em todo o sul do Brasil.

45.5 PREVISÃO DO TEMPO A BORDO

As análises e previsões meteorológicas transmitidas pelo Centro de Hidrografia da Marinha (CHM) devem ser utilizadas como base para a previsão do tempo na área onde está o navio, em conjunto com as variações dos parâmetros meteorológicos observados a bordo.

O CHM é o órgão responsável pela operação do Serviço Meteorológico Marinho (SMM) nacional. O SMM compreende um conjunto de atividades de meteorologia marítima, que envolve a aquisição de dados e a produção de análises e previsões meteoceanográficas disseminadas por meio de boletins e avisos de mau tempo, a fim de prover informações de segurança marítima na área sob responsabilidade do Brasil, denominada como METAREA V. A Figura 45.60 apresenta as áreas de previsão meteorológica marinha, em escala mundial, supervisionadas pela Organização Meteorológica Mundial (OMM / WMO).

Figura 45.60 - Limites das METAREAS (OMM / WMO)



Fonte: Organização Meteorológica Mundial (OMM / WMO).

Os serviços meteorológicos de interesse do navegante, elaborados pelo CHM, são agrupados nos seguintes tipos de boletins e cartas meteorológicas, de acordo com o fim a que se destinam:

• Boletim de Condições e Previsão de Tempo para a área marítima de reponsabilidade do Brasil (Meteoromarinha);

• Aviso de Mau Tempo;

• Boletim de Previsão Meteorológica Especial; e

• Carta Sinótica.

45.5.1 Meteoromarinha

O Boletim de Condições e Previsão do Tempo para a área marítima brasileira (Meteoromarinha) é emitido de acordo com as normas estabelecidas pela OMM para cumprimento por todos os serviços meteorológicos e é destinado, preferencialmente, à navegação marítima de longo curso e de cabotagem.

O Meteoromarinha é elaborado e emitido duas vezes por dia, nos horários de 0000 HMG e 1200 HMG, sendo constituído pelas seguintes partes:

• Parte I - Avisos de Mau Tempo em vigor - é divulgada de acordo com os critérios indicados em Avisos de Mau Tempo (vide subitem 45.5.2). A ausência de avisos de mau tempo é claramente mencionada no texto dos boletins, por meio das expressões NIL ou NÃO HÁ;

• Parte II - Resumo descritivo de tempo - é uma sinopse ou sumário da situação atmosférica em um determinado instante de referência, com indicação das posições das configurações sinóticas existentes na área, seu movimento, desenvolvimento e área afetada. Esta parte começa com a data-hora (HMG) de referência (hora da análise sinótica); e

• Parte III - Previsão do Tempo - fornece as previsões de fenômenos de tempo significativos, ventos predominantes, ondas e visibilidade. As previsões são válidas para o período mencionado no início do seu texto, para as áreas costeiras e oceânicas.

45.5.2 Aviso de Mau Tempo

Os Avisos de Mau Tempo, disseminados de forma imediata e depois incluídos no Meteoromarinha e demais boletins de previsão, de acordo com a área afetada, são emitidos, quando uma ou mais das seguintes condições de tempo ou mar estejam previstas:

• vento com Força 7 ou superior na escala Beaufort (intensidade igual ou superior a 28 nós);

• ondas de 3 metros ou maiores, em águas profundas;

• visibilidade restrita a 1 km ou menos; e

• ressaca, com ondas de 2,5 metros ou mais atingindo a costa; e

• especial, em caso de ciclones subtropicais e tropicais.

45.5.3 Boletim de Previsão Meteorológica Especial

O Boletim de Previsão Meteorológica Especial (BPME) fornece previsões meteorológicas para uma área marítima restrita e finalidades específicas, tais como: operações de reboque, socorro e salvamento, regatas oceânicas e outros que, por sua peculiaridade, exigem informações com maior detalhamento espacial ou temporal ou, ainda, informações que não constam do Meteoromarinha. A forma e o conteúdo deste boletim obedecem, de maneira geral, aos modelos das Partes I, II e III do Meteoromarinha.

A solicitação de BPME deve ser feita diretamente ao CHM (Divisão de Previsões Meteoceanográficas), por mensagem (OMs da MB) ou e-mail, conforme instrução normativa da DHN para tal fim, informando a finalidade, área abrangida, informações necessárias, datas previstas para início e fim da operação, meios de comunicação, órgão responsável pela operação e outros elementos considerados pertinentes pelo usuário. O CHM avaliará o pedido e informará ao solicitante sobre a possibilidade ou não do seu atendimento, bem como sobre o custo do serviço para o usuário, quando for o caso.

45.5.4 Carta Sinótica

A Carta Sinótica é uma carta da análise de pressão atmosférica ao nível médio do mar, também conhecida como carta de pressão à superfície, elaborada e emitida duas vezes por dia, referentes aos horários de 0000 HMG e 1200 HMG, onde são representados graficamente os sistemas meteorológicos em escala sinótica.

A Carta Sinótica constitui-se em um dos recursos mais eficientes para o prognóstico do tempo, onde utiliza a evolução típica do tempo e as particularidades do sistema isobárico, possibilitando, então, a elaboração de uma previsão de curto prazo.

As particularidades de um campo isobárico que devem ser usadas no trabalho de prognose do tempo são:

- a distância entre os centros de anticiclones e ciclones;

- a diferença de pressão entre os anticiclones que determinam o sistema frontal mais próximo do navio e que influenciará no tempo local; e

- o gradiente isobárico de cada sistema de pressão que constitui o estado da atmosfera local.

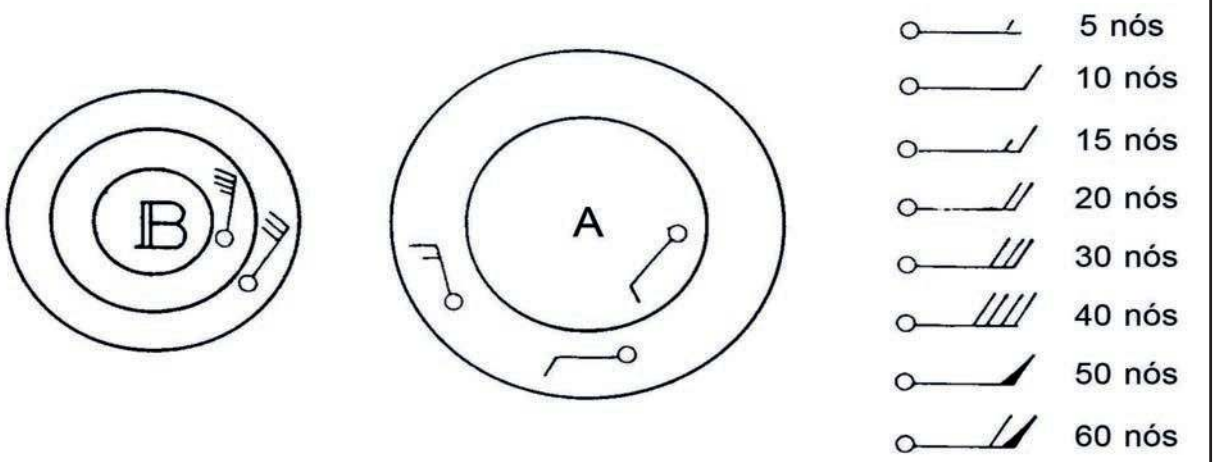
A distância média entre os centros de pressão é dada pela evolução típica do tempo fornecida pelos órgãos que fazem o trabalho de climatologia. Quanto mais próximos estiverem os centros de pressão, mais forte será o vento.

A diferença de pressão entre os anticiclones que determinam um sistema frontal indica o caráter de movimento do sistema, que pode ser enquadrado em um dos casos: velocidade alta, média ou baixa.

O gradiente de pressão é representado pela distância entre as isóbaras, e determina a intensidade do vento.

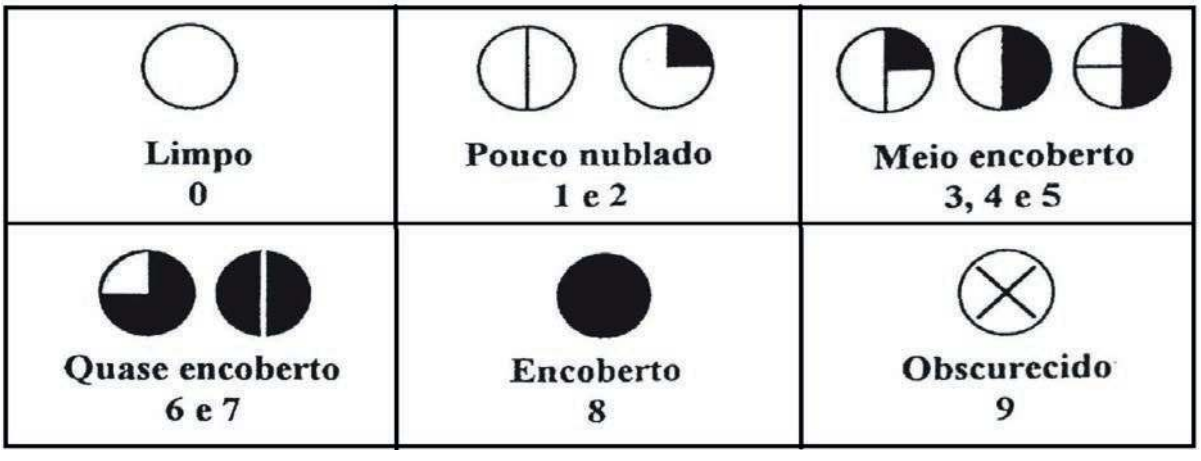
Quanto mais estreito for o espaçamento entre as isóbaras, maior será o gradiente de pressão e, portanto, maior será a intensidade do vento. Como sabemos, os ventos não sopram exatamente paralelos às isóbaras, formando ângulos de 20º a 30º para dentro, na direção dos centros de baixa pressão; nos anticiclones, os ventos fazem um ângulo maior para fora com as isóbaras. A simbologia utilizada para a representação dos ventos nas cartas sinóticas é apresentada na Figura 45.61.

Figura 45.61 – Representação dos Ventos nas Cartas Sinóticas



O símbolo usado para plotagem da direção do vento é uma seta com um pequeno círculo numa extremidade e barbelas (traços) na outra. A direção de onde sopra o vento é indicada pela extremidade com barbelas (traços). O pequeno círculo na outra extremidade indica a cobertura do céu, conforme a simbologia mostrada na Figura 45.62.

Figura 45.62 – Simbologia para a Cobertura do Céu



Os seguintes conceitos devem ser lembrados quando se procede à análise das cartas meteorológicas de superfície:

(a) O ar mais quente torna-se menos denso e tende a subir na atmosfera, dando lugar ao ar mais frio;

(b) existe uma temperatura mínima na atmosfera, abaixo da qual o vapor d'água nela contido começa a se condensar (temperatura do ponto de orvalho);

(c) os centros de alta pressão (anticiclones) são centros divergentes, isto é, na superfície o ar se afasta dos centros de alta. Portanto, haverá a descida do ar das camadas mais altas para a superfície e, como consequência, um aquecimento desse ar. O tempo associado aos centros de alta pressão é geralmente bom;

(d) os centros de baixa pressão (ciclones) são centros convergentes, isto é, na superfície o ar converge para o centro de baixa pressão. Portanto, haverá subida do ar da superfície para as camadas superiores, causando assim o resfriamento desse ar e, consequentemente, a formação de nuvens e possibilidade de chuvas;

(e) o ar quando se expande ou sobe, na atmosfera, se resfria. Quando atinge um determinado nível o vapor d'água existente nessa massa de ar se condensa, formando as nuvens. Esse fenômeno ocorre nos centros de baixa pressão;

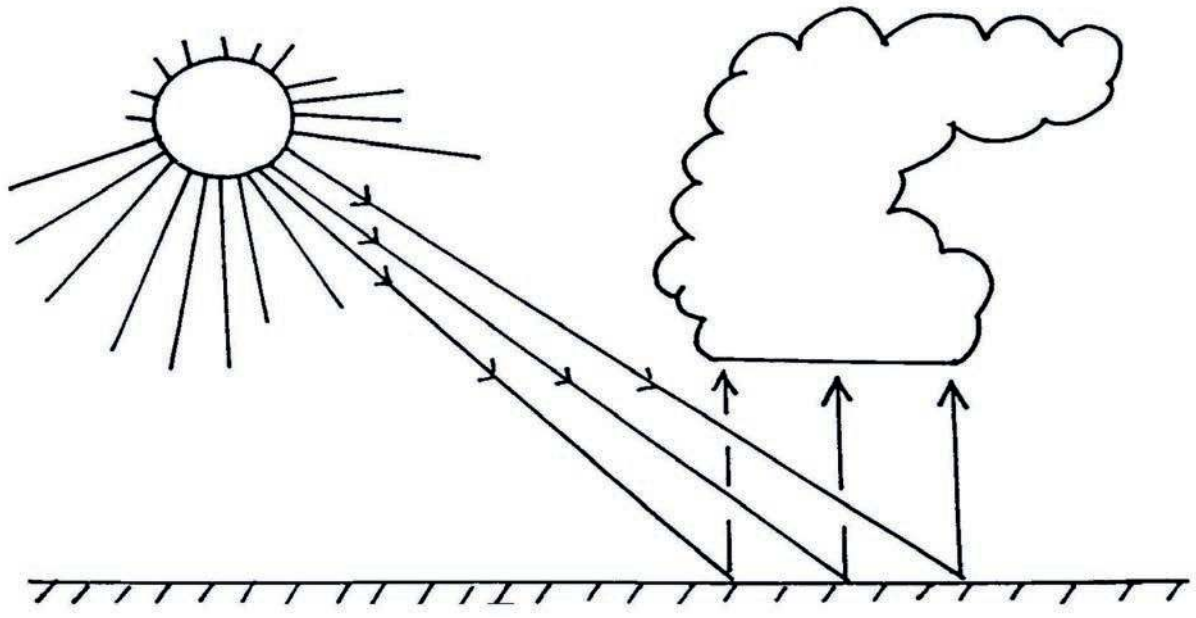
(f) os centros de alta pressão tendem a formar nuvens mais dispersas. Sobre o mar, frequentemente, se verifica uma fina camada de stratocumulus;

(g) durante o dia o ar sobre a superfície terrestre se aquece mais rapidamente do que o ar sobre o oceano. O ar mais frio e denso do oceano movimenta-se para o continente a fim de substituir o ar mais quente daquela região. Este fenômeno é chamado brisa marítima e é observado ao longo da costa;

(h) durante a noite o continente esfria mais rapidamente que o oceano. O ar mais frio do continente se desloca para o mar, onde existe um ar mais quente e menos denso. Este fenômeno chama-se brisa terrestre (terral);

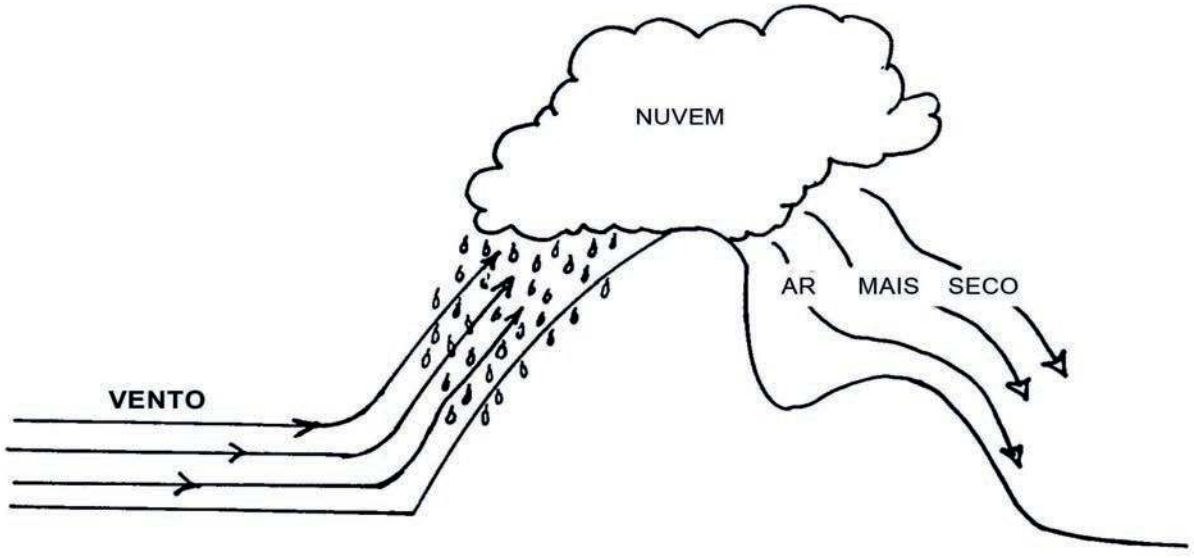
(i) o aquecimento diurno pode provocar nuvens do tipo cumulonimbus (efeito local), conforme mostrado na Figura 45.63;

Figura 45.63 – Nuvens Cumuliformes Provocadas pelo Aquecimento Diurno (Efeito Local)



(j) a topografia pode ocasionar a formação de nuvens e chuva (efeito orográfico) a barlavento da montanha, conforme mostrado na Figura 45.64;

Figura 45.64 – Formação de Nuvem Orográfica a Barlavento das Montanhas



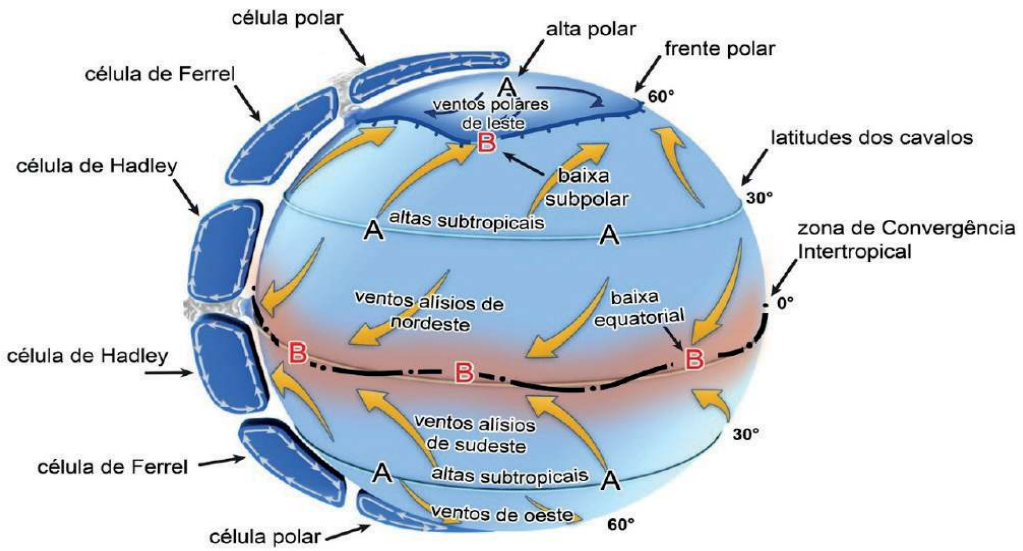
(k) a circulação nos centros de baixa pressão, no Hemisfério Sul, é convergente e no sentido horário (circulação ciclônica);

(l) a circulação nos centros de alta pressão, no Hemisfério Sul, é divergente e no sentido anti-horário (circulação anticiclônica);

(m) a região equatorial e tropical do planeta é mais aquecida do que os polos. A circulação global vem dos polos (ar mais frio e mais denso) para os trópicos e o Equador (ar mais quente e menos denso). Próximo ao equador terrestre existe um equador meteorológico, que é o ponto de convergência das circulações globais dos dois hemisférios. Essa região é chamada zona de convergência intertropical;

(n) as massas de ar frio procedentes dos polos se deslocam como se fossem bolhas (células) de ar mais densas, em direção à região tropical, conforme mostrado na Figura 45.65; e

Figura 45.65 – Circulação Geral da Atmosfera



(o) os dados estatísticos climatológicos apresentados neste Capítulo (valores médios de pressão e temperatura, grandes sistemas de vento, etc.) devem ser usados como referencial para a previsão do tempo. A maioria dos fenômenos esperados numa determinada época, num local considerado, ocorre dentro de uma faixa, em torno de uma média de valores que expressam cada fenômeno. A observação de valores muito discrepantes da média significa, geralmente, condições anormais de tempo.

45.5.5 Disseminação dos produtos do SMM

Os produtos elaborados pelo SMM são disseminados por meio dos seguintes canais:

• Satélite - transmissões dos Meteoromarinha duas vezes ao dia e dos Avisos de Mau Tempo a qualquer horário, utilizando os serviços de comunicação satelitais componentes do Global Maritime Distress and Safety System GMDSS da Organização Marítima Internacional;

• Radiotelefone - transmissões dos Meteoromarinha e Avisos de Mau Tempo mediante solicitação do usuário às estações da Rede Nacional de Estações Costeiras (RE- NEC), utilizando os canais de chamada-fonia nas frequências em VHF e HF constantes na Lista de Auxílios-Rádio;

• Radiodados - transmissões dos Meteoromarinha no formato de texto nas faixas de frequência em HF constantes na Lista de Auxílios-Rádio;

• Internet - todos os produtos supramencionados e outros estão disponíveis na página de internet do CHM; e

• Telefone - os usuários podem obter informações ou sanar eventuais dúvidas relativas aos serviços prestados pelo telefone +55 21 2189-3274, disponível 24 horas por dia.

45.5.6 Parâmetros meteorológicos a serem observados

São aspectos importantes dos parâmetros meteorológicos a serem observados, ao se estabelecer os prognósticos do tempo:

(a) a temperatura do ar e a umidade indicam as propriedades da massa de ar presente e sua alteração brusca pode ser a chegada de uma frente com outra massa de ar;

(b) a pressão atmosférica indica o grau de aquecimento da superfície e o comportamento da temperatura do ar e, portanto, as características da massa de ar presente. Uma alteração brusca da pressão pode significar a chegada de outra massa de ar;

(c) a temperatura da superfície do mar (TSM) associada à informação da temperatura do ar indica como está se comportando a interação atmosfera-oceano. Se a diferença for acentuada, pode provocar a alteração nas características da massa de ar presente. Quando a TSM é mais fria, pode afetar a visibilidade, se houver formação de nevoeiro; e quando a TSM for mais quente, pode instabilizar o ar, favorecendo a convecção e formação de nuvens Cumulus. Nas regiões costeiras, a diferença entre a temperatura da superfície do solo e a TSM tem influência sobre a circulação local do ar e a ocorrência de brisas;

(d) a observação do vento na região, associada à verificação da carta sinótica de pressão à superfície, mostra ao navegante sua posição em relação ao sistema de pressão, indicando sua situação em relação à depressão e também ao anticiclone;

(e) o navegante aproado ao vento terá no hemisfério sul (HS) o centro de baixa pressão à sua esquerda (bombordo) e o centro de alta pressão à sua direita (boreste). No hemisfério norte (HN) ocorre o contrário;

(f) a intensidade do vento está relacionada ao gradiente horizontal de pressão, que é função do gradiente horizontal de temperatura. O navegante constata que quanto mais forte for o gradiente, maior será a velocidade do vento observado na região em questão;

(g) a umidade relativa presente sendo elevada indica que a saturação do ar pode ser obtida com um pequeno resfriamento. Nesta situação, o navegante deve estar atento aos outros parâmetros que favorecem a formação de nevoeiros e consequentemente afetam a visibilidade; e

(h) o navegante deve ter o hábito de observar o céu. Inúmeras nuvens Cirrus aparecendo de uma mesma direção podem ser consideradas Cirrus pré-frontais e podem representar indícios de condições severas de tempo nas proximidades da frente.

Sistemas frontais

Outro resultado importante que o navegante pode obter com a verificação do tempo presente é a identificação dos sistemas frontais. Pela observação da direção do vento na superfície próximo à frente e da tendência barométrica, o navegante pode classificar a frente que está na região em questão:

(a) se o vento na superfície no lado do ar frio se apresenta na direção da frente, esta pode ser considerada como frente fria;

(b) se o vento na superfície no lado do ar frio for paralelo à frente, esta deverá ser designada como frente quase estacionária;

(c) se o vento na superfície no lado do ar frio tiver uma componente na direção oposta à da frente, esta pode ser considerada como frente quente;

(d) se a pressão está parando de cair ou passando a subir no lado do ar frio, significa que o cavado está se deslocando na direção do ar mais quente. Em consequência, a frente pode ser considerada frente fria;

(e) se a tendência barométrica é praticamente a mesma nos dois lados da frente, pode-se considerar que ela está quase estacionária;

(f) se a pressão está parando de subir ou passando a cair no lado do ar frio, o cavado está se deslocando na direção do ar frio, portanto a frente pode ser considerada frente quente;

(g) se na costa brasileira o vento local predominante apresentar uma mudança brusca de direção do quadrante norte para o quadrante sul, indica que a frente que chegou é do tipo fria; e

(h) se os ventos forem fortes com precipitações torrenciais, indicam frente fria de deslocamento rápido, ou seja, a velocidade de deslocamento acima de 20 nós.

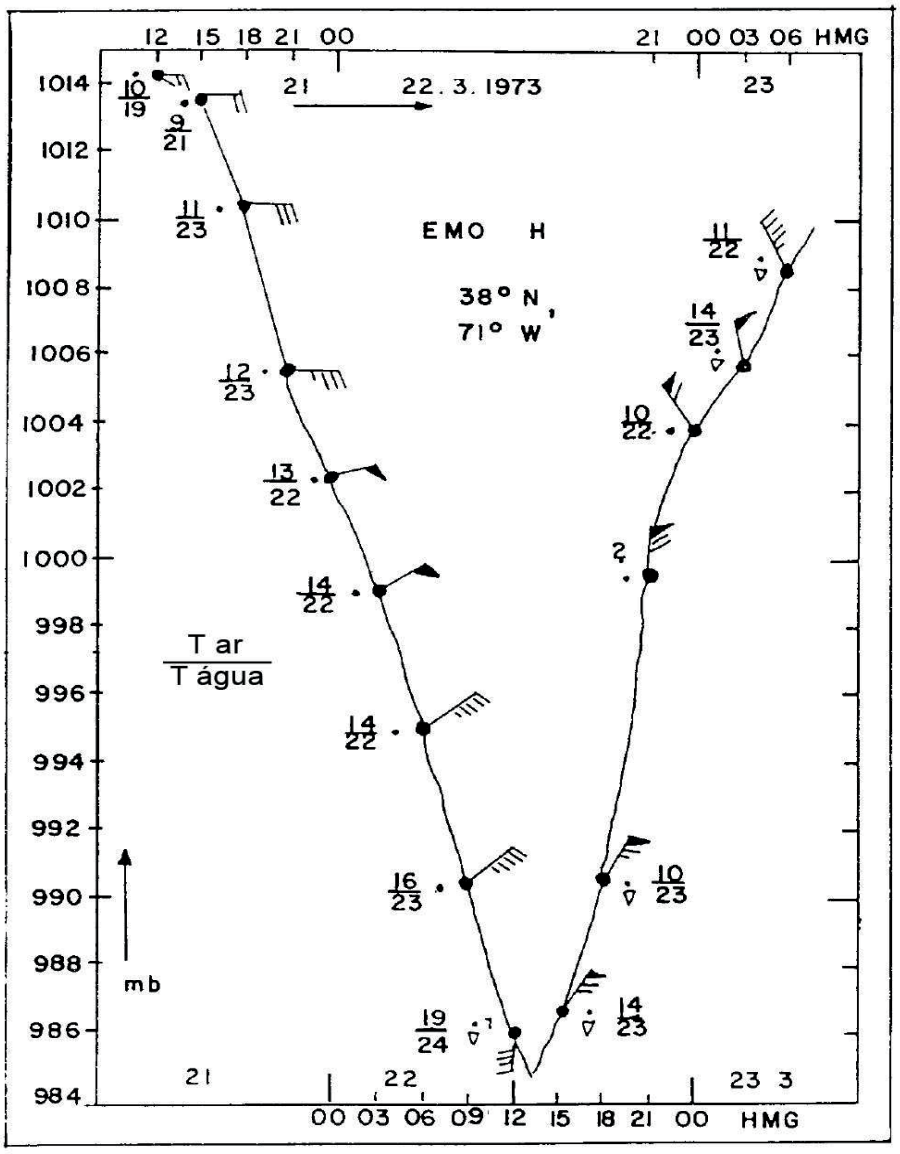
Utilizando os conceitos apresentados anteriormente e realizando observações dos elementos meteorológicos, o navegante poderá efetuar a previsão do tempo a bordo.

A posição e o caráter do movimento das depressões e frentes devem ser cuidadosamente acompanhados, procurando-se estimar suas trajetórias e posições futuras.

A **tendência barométrica** é outra informação essencial para o prognóstico da atmosfera. A migração de massas de ar causa a variação dinâmica da pressão atmosférica. Logo, o registro horário das leituras barométricas fornece o dinamismo do ar atmosférico, favorecendo a previsão de chegada dos sistemas de pressão e frontal num determinado local.

A bordo, para previsão dos sistemas de pressão, é conveniente traçar um gráfico da tendência barométrica, onde são registrados, no eixo das ordenadas, os valores da pressão atmosférica, em milibares (hectopascais) e, no eixo das abcissas, as horas. No exemplo apresentado na Figura 45.66, estão registrados no gráfico os valores da pressão nos horários sinóticos (00h, 03h, 06h, 09h, 12h, 15h, 18h, 21h e 24h HMG). Para cada observação foram registradas, também, a temperatura do ar e da água do mar, a direção e intensidade do vento.

Figura 45.66 – Tendência Barométrica (Passagem de uma Depressão)



A **variação da temperatura** é, também, uma informação importante. A compressão da massa de ar quente provocada pela força do ar frio produz um aumento significativo de temperatura pouco antes da chegada de um sistema frontal frio. Antes da passagem de uma frente quente, a temperatura permanece estável, ou declina um pouco, para subir acentuadamente após a passagem da frente.

A **variação da umidade** do ar deve ser acompanhada pelo registro horário da temperatura do ponto de orvalho. A diferença entre a temperatura do ar seco e a do ponto de orvalho indica o teor de umidade existente no ar. Quanto menor for a diferença entre essas duas temperaturas maior é o teor de umidade e maiores as probabilidades de nebulosidade e precipitações.

A plotagem horária do vento é o meio ideal para se detectar a aproximação de um sistema frontal, ou sistema de pressão, porque ficam registradas as suas mudanças de direção e intensidade. Se a direção do vento sofre deflexões contínuas de sentido horário no Hemisfério Norte e anti-horário no Hemisfério Sul, isto significa que um sistema frontal ou ciclônico está se aproximando, desde que a pressão esteja caindo significativamente. Ventos fortes com precipitações torrenciais indicam frentes frias de deslocamento rápido (velocidade acima de 20 nós) ou ciclones dinâmicos.

O controle da tendência da umidade relativa é de especial interesse quando se observa advecção (movimento horizontal) de ar quente e úmido sobre superfície de ar mais frio. Se a variação da umidade relativa mostrar possibilidade de saturação do ar, poderá ser formado nevoeiro.

O **marulho** é produzido por ventos passados ou distantes. Pode ser utilizado, portanto, como indicador na direção onde se encontram fontes geradoras de fortes ondulações do mar (vagas), como ciclones e sistemas frontais de deslocamento rápido, que sofreram retenção temporária (frentes frias que se deslocam em saltos). No Hemisfério Sul, a depressão está sempre do lado esquerdo da direção de onde vem o marulho.

As **nuvens** são consequência do estado do ar e, por isto, devem ser usadas como sinais precursores de fenômenos meteorológicos de atividades moderadas a fortes. Cirrus em forma de garras indicam fortes ventos em altitude e aproximação de sistemas frontais e ciclônicos.

Os quadros e tabelas práticas a seguir apresentados também auxiliam na previsão do tempo a bordo.

Tabela 45.3 - Observações sobre as Indicações do Barômetro	
Estacionário nas horas de subida (0400 às 1000 e 1600 às 2200)	Tempestade distante ou de pouca duração
Estacionário nas horas de subida e descida	Tempestade certa, porém, distante ou de curta duração
Baixando nas horas de subida	Tempestade próxima e violenta
Baixando bruscamente	Vento de pouca duração, tão mais violento quanto maior e mais brusca for a baixa
Baixando rapidamente e de modo uniforme	Mau tempo, probabilidades de ventos contrariando a rondada normal, chuva provável nas zonas temperadas
Baixa acentuada com tempo chuvoso	Ventos duros e de longa duração
Baixando depois de uma alta	Salto do vento. Temporal do lado do Equador
Subindo com vento de E	Hemisfério Sul — Vento rondará para SE
	Hemisfério Norte — Vento rondará para NE
Baixando com vento de NE	Hemisfério Norte — Vento rondará para E
Baixando com vento de SE	Hemisfério Sul — Vento rondará para E

Tabela 45.4 - Previsão do tempo no mar pela variação do Barômetro e Termômetro		
BARÔMETRO	**TERMÔMETRO**	**TEMPO PROVÁVEL**
Subindo	Subindo	Tempo quente seco. Ventarrão, na Zona Tórrida
	Estacionário	Bom tempo
	Baixando	Ventos dos lados do Polo Elevado
Estacionário	Subindo	Mudança para bom tempo
	Estacionário	Tempo incerto
	Baixando	Chuva provável
Baixando	Subindo	Tempo incerto
	Estacionário	Chuva provável
	Baixando	Chuva abundante
---	Subindo enquanto chove	Chuva pouco duradoura
---	Descendo enquanto chove	Chuva contínua
Alta acentuada seguida de baixa contínua	Forte elevação	Sinal precursor de tempestade ou de ventos de caráter ciclônico

Tabela 45.5 - Efeito dos ventos sobre o Barômetro			
	Hemisfério Sul	**Barômetro**	**Hemisfério Norte**
Ventos	E – NE – N	Baixa	E -SE -E
	NW	Cessa de baixar (mínima)	SW
	W – SW – S	Sobe	W – NW – N
	SE	Cessa de subir (máximo)	NE

Tabela 45.6 - Previsão da direção do vento pela variação do Barômetro			
HEMISFÉRIO	**BARÔMETRO**	**VENTO**	**CONSEQUÊNCIA**
Norte	Subindo	E	Vento rondará p/ NE
	Baixando	N	Vento rondará p/ E
Sul	Subindo	E	Vento rondará p/ SE
	Baixando	SE	Vento rondará p/ E

Tabela 45.7 - Ventos perigosos			
Hemisfério Norte (Latitudes)	**Ventos**	**Hemisfério Sul (Latitudes)**	**Ventos**
0º a 30º	NE	0º a 26º	SE
30º	E	26º	E
Maior que 30º	SE	Maior que 26º	NE

Tabela 45.8 – Outras regras práticas para previsão do tempo
O tempo bom geralmente permanece quando:
- o nevoeiro de verão dissipa-se antes do meio-dia; - as bases das nuvens ao longo das montanhas aumentam em altura; - as nuvens tendem a diminuir em número; - o barômetro está constante ou subindo lentamente; - o Sol poente parece uma bola de fogo e o céu está claro (céu avermelhado no ocaso); - a Lua brilha muito e o vento é leve; e - há forte orvalho ou geada à noite.
O tempo geralmente muda para pior quando:
- nuvens cirrus transformam-se em cirrostratus, abaixam-se e tornam-se mais espessas, criando uma aparência de "céu pedrento"; - nuvens que se movem rapidamente aumentam em número e abaixam em altura; - nuvens movem-se em diferentes direções, desencontradamente no céu, em diferentes alturas; - altocumulus ou altostratus escurecem o céu e o horizonte a oeste (isto é, nuvens médias aparecem no horizonte a oeste) e o barômetro cai rapidamente; - o vento sopra forte de manhã cedo; - o barômetro cai rápida e continuadamente; - ocorre um aguaceiro durante a noite; - o céu fica avermelhado no nascer do Sol; - uma frente fria, quente ou oclusa se aproxima; - o vento N ou NE passa a soprar do S ou SE; e - a temperatura está anormal para a época do ano.
O tempo geralmente vai melhorar quando:
- as bases das nuvens aumentam em altura; - um céu encoberto mostra sinais de clarear; - o vento ronda de S ou SW para NE ou N; - o barômetro sobe continuamente; e - três a seis horas depois da passagem de uma frente fria.

45.6 ESTADO DO MAR

Como visto no Capítulo 42, as ondas que são observadas normalmente no mar têm sua origem na ação dos ventos. Os movimentos ondulatórios da superfície do mar gerados pelo vento que sopra no momento e local considerados são denominados de vagas. O marulho, por sua vez, é constituído pelas lentas e compridas ondulações produzidas por ventos passados ou distantes. Tais ondulações, também denominadas de vagalhões mortos, propagam-se por grandes distâncias, sendo observadas em pontos afastados do campo de vento que as gerou.

As vagas, então, são geradas pelo vento presente. Os seguintes elementos provocam o completo desenvolvimento das vagas:

- a direção e intensidade do vento que sopra;
- a duração do vento (tempo durante o qual sopra); e
- a pista percorrida pelo vento sobre a superfície do mar.

A distinção entre vagas e marulho é feita usando-se os seguintes critérios:

- direção da onda;
- aspecto da onda; e
- período da onda.

As vagas, por estarem sob o efeito do vento, possuem aspecto confuso, com direção de propagação pouco definida, pequeno comprimento de onda, pequeno período e presença de "carneirinhos", isto é, espuma causada pela arrebentação das ondas em alto-mar.

O marulho, por outro lado, possui aspecto regular, com grande comprimento de onda, direção bem definida e velocidade de propagação constante. As ondas "viajam" em grupos, formando os trens de ondas. As cristas geralmente são largas e de perfil pouco pronunciado.

Se o vento é fraco, as vagas são curtas, com pouca energia, e rapidamente desaparecem. Somente ventos com velocidade superior a 3-4 nós criam uma ondulação permanente.

Outro fator predominante na formação das ondas é a duração do vento. Assim, um vento de 40 nós poderá produzir, após 6 horas de ação, vagas com altura característica de 4,5 metros e período característico de 7,0 segundos. Dentro da pista, porém, estarão presentes ondas com período entre 4,2 e 12,6 segundos e altura entre 1,0 e 5,7 metros. Os ventos de rajada, apesar da grande velocidade, não levantam mar de grandes alturas.

Quando a embarcação se encontra sob o efeito de um sistema meteorológico (alta pressão polar, baixa pressão, frentes, etc.) e o vento sopra por um período considerável (mais de 6 horas), com direção e velocidade aproximadamente constantes, as vagas terão alturas consideráveis e poderão oferecer perigo. É importante frisar que a perturbação produzida no mar pelo vento tem um efeito muito maior para a navegação que o próprio vento. Durante a ocorrência de tempestades tropicais, ou ciclones tropicais, as vagas podem atingir alturas de 20m ou mais, e causam grande parte das mortes atribuídas a este fenômeno.

Pode-se produzir zonas de fortes marulhos, inclusive quando o vento observado é fraco, devido à ocorrência de grandes pistas em áreas afastadas. Dentro da área de geração, as ondas arrebentam, geralmente, quando a relação entre o comprimento da onda e a sua altura atinge 1:7. É quando se formam os "carneirinhos", caracterizados pela presença de espuma em alto-mar. À medida que a onda acumula energia, seu comprimento vai aumentando e ela já não arrebenta facilmente. Esta energia é dissipada lentamente por força de fricção (atrito) no mar, ou por força de outros sistemas de vento, ou, rapidamente, quando a onda encontra obstáculos como ilhas, rochas e, finalmente, a costa. Em águas rasas a onda quebra (isto ocorre quando a profundidade é cerca de 4/3 da altura da onda).

A classificação do estado do mar pode ser feita pela escala Beaufort, já apresentada neste mesmo capítulo, considerando a velocidade do vento e a aparência da superfície do mar. A utilização da escala Beaufort para avaliar o estado do mar exige algumas precauções. A relação entre a velocidade do vento e o aspecto do mar não é automática; nem sempre haverá correspondência exata entre a designação da força do vento e do estado do mar na escala Beaufort. Para haver tal correlação, por exemplo, é preciso que o vento tenha estado soprando o tempo suficiente para criar as condições de mar correspondentes. Portanto, tem-se que considerar a possibilidade de que exista um espaço de tempo entre o momento em que se levanta o vento e o momento em que se produz o aumento do mar. O estado do mar também depende de outros fatores, tais como o alcance do vento, o mar de fundo, as marés e se chove ou não. Antes de decidir a interpretação adequada da escala, deve-se levar em conta todos estes aspectos. Estas decisões se fundamentam principalmente na experiência.

As informações a seguir podem ser úteis:

a) frequentemente se produz uma discrepância entre o vento e o mar da costa, onde é provável que soprem ventos de caráter local;

b) um vento em alto-mar não cria condições correspondentes no mar da costa, já que necessita um certo alcance antes de produzir seu efeito total;

c) marulho é o nome que se dá às ondas que foram geradas em outro lugar e que não são mantidas pelo vento que sopra no ponto de observação. O marulho não é levado em conta quando se estima o estado do mar puramente pela velocidade do vento;

d) as marés e as correntes fortes influenciam na aparência da superfície do mar. Um vento que sopre em direção contrária à maré e à corrente gera ondas de maior altura, enquanto um vento na mesma direção produz uma perturbação menor na superfície do mar (maré a sotavento);

e) a precipitação, principalmente quando forte, produz um efeito de atenuação na superfície do mar; e

f) sabe-se que a altura da perturbação do mar originada por um vento de determinada força está afetada pela diferença entre as temperaturas do mar e do ar, sendo o mar o meio mais quente. Quando esta diferença aumenta, se produz um notável aumento da perturbação marinha e vice-versa.

O estado do mar também pode ser classificado, por associação direta, pela Escala de Douglas, mostrada, em conjunto com a Escala Beaufort, na figura 45.67. A Escala de Douglas utiliza algarismos de 0 a 9.

Figura 45.67 – Escala Internacional de Beaufort e Estado do Mar Correspondente

Força do Vento	Designação		Velocidade do Vento			Pressão aproximada do vento contra uma superfície normal a ele (kg/m2)	Estado do Mar			
	Em português	Em inglês	Metros por segundo	Nós	Km por hora		Escala de Douglas	Designação	Em inglês	Altura das ondas, metros
0	Calmaria	Calm	0 – 0,5	0 – 1	0 – 1	–	0	Espelhado	Calm (glassy)	0
1	Bafagem	Light air	0,5 – 1,5	1 – 3	2 – 6	0,1	1	Tranqüilo	Calm (rippled)	0 – 0,25
2	Aragem	Slight breeze	1,6 – 3,3	4 – 6	7 – 12	0,5	2	Chão	Smooth (wavelets)	0,25 – 0,75
3	Vento fraco	Gentle breeze	3,4 – 5,2	7 – 10	13 – 18	1,5	3	Pequenas vagas	Slight	0,75 – 1,5
4	Vento moderado	Moderate breeze	5,3 – 7,9	11 – 16	19 – 29	3,2	4	Vagas	Moderate	1,5 – 2,5
5	Vento fresco	Fresh breeze	8,0 – 10,7	17 – 21	30 – 38	5,9	5	Grandes vagas	Rough	2,5 – 4
6	Vento muito fresco	Strong breeze	10,8 – 13,8	22 – 27	39 – 49	9,9	6	Vagalhões	Very rough	4 – 6
7	Vento forte	Moderate gale	13,9 – 17,1	28 – 33	50 – 61	15,2	7	Grandes vagalhões	High	6 – 9
8	Vento muito forte	Fresh gale	17,2 – 20,7	34 – 40	62 –74	22,4	8	Tempestu-oso	Very high	9 – 14
9	Duro	Strong gale	20,8 – 24,4	41 – 47	75 – 88	31,7	9	Excepcio-nal (mar desfeito)	Phenomenal	> 14
10	Muito duro	Whole gale	24,5 – 28,4	48 – 55	89 – 102	43,6				
11	Tempestuoso	Storm	28,5 – 32,6	56 – 63	103 – 117	59,0				
12	Furacão	Hurricane	32,7 e acima	mais de 64	mais de 118	mais de 68				

As classificações 6, 7 e 8 da escala do mar são aplicáveis a estados do mar ao largo e não, geralmente, em águas baixas, nas quais a classificação não deve ir além de 5 ou, excepcionalmente, 6 ou 7, em caso de furacão ou tempestade semelhante.

A classificação 9 (mar desfeito ou excepcional) ocorre em certas ocasiões de vento contra corrente, ou de rondagem brusca do vento (como no centro de um furacão) e não necessariamente pela força exclusiva do vento.

O quadro DHN-5909-3 (Escala Beaufort) e as fotografias apresentadas no Apêndice a este capítulo também são muito úteis na classificação do estado do mar.

PARTE 4

Comunicações em VHF, EPIRB e AIS

O QUE O PROGRAMA PEDE

- Comunicações na navegação costeira: sistema VHF, equipamentos, procedimentos, frequências de socorro, chamadas de emergência, de rotina e trânsito; Rede Nacional de Estações Costeiras (RENEC)
- Conhecimento básico do funcionamento do EPIRB e AIS

FONTE REPRODUZIDA NESTA PARTE

CFAQ I-M: Comunicações (COM 001), itens 2.5, 2.6, 2.8, 3.4 e 3.6: Serviço Móvel Marítimo e estações costeiras, equipamentos e DSC, operação radiotelefônica, COSPAS-SARSAT e dispositivos de localização (EPIRB e SART)
Diretoria de Portos e Costas · Ensino Profissional Marítimo, Curso de Formação de Aquaviários, 1ª ed., 2013
https://www.pescadorprofissional.com.br/pdf/COMUNICACOES.pdf

CFAQ I-M: Noções de Navegação e Manobra da Embarcação (NAV 001), unidade 4: radar, AIS e GMDSS
Diretoria de Portos e Costas · Ensino Profissional Marítimo, Curso de Formação de Aquaviários, 1ª ed., 2013
https://www.pescadorprofissional.com.br/pdf/NOCOES%20DE%20NAVEGACAO%20E%20MANOBRA%20DA%20EMBARCACAO.pdf

As estações costeiras estão na Lista de Auxílios-Rádio (endereço no quadro de publicações para baixar à parte).

Terminou esta parte? Resolva questões do assunto.
Telegram: t.me/capitao_amador_bot
Simulado no site: www.capitao-amador.com/mestre-amador/simulado

Tarefa 2.3

Quais são as faixas de frequência que mais interessam ao navegante, para as comunicações no mar?

_____

_____

2.5 SERVIÇO MÓVEL MARÍTIMO

O Serviço Móvel Marítimo permite a comunicação através de rádio entre uma pessoa em terra, e outra que esteja a bordo de uma embarcação em qualquer parte do mundo, e vice-versa.

Atendendo à comunidade marítima composta por armadores, companhias marítimas, transportadores marítimos de carga, proprietários de embarcações de lazer e empresas de pesca, o serviço agiliza comunicações sociais, administração da frota, comunicações de negócio, troca de informações estratégicas e comunicações de segurança.

Observe, portanto, que, por meio do Serviço Móvel Marítimo, quem estiver navegando poderá comunicar-se com quem estiver em terra. Ou ao contrário, quem estiver em terra poderá comunicar-se com quem estiver a bordo navegando. Isso, certamente, aumentará ainda mais a segurança do navegante.

As Estações Costeiras em todo mundo, por meio do Serviço Móvel Marítimo, viabiliza as comunicações entre uma embarcação navegando e os sistemas terrestres de telecomunicações ou vice-versa.

Mas você deve estar se perguntando:

Como é feito esse serviço?

Pois bem, a resposta a essa pergunta é exatamente o que veremos agora. Portanto, preste muita atenção ao conteúdo que será apresentado.

Na verdade, o **Serviço Móvel Marítimo** se faz por meio de uma série de **Estações Costeiras** ao longo do litoral e dos rios brasileiros. Essas estações no Brasil, são subordinadas à Empresa Brasileira de Telecomunicações (EMBRATEL) e interligadas entre si, formam o que se denomina **Rede Nacional de Estações Costeiras**, também conhecidas pela sigla **RENEC.**

Vejamos como é estruturada a RENEC e quais são os serviços que ela presta.

2.5.1 Estrutura da RENEC

A **Rede Nacional de Estações Costeiras** é constituída por dezenas de **Estações.**

Estação Principal

Localizada no Rio de Janeiro dispondo de meios que possibilitam as comunicações em radiotelefonia e radiotelex com embarcações em qualquer ponto da superfície terrestre (alcance mundial).

Estações Telecomandadas

Localizadas em Manaus, Itacoatiara, Parintins, Santarém, Almeirim, Macapá, Breves, Belém, São Luís, Fortaleza, Aracati, Mossoró, Natal, Fernando de Noronha, Cabedelo, Olinda, Maceió, Aracaju, Salvador, Ilhéus, Teixeira de Freitas, São Mateus, Vitória, Cavalinho, Rio Novo do Sul, Campos, Casimiro de Abreu, Angra dos Reis, São Sebastião, Santos, Paranaguá, Joinville, Itajaí, Florianópolis, Laguna, Morro Reuter, Osório, Porto Alegre, Junção. Essas estações comportam-se como repetidoras da Estação Principal, ampliando a área de cobertura.

SERVIÇO MÓVEL MARÍTIMO



Não podemos deixar de mencionar as Estações Costeiras de latismo, localizadas ao longo do litoral brasileiro, estabelecidas por Associações e Clubes, e que mantém serviço de escuta, com o objetivo de apoiar a atividade de esporte e recreio náutico.

2.5.2 Serviços Oferecidos

O Serviço Móvel Marítimo oferece basicamente dois tipos de serviços:

Serviços Especiais e Gratuitos

As estações RENEC oferecem serviços especiais e gratuitos que se referem à salvaguarda da vida humana no mar e à segurança da navegação, tais como:

- transmissão de avisos-rádio náuticos;
- transmissão de avisos-rádio SAR;
- transmissão de METEOMARINHA a pedido;
- recepção de mensagens de socorro, urgência e segurança.



Como me comunico com a minha casa?

Serviços Comerciais

A RENEC oferece ainda serviços comerciais, ou seja, serviços que são taxados e cobrados, tais como telegramas, telefonia, telegramas fonados e outras formas de comunicação.

Se estiver em terra, ligue para o Centro de Operações através do telefone 08007012141. Informe o nome da embarcação, o prefixo e sua provável localização. Informe o nome da pessoa com quem deseja se comunicar. Como estas ligações não são completadas de imediato, tão logo seja mantido contato com a embarcação a sua solicitação será completada. Se estiver viajando, entre em contato com o Centro de Operações do Serviço Móvel Marítimo, através de um dos canais de chamada das faixas de frequência de HF e/ou VHF das estações costeiras. Informe o telefone de terra com quem você deseja manter contato. As solicitações serão atendidas de imediato.

2.5.3 Publicações

- **Manual para uso do SMM e do SMM por satélite**

Publicação editada pela ITU, que dispõe sobre o uso ou aplicação do serviço de telecomunicações para as estações do SMM e do SMM por satélite.

- **Lista de Estações Costeiras e das estações que efetuam serviços especiais.**

Publicação editada bianualmente pela União Internacional de Telecomunicações (ITU), que dispõe de todas as informações relativas à identificação, frequências e às características de trabalho das Estações Costeiras e Terrenas Costeiras, além de informações relativas á

rádio/radar beacons, assistência médica, aviso aos navegantes, boletins de tempo, sinais horários, estações DGNSS e procedimentos básicos para a utilização correta desse sistema.

Os suplementos a essa lista não são impressos. As alterações estão disponíveis gratuitamente na seguinte página da internet: http://www.itu.int/ITU-R/go/mars

- **Lista de Estações de Navio e designação de Identidades do Serviço Móvel Marítimo**

Publicação editada anualmente pela ITU, que dispõe de todas as informações relativas aos navios em ordem alfabética e da identidade do serviço móvel marítimo em ordem numérica.

Essa Lista é constituída de duas partes: o livro impresso que contém o prefácio e as tabelas de referência e o CD-ROM que contém os dados.

Os suplementos a essa lista não são impressos. As alterações estão disponíveis gratuitamente na seguinte página da internet: http://www.itu.int/ITU-R/go/mars

- **Lista de Auxílios Rádio**

Publicação editada pela Diretoria de Hidrografia e Navegação, da Marinha do Brasil, que dispõe de todas as informações relativas à frequência e às características de trabalho das Estações Costeiras do Brasil e os procedimentos básicos para a utilização correta desse sistema.



Tarefa 2.4

Onde está localizada a estação principal da RENEC? Qual é a sua cobertura?

_____

_____

2.5.4 Tipos de comunicações no serviço móvel marítimo

a) Comunicações de socorro, urgência e segurança

- O sinal radiotelefônico de socorro é formado pela palavra **MAYDAY**, repetida três vezes e pronunciada como a expressão francesa “m’aider”. Esse sinal significa que um navio, aeronave ou outro veículo se encontra em perigo grave ou iminente e necessita de auxílio imediato. Transmite-se antes da chamada de socorro.
- O sinal radiotelefônico de urgência consiste na transmissão do grupo de palavras **PAN PAN**, repetido três vezes e pronunciada cada palavra do grupo como a expressão francesa “panne”. Esse sinal indica que a estação que chama tem para transmitir uma mensagem muito urgente relativa à segurança de um navio ou embarcação, aeronave, de qualquer veículo ou de uma pessoa. Transmite-se antes da chamada de urgência.

- O sinal radiotelefônico de segurança consiste na transmissão da palavra **SECURITÉ**, repetida três vezes e pronunciada claramente em francês. Esse sinal anuncia que a estação vai transmitir uma mensagem que contém um aviso importante aos navegantes ou um aviso meteorológico importante. Transmite-se antes da chamada de segurança.

b) Correspondência pública

Os membros da ITU (União Internacional de Telecomunicações) reconhecem ao público o direito de comunicar-se por meio do Serviço Internacional de Correspondência Pública. Os serviços, as taxas e as garantias serão os mesmos, em cada categoria de correspondência, para todos os usuários, sem prioridade nem preferência alguma.

c) Serviço de operações portuárias

É o serviço móvel marítimo efetuado num porto ou proximidades de um porto, entre estações costeiras e estações de navio, ou entre estações de navio. Tem por objetivo a transmissão de mensagens que tratem exclusivamente da manutenção, da movimentação e da segurança dos navios e, em caso de urgência, da salvaguarda das pessoas. Excluem-se dessas mensagens as que têm caráter de correspondência pública.

d) Serviço de movimento de navios

É o serviço móvel marítimo de segurança distinto do serviço de operações portuárias, entre estações costeiras e estações de navio, ou entre estações de navio, cujas mensagens se referem unicamente ao movimento de navios. Ficam excluídas desse serviço as mensagens de correspondência pública.

e) Comunicações entre navios

São comunicações navio-navio utilizando o VHF com a finalidade de assegurar a segurança da movimentação de navios.

f) Estação de comunicações a bordo

É uma estação móvel de baixa potência do serviço móvel marítimo destinada às comunicações internas a bordo de um navio, ou entre um navio e suas embarcações e botes salva-vidas, durante exercícios ou operações de salvamento ou para as comunicações dentro de um grupo de navios empurrados ou rebocados, assim como para as instruções de amarração e atracação.

2.5.5 Tipos de estações no serviço móvel marítimo

Estação: um ou mais transmissores ou receptores, ou uma combinação de transmissores e receptores, incluindo os equipamentos acessórios necessários para assegurar um serviço de radiocomunicação num dado local. Cada estação é classificada segundo o serviço de que participa de modo permanente ou temporário.

Estação Terrena: estação situada na superfície da Terra ou na parte principal da atmosfera terrestre destinada a estabelecer comunicação com:

- uma ou várias estações espaciais;
- uma ou várias estações da mesma natureza, mediante o emprego de um ou vários satélites refletores ou outros objetos espaciais.

Estação Costeira: estação terrestre do serviço móvel marítimo.

Estação Terrena Costeira (CES): estação terrena do serviço fixo por satélite ou, em alguns casos, do serviço móvel marítimo por satélite, instalada em terra, em um ponto determinado, com o fim de estabelecer comunicações para o serviço móvel marítimo por satélite.

Estação de Navio: estação móvel do serviço móvel marítimo instalada a bordo de um navio, que não uma embarcação de salvamento, não permanentemente fundeado.

Estação Terrena de Navio (SES): estação terrena móvel, do serviço móvel marítimo por satélite, instalada a bordo de um navio.

Estação de Aeronave: estação móvel do serviço móvel aeronáutico instalada a bordo de uma aeronave.

Estação de Praticagem: estação costeira do serviço de praticagem.

Estação Portuária: estação costeira do serviço de operações portuárias.

Estação RCC: estação do centro de coordenação de salvamento, responsável por promover a organização eficiente dos serviços de salvamento e pela coordenação da condução das operações de salvamento dentro de uma área de socorro.

2.6 EQUIPAMENTOS DE RADIOTELEFONIA



Quais são os equipamentos que garantem as comunicações entre embarcação–terra, terra–embarcação e embarcação-embarcação?

Nosso próximo passo, os equipamentos que, em conjunto ou isoladamente, formam a **Estação de Navio,** ou seja, compõem a **"Estação Móvel Marítima"**, que garante o estabelecimento de comunicações entre embarcação-terra, terra-embarcação e embarcação–embarcação.

Obviamente, estamos tratando de estações que equipam embarcações de pequeno e médio porte, empregadas, na navegação costeira. Para embarcações de maior porte, que estejam no tráfego das demais áreas, a estação deve ser completa, com equipamentos de comunicação via satélite (INMARSAT), assunto que veremos na próxima unidade.

Quanto a isso, é importante entender que a **Estação de Navio** deve estar equipada com instrumentos de comunicação que atendam e cubram, em alcance, todas as áreas de navegação em que será empregada a embarcação.

Para uma embarcação empregada em águas interiores, sua Estação de Navio pode ser composta de um simples equipamento de pequeno alcance. Portanto uma embarcação deve ter equipamentos capazes de manter boas comunicações em todas as áreas de navegação que compõem sua viagem, o que, certamente, poderá exigir equipamentos de comunicação via satélite, caracterizando assim uma Estação Terrena de Navio.

ESTAÇÃO-DE NAVIO → compatível com → **AS ÁREAS DE NAVEGAÇÃO EM QUE ESTÁ CERTIFICADA**

Qual será o equipamento que mais utilizarei?

2.6.1 Transceptor VHF

O transceptor VHF, mais conhecido pela sigla VHF, devido à utilização da faixa de **frequência do VHF**, é um equipamento de radiocomunicação básico, ou seja, recebe e transmite mensagens faladas, e compõe qualquer **Estação de Navio.**

Isso significa dizer que o transceptor VHF é o equipamento mandatório na Estação Rádio de embarcações de pequeno e médio porte empregada em águas interiores e na costa, assim como também compõe **Estações terrenas de Navio,** sofisticadas e completas de embarcações de grande porte empregadas no longo curso.





Transceptores de VHF

Sua versatilidade é decorrente de sua forma compacta e, principalmente, da facilidade operacional, já que suas frequências de chamada e trabalho são pré-sintonizadas, denominadas de canais, além de outras vantagens que veremos a seguir:

Alcance

Como o VHF utiliza-se da faixa frequência de 156 a 174 MHz, consequentemente, gerará ondas muito curtas (aproximadamente 2 metros) que se propagarão em linha reta, sem reflexão, necessitando de que as antenas do transmissor e do receptor sejam altas o suficiente

para que possam compensar a curvatura da Terra. Ou seja, o alcance vai depender da altura da antena.

Outro ponto importante para entendermos as limitações de alcance do VHF é a própria potência que, segundo normas internacionais, limita-se à potência máxima em 25 W.

Próximo ao porto reduz-se a potência para 1 W. Transceptores portáteis utilizam potências de 1 a 6 W.

A faixa de frequência e a potência irão limitar o alcance desse equipamento de comunicações em cerca de 30 milhas náuticas, sem que haja barreiras para as ondas emitidas.

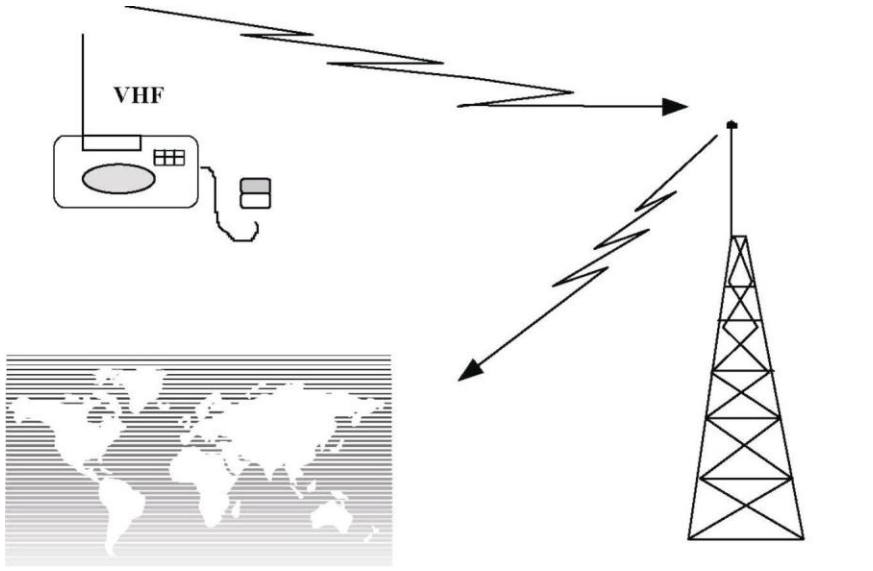
Número de Canais

O VHF radiotelefonia tem suas frequências pré-sintonizadas, as quais chamamos de canais, que são identificados por algarismos que têm correspondência com as frequências. O número de canais por equipamento varia muito, entretanto qualquer tipo terá de estar equipado com o canal de SOCORRO e CHAMADA (16) e os canais de trabalho ou tráfego (qualquer outro que não seja o 16).

Mais adiante, ainda nesta unidade, falaremos sobre os procedimentos operacionais desse transceptor.

Funcionamento Básico

Apesar da limitação do alcance direto do VHF marítimo, ou seja, entre o transmissor e o receptor da onda emitida ser cerca de 30 milhas náuticas, é um equipamento que proporciona qualidade e confiabilidade na transmissão e recepção. Todavia, utilizando-se do Serviço Móvel Marítimo, conectando-se a uma Estação Costeira, esse equipamento possibilitará a comunicação com qualquer lugar do Mundo.



2.6.2 Transceptores MF/HF (SSB)

As embarcações que trafegam fora do raio de ação de um VHF (cerca de 30 milhas)

deverão estar equipadas também com um transceptor MF/HF, que é o instrumento indicado para comunicações de longa distância**,** por utilizarem de média e alta frequência que, consequentemente, geram ondas de comprimento adequado para propagação refletida.

Os **transceptores MF/HF** são mais conhecidos pela sigla **SSB**, isso porque esta sigla representa o tipo de modulação executada pelo equipamento.



Transceptores de MF/HF

Alcance

O SSB tem longo alcance, propaga-se muito mais pelas ondas refletidas; consequentemente, depende muito mais das condições de propagação do que da potência propriamente dita.

Como se pode imaginar, o SSB não apresenta a mesma qualidade e confiabilidade apresentada pelo VHF. Contudo, esse equipamento vem sendo aprimorado nos últimos tempos e um dos aperfeiçoamentos importantes é em relação à pré sintonização das frequências, que em alguns equipamentos já vem em forma de canais, como o VHF, facilitando sua operação.

Funcionamento Básico

Embora os canais de chamada, de escuta e de trabalho sejam diferentes, o procedimento para fazer ou receber uma ligação VHF ou HF/MF é o mesmo, seja no sentido bordo-terra ou no sentido terra-bordo.

Entretanto, é importante verificar que com o SSB é possível transmitir e receber diretamente para outra estação, sem depender do auxílio de **Estações Costeiras** (com SSB é conseguido alcance mundial).

2.6.3 Chamada Seletiva Digital – DSC

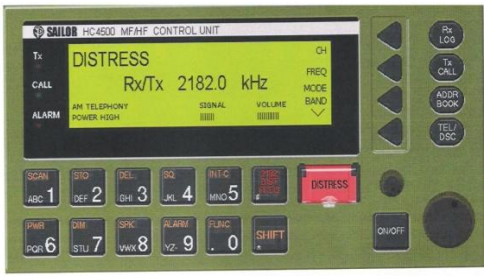
A Chamada Seletiva Digital (DSC) nos rádios em VHF. MF/HF é um subsistema que permite que uma embarcação, equipada com equipamentos DSC, possa receber as chamadas endereçadas a ela sem que alguém tenha que ficar permanentemente atento junto ao equipamento, ou seja, somente as chamadas destinadas à embarcação serão percebidas e indicadas por um sinal sonoro e visual.

Os rádios equipados com tecnologia DSC são utilizados para comunicações de rotina e para transmissão, de alertas de socorro, mensagens de urgência e de segurança.

Os canais básicos são: o canal 70 (156.525 MHz) em VHF, a frequência de 2187.5 kHz em MF e as frequências de 4207.5; 6312.0; 8414.5; 12577.0; e 16804.5 kHz em HF.



VHF – DSC.



MF/HF – DSC

O DSC permite que uma estação específica seja contatada indicando o canal e o método de resposta. As chamadas DSC podem ser enviadas a navios individuais, a grupos de navios, ou para áreas geográficas delimitadas.

Todas as embarcações que possuam equipamentos de chamada seletiva digital deverão ser dotadas de um número de chamada com nove algarismos, denominado MMSI (Identidade do Serviço Móvel Marítimo), a ser atribuído pelo setor competente, no Brasil a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL).

Com o DSC não se pode falar e sim receber e transmitir mensagens de texto.

Funciona semelhante a um telefone convencional, onde é possível contatar uma estação móvel (embarcação) ou estação costeira, digitando os algarismos que compõem o seu código MMSI. Porém, diferentemente do telefone, não se pode falar e sim receber e transmitir mensagens de texto.

O MMSI (do inglês *Maritime Mobile Service Identity*) é uma espécie de identidade de cada navio. É formado por uma série de nove dígitos transmitidos pelos sistemas de rádio de forma a identificar unicamente estações de navio, estações costeiras, e chamadas em grupo. Essas identificações são formadas de modo que a identidade, ou parte dela, possa ser usada por usuários de telefone ou telex conectados às redes telefônicas comuns, permitindo chamar as estações de navio automaticamente.

A identidade deve ser inserida nos recursos do GMDSS que o navio SOLAS possuir (EPIRB e DSC). Navios que não adotam o SOLAS, mas que tenham recursos do GMDSS devem inserir em seus equipamentos um MMSI.

Navios SOLAS:

- navios de carga de arqueação bruta (AB) igual ou superior a 300, quando navegando em viagens internacionais ou em mar aberto; e
- todos os navios de passageiros transportando mais de doze passageiros, quando navegando em viagens internacionais ou em mar aberto.

2.6.2) Qual é o Certificado que deve ter um operador de Estação de Bordo equipada com VHF e MF/HF (SSB)?

_____

_____

2.8 OPERAÇÃO RADIOTELEFÔNICA

Veremos agora os padrões operacionais para a radiotelefonia, ou seja, como enviar e receber corretamente mensagens de rotina e, principalmente, como enviar e receber mensagens de **socorro, urgência e segurança.**

O princípio básico consiste em manter-se consciente a respeito da disciplina no tráfego das comunicações, o que significa dizer que não basta somente ouvir mais do que falar. É preciso sobretudo, saber identificar as precedências relativas às mensagens e como agir, após recebê-las.

Outro ponto importante a ser destacado refere-se à **linguagem** utilizada nas mensagens dessas comunicações, a qual deve ser **clara, formal e sucinta,** ou seja, deve-se falar pausadamente, de forma concatenada, resumida, de fácil entendimento, nunca empregando gírias ou palavras impróprias.



Você se lembra da palavra câmbio?

Os sistemas na radiotelefonia são, normalmente, **simplex,** o que significa que é necessário aguardar que o interlocutor termine a sua mensagem para que se possa, depois, responder. Caso contrário haverá interferência na frequência de trabalho, causando interrupção na recepção e impossibilidade da emissão.

As comunicações a bordo, inclusive a própria radiotelefonia, devem ser encaradas como instrumentos de segurança e de trabalho e, como tal, devem ser monitoradas, registradas e disciplinadas. Para tanto, deve-se adotar a bordo um **Livro de Registro das Comunicações** (transmissão e recepção) e, principalmente, estabelecendo-se responsabilidade de utilização.

A seguir, veremos alguns padrões de procedimento e precedência, que são de caráter internacional, ou seja, em qualquer local do mundo procede-se dessa forma.

Guia para uso do VHF no mar:

- Antes de transmitir, de preferência escreva o que vai ser transmitido.
- Ouça antes de começar a transmissão para ter certeza de que o canal já não está sendo utilizado.
- Evitar repetição de palavras ou frases, a não ser que solicitado pela estação receptora.
- Quando possível, sempre use potência reduzida.

- As comunicações deverão ser feitas no canal indicado pela estação costeira. Quando é feito mudança de canal o navio tem que dar o reconhecimento antes da mudança.
- Quando a estação costeira mandar cessar a transmissão, pare imediatamente.
- O canal 13 é designado pelo RR para comunicações de segurança da navegação e passadiço-passadiço.
- Mensagens de socorro têm prioridade em relação às demais.
- De acordo com RR o canal 16, é para transmissão de mensagens de socorro, urgência e comunicações muito rápidas de segurança e para chamadas e estabelecimento de comunicações a serem conduzidas em outro canal.
- Se as comunicações em um canal não são satisfatórias, solicite uma mudança de canal, espere confirmação para depois mudar de canal.
- Nas comunicações, deverá ser usada a fraseologia do vocabulário marítimo padrão (SMCP).
- Quando existir grande dificuldade de comunicações, utilize-se do Código Internacional de Sinais.
- Ao chamar uma estação costeira ou outro navio, comece com Indicativo/nome da estação ou navio (falar duas vezes se as comunicações não estiverem boas), seguido da expressão aqui (THIS IS) e o Indicativo/nome do seu navio duas vezes, e indicando o canal em uso.

“ Port City, aqui (this is) Seastar, Seastar, no canal (on channel) 14”

- Quando não souber o nome do navio, pode endereçar a todos e especificar a posição do navio que quer contatar.

“ Atenção todos os navios, aqui Pastoria, Pastoria. Navio aproximando-se bóia número quatro, Eu estou passando pelo Farol Belinda Bank”

“ Hello all ships, this is Pastoria, Pastoria. Ship approaching number four buoy, I am passing Belinda Bank Light”

- Quando a mensagem é recebida e o reconhecimento correto é necessário, repita a mensagem junto com o reconhecimento.

“ Sua posição no cais estará livre às 0830 horas”

“ Your berth will be clear at 0830 hours”

Resposta: **“ Recebido, entendido. Cais livre às 0830 horas”**

“ Received, understood. Berth clear at 0830 hours”

- Quando a mensagem contém instruções, repita ao dar o reconhecimento.

“ Recomendo que você passe pela minha popa”

“ Advice you pass astern of me”

Resposta: **“ Eu passarei pela sua popa”**

“ I will pass astern of you”

- Se a mensagem não foi bem recebida peça para repetir usando a expressão **“Repita (Say again)”.**
- O fim das comunicações deve ser indicado com o uso da palavra **“Câmbio final (out)”.**



Qual o canal em VHF usado para chamada?

2.8.1 Frequência de Chamada e Socorro/Urgência/Segurança

Para chamarmos uma determinada estação costeira a fim de enviarmos uma mensagem, utilizamos, no VHF, o canal 16 e, em MF/HF, deve-se consultar a Lista de Estações Costeiras para saber qual frequência a costeira está guarnecendo. Entretanto, após a chamada para uma mensagem de rotina, deve-se imediatamente mudar para outro canal e/ou frequência, determinado pela estação costeira, que não sejam os de chamada, para a transmissão/recebimento da mensagem.

Isso deve ser feito sempre a fim de manter esses canais e/ou frequências livres para priorizar o tráfego de mensagens de socorro, urgência e segurança. Veja, portanto, que esses canais e/ou frequências têm como prioridade atender ao tráfego de mensagens de socorro, urgência e segurança.

Contudo, para que isso funcione, é necessário que todas as estações costeiras fiquem na escuta nesses canais e/ou frequências, de acordo com o previsto na Lista de Estações Costeiras, não só para atender a uma chamada dirigida à sua estação, mas, principalmente, para o pronto atendimento a mensagens de socorro, urgência e segurança que possam ocorrer.

2.8.2 Mensagem de Rotina

As mensagens radiotelefônicas de rotina devem ser iniciadas no canal e/ou frequências de chamada, com o **indicativo, nome ou uma denominação** da estação a que se destina a mensagem, repetida no máximo três vezes, seguida da palavra **“aqui”** e do indicativo da estação que vai transmitir a mensagem. Em seguida, diz-se “**câmbio”**, aguarda-se por alguns instantes a resposta da estação chamada.



A palavra **“câmbio”** é utilizada para indicar o fim de uma chamada ou mensagem devido ao fato de o sistema ser **simplex**, indica que a outra estação pode responder.

Como **denominação** pode usar:

O indicativo internacional de chamada:

Exemplo: PPYZ, PP1234 – indicativo de chamada da embarcação;

DE23, PYJ4 – indicativo de chamada da estação costeira;

A identidade do SMM (MMSI):

Exemplo: 710123000, 386456000, etc. – MMSI de navios;

007100006 – MMSI de estação costeira;

O nome da estação:

Exemplo: Navio Zeus, Rebocador Taurus, etc.

Iate Clube de Ubatuba – Olinda rádio;

Qualquer outra informação que identifique a estação

Exemplo: Veleiro ao meu boreste, embarcação fundeada próxima a Ponta Negra, etc.

A resposta da estação chamada, ainda no canal/frequência de chamada, deve ocorrer da seguinte forma: **"Aqui"** X prossiga Y, **"câmbio".** Ou, caso não tenha identificado quem chamou; **"Aqui"** X, prossiga quem chamou.



Neste instante, a estação que chamou, no caso de comunicações entre embarcações, indica o canal/frequência que deve seguir para o tráfego de mensagens.

2.8.3 Mensagem de Socorro



A mensagem de socorro tem prioridade um (1), ou seja, todas as outras mensagens devem ceder a vez às mensagens de socorro.

Indica que a embarcação está sob ameaça de perigo grave e iminente (há risco para a tripulação) e solicita auxílio imediato. Na chamada radiotelefônica de socorro, deve ser usada a palavra **"mayday"** , que se pronuncia **"meidei"**.

Toda estação que ouvir uma mensagem de socorro deve parar, imediatamente, qualquer transmissão que possa perturbar a mensagem e ficar escutando na frequência de chamada e socorro.

Vamos a uma chamada de socorro.

Chamada de Socorro
falar três vezes a palavra "MAYDAY" (meidei); **falar a palavra "AQUI"; e** **falar três vezes o indicativo de chamada, MMSI, ou outra identificação da estação em perigo.**

Logo após a transmissão da chamada de socorro, é transmitida a mensagem de socorro que consiste em:

Mensagem de Socorro
repetir mais uma vez a palavra MAYDAY (meidei); **repetir a identificação da embarcação em perigo;** **fornecer a posição da embarcação em perigo;** **falar o tipo de perigo e qual é o socorro necessário; e** **outras informações que facilitem o socorro.**



A chamada e a mensagem de Socorro devem ser repetidas a intervalos periódicos, até que se receba o RECIBO.



O navio, fora do alcance rádio de uma Estação Costeira, ao receber um alerta de socorro de outro navio que esteja sem dúvida nas suas proximidades, e não observando o recibo da Estação Costeira, deve transmitir o recibo ao navio em perigo e informar ao RCC pelo meio mais eficiente. Deverá passar o recibo da Mensagem de Socorro da seguinte forma:

Recibo de Mensagem de Socorro
falar a palavra MAYDAY (meidei); **falar o indicativo de chamada da estação que pediu socorro;** **falar a palavra AQUI;** **repetir o seu indicativo de chamada;** **falar a palavra RECEBIDO; e** **repetir a palavra MAYDAY.**



O navio que deu o recibo deverá informar à Estação Costeira o pedido de socorro e suas providências.

Qualquer estação de navio que acuse o recebimento de uma mensagem de socorro transmitirá, por ordem do comandante ou pessoa responsável pelo navio, aeronave ou outro veículo, logo que possível, as seguintes indicações, na ordem indicada:

- o seu nome;
- a sua posição;
- a velocidade com que se dirige para a estação móvel em perigo e o espaço de tempo aproximado de que necessitará para alcançá-la;
- além disso, se a posição do navio em perigo parecer duvidosa, as estações de navio procurarão também transmitir, quando disponível, a marcação verdadeira do navio

em perigo, precedida pela abreviação QTE (Sua marcação VERDADEIRA com relação a mim é ... graus às ... horas. QTE? = Qual é minha marcação VERDADEIRA com relação a você?)

Para a estação que vai passar o RECIBO, isso significa que entendeu e vai prestar o socorro. Poderá haver ocasiões em que a estação que ouviu o pedido de socorro não tenha condições de passar o RECIBO, ou seja, não pode prestar o SOCORRO. Nesse caso, é feita uma retransmissão **(MAYDAY RELAY)**, que nada mais é do que a transmissão de uma mensagem de socorro por uma estação que não se encontra em perigo.

A estação de controle do evento SAR pode IMPOR O SILÊNCIO no canal/frequência com a seguinte ordem:

SEELONCE MAYDAY

Quando não mais for necessário manter silêncio em uma frequência que estava sendo utilizada para o socorro, deve ser dado o seguinte aviso:

SEELONCE FEENEE

Exemplos:

Chamada e mensagem de socorro:

MAYDAY MAYDAY MAYDAY
Aqui
DELTA NOVEMBER NOVEMBER ECHO (3X)
MAYDAY
DELTA NOVEMBER NOVEMBER ECHO
Posição latitude dois zero graus zero seis minutos sul, longitude zero quatro zero graus zero cinco minutos oeste
Naufragando
Solicito assistência imediata
CÂMBIO

Recibo de uma mensagem de socorro:

MAYDAY
DELTA NOVEMBER NOVEMBER ECHO
Aqui
OSCAR YANKEE BRAVO ALFA
MAYDAY RECEBIDO.

Após a transmissão do Recibo, informar:

DELTA NOVEMBER NOVEMBER ECHO
Aqui
Navio OSCAR YANKEE BRAVO ALFA
Posição latitude dois zero graus dois seis minutos sul, longitude zero quatro zero graus uno cinco minutos oeste
Minha velocidade é uno zero nós,
Estarei em sua posição em quatro horas
CÂMBIO

Estação que manteve o controle do tráfego de socorro quando manter o silêncio completo não for mais necessário:

MAYDAY
Todas as estações
Aqui
DELTA CHARLIE HOTEL WHISKEY (3X)
Uno dois três zero UTC
DELTA NOVEMBER NOVEMBER ECHO
SEELONCE FEENEE

Retransmissão de uma mensagem de socorro por uma estação que não se encontra em perigo:

MAYDAY RELAY MAYDAY RELAY MAYDAY RELAY
Todas as estações (ou Estação Costeira) (3X)
Aqui
ECHO QUEBEQ SIERRA PAPA (3X)
MAYDAY
DELTA NOVEMBER NOVEMBER ECHO
Posição latitude dois zero graus zero seis minutos sul, longitude zero quatro zero graus zero cinco minutos oeste
Naufragando
Solicito assistência imediata
CÂMBIO

2.8.4 Mensagem de Urgência

A mensagem de **urgência** indica que a embarcação que está transmitindo tem uma **mensagem muito urgente** relativa à **segurança** de:

- uma embarcação;
- uma aeronave; ou
- uma pessoa.

Na mensagem de urgência, são usadas as palavras **PAN PAN**, pronunciadas como **PANE–PANE** e devem ser repetidas três vezes, antes da mensagem, e sua prioridade é (dois) 2, só sendo suplantada pelo sinal de socorro.

Exemplo:
Sinal de urgência:

PAN PAN PAN PAN PAN PAN
Todas as estações (ou Estação Costeira) (3X)
Aqui
FOXTROT KILO PAPA JULIETT (3X)
Posição:
Latitude dois zero graus três oito minutos sul
Longitude zero quatro zero graus dois zero minutos oeste
Solicito assistência médica
CÂMBIO

Recibo de urgência (não é obrigatório):

PAN PAN
FOXTROT KILO PAPA JULIETT
Aqui
Navio FOXTROT INDIA PAPA YANKEE
PAN PAN RECEBIDO

Quando for solicitação de auxílio médico, deve-se consultar a Nomenclatura das Estações que efetuam Serviços Especiais, e sempre usar os sinais do Código Internacional de Sinais precedido da palavra INTERCO.

2.8.5 Mensagem de Segurança

A mensagem de segurança indica que a estação vai transmitir uma mensagem relativa:

- à segurança da navegação; e
- ao aviso meteorológico importante.

O sinal de segurança é **SECURITÉ,** que deve ser repetido três vezes, antes da mensagem, e sua prioridade é (três) 3, só sendo suplantado pelos sinais de socorro e de urgência.

Exemplo:

Chamada de segurança (anúncio no canal 16):

SECURITÉ SECURITÉ SECURITÉ
Todas as estações (3X)
MIKE HOTEL CHARLIE WHISKEY (3X)
Aviso aos navegantes
Mudem para o canal uno três
CÂMBIO

Mensagem de segurança (transmissão no canal 13):

SECURITÉ SECURITÉ SECURITÉ
Todas as estações (3X)
Aqui
MIKE HOTEL CHARLIE WHISKEY (3X)
Aviso aos navegantes
Bóia verde à deriva.
Perigosa a navegação.
Posição: latitude: _ _ _ _ S longitude: _ _ _ _ _ W
Repito: (*repita a mensagem)*
Aviso aos navegantes
Bóia verde à deriva.
Perigosa a navegação.
Posição: latitude: _ _ _ _ S longitude: _ _ _ _ _ W
CÂMBIO



Tarefas 2.7

2.7.1) Qual é a prioridade de um sinal de urgência?

_____

2.7.2) Qual é o canal em VHF, usado para chamada e socorro?

_____

Considerações Finais:

Nesta unidade, você estudou: de onde vem a energia elétrica necessária para a utilização dos equipamentos de comunicação de bordo; como a informação transmitida se propaga através do espaço, levando em consideração os fatores que afetam esta propagação; que, por meio do Serviço Móvel Marítimo, quem estiver navegando poderá comunicar-se com quem estiver em terra, ou ao contrário, quem estiver em terra poderá comunicar-se com quem estiver a bordo navegando, com isso aumentando a segurança do navegante. A aprendeu também quais os equipamentos de comunicação que mais vai usar, os tipos de mensagens utilizadas na operação desses equipamentos nas transmissões em situações de socorro, urgência e segurança, além de algumas considerações sobre a legislação brasileira de comunicações.

Para você concluir esta unidade, deverá realizar o teste de auto-avaliação apresentado a seguir. Leia com atenção as questões para respondê-las corretamente.

SUCESSO!

INMARSAT – C com capacidade de EGC (Enhance Group Calling), Chamada em grupo concentrado.

Quando o equipamento constatar que está recebendo uma mensagem de socorro, soará um alarme sonoro e visual, que só poderá ser desarmado manualmente.

Radiocomunicações Gerais

O sistema fornece às embarcações os mesmos tipos e qualidade das modernas comunicações disponíveis em terra.

Para você, radioperador restrito, essas noções sobre o INMARSAT são suficientes.

Você estudou e entendeu este conteúdo? Então teste os seus conhecimentos:



Tarefas 3.3

3.3.1) Observe a figura do Conceito Geral do GMDSS e indique o trajeto de uma mensagem de socorro, desde a sua transmissão, em VHF, pelo INMARSAT de um navio até chegar ao destinatário final em terra.

_____

_____

3.3.2) Qual é o serviço oferecido pelo INMARSAT que permite aos navegantes receberem as MSI?

_____

_____

Tudo bem? Realizou as tarefas? Então não perca tempo. Vá em frente !

Se você teve dúvidas, ou não conseguiu realizar as tarefas, faça uma revisão deste conteúdo.

3.4 SISTEMA COSPAS – SARSAT

Agora, veremos o segundo sistema de satélites empregado no GMDSS, conhecido pela sigla **COSPAS** – **SARSAT**.

O COSPAS – SARSAT é um sistema de satélites, empregado exclusivamente para as atividades de **busca e salvamento (SOCORRO)**. O COSPAS - SARSAT foi projetado para a localização de **radiobalizas indicadoras de posição em emergência (EPIRB)**, que transmitam alertas de socorro nas frequências 121.5 MHz ou de 406 MHz. As embarcações marítimas usam especificamente as **EPIRB** de **406 MHz.** As EPIRB satélite no GMDSS são balizas que operam em duas frequências 121.5 e 406 MHz. A transmissão em 121.5 MHz tem a função de orientar as unidades SAR equipadas adequadamente para receber esse sinal, permitindo também que uma aeronave que a sobrevoe monitore seu sinal (homing).

O COSPAS – SARSAT foi planejado para servir todas as organizações do mundo com responsabilidade nas operações de busca e salvamento no Mar, no ar e em terra.

O sistema é estruturado e coordenado por um consórcio formado pelos seguintes países: Canadá, França, Estados Unidos (SARSAT) e Rússia (COSPAS).

3.4.1 Conceitos Básicos

A condução de uma **radiobaliza indicadora de posição em emergência (EPIRB),** de flutuação livre, operando na frequência de **406 MHz** do sistema COSPAS-SARSAT, é obrigatória para todas as embarcações, conforme previsto na Convenção Internacional para Salvaguarda da Vida Humana no Mar.

Quando for possível, a EPIRB deve ser acionada manualmente. Entretanto, nos casos em que não seja possível efetuar esse acionamento, quando a embarcação naufragar, um dispositivo hidrostático ejetará a EPIRB de sua base e, ao iniciar a sua flutuação livre, transmitirá, automaticamente, os sinais de alerta.

Esses sinais são detectados pelos satélites COSPAS-SARSAT, que são equipados com adequados receptores/processadores e calculam a posição da baliza por meio de efeito Doppler. Além disso, a EPIRB sendo codificada, de acordo com o protocolo de localização marítima (GPS), a posição do navio em perigo é determinada como se fosse pelos seus equipamentos de navegação.

Os sinais são então retransmitidos para uma estação receptora em terra, designada **Terminal Local do Usuário (LUT),** a qual processa os sinais. O alerta é então retransmitido, juntamente com os dados da posição, para o **Centro de Controle da Missão (MCC)** e deste para as autoridades responsáveis pelas operações de busca e salvamento – **Centro de Coordenação de Salvamento (RCC).**

O sistema COSPAS-SARSAT implementa dois modos de cobertura para a detecção e localização das balizas: o modo em tempo real e o modo de cobertura global. Ambos os modos operam balizas de 406 MHz.

3.4.2 Estrutura do Sistema COSPAS-SARSAT

O sistema opera com satélites em órbita polar, de baixa altitude, e satélites geoestacionários.



Repetindo: a estrutura do sistema COSPAS-SARSAT compõe-se de um segmento espacial **(satélites)**, um segmento terrestre (**LUT e MCC**) e das radiobalizas indicadoras de posição em emergência **(EPIRB).**

Vejamos essas partes da sua estrutura com mais detalhes:

Segmento Espacial

O segmento espacial é composto, como já dissemos, por satélites de órbitas polares e de baixa altitude e por satélites geoestacionários, com instrumentação para atender as operações de busca e salvamento (SAR).

Executa, entre outras, as seguintes funções:

— Transmite os dados dos sinais das EPIRB e o seu posicionamento para o Terminal Local do Usuário (LUT).

Segmento Terrestre (LUT e MCC)

O segmento terrestre do sistema é composto de dois tipos de organização, como descritos a seguir:

Terminal Local do Usuário (LUT) estação em terra que recebe e decodifica o sinal da EPIRB, enviado pelo satélite para a identificação do mesmo e manda esses dados para o Centro de Controle da Missão (MCC).

Centro de Controle da Missão (MCC)

Os Centros de Controle da Missão, também conhecidos pela sigla MCC, são instalados nos países que tenham pelo menos uma LUT operando. Suas principais funções são coletar, armazenar e classificar os dados provenientes das LUT e fornecer tais dados, o mais rapidamente possível, para a autoridade responsável pela busca e salvamento da região.

EPIRB satélite de 406 MHz

Como já dissemos, as EPIRB operam em 406 MHz

Esta EPIRB é especificamente designada para a detecção satélite e localização pelo sistema doppler, incluindo os seguintes aspectos:

— precisão de localização - s\GPS 2.3 milhas náuticas (cerca de 5Km) e c\GPS 0.05 milhas náuticas (cerca de 100m);

— possibilidade de um aumento na capacidade do sistema (um número maior de balizas pode ser processado simultaneamente);

— cobertura global;

— identificação única de cada baliza;

— inclusão de dados sobre a emergência; e

— emitem sinais em 121.5MHz, para localização por aeronaves, sem mais nenhum outro dado.

As principais características técnicas são:

— podem ser ativadas manual ou automaticamente;

— suportam temperaturas de – 20° C a + 55° C;

— são à prova d'água até cerca de 10 metros;

— tempo de vida da bateria, em funcionamento, de aproximadamente 100 horas; e

— possuem uma luz estroboscópica branca que emite 52 lampejos por minuto.



EPIRB



EPIRB/GPS.

Um importante aspecto da EPIRB 406 MHz é a inclusão de dados codificados, que podem informar o país de origem da unidade em perigo, identificação da embarcação ou aeronave, natureza da emergência (as mais modernas), além de agilizar a determinação da posição pelo sistema doppler.

Quando a EPIRB é instalada a bordo, recebe um MMSI que a identifica àquele navio. Isso significa que a EPIRB de um navio não pode ser transferida para outro navio, nem que seja apenas por empréstimo.

Será que você entendeu, realmente, o que estudou nesta subunidade, sobre o Sistema COSPAS- SARSAT ? Se estiver pronto, vamos às tarefas:

Tarefas 3.4

3.4.1) Qual é o caminho percorrido por um alerta de socorro emitido por uma EPIRB até chegar em um RCC ?

_____

_____

3.4.2) Um navio vai entrar em reparos e o seu proprietário, por medida de economia, decidiu transferir a EPIRB desse navio para outro da mesma empresa que irá iniciar uma longa viagem. O procedimento foi correto? Explique.

_____

_____

_____

_____

Você conseguiu realizar as tarefas? Então vá em frente !

Você teve erros ou teve dúvidas? Faça uma revisão desta subunidade.

3.6 DISPOSITIVOS DE LOCALIZAÇÃO PARA BUSCA E SALVAMENTO

3.6.1 Transponder radar de busca e salvamento (SART)

Mais conhecido pela sua sigla, em inglês, **SART,** esse subsistema do GMDSS é um dos recursos empregados para **localizar** navios em perigo ou suas embarcações de sobrevivência.

O SART não é um equipamento apropriado para emitir alertas de socorro !

3.6.1.1 Funcionamento

O SART deve ser instalado, no mínimo, a um metro acima da linha d´água. Nessa situação, o alcance de deteção dos radares instalados nos navios (altura da antena de 15 metros) é de cerca de 5 milhas.

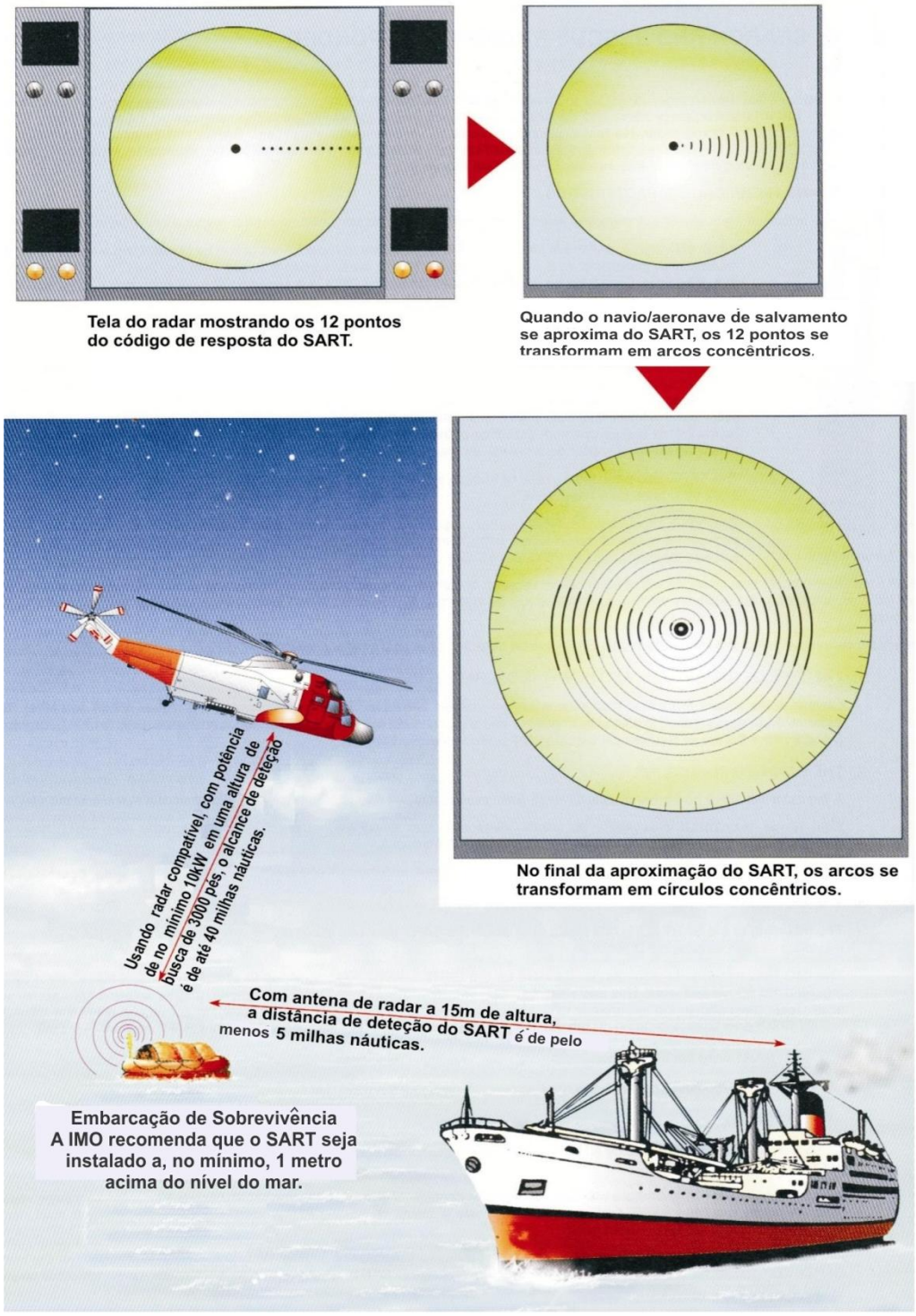
Após a transmissão do alerta de socorro, o SART deve ser ligado. Nessa situação ele permanece em “stand by”, no navio avariado; ou na embarcação de sobrevivência, caso a tripulação tenha abandonado o navio.

Ao ser interrogado por um radar operando na banda X (9 GHz), conduzido por um navio ou uma aeronave, o SART responderá, e na tela do radar serão apresentados **12 pontos padrões** ao longo da linha de marcação do alvo. A distância será representada pela posição do 1º ponto em relação ao centro da tela. Ao se aproximar da embarcação que está conduzindo o SART, esses pontos se transformarão em arcos (setores) e quando estiver a cerca de uma milha de distância, esses pontos estarão representados por círculos concêntricos.



SART a bordo

Observe essas representações na figura a seguir:



Repetindo: O SART não é um equipamento apropriado para pedir socorro. É um equipamento eficiente para auxiliar na **localização** de navios em perigo e de embarcações de sobrevivência.

3.6.2 Sistema de identificação automática - Transmissor de busca e salvamento **(AIS-SART)**

Desde 1° de janeiro de 2010 o Sistema de identificação automática - Transmissor de busca e salvamento (AIS – SART) faz parte do GMDSS, como uma alternativa ao SART.

Uma vez ativado, o AIS – SART transmite oito mensagens por minuto em dois canais distintos. Um canal opera em 161.975 MHz (canal AIS 1) e o outro em 162.025 MHz (canal AIS 2) e quatro mensagens são enviadas em cada um deles. Só é necessária a recepção de uma dessas mensagens para obtenção de uma posição precisa. Entretanto, o envio de múltiplas mensagens assegura que isso vá acontecer.

Qualquer equipamento capaz de receber um sinal de AIS também pode receber o AIS – SART. A identificação é apresentada com a hora, posição, marcação e distância. Nas cartas eletrônicas sua apresentação é mostrada com uma cruz dentro de um pequeno círculo.

Assim como o SART esse equipamento tanto pode ser portátil, para uso a bordo dos navios ou transportados para qualquer embarcação de sobrevivência. A instalação a bordo também é similar ao SART e o alcance de deteção, por um navio com antena de 17 a 19 m é de 8 a 9.5 milhas náuticas.



AIS - SART.

Agora, vamos ver o que você aprendeu com relação a esse importante equipamento usado para auxiliar na localização de náufragos e de embarcações avariadas.

Tarefas 3.6

3.6.1) Em uma situação de alagamento incontrolável na praça de máquinas, o comandante determina o abandono da embarcação. Qual o procedimento a ser adotado pelos tripulantes em relação ao SART?

_____

_____

3.6.2) Quando um SART responde a uma emissão de um radar que opere na banda X, qual será a figura que aparecerá na tela desse radar?

_____

_____

- **HIGRÔMETRO E PSICRÔMETRO**

Toda amostra de ar contém partículas de vapor d'água em suspensão. Contudo, há um limite para isto. Essa capacidade do ar de conter partículas de vapor d'água é chamada de umidade do ar. Se o ar retém sua capacidade máxima de vapor d'água, nesse caso dizemos que está saturado, ou ainda, que ele atingiu 100% da umidade relativa. Se a umidade relativa passa de 100%, o vapor transforma-se em líquido (se liquefaz) e precipita-se (cai) na forma de chuva ou nevoeiro. Por isso é importante para o navegante calcular a umidade relativa.

Para medir a umidade relativa do ar, utilizam-se aparelhos chamados higrômetros ou psicrômetros. Ambos são constituídos de dois termômetros, um seco e outro úmido (este com o bulbo envolvido por um tecido molhado). Com os dados das leituras dos dois termômetros e com a diferença, em graus, entre eles, consultam-se tabelas apropriadas e determina-se a umidade relativa e a temperatura do ponto de orvalho.



4.2 LINHA GERAIS DOS EQUIPAMENTOS E SISTEMA ELETRÔNICOS AUXILIARES À NAVEGAÇÃO, ENTRE OS QUAIS: RADAR, AIS E GMDSS

- **RADAR**

Radar é um aparelho eletrônico que usa a reflexão de ondas-rádio para detectar objetos que não são visíveis normalmente, por estarem na escuridão, ocultos por nevoeiros ou por estarem a grandes distâncias, etc.

A palavra **RADAR** tem origem nas letras iniciais da frase em inglês: "**Ra**dio **D**etection **A**nd **R**anging ".

Os radares modernos são radares ARPA, que fornecem todas as informações para o navegador automaticamente. Além de apresentarem muitos recursos, fornecem uma imagem bem definida e colorida, facilitando a tomada de decisões.



➢ **AIS**

O **Universal Automatic Identication System** (ou **AIS,** como é mais comumente conhecido) é um moderno sistema de radiodifusão abrangendo navios e estações baseadas em terra, que funciona como um transponder, operando em VHF, e possibilita a identificação segura de qualquer embarcação navegando nas proximidades de outras. Suas características e capacidade farão dele uma nova e excelente ferramenta para aumentar a segurança da navegação e a administração do controle do tráfego.

Uma estação **AIS** é um radio transceptor em VHF capaz de enviar informações do navio, tais como, identidade, posição, rumo, velocidade, comprimento, tipo de navio, tipo de carga, etc., para outros navios ou para estações receptoras em terra, desde que devidamente aparelhadas.

As informações originadas num equipamento **AIS,** instalado a bordo de um navio são transmitidas contínua e automaticamente sem qualquer intervenção do pessoal de bordo.



➢ **SISTEMA DE SOCORRO E SEGURANÇA MARÍTIMOS (GMDSS)**

A Convenção SOLAS determina que o Comandante de qualquer navio no mar ao receber um sinal de perigo de outro navio, aeronave ou embarcação de sobrevivência deverá prosseguir a toda velocidade para o local do incidente a fim de prestar auxílio às pessoas em perigo.

O princípio básico do GMDSS é que as autoridades de busca e salvamento, localizadas em terra e os navios que estejam nas proximidades, sejam rapidamente alertados sobre o incidente, assim como poderão participar das operações de busca e salvamento.

Os equipamentos requeridos para serem instalados em um navio são determinados basicamente pela sua área de operação, a saber:

✓ **Área A1**

Área dentro da cobertura radiotelefônica com no mínimo uma estação costeira VHF, em que um permanente alerta de chamada seletiva (DSC) seja disponível, cerca de 20 a 30 milhas náuticas.

✓ **Área A2**

Área excluindo a área A1 dentro da cobertura radiotelefônica, com no mínimo uma estação em MF, em que um permanente alerta DSC seja disponível cerca de 100 milhas náuticas.

- ✓ **Área A3**

Área excluindo as áreas A1 e A2 dentro da cobertura de um satélite geoestacionário INMARSAT, em que um permanente alerta seja disponível. Esta área está entre 70º N e 70º S, que é a faixa de cobertura dos satélites INMARSAT.

- ✓ **Área A4**

Área que fica fora das áreas A1, A2, A3.

- ➢ **SISTEMA DE COMUNICAÇÃO NO GMDSS**

As comunicações por satélite são particularmente os elementos mais importantes do GMDSS. O sistema INMARSAT emprega quatro satélites geoestacionários e opera as estações terrenas de navio (SES) na banda 1.5 e 1.6 GHz banda L, provendo-as com os recursos de alerta de socorro e capacidade para comunicação por radioteleimpressão e radiotelefonia.

As Balizas Radio Indicadoras de Posição em Emergência (EPIRB) de 1,6 GHz (banda L) também são usadas para gerar alerta de socorro, assim como as EPIRBs de 121,5 e 406 MHz que utilizam o sistema COSPAS-SARSAT com seis satélites que estão em órbita polar, sempre com o objetivo de identificar o navio e sua posição em caso de alerta de socorro.

PARTE 5

Estabilidade e flutuabilidade

O QUE O PROGRAMA PEDE

- Noções sobre estabilidade e flutuabilidade de uma embarcação

FONTE REPRODUZIDA NESTA PARTE

Arte Naval, cap. 2: Geometria do navio (itens 2.21 a 2.35: centro de gravidade, centro de carena, empuxo, flutuabilidade, borda livre, metacentro, altura metacêntrica, tosamento e alquebramento)

Maurílio M. Fonseca · Serviço de Documentação da Marinha, 7ª ed., 2005 · arquivo publicado pela Diretoria de Portos e Costas
https://www.marinha.mil.br/dpc/sites/www.marinha.mil.br.dpc/files/Cap2_2005.pdf

CFAQ I-M: Noções de Estabilidade (EST 001), unidades 4 a 6: flutuabilidade, estabilidade transversal, superfície livre, banda permanente, calados e trim

Diretoria de Portos e Costas · Ensino Profissional Marítimo, Curso de Formação de Aquaviários, 1ª ed., 2013
https://www.pescadorprofissional.com.br/pdf/05-EST%20001-CFAQI-M2013.pdf

Terminou esta parte? Resolva questões do assunto.
Telegram: t.me/capitao_amador_bot
Simulado no site: www.capitao-amador.com/mestre-amador/simulado

2.20. Seção transversal; seção mestra – Chama-se seção transversal qualquer seção determinada no casco de uma embarcação por um plano transversal. A maior das seções transversais chama-se seção mestra. A seção mestra é situada em coincidência com a seção a meia-nau, ou muito próximo desta, na maioria dos navios modernos, qualquer que seja o seu tipo.

Em muitos navios modernos, e particularmente nos navios cargueiros, certo comprimento da região central do casco é constituído por seções iguais à seção mestra numa distância apreciável, quer para vante, quer para ré da seção a meia-nau; diz-se então que estes navios têm formas cheias. Nos navios que têm formas finas, a forma das seções transversais varia muito em todo o comprimento do navio a vante e a ré da seção mestra.

2.21. Centro de gravidade de um navio (CG) – O centro de gravidade (ponto G, fig. 2-7) é importante para os cálculos de flutuabilidade e de estabilidade, porque o peso do navio pode ser considerado como uma força nele concentrada.

Como, em um navio, os pesos são usualmente distribuídos por igual de um lado e do outro do plano diametral, o CG está, em geral, neste plano. Nos navios de forma usual, o CG é situado no plano da seção a meia-nau, ou muito próximo dele. A posição vertical do CG varia muito de acordo com o projeto de cada navio.

Conforme sua definição em mecânica, o centro de gravidade é o ponto de aplicação da resultante de todos os pesos de bordo, e a soma dos momentos de todos os pesos em relação a qualquer eixo que passe por ele é igual a zero.

A posição do CG se altera com a distribuição de carga, nos tanques, nos porões, no convés etc.

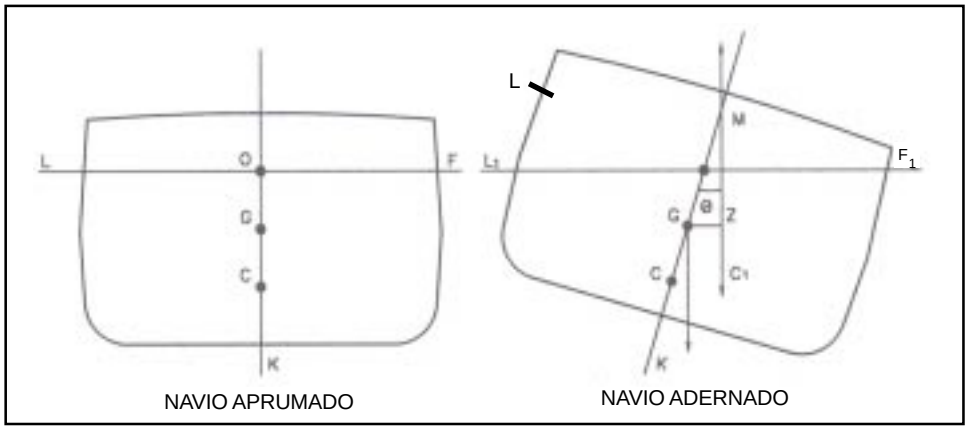


Fig. 2-7 – Centro de gravidade, centro de carena e metacentro transversal

2.22. Centro de carena, de empuxo ou de volume (CC) – É o centro de gravidade do volume da água deslocada (ponto C, figs. 2-7 e 2-8) e é o ponto de aplicação da força chamada empuxo (art. 2.24). É contido no plano diametral, se o navio estiver aprumado (art. 2.80); na direção longitudinal, sua posição depende da forma da carena, não estando muito afastada da seção a meia-nau nos navios de forma usual. Está sempre abaixo da linha-d'água.

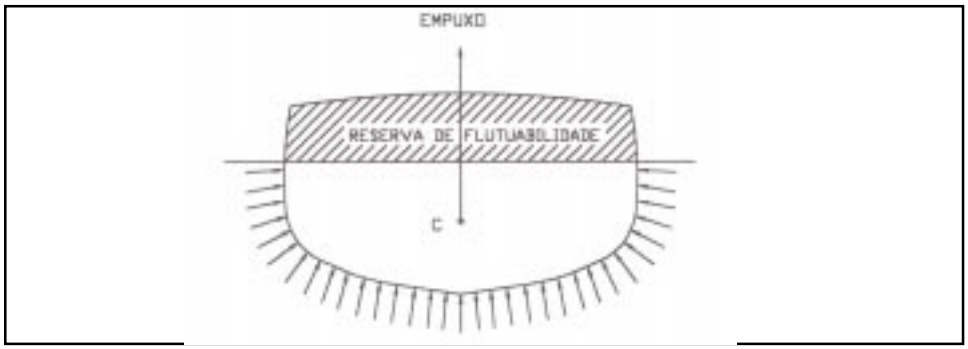


Fig. 2-8 – Empuxo

Nos navios de superfície, o centro da carena está quase sempre abaixo do centro de gravidade do navio, pois há pesos que estão colocados acima da linha de flutuação, mas nenhuma parte do volume imerso poderá estar acima desta linha.

A determinação da posição do centro de carena é de grande importância para a distribuição dos pesos a bordo, pois o CG do navio deve estar na vertical do CC e a uma distância para cima não muito grande; sem estes requisitos o navio não ficaria aprumado, nem teria o necessário equilíbrio estável.

2.23. Centro de flutuação (CF) – É o centro de gravidade da área de flutuação, para uma determinada flutuação do navio.

2.24. Empuxo (fig. 2-8) – Em cada ponto da superfície imersa de um corpo, há uma pressão que age normalmente à superfície. Esta pressão cresce com a profundidade do ponto abaixo da superfície da água; ela é medida pelo produto *h x p,* na profundidade *h* abaixo do nível da água cujo peso específico é *p.*

Suponhamos, por exemplo, que há um orifício de 0,10 m² em um ponto da carena situado a cinco metros abaixo da superfície do mar; um metro cúbico da água do mar pesa 1.026 quilogramas. A pressão da água neste ponto será igual a 5 x 1.026 quilogramas por metro quadrado, e um tampão para aguentar o veio d'água naquele orifício deve exercer um esforço de

$$5 \times 1.026 \times \frac{1}{10} = 513 \text{ quilogramas}$$

No caso de um corpo flutuante como é um navio, estas pressões, sendo normais à superfície imersa, agem em muitas direções; entretanto, cada uma pode ser decomposta em três componentes em ângulo reto:

(1) horizontal, na direção longitudinal do navio;

(2) horizontal, na direção transversal do navio;

(3) vertical.

Estando o navio em repouso, as componentes horizontais equilibram-se entre si, pois não há movimento em qualquer direção horizontal.

Os pesos parciais que compõem um navio têm uma força resultante simples que se chama o peso do navio; esta força é aplicada no centro de gravidade e age

numa vertical para baixo. É o efeito combinado de todas as componentes verticais das pressões que se opõe ao peso do navio.

Chama-se empuxo à força resultante da soma de todas as componentes verticais das pressões exercidas pelo líquido na superfície imersa de um navio.

Portanto, um navio em repouso é submetido à ação de duas forças verticais; o peso do navio, agindo verticalmente para baixo, e o empuxo, agindo verticalmente para cima.

Como o navio não tem movimento para cima nem para baixo, conclui-se que o empuxo é igual ao peso do navio; como ele está em equilíbrio, os pontos de aplicação destas forças, isto é, o CG e o CC, estão situados na mesma vertical.

2.25.Princípio de Arquimedes – "Um corpo total ou parcialmente mergulhado num fluido é submetido à ação de uma força de intensidade igual ao peso do volume do fluido deslocado pelo corpo, de direção vertical, do sentido de baixo para cima, e aplicada no centro de empuxo (CC)".

Consideremos um navio flutuando livremente e em repouso em águas tranqüilas. Vimos, no item anterior, como se exercem as pressões da água sobre a superfície imersa do casco.

Suponhamos agora que o navio foi retirado da água e deixou uma cavidade, como se pudéssemos por um momento agüentar as pressões da água e mantê-la no mesmo nível (fig. 2-9). Enchemos esta cavidade, que representa o volume do líquido deslocado pelo navio, com água da mesma densidade; esta água será equilibrada pela pressão da que a circunda, exatamente como o foi o casco e como qualquer outra porção da massa líquida; as componentes horizontais das pressões equilibram-se e as componentes verticais sustentam o peso em cada ponto.

Portanto, a força resultante das pressões da água, isto é, o empuxo, opõe-se ao peso do volume líquido deslocado num caso, e no outro ao peso do navio; o empuxo é aplicado no centro da carena.

Fica assim demonstrado o princípio que citamos acima e, ainda mais, que o peso do navio é igual ao peso da água por ele deslocada.

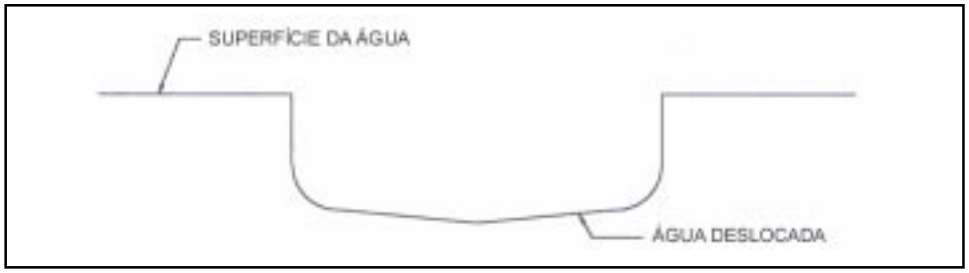


Fig. 2-9 – Água deslocada

2.26. Flutuabilidade – A flutuabilidade, que é a propriedade de um corpo permanecer na superfície da água, depende da igualdade entre o peso do corpo e o empuxo do líquido. Como, no nosso caso, o líquido é sempre a água, a flutuabilidade

varia principalmente com o peso específico do corpo, isto é, o seu peso por unidade de volume.

As madeiras leves têm um peso específico menor que o da água; um pedaço de madeira leve flutua sempre. O ferro, por exemplo, tem um peso específico maior que o da água e por isto um pedaço de ferro maciço não pode flutuar. É tornando oco um material que se diminui enormemente o seu peso por unidade de volume e, portanto, aumenta-se a flutuabilidade. É possível assim a construção de navios feitos com materiais mais pesados que a água, como o ferro e o aço.

As leis de flutuabilidade aplicam-se não somente a qualquer navio de superfície, como a um submarino, ou a qualquer objeto totalmente imerso. Quando imerso, um objeto permanece em repouso e na sua posição imersa somente no caso em que o seu peso for igual ao peso do volume deslocado. Mas um objeto totalmente imerso quase sempre pesa mais ou pesa menos que o volume da água que desloca. Nestes casos, a fim de que possa manter-se em equilíbrio e em sua posição de imersão, deverá receber uma força adicional, respectivamente, para cima ou para baixo. Esta força é dada pelos propulsores e pelos lemes horizontais no caso do submarino, ou pelo apoio no fundo do mar, em alguns casos.

2.27. Reserva de flutuabilidade (fig. 2-8) – É o volume da parte do navio acima da superfície da água e que pode ser tornada estanque. Na maioria dos navios, é o volume compreendido entre a flutuação e o convés principal, mas em alguns refere-se também às superestruturas como o castelo e o tombadilho, que podem ser estanques.

A reserva de flutuabilidade exprime-se em percentagem do volume deslocado pelo navio; uma vez que é expressa em percentagem, a reserva de flutuabilidade pode também referir-se ao deslocamento, em vez de referir-se ao volume.

A reserva de flutuabilidade dos navios de guerra de tipo usual varia de 50 a 75 por cento do deslocamento normal. Num submarino em deslocamento normal, a reserva de flutuabilidade é de cerca de 30 por cento.

Para um navio imergir completamente é necessário carregá-lo com o peso correspondente a uma quantidade de água que ocupe um volume igual à reserva de flutuabilidade. Isto significa que a reserva de flutuabilidade é a flutuabilidade em potencial que cada navio possui; a soma do empuxo e da reserva de flutuabilidade é o poder de flutuabilidade total de um navio.

A reserva de flutuabilidade é função da borda-livre, que definiremos a seguir. É importante para os navios em caso de avaria, pois, quanto menor for, será o navio menos capaz de suportar um acidente no mar.

2.28. Borda-livre (BL) (fig. 2-6) – É a distância vertical da superfície da água ao pavimento principal (geralmente o convés), medida em qualquer ponto do comprimento do navio no costado.

Nos navios mercantes, a borda-livre mínima é marcada no costado para determinar a reserva de flutuabilidade necessária. A expressão borda-livre, sem outra qualificação, em navio mercante, refere-se à borda-livre mínima, isto é, à medida a meia-nau e a partir da flutuação em plena carga, tal como é definida no art. 14.2.

Os navios de guerra têm sempre a borda-livre muito maior que a exigida para os navios mercantes de iguais dimensões e por isto não é necessária sua marcação. Entretanto, a borda-livre interessa aos cálculos de flutuabilidade e de estabilidade, e nos navios de guerra é medida na proa, a meia-nau e na popa, e refere-se à flutuação normal.

A borda-livre é, em geral, mínima a meia-nau, devido ao tosamento (art. 2.34) que os navios têm.

A borda-livre é chamada algumas vezes de franco-bordo, mas esta expressão está caindo em desuso. Em inglês, chama-se *freeboard*; em francês *franc bord*, e em italiano *bordo libero.*

2.29. Metacentro transversal (M) (fig. 2-7) – Quando um navio está aprumado (art. 2.80), seu plano diametral é vertical e o centro de carena C é contido neste plano. Mas se ele tomar uma inclinação, o centro de carena afasta-se deste plano, pois a forma do volume imerso é modificada. Na fig. 2-7 foi dada uma inclinação transversal ao navio, e a forma do volume imerso que era LOFKL passou a ser $L_1 OF_1 KL_1$. O centro de carena moveu-se de C para C_1. A linha de ação do empuxo, com o navio inclinado, intercepta a linha de empuxo quando o navio estava aprumado, num ponto M. As diversas posições do centro de carena que correspondem às diferentes inclinações determinam uma curva; o centro de curvatura para uma inclinação infinitamente pequena do navio é chamado metacentro, ou, neste caso, metacentro transversal, e coincide com o ponto M.

Assim, pode-se definir o metacentro como sendo o ponto de encontro da linha vertical passando pelo centro de flutuação quando o navio está na posição direita, com a linha vertical que passa pelo CF quando o navio está inclinado de qualquer ângulo. O metacentro deve estar acima do centro de gravidade para haver equilíbrio estável.

Para um ângulo de inclinação, como o da figura, a posição do metacentro não é a mesma que para uma inclinação infinitesimal. Entretanto, quando o ângulo de inclinação se aproxima de zero, a posição limite do metacentro torna-se um ponto fixo, que é chamado metacentro inicial. Em geral, e a não ser que seja dito o contrário, a palavra metacentro refere-se ao metacentro inicial, pois na prática se considera invariável este ponto para inclinação até 10 graus nos navios de forma usual.

Da figura 2-7 podemos estabelecer as seguintes relações:

GZ –> braço de endireitamento
GM –> altura metacêntrica (art. 2.33)
θ –> ângulo de inclinação
ME –> momento de endireitamento
W –> deslocamento do navio (art. 2.66)
$GZ = GM \operatorname{sen} \theta$
$ME = W.GZ$

Podemos também concluir da figura que, se M estiver abaixo de G, teremos um momento de emborcamento.

2.30. Metacentro longitudinal (M') (fig. 2-10) – Se dermos uma inclinação longitudinal pequena, como se vê na figura, obteremos um ponto M' chamado metacentro longitudinal, em tudo semelhante ao que foi definido no item anterior.

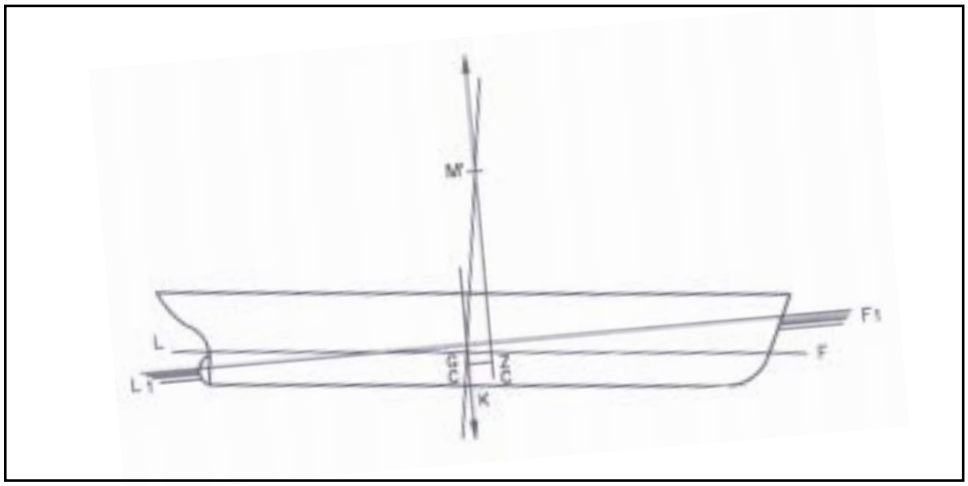


Fig. 2-10 – Metacentro longitudinal

2.31. Raio metacêntrico transversal (fig. 2-7) – É a distância MC entre o metacentro transversal M e o centro de carena C.

2.32. Raio metacêntrico longitudinal (fig. 2-10) – É a distância M'C entre o metacentro longitudinal M' e o centro de carena C.

2.33. Altura metacêntrica (fig. 2-7) – É a distância entre o centro de gravidade G do navio e o metacentro M; mais corretamente, na fig. 2-7, a distância GM refere-se à altura metacêntrica transversal.

2.34. Tosamento, ou tosado (fig. 2-11) – É a curvatura que apresenta a cinta de um navio, quando projetada sobre um plano vertical longitudinal; ele determina a configuração do convés principal e do limite superior do costado. Tosamento é também a medida desta curvatura, isto é, a altura do convés nos extremos do casco, acima do pontal. Podemos ter tosamento AV e tosamento AR.

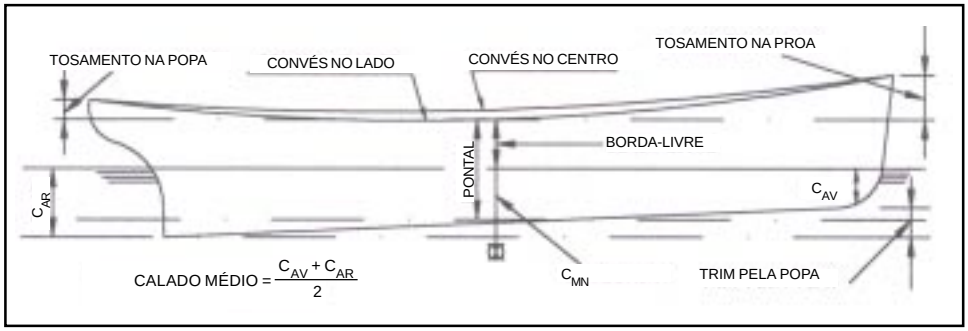


Fig. 2-11 – Tosamento

2.35. Alquebramento – É a curvatura da quilha, quando apresenta a convexidade para cima. Em geral ocorre como uma deformação permanente causada por fraqueza estrutural ou por avaria. O alquebramento é o inverso do tosamento, o qual também pode ser aumentado pelas mesmas causas de deformação.

2.36. Altura do fundo ou pé de caverna (figs. 2-4 e 2-6) – Altura a que se eleva o fundo do casco, da quilha ao bojo, no ponto de encontro entre a tangente ao costado vertical e o prolongamento do fundo do casco; é medida nas linhas moldadas.

2.37. Adelgaçamento (fig. 2-6) – Curvatura ou inclinação para dentro, que tem o costado do navio acima do vau mais comprido.

2.38. Alargamento – Curvatura ou inclinação para fora, do costado do navio; muito comum na região da proa. É o contrário de adelgaçamento.

SEÇÃO B – DESENHO DE LINHAS E PLANO DE FORMAS

2.39. Desenho de linhas – Ao projetar um navio, o construtor naval traça o desenho de linhas ou plano de construção (fig. 2-5), que é a representação da forma e dimensões do casco por projeções de certas linhas em três planos ortogonais de referência. O traço do desenho de linhas é ensinado em Arquitetura Naval.

A superfície do casco de navio contém curvaturas a três dimensões. Se fizermos interceptar esta superfície por planos, as linhas de interceptação serão linhas a duas dimensões, as quais podem ser traçadas em verdadeira grandeza, se projetadas em um dos planos de referência.

2.40. Planos de referência (fig. 2-5) – São os três planos ortogonais em que são projetadas as linhas de interceptação da superfície do casco por uma série de planos paralelos a um deles; são os seguintes os planos de referência do desenho de linhas:

a. Plano da base moldada – É o plano horizontal tangente à parte inferior da superfície moldada. É a origem para todas as distâncias verticais, que se chamam alturas.

b. Plano diametral – É o plano vertical longitudinal de simetria do casco. É a origem para todas as distâncias transversais horizontais que se chamam afastamentos, ou meias-larguras, ou ainda meias-ordenadas.

c. Plano de meia-nau – É o plano vertical transversal a meio comprimento do navio.

2.41. Linhas de referência – As seguintes linhas de referência aparecem no desenho de linhas:

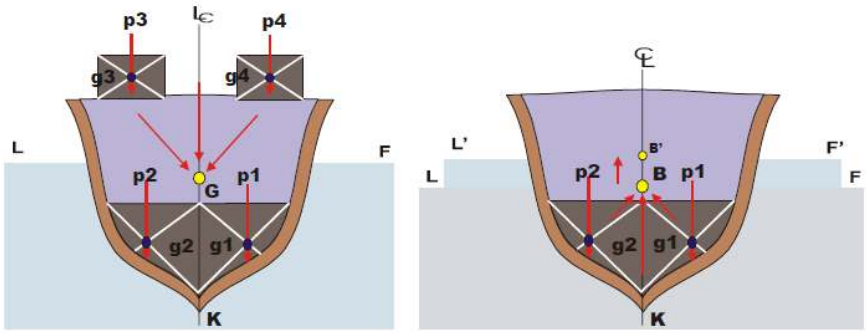
a. Linha da base moldada, linha de construção ou linha base (LB) – É a interseção do plano da base moldada por qualquer dos outros dois planos de referência. Nos navios sem diferença de calado, a linha de base moldada confunde-se com o contorno inferior da interseção da superfície moldada com o plano diametral.

UNIDADE 4

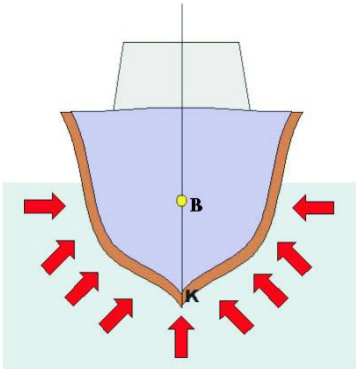
DESLOCAMENTO E FLUTUABILIDADE

4.1 CARACTERÍSTICAS DE PESO DO NAVIO

A resultante de todos os pesos que atuam a bordo: o próprio peso da embarcação vazia, peso dos óleos combustíveis e lubrificantes, água potável, (aguada), lastro de água salgada, da carga e de todos os demais pesos existentes na embarcação, tem como ponto de aplicação o centro de gravidade que é representado, na seção transversal, pela letra “G “. No sentido de cima para baixo.



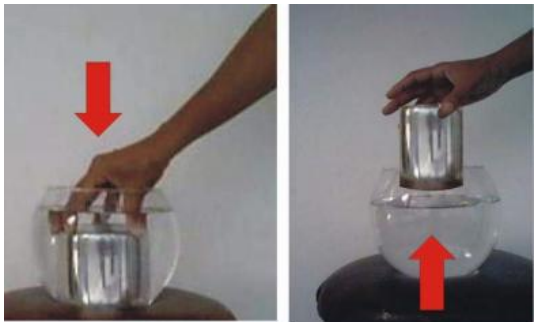
4.2 VOLUME DE CARENA E FORÇA DE EMPUXO



Volume de Carena é o volume das obras vivas

Centro de carena é o centro geométrico das obras vivas. Esse ponto notável tem uma cota vertical, contada a partir do plano de base e é representado por KB.

A Força de empuxo ocorre devido a uma impulsão de baixo para cima. Atua no centro de carena no sentido de baixo para cima.

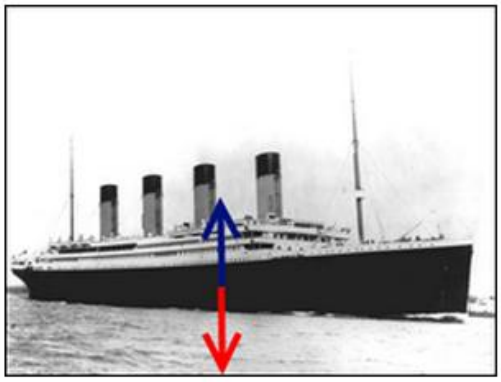


4.3 PRINCÍPIO DE ARQUIMENDES

"Todo corpo mergulhado parcialmente num líquido recebe um empuxo de baixo para cima igual ao peso do líquido deslocado".

4.4 FLUTUABILIDADE

É a propriedade de um corpo de permanecer na superfície de um líquido, no caso do navio, de permanecer na superfície da água.

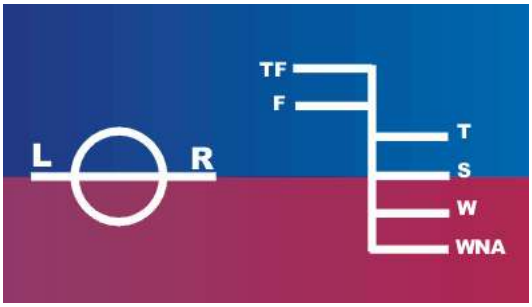


Reserva de flutuabilidade vem a ser os volumes estanques localizados acima da linha de flutuação.

Para que ocorra essa flutuabilidade é preciso que o peso seja igual à força de empuxo.

4.5 LINHAS DE CARGA

Linhas de carga do disco de Plimsoll



As linhas de carga são marcadas no costado da embarcação com a finalidade de se determinar a borda livre de segurança por ocasião dos carregamentos e viagens.

A borda livre foi instituída em 1876, devido à sucessão de acidentes ocasionados por carregamentos excessivos. Ela foi criada por Lord Samuel Plimsoll que inicialmente sugeriu que fosse cravado nos costados de BB e BE, um disco, intitulado disco de Plimsoll.

As linhas de carga são regulamentadas por uma Convenção Internacional de Linhas de Carga.

No Brasil, a DPC (Diretoria de Portos e Costas) do Comando da Marinha, é a autoridade competente para expedir esse Certificado, geralmente delegando tal atribuição às Sociedades Classificadoras.

O objetivo principal de estabelecimento das bordas livres e linhas de carga é a segurança, dotando os navios de uma reserva de flutuabilidade.

Essa linha de carga varia nas diferentes regiões e com as diferentes estações climáticas; em água doce permite-se que seja menor, não só porque a menor densidade ocasiona maior imersão para um mesmo deslocamento, como, principalmente, porque os locais de água doce são áreas abrigadas.

À direita do disco de Plimsoll, a meio navio, são cravadas as seguintes marcas de linhas de carga:

Marcas	Símbolo
Tropical	T
Verão	S
Inverno	W
Inverno no Atlântico Norte	WNA
Água Doce	F
Água Doce Tropical	TF

4.6 CALADO MÉDIO EM FUNÇÃO DO DESLOCAMENTO

É a semi soma entre os valores dos calados a vante e a ré. Para o cálculo desse calado, é preciso fazer as leituras dos calado a vante e a ré e calcular a sua média, conforme o exemplo abaixo:

Cav = 1,80 m

Car = 3,20 m

Cm = (Cav + Car)/2 = (1,80 m + 3,20 m)/2 = 2,50 m

Utilização das escalas de calado

As escalas de calado têm a finalidade de obter o calado médio que serve de elemento de entrada na tabela de dados hidrostáticos, e escala de porte, mostradas abaixo.

Com a tabela hidrostática e a escala de porte, podemos obter o peso da embarcação, também chamado de deslocamento.

Tabela de Dados HidrostÁticos							
CAL	DESL	TPC	MTC	LCB	LCF	KM	KB
2.00	2400	14,40	79,00	-2,40	-2,23	12,40	1,05
2.05	2480,00	14,40	79,25	-2,40	-2,25	12,08	1,07
2.10	2560	14,40	79,50	-2,40	-2,28	11,75	1,10
2.15	2640	14,40	79,75	-2,39	-2,20	11,51	1,12
2.20	2720	14,40	80,00	-2,38	-2,13	11,28	1,14
2.25	2800	14,40	80,00	-2,38	-2,11	11,14	1,17
2.30	2880	14,40	80,00	-2,38	-2,10	11,00	1,19
2.35	2960	14,40	80,00	-2,36	-2,08	10,90	1,21
2.40	3040	14,40	80,00	-2,35	-2,05	10,80	1,23
2.45	3120	14,40	80,25	-2,35	-2,03	10,65	1,26
2.50	3200	14,40	80,50	-2,35	-2,00	10,50	1,28
2.55	3276	14,45	80,50	-2,34	-1,99	10,25	1,31

UNIDADE 5

ESTABILIDADE TRANSVERSAL DO NAVIO

5.1 BRAÇO DE ADRIÇAMENTO E MOMENTO DE ADRIÇAMENTO

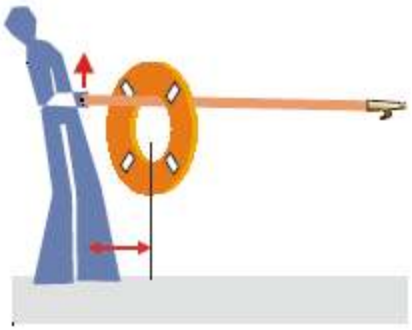
Para estudarmos esses assuntos teremos, de uma maneira simples, que explicar o conceito de momento de uma força e um sistema binário.

Momento de uma força

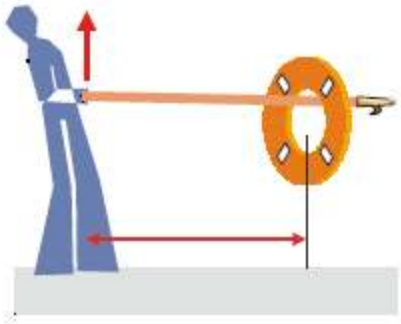
É o produto de uma força ou peso pela distância ao seu ponto de aplicação.

Para melhor entendimento, mostraremos uma experiência que consiste no seguinte: Uma pessoa erguendo uma bóia circular por meio de um croque, segurando na sua ponta e mantendo-a em uma posição horizontal.

No momento em que a bóia está próxima da mão, apresenta um peso.

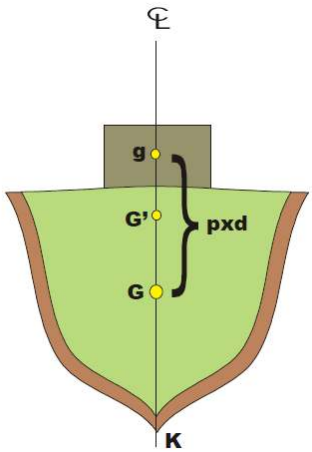


Na medida em que se afasta para a ponta do croque, temos a sensação de que ela fica mais pesada em função do aumento da distância.



Na verdade a bóia não altera o seu peso; o que ocorre é que quanto mais distante ela ficar da mão que sustenta o croque, mais distante ficará seu centro de gravidade da força necessária para neutralizar seu peso, e mantê-la erguida. Isso é o momento de uma força ou um peso.

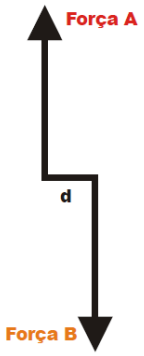
No caso de uma embarcação, todo peso que embarca ou desembarca a bordo terá como ponto ou plano de aplicação do seu momento o plano de base, o ponto K.



Binário

É um sistema de duas forças paralelas, de mesma intensidade e sentidos contrários, aplicadas ao mesmo corpo.

Observe na figura abaixo, que a força A é exercida para cima, enquanto a força B é exercida para baixo e a distância entre essas duas forças é chamada de braço de binário.

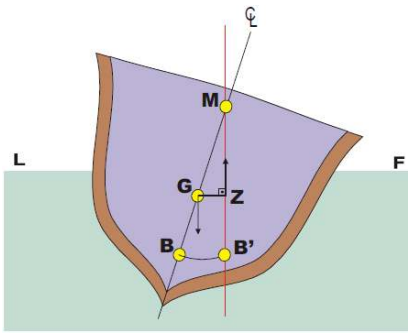


Observamos que a tendência do binário é causar uma rotação. Ao abrir uma torneira, nós utilizamos um sistema binário.



Após a explicação sobre momento de uma força e braço de um binário, é possível verificarmos como isso influi na estabilidade transversal estática.

Observamos na figura abaixo que existe um sistema binário toda vez que uma embarcação balança. Durante o balanço a força de gravidade (peso) atua para baixo e a força do empuxo, para cima.



Observando a figura acima, podemos identificar o binário que se forma, quando ocorre o balanço da embarcação e que existe uma distância entre a força da gravidade (peso) e a força de empuxo, representado pela reta GZ, à qual chamamos de braço de adriçamento ou de estabilidade.

Devido à existência desse binário, ocorre um momento de adriçamento, que corresponde a intensidade da força que levará a embarcação novamente à sua posição de equilíbrio, neste caso, adriçado.

O Momento de Adriçamento é igual ao produto do deslocamento pelo braço de adriçamento ou de estabilidade.

Ele pode ser calculado pela fórmula: ME = Deslocamento x GZ.

Em algumas publicações o deslocamento é representado pelo símbolo D.

Esse assunto é importante para analisarmos as condições de equilíbrio de uma embarcação.

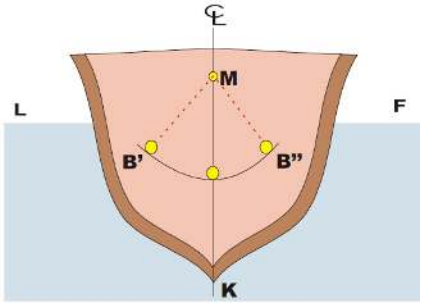
Toda embarcação, em função da distribuição da carga a bordo, pode se encontrar numa dessas três condições de equilíbrio: Estável, Indiferente e Instável.

5.2 ALTURA METACENTRICA

Metacentro Transversal

É o ponto de encontro de duas linhas de ação da força de empuxo quando a embarcação se inclina de dois ângulos muito próximos.

Na figura a seguir, verificamos que o Metacentro é função da movimentação de **B'** para **B"** à medida que a embarcação se inclina.



Esse ponto notável tem uma cota vertical, medida em metros ou em pés, a partir do plano de base representado por KM.

O Metacentro dá origem ao aparecimento de uma distância vertical muito importante para o estudo da estabilidade transversal, que é a altura metacêntrica. Essa altura é a distância entre “G “ e “M“.

Essa altura metacêntrica também é conhecida como GM. O seu valor permite que se tenha uma idéia bastante real da estabilidade da embarcação.

Conhecidos esses pontos notáveis (**K, B, G** e **M**) e suas cotas verticais, poderemos oportunamente aprender as condições de equilíbrio da embarcação.

Devido à existência desse binário, ocorre um momento de adriçamento, que corresponde a intensidade da força que levará a embarcação novamente à sua posição de equilíbrio, neste caso, adriçado.

O Momento de Adriçamento é igual ao produto do deslocamento pelo braço de adriçamento ou de estabilidade.

Ele pode ser calculado pela fórmula: ME = Deslocamento x GZ.

Em algumas publicações o deslocamento é representado pelo símbolo D.

Esse assunto é importante para analisarmos as condições de equilíbrio de uma embarcação.

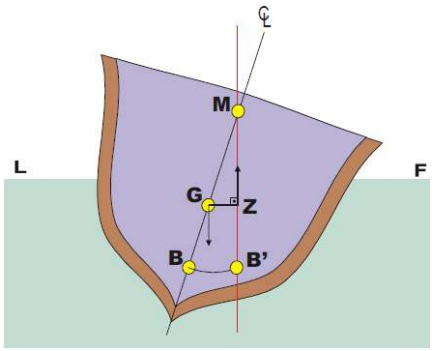
Toda embarcação, em função da distribuição da carga a bordo, pode se encontrar numa dessas três condições de equilíbrio: Estável, Indiferente e Instável.

5.3 CONDIÇÕES DE EQUILÍBRIO DO NAVIO

Equilíbrio Estável

Essa condição ocorre quando a GM é positiva, ou seja, quando a cota do Metacentro ou KM , é maior que a cota do centro de Gravidade ou KG; veja a figura.

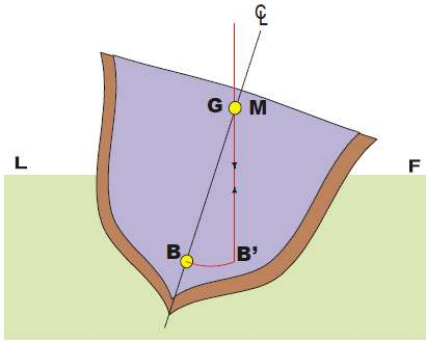
Analisando a figura a seguir, podemos concluir que com GM positiva sempre existe braço de adriçamento (GZ), que compõe o binário, trazendo a embarcação para a posição de equilíbrio inicial.



Podemos concluir também que quanto maior a GM, maior será o braço de adriçamento (GZ) e isto provocará um excesso de estabilidade, que não é uma boa condição de estabilidade, pois aumentará muito o momento de estabilidade provocando balanços bruscos, podendo causar avarias à embarcação, à carga, aos equipamentos e desconforto para a tripulação e passageiros.

Equilíbrio Indiferente

Ele acontece quando a GM é zero, ou seja, quando a cota do Metacentro, KM é igual à cota do centro de Gravidade, KG, conforme mostra a figura.

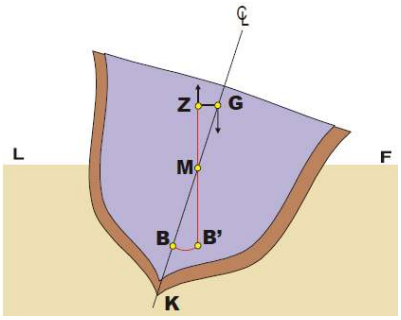


Observando a figura acima, é fácil concluir que, com essa condição de equilíbrio, não existirá o braço de adriçamento, GZ; logo a embarcação se comportará indiferentemente, isto é, caso aderne para um dos bordos, permanecerá adernada numa inclinação constante por não existir braço de adriçamento. Essa condição é indesejável e perigosa.

Quando isto ocorrer o procedimento correto é lastrar os tanques de duplo fundo, deslastrar os tanques elevados ou remover a carga para posições o mais próximo possível ao plano de base da embarcação.

Equilíbrio Instável

É a pior condição de equilíbrio e ela acontece quando a GM é negativa, ou seja, quando a cota do centro de gravidade da embarcação, KG, é maior que a cota do Metacentro, KM, conforme mostrado na figura abaixo.



Analisando a figura anterior, conclui-se que com a GM negativa, o binário composto pela força de gravidade G e pela força de empuxo B, serão criados braços negativos ou de emborcamento, isto significa que ao invés de trazer a embarcação para a posição de equilíbrio inicial tenderá a levá-la a um emborcamento.

A condição instável é, sem dúvida, a pior situação de estabilidade e só se chega a essa situação quando não se faz um planejamento do carregamento das mercadorias e não se controla o consumo do óleo combustível.

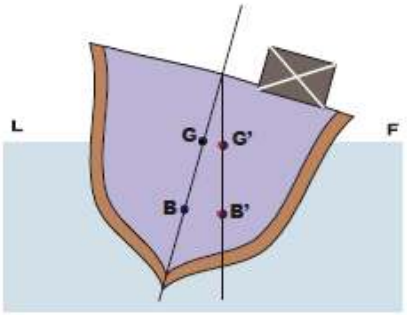
A maneira de se evitar o equilíbrio instável é procurar carregar as mercadorias preferencialmente no fundo da embarcação para aumentar a GM, tomando-se também o cuidado para se evitar o excesso de estabilidade que como já comentamos anteriormente, pode provocar avarias à carga e ao navio.

5.4 BANDA PERMANENTE

Banda

Ocorre quando a embarcação adquire uma inclinação para um dos bordos; seu valor é expresso em graus.

Quando a embarcação adquire uma inclinação permanente, diz-se que ela está com uma banda permanente.



A leitura da banda pode ser verificada num instrumento denominado inclinômetro. Essa banda permanente ocorre devido ao movimento transversal ou vertical do centro de gravidade da embarcação, proveniente da má distribuição de pesos.

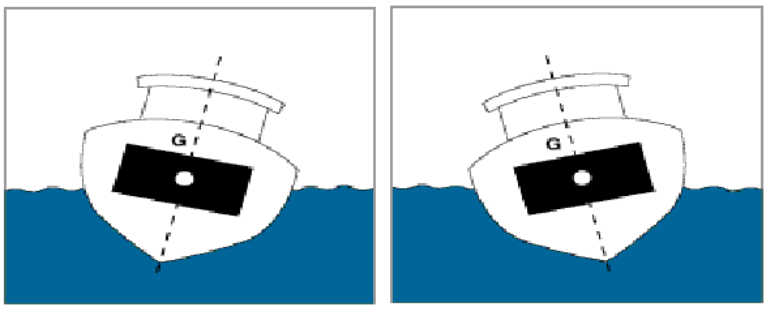
Para evitar essa situação, devemos estar atentos ao carregamento, fazendo com que a quantidade de peso embarcada em um bordo seja igual ao do outro.

Dependendo da posição do centro de gravidade da embarcação e das condições de estabilidade, deve-se evitar carregar peso excessivo acima deste ponto notável.

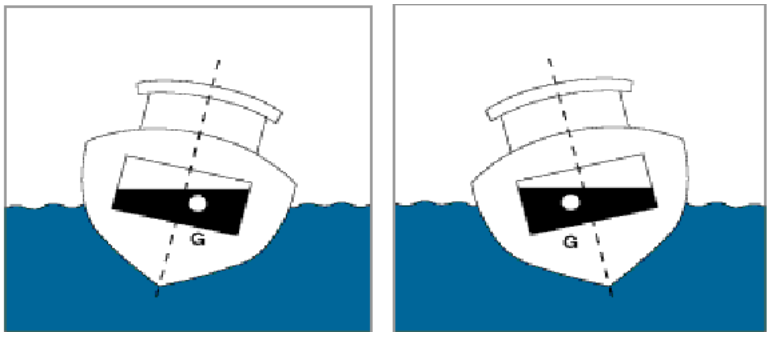
É importante também que a carga seja bem peada e escorada para evitar que a mesma se desloque da sua posição de estivagem, deslocando a posição do centro de gravidade do navio.

5.5 SUPERFÍCIE LIVRE NOS TANQUES DE COMBUSTÍVEL, AGUADA E LASTRO

Quando transportamos líquidos como água, combustível ou mesmo carga líquida em tanques completamente cheios eles não têm para onde se expandir com o movimento da embarcação e se comportarão como sólidos, conforme a figura.



Porém, se os tanques estiverem incompletos, ou seja, parcialmente cheios, quando do balanço da embarcação, os líquidos irão correr para o bordo inclinado. Observe com atenção a figura abaixo.

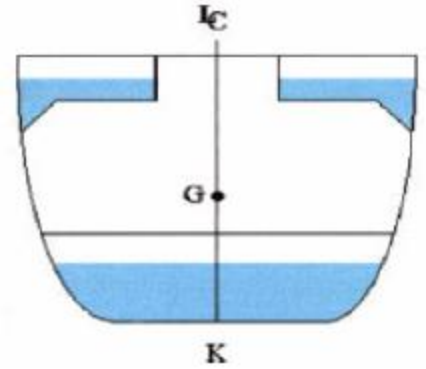


Analisando a figura acima, verificamos que, havendo superfície livre de líquido dentro do tanque, o líquido irá se deslocar para o bordo inclinado, fazendo com que o seu peso fique concentrado neste bordo. O movimento do líquido gera um braço de emborcamento adicional, reduzindo o braço de adriçamento da embarcação, o que compromete a estabilidade. A esse fenômeno se dá o nome de **efeito de superfície livre**.

5.5.1 Principais causas do efeito de superfície livre

As principais causas do efeito da superfície livre são:

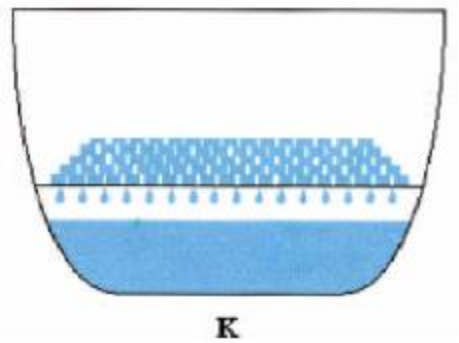
a) Tanques parcialmente cheios – esta situação é bastante comum, principalmente em embarcações de maior porte, onde existe uma série de tanques e muitos deles acima do centro de gravidade. Observe a figura abaixo.



Para evitar esta situação, recomenda-se que os tanques estejam sempre cheios ou totalmente vazios.

Vale citar o caso especial das embarcações de pesca, que armazenam uma quantidade muito grande de gelo para conservar o pescado. Porém, durante a faina de pesca, este gelo vai se transformando em água, que ficará acumulada no porão da embarcação, trazendo um efeito de superfície livre que, muitas vezes, compromete drasticamente a sua estabilidade.

b) Embarque de água ou água aberta – esta situação ocorre quando não há estanqueidade no convés principal ou no casco. A água que vai entrando, seja pelo convés ou pelo casco, vai se acumulando no porão e, dependendo da quantidade, poderá gerar um efeito de superfície livre. Veja a figura abaixo.



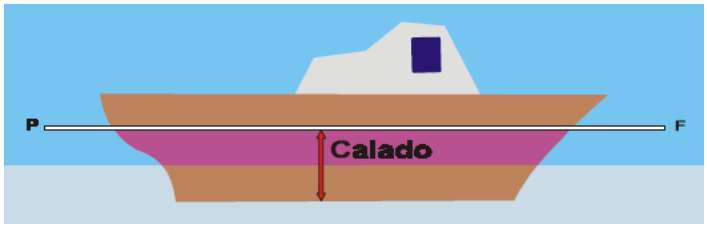
UNIDADE 6

ESTABILIDADE LONGITUDINAL

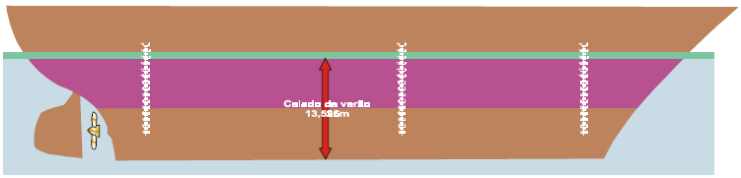
6.1 CALADOS E TRIM OU COMPASSO

Calados

Calado é a distância vertical compreendida entre o plano de base e a superfície da água onde flutua a embarcação.



Obrigatoriamente, em todas as embarcações, são marcados nos costados, a **BE** e a **BB**, a vante, a meio navio e a ré, as escalas numéricas dos calados.



O zero das escalas refere-se ao plano de base (fundo da embarcação).

Trim (t)

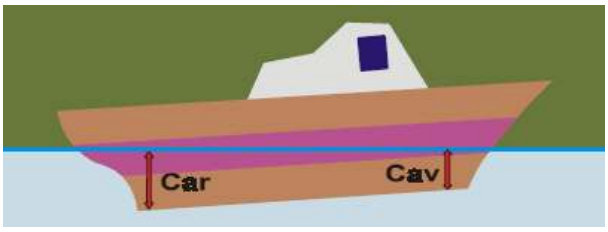
Também conhecido como compasso, é a diferença entre os calados a ré e a vante.

Esse valor pode ser calculado pela fórmula:

$$t = Car - Cav$$

Quando calculamos o compasso, sabemos se a embarcação se encontra derrabada, embicada ou em águas parelhas.

Embarcação derrabada



Ocorre quando o calado a ré é maior do que o calado a vante.

Observe o exemplo acima para a determinação do compasso da embarcação derrabada.

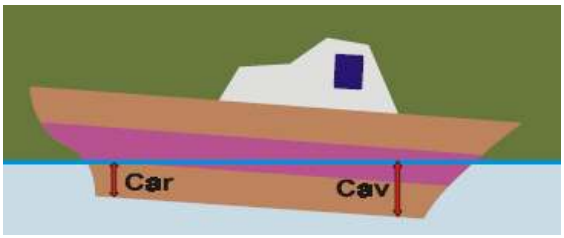
Cav = 2,50 m

Cav = 3,60 m

t = Car – Cav = 1,10 m

Nessa situação verificamos que a embarcação se encontra com o compasso ou trim positivo.

Embarcação embicada



Ocorre quando o calado a vante é maior do que o calado a ré.

Vamos calcular o compasso da embarcação na condição embicada com o seguinte exemplo:

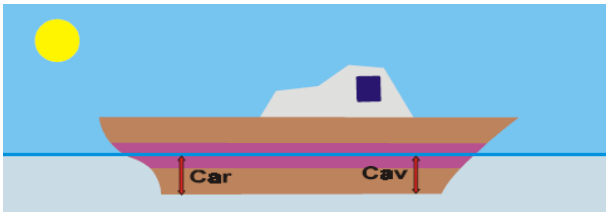
Cav = 2,80 m

Car = 2,00 m

t = Car – Cav = 2,00 m – 2,80 m = - 0,80 m.

Observamos que o valor do compasso é negativo.

Embarcação em águas parelhas



Ocorre quando o calado a vante é igual ao calado a ré. Nessa situação a embarcação encontra-se sem compasso.

No exemplo abaixo vamos calcular o compasso em águas parelhas ou sem compasso:

Cav = 2,50 m

Car = 2,50 m

t = Car – Car = 0

Observamos que o compasso ou trim é zero.

PARTE 6

Sobrevivência no mar e salvatagem

O QUE O PROGRAMA PEDE

- Técnicas e procedimentos para a sobrevivência no mar
- Coletes salva-vidas, boias circulares, pirotécnicos, balsas salva-vidas e suas palamentas, botes de abandono

FONTE REPRODUZIDA NESTA PARTE

CFAQ I-M: Técnicas de Sobrevivência Pessoal (TSP 001), unidades 1 a 7

Diretoria de Portos e Costas · Ensino Profissional Marítimo, Curso de Formação de Aquaviários, 1ª ed., 2013
https://www.pescadorprofissional.com.br/pdf/10-TSP%20001-CFAQ%20I-M%202013.pdf

Terminou esta parte? Resolva questões do assunto.

Telegram: t.me/capitao_amador_bot
Simulado no site: www.capitao-amador.com/mestre-amador/simulado

UNIDADE 1

FUNDAMENTOS DA SOBREVIVÊNCIA NO MAR

1.1 FUNDAMENTOS DA SOBREVIVÊNCIA NO MAR

Segundo o manual de sobrevivência do SAS (*Special Air Service*), tropa de elite das Forças Armadas Britânicas, sobrevivência é a arte de manter-se vivo (*"survival is the art of staying alive"*).

Embora esta definição valha por ser sucinta, um conceito mais analítico da atividade de sobrevivência faz-se necessário. Assim, podemos conceituar sobrevivência como o conjunto de procedimentos e atitudes adotados por um grupo de pessoas, ou por uma pessoa sozinha, que se encontram em situação adversa após terem abandonado um meio de transporte ou uma instalação marítima, com a finalidade de serem resgatados com vida.

As quatro principais ameaças à vida dos náufragos após o abandono da unidade são:

- **O AFOGAMENTO**

Uma pessoa que não saiba nadar e se encontre dentro da água sem colete salva-vidas apresenta grande probabilidade de se afogar. Embora o corpo humano tenha uma densidade que lhe permita flutuar (com as vias aéreas submersas), quem não sabe nadar geralmente entra em pânico, bebe e aspira água, alterando a densidade de seu corpo, vindo a afundar .

⇨ **AÇÃO –** Manter a calma em todas as circunstâncias. Vestir sempre o colete salva-vidas. Evitar pular na água. Procurar abandonar a unidade diretamente para dentro de uma embarcação de sobrevivência.

- **A EXPOSIÇÃO**

A exposição, tanto em clima quente como em clima frio, pode ser fatal ao náufrago. O calor acelera a perda dos fluídos corpóreos e pode levar à morte por insolação. O frio pode conduzir o náufrago à morte por hipotermia.

⇨ **AÇÃO –** Em clima quente: retirar o excesso de roupa, mantendo o corpo protegido. Se exposto diretamente ao sol, manter cabeça e pescoço protegidos. Durante o dia umedecer as roupas com água do mar, retirando o excesso, não exagerando no contato com a água salgada do mar, pois pode causar ulcerações na pele. Prevenir a exaustão pelo calor reduzindo a atividade física. Manter-se quieto e beber água

potável. É importante manter a ventilação no interior da embarcação de sobrevivência abrindo suas entradas, molhando continuamente a cobertura, assim evita-se o efeito estufa pelo aquecimento irregular.

Em clima frio: proteger-se do efeito do vento, especialmente se estiver molhado. Manter a embarcação de sobrevivência o mais seca possível. Retirar sempre a água que embarcar. Sendo possível, erga uma barreira para conter o embarque de água do mar. Secar todas as roupas molhadas. Não havendo roupas secas para vestir no lugar das molhadas, torça-as a fim de retirar todo o excesso de água. Manter o corpo aquecido cobrindo-o com o que dispuser a bordo da embarcação salva-vidas. Agrupar-se aos demais sobreviventes. Em hipótese alguma fornecer bebidas alcoólicas para os náufragos.

- **A SEDE**

O náufrago pode sobreviver por longos períodos sem comer, *desde que tenha água para beber.*

O homem adulto tem em seu organismo, em média, 30 litros de água e perde, diariamente, em torno de um litro de água, através do suor e da urina. Essa perda deve ser reposta, caso contrário inicia-se um processo de *desidratação,* que é a perda contínua de líquido e, como conseqüência, pode levar à morte.

Portanto, a reposição de água no organismo do náufrago é vital, porém em nenhuma circunstância deve-se tomar água do mar (água salgada) ou urina, pois, a ingestão desses líquidos pode acelerar o processo de desidratação.

⇨ **AÇÃO –** As embarcações de sobrevivência possuem água armazenada em sacos ou outros recipientes plásticos, denominadas de *ração líquida*, para serem usadas nessas situações. Entretanto, recomenda-se um racionamento rigoroso, inclusive podendo ficar sem beber água nas primeiras 24 horas do naufrágio. Uma forma eficaz de se manter o estoque de água é o recolhimento de água da chuva.

- **A FOME**

Alimentação vem no final da lista de prioridades em sobrevivência no mar. Proteger-se do sol, vento, água do mar e do frio, bem como procurar manter o equilíbrio hídrico do organismo, conservando a água do corpo são bem mais importantes do que comer.

O corpo necessita primeiramente de açúcar e carboidratos, não de carne. O corpo humano, em estado de repouso pode sobreviver por semanas com apenas 750 calorias por dia. Com o passar do tempo, o estômago encolhe e logo o náufrago se acostuma com a dieta reduzida.

⇨ **AÇÃO –** As embarcações de sobrevivência possuem rações sólidas, compostas geralmente de jujubas, devendo ser consumidas de acordo com as instruções do manual de sobrevivência no mar. O mar fornece ao náufrago algumas fontes de alimentação – peixes, aves marinhas, tartarugas, algas marinhas. Devem-se seguir as

instruções do manual de sobrevivência no mar relacionadas com a obtenção de alimentos. O líder deve incentivar a pesca no grupo, pois além de dirigir os esforços dos náufragos para a obtenção de alimentos, estará desenvolvendo uma atividade produtiva, sendo a pesca também considerada como terapia ocupacional.

Além dos principais riscos citados acima, existem outros que também devem ser observados pelos náufragos, tais como:

- **O PÂNICO**

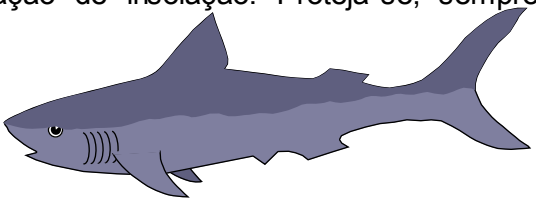
Todos nós sentimos medo em situações de perigo, até mesmo as pessoas mais experientes sentem também, o importante é saber controlar esse medo de modo que, não atrapalhe nas ações a serem tomadas em um momento como esse. No entanto, as pessoas que se deixam levar pelo *medo* entram em *pânico,* ou seja, o *pânico* é um medo exagerado que desorienta e faz com que a pessoa fique incapacitada de raciocinar e agir.

⇨ **AÇÃO –** Manter a calma em todas as circunstâncias. Os treinamentos de emergência a bordo são excelentes formas de levar o tripulante a ter maior confiança e segurança nas ações a serem tomadas. A autoconfiança é o melhor remédio para combater o pânico.

- **O CANSAÇO**

Nas primeiras horas do naufrágio há um desgaste muito grande de todos, seja para coordenar as ações que antecedem um abandono seja o próprio desgaste emocional que reflete no estado físico, sob a forma de cansaço extremo, ou fadiga. É uma situação perigosa, porque a tendência é *entregar os pontos*, e deixar que as coisas aconteçam perdendo, assim, o controle. Além disso, a fadiga acelera o metabolismo, fazendo com que se perca mais água e energia.

⇨ **AÇÃO –** A melhor forma de combater a fadiga é dividir os serviços e estabelecer um período de descanso para cada período de trabalho executado, ou seja, estabelecer a bordo da embarcação de sobrevivência uma rotina de trabalho/descanso. Outro ponto importante para combater a fadiga é evitar passar muito tempo exposto ao sol. Os raios solares, além de aumentarem a perda de líquidos pelo suor, pode levar o organismo do náufrago a uma situação de insolação. Proteja-se, sempre que possível, da exposição exagerada .



- **OS PREDADORES**

O náufrago é uma presa fácil para predadores, principalmente em mar aberto; e o predador mais conhecido é, sem dúvida, o tubarão. No entanto, cabe observar que nem todas as espécies de tubarão são predadores, ou seja, atacam o homem. Mas, atenção, porque esse animal é ágil e voraz.

⇨ **AÇÃO –** A forma mais correta é evitar a exposição; permaneça na embarcação de sobrevivência até a chegada do resgate. Não deixe pernas ou braços na água, principalmente se estiver ferido ou sangrando, isso atrai o tubarão e outros predadores. Em caso de necessidade cair na água, faça-o amarrado a um cabo.

L E M B R E - S E:
VOCÊ NÃO É UM SOBREVIVENTE ATÉ QUE SEJA RESGATADO!

1.2 TABELA MESTRA

A Convenção SOLAS demandam que toda tripulação deve estar preparada para emergências. Os métodos prescritos para essa preparação são basicamente a provisão de uma Tabela de Postos (Tabela Mestra – *Muster List*) e a execução periódica de exercícios de salvatagem (destacando os exercícios de abandono e de combate a incêndio).

As Tabelas Mestras devem estar dispostas em locais visíveis por toda a unidade, incluindo os compartimentos de controle e os espaços das acomodações. Deverão especificar detalhes dos sinais do sistema geral de alarmes, bem como a ação a ser adotada nas diversas fainas de emergência por cada pessoa a bordo, quando esses alarmes forem soados, indicando a localização para qual devem se dirigir, e as ações gerais esperadas, se aplicado.

A Tabela Mestra deverá incluir as seguintes tarefas:

1 fechamento das portas estanques, portas de incêndio, válvulas, embornais, portinholas, gaiútas, vigias e outras aberturas semelhantes existentes na unidade;
2 equipamento das embarcações de sobrevivência e outros equipamentos salva-vidas;
3 preparação e lançamento das embarcações de sobrevivência;
4 preparativos gerais de outros equipamentos salva-vidas;
5 reunião de visitantes;
6 utilização dos equipamentos de comunicações;
7 composição das equipes de combate a incêndio;
8 tarefas especiais relativas à utilização dos equipamentos e instalações de combate a incêndio;
9 tarefas de emergência no heliponto;
10 tarefas especiais estabelecidas no evento de vazamento fora de controle de gás sulfídrico, incluindo parada de emergência.

A Tabela Mestra deverá especificar os substitutos das pessoas chave que possam vir a ficar inválidas, levando em consideração que diferentes situações de emergência podem exigir ações diferentes.

Além disso, a Tabela Mestra deverá indicar as tarefas designadas aos diversos membros da unidade com relação aos visitantes em caso de emergência.

UNIDADE 2

EQUIPAMENTOS DE SALVATAGEM

2.1 EQUIPAMENTOS INDIVIDUAIS

É importante destacar que o equipamento individual de salvatagem faz a diferença em uma emergência no mar, ou seja, a pessoa que estiver utilizando-o tem muito mais chances de sobreviver do que quem não está.

Os equipamentos individuais de salvatagem podem ser coletes salva-vidas, bóias salva-vidas, roupas de imersão, meios de proteção térmica e roupas anti-exposição.

- **COLETE SALVA-VIDAS**

Existem vários modelos de coletes salva-vidas, contudo, para serem válidos devem estar aprovados pela *Autoridade Marítima Brasileira.* Para saber se o modelo é aprovado, basta verificar se existe um carimbo com os dizeres: *"Homologado pela Diretoria de Portos e Costas – DPC sob o nº XXXX ".*

O propósito do colete salva-vidas é prover flutuabilidade positiva ao náufrago, o que significa que, com o colete, a pessoa não se afoga.

De acordo com o Capítulo 03 da convenção SOLAS, deverá existir um colete salva-vidas para cada pessoa a bordo da navio. Adicionalmente, deverá haver um número suficiente de coletes salva-vidas, guardados em locais apropriados, para o pessoal de serviço em localidades onde seus coletes salva-vidas não estejam acessíveis de imediato, além dos postos de abandono.

- **COLETE TIPO I**

A figura ao lado representa o colete salva-vidas classe I, fabricado conforme os requisitos previstos na Convenção SOLAS (Código LSA).



Figura 1: Colete Tipo I.

Esses coletes têm como acessórios obrigatórios uma luz de sinalização de emergência, fitas retro-refletivas e um apito firmemente preso por um cordão. É confeccionado para dar flutuabilidade a um homem adulto de forma a manter, mesmo se a pessoa estiver inconsciente, em posição vertical, levemente inclinada para trás, com a cabeça fora d'água.

- **COLETE TIPO II**

É semelhante ao tipo I, porém sem a luz de indicação de posição. Recomendado para navegação de mar aberto (cabotagem).

- **COLETE TIPO III**

É mais simples, não tendo o poder de adriçar verticalmente o náufrago, como faz os de classe I e II, como acessórios só tem as fitas refletivas. Recomendado somente para embarcações empregadas em águas abrigadas.

- **COLETE TIPO IV**

São coletes empregados para proteger o tripulante, contra eventuais quedas no mar quando estiver desenvolvendo qualquer atividade próxima à borda da embarcação. Permite a ampla mobilidade do tripulante.



Figura 2: Colete Tipo IV.

OBSERVAÇÃO IMPORTANTE.

A BORDO, O SEU COLETE SALVA-VIDAS DEVE ESTAR SEMPRE PRONTO A SER USADO, OU SEJA, EM BOM ESTADO DE CONSERVAÇÃO E EM LUGAR DE FÁCIL ACESSO.

➢ ROUPA DE IMERSÃO

Roupa de imersão é uma roupa de proteção que reduz a perda de calor de uma pessoa imersa em água fria, que a estiver usando (Cap. III da SOLAS). São roupas próprias para lugares onde faz muito frio, consiste em um macacão impermeável, que possibilita a manutenção da temperatura do corpo por um determinado período (figura 3). Essa roupa, reduz os efeitos da hipotermia, que consiste na diminuição da temperatura corporal em decorrência da troca de calor com o meio ambiente mais frio e que pode levar à morte.

IMPORTANTE!

NOS NAVIOS DE BANDEIRA DE CLIMA QUENTE, NÃO HAVERÁ NECESSIDADE DESSA ROUPA DE IMERSÃO, A CRITÉRIO DA ADMINISTRAÇÃO.



Figura 3: roupa de imersão.

➢ BÓIA SALVA-VIDAS

A bóia salva-vidas é um equipamento próprio para resgatar pessoas que estejam na água, podendo ser lançada à água.

Conforme o Cap 3 da convenção SOLAS, pelo menos 8 (oito) bóias salva-vidas devem ser providas a bordo de cada unidade. Unidades com mais de 100 (cem) metros de comprimento, devem estar dotadas de não menos do que o número de bóias salva-vidas prescrito na tabela abaixo.

COMPRIMENTO DO NAVIO EM METROS	NÚMERO MÍNIMO DE BÓIAS SALVA-VIDAS
Menos de 60	8
60 e menos de 120	12
120 e menos de 180	18
180 e menos de 240	24
240 ou mais	30

O modelo mais comum é a circular (figura 4), que pode ter como acessórios:

- ⇨ **Retinida flutuante (30m de comprimento, no mínimo)**
- ⇨ **Dispositivo de iluminação automática (facho holmes)**
- ⇨ **Sinal fumígeno flutuante laranja**



Figura 4: Boia salva-vidas tipo circular..

➢ MEIO DE PROTEÇÃO TÉRMICA

Meio de proteção térmica é um saco, ou roupa, confeccionado com material à prova d'água, com baixa condutividade térmica. (número 24, da regra 3 do Cap. III da SOLAS). O MODU Code não faz referência a esse equipamento em seu Capítulo 10, contudo, o meio de proteção (figura 5) térmica faz parte da palamenta das embarcações de sobrevivência e de salvamento, de acordo com o LSA Code.



Figura 5: Meio de proteção térmica.

- **ROUPA ANTI-EXPOSIÇÃO**

Roupa anti-exposição é uma roupa de proteção projetada para ser utilizada pela tripulação de embarcações de salvamento e por equipes de sistemas de evacuação marítima (número 1, da regra 3 do Cap. III da SOLAS). A figura 6 abaixo é um dos modelos de roupa anti-exposição existente no mercado.

O MODU Code também não faz referência a esse equipamento, sendo uma novidade introduzida pelo LSA Code.



Figura 6: Roupa anti-exposição.

UNIDADE 3

EMBARCAÇÕES DE SOBREVIVÊNCIA E DE SALVAMENTO

Os equipamentos coletivos de salvatagem são as embarcações miúdas existentes a bordo das unidades e classificam-se em embarcações de sobrevivência e de salvamento. As primeiras, por sua vez, se subdividem em embarcações salva-vidas e balsas salva-vidas.

1) Embarcações de Sobrevivência:
   1.1) Embarcações salva-vidas (baleeira)
   1.2) Balsa salva-vidas

2) Embarcações de Salvamento

3.1. EMBARCAÇÕES DE SOBREVIVÊNCIA

Embarcação de sobrevivência é definida como uma embarcação capaz de preservar as vidas das pessoas em perigo, a partir do momento em que abandonam o navio. (Cap. III da SOLAS). Os navios mercantes deverão carregar em cada bordo, uma ou mais embarcações salva-vidas, de modo que sua capacidade agregada em cada bordo, acomode o total de pessoas designadas para o posto de abandono. As baleeiras geralmente são arriadas na água, bem como recuperadas, por meio de dispositivos denominados de turcos.



Figura 7: Embarcação salva-vidas.

3.1.1 Embarcações salva-vidas

As embarcações salva-vidas são conhecidas no Brasil como baleeiras.



Figura 8: Baleeira.

Outro tipo de lançamento para a baleeira é a queda livre (figura 9).



Figura 9:

3.1.2 Balsas salva-vidas

A balsa inflável consiste em duas ou mais câmaras de flutuação independentes, um piso inflável e uma cobertura erguida por um tubo também inflável (figura 10).



Figura 10

Segundo a Convenção SOLAS, cada navio mercante deverá carregar uma ou mais balsas, capazes de serem lançadas por qualquer dos bordos do navio, de modo a que em cada posto de abandono a capacidade agregada acomode todas as pessoas a bordo. Caso essa balsa ou balsas não possam ser prontamente transferidas para lançamento de um bordo para outro, a capacidade total disponível em cada lado da unidade deverá ser suficiente para acomodar o número total de pessoas a bordo.

As balsas podem ser lançadas por três métodos:

➔ Lançamento pela borda (manual)
➔ Liberação por flutuação livre
➔ Arriamento por turco.

Caso uma balsa salva-vidas infle emborcada, uma pessoa facilmente poderá endireitá-la, pois no fundo da embarcação existem tiras de endireitamento para auxiliar nessa manobra, conforme demonstrado na figura 11.



Figura 11

3.2 EMBARCAÇÃO DE SALVAMENTO

Define-se embarcação de salvamento como uma embarcação concebida para salvar pessoas em perigo e conduzir as embarcações de sobrevivência. (Cap. III da SOLAS).

Segundo SOLAS, cada navio deverá carregar a bordo pelo menos uma embarcação de salvamento (bote de resgate).

O LSA Code dispõe que as embarcações de salvamento poderão ser do tipo rígido, inflável, ou uma combinação dos dois (semi-rígido), devendo ter um comprimento não inferior a

3,8 metros e não superior a 8,5 metros, e ser capazes de transportar pelo menos cinco pessoas sentadas e uma pessoa deitada em uma maca.

Atualmente há duas concepções de embarcação de salvamento. A embarcação de salvamento (*rescue boat*) descrita no LSA Code e a embarcação de salvamento rápida (*fast rescue boat* – figura 12), descrita na Resolução IMO A.656(16).



Figura 12: “Fast rescue boat”.

UNIDADE 4

EQUIPAMENTO DE COMUNICAÇÃO E SINALIZAÇÃO DE EMERGÊNCIA

A comunicação marítima sempre foi um tema em evidência no âmbito da IMO. Existem métodos padronizados para transmissão de mensagens de perigo por meio dos transmissores de bordo. Entretanto, o uso das EPIRBs e dos sistemas de satélites são atualmente bastante comuns.

Além disso, as embarcações de sobrevivência são dotadas de equipamentos de sinalização visual, para serem utilizados na cena da ação. São eles os foguetes iluminativos com pára-quedas, os fachos manuais, os sinais fumígenos flutuantes e o espelho heliográfico.

4.1 EQUIPAMENTOS DE COMUNICAÇÃO

Segundo a Convenção SOLAS, todos os navios mercantes devem ter a bordo três rádios VHF portáteis e devem estar disponíveis, de modo a serem rapidamente conduzidos para qualquer embarcação salva-vidas

O navio mercante deve carregar dois transponder radar (SART – *Search and Rescue Transponder* – figura 13)., de modo a serem rapidamente transferidos para qualquer embarcação salva-vidas.



Figura 13: “Transponder”.

As normas internacionais estabelecem que os navios mercantes, devem ter a bordo uma EPIRB (*Emergency Position Indicating Radio Beacon* – figura 14). As EPIRBs requeridas pela Convenção SOLAS operam na freqüência de 406.0 MHz e transmitem um sinal codificado de

emergência para os satélites do sistema COPAS-SARSAT. Esses equipamentos modernos permitem a rápida detecção de náufragos, reduzindo significativamente o tempo resposta das equipes de busca e salvamento.



Figura 14: “EPIRB”.

4.2 EQUIPAMENTOS DE SINALIZAÇÃO

As embarcações salva-vidas tem como item da sua palamenta foguetes iluminativos com paraquedas (figura 15), fachos manuais, fumígenos (figura 16) e devem atender as regras prescritas no LSA Code.



Figura 15: Foquete iluminativo.



Figura 16: Fumígeno.

UNIDADE 5

AÇÕES PARA SOBREVIVÊNCIA E DE SALVATAGEM

5.1 PADRONIZAÇÃO DE PROCEDIMENTOS

5.1.1 Familiarização da tripulação por meio de exercícios de salvatagem

Todo pessoal que trabalha a bordo de um navio mercante tem que estar familiarizado com as suas funções, inclusive aquelas ligadas às fainas de emergência.

Como visto anteriormente, a Tabela Mestra é um quadro onde estão dispostas as atribuições de todos os tripulantes nas principais fainas de emergência.

Qualquer pessoa que esteja no navio, seja tripulante ou visitante, deve se familiarizar com a tabela mestra.

Uma das formas de prover a familiarização dos trabalhadores com as suas atribuições durante as emergências é por intermédio da execução de exercícios periódicos.

Assim, os exercícios de salvatagem preparam a tripulação para enfrentar com proficiência uma situação de emergência. Os exercícios periódicos nos preparam para:

1) Conhecer os meios e as técnicas de sobrevivência.
2) Dispor dos meios de sobrevivência.
3) Manusear os meios com eficácia.
4) Desenvolver as técnicas de sobrevivência.
5) Manter em bom estado de conservação os meios.

Segundo Convenção SOLAS, um exercício de abandono do navio, bem como de combate a incêndio, deve ser conduzido todo mês. Tais exercícios devem ser programados de modo que todo o pessoal de bordo participe de um exercício de abandono e combate a incêndio pelo menos uma vez por mês.

5.1.2 Avisos de emergência

Cada navio mercante deverá ser provido de um sistema de alarme geral, instalado de modo a ser claramente perceptível em todas as partes da unidade.

Estações de controle para ativação dos alarmes devem ser instaladas de modo a satisfazer a Administração.

Os sinais mais importante a bordo são os seguintes:

- ⇨ **sinal de alarme geral**;
- ⇨ **alarme de incêndio;** e
- ⇨ **sinal de abandono da unidade.**.

Esses sinais deverão estar claramente descritos na Tabela de Postos.

5.2 PESSOAS ENCARREGADAS

Em cada navio mercante, a pessoa responsável por todos a bordo em uma situação de emergência deve ser claramente definida. Essa pessoa encarregada deve estar familiarizada com as características, capacidades e limitações do navio. Além disso, essa pessoa encarregada deve reconhecer completamente sua responsabilidade no que tange à organização dos procedimentos de emergência e das ações a serem executadas, na condução de exercícios de emergência e treinamentos, e por manter o registro de tais atividades.

Deve existir a bordo um número suficiente de pessoas treinadas para reunir e auxiliar as pessoas não treinadas. Também é importante existir a bordo um número suficiente de pessoas certificadas para lançamento e operação das embarcações de sobrevivência. Essas pessoas certificadas devem ser designadas para o comando, bem como para a função de segundo em comando, em cada embarcação salva-vidas.

A pessoa em comando e o segundo em comando da embarcação salva-vidas, deverão possuir uma lista contendo os nomes de todas as pessoas designadas para sua embarcação e deverão verificar se essas pessoas estão familiarizadas com suas tarefas.

Na distribuição do pessoal pelas embarcações salva-vidas, deverá ser assegurado que em cada baleeira seja designada uma pessoa que seja capaz de operar o equipamento de rádio da embarcação. Também deverá ser designada para cada embarcação salva-vidas uma pessoa que seja capaz de operar o motor e realizar pequenas regulagens.

5.3 POSTOS DE REUNIÃO E DE ABANDONO NAS EMBARCAÇÕES SALVA-VIDAS

Os postos de reunião e de abandono devem se localizar o mais próximo possível do posto de abandono. Cada estação de reunião deverá possuir um espaço livre suficiente para acomodar todas as pessoas designadas para aquele posto.

É importante que os postos de reunião e de abandono sejam de fácil acesso a partir das áreas habitáveis e de trabalho. Os postos de reunião e de abandono, bem como os corredores, escadas e saídas que lhes dão acesso, deverão ser adequadamente iluminadas por meio de um sistema de iluminação alimentado por fonte de suprimento de energia elétrica de emergência.

Os postos de reunião e de abandono nas embarcações de sobrevivência lançadas por meio de turco deverão ser dispostas de modo a permitir o embarque de pessoas transportadas em macas.

Segundo a Convenção SOLAS, todas as pessoas designadas para uma embarcação salva-vidas devem nela embarcar em até 3 minutos após a ordem de embarque ser dada.



UNIDADE 6

EVACUAÇÃO E ABANDONO POR AR (HELICÓPTERO) E POR MAR

Durante uma situação de emergência, determinadas pessoas serão requisitadas a comporem equipes específicas para lidar com o problema. Alguns estarão envolvidos, por exemplo, com o combate a incêndio. Outros poderão estar engajados com operação de apoio, guarnecendo a estação de rádio ou o heliponto, resgatando pessoas e prestando os cuidados médicos, ou então, preparando as embarcações de sobrevivência para um eventual abandono da unidade.

Dependendo do tipo da emergência, a Tabela de Postos pode indicar que os visitantes e tripulantes não essenciais devam se dirigir às embarcações de sobrevivência ou a um lugar seguro nas acomodações.

O Comandante, auxiliado pelos Oficiais, irá providenciar para que os procedimentos de emergência estabelecidos no plano de contingência do navio sejam prontamente implementados, informando imediatamente os serviços de resgate baseados em terra e toda assistência disponível nas proximidades.

6.1 FASES DO ABANDONO / EVACUAÇÃO

Para fins didáticos, o abandono / evacuação do navio pode ser dividido em três fases, quais sejam:

1) <u>Fase prévia ao abandono / evacuação</u>

Desde o momento da ocorrência da emergência até o abandono / evacuação do navio. As ações tomadas nesta fase visam a suplementar os equipamentos disponíveis em todas as embarcações de sobrevivência e equipar adequadamente o pessoal para enfrentar as piores condições possíveis. Alguns exemplos dessas ações prévias:

a) Indivíduos	Vestir mais roupas e, caso exista a bordo, uma roupa de abandono. Vestir o colete salva-vidas e manter-se seco. Se possível procure levar uma lanterna e um rádio portátil do tipo “walkie-talkie” (especialmente se operar no canal 16 VHF).
b) Tripulação de convés	Coletar pirotécnicos extras, equipamento lança retinidas, etc..
c) Tripulação de câmara	Levar razões extras (líquidas e sólidas), cobertores, TPA, etc.
d) Oficial de serviço no passadiço	EPIRB, transponder, VHF portáteis, etc.

2) <u>Fase durante o abandono / evacuação</u>

Desde que se decida pelo abandono / evacuação até o momento em que todas as pessoas tenham deixado a unidade. Nesta fase o fundamental é manter a calma e executar os procedimentos de abandono da forma mais proficiente possível. Os visitantes devem ter uma atenção especial, pois podem entrar em pânico, o qual pode contagiar as demais pessoas.

3) <u>Fase depois do abandono / evacuação</u>

Quando as pessoas estejam fora do navio. Os primeiros vinte minutos após todos terem deixado o navio são considerados os mais críticos. Se superados adequadamente, as chances de todos serem resgatados com vida é quase uma certeza.

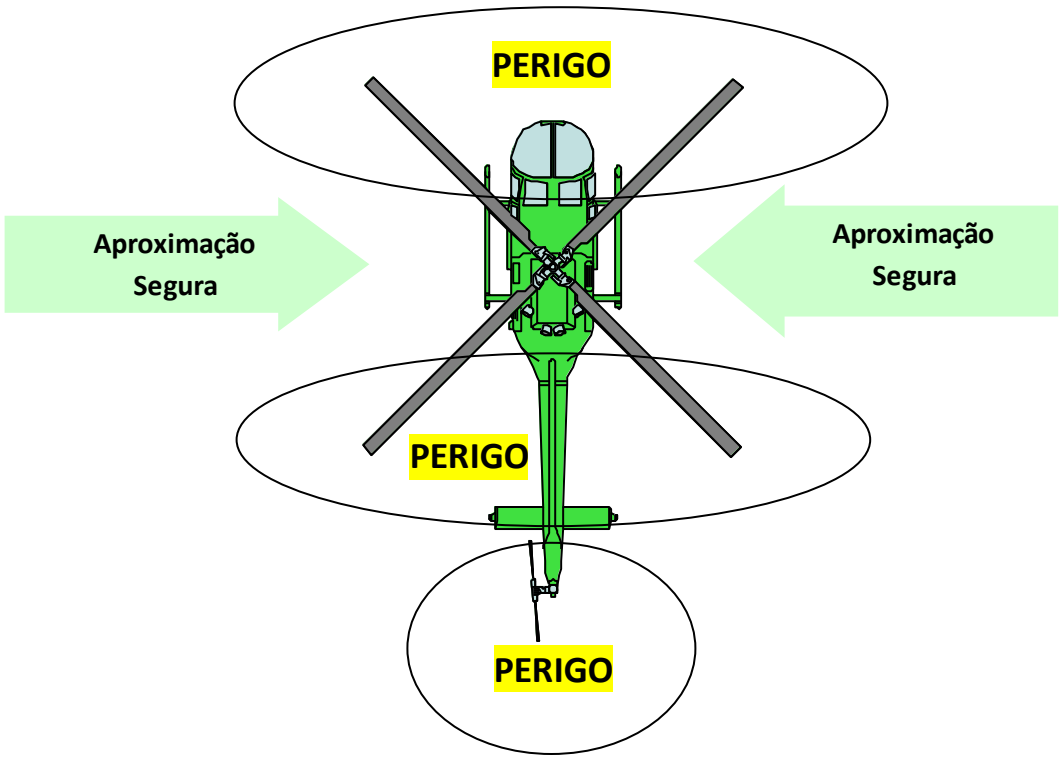
Tal divisão pode parecer simplista, contudo, procura revelar que o abandono/ evacuação da unidade deve ser realizado com a máxima proficiência, sem pânico, por meio da execução de procedimentos adequadamente previstos e treinados.

O abandono / evacuação o navio, por se tratar de uma medida extrema, se justifica quando a mesma não mais fornecer condições seguras a seus ocupantes.

A ORDEM PARA ABANDONAR OU EVACUAR O NAVIO DEVE SER DADA PELA PESSOA ENCARREGADA E CLARAMENTE IDENTIFICADA PARA TAL.

6.1.1 Evacuação por ar (helicóptero)

No caso de evacuação de um navio mercante por meio de helicóptero, o ideal, é utilizar o um ponto pré-definido, observando as medidas de segurança padrão.



Os tripulantes devem se lembrar de que os dois maiores perigos na aproximação de um helicóptero com os rotores funcionando são a inclinação do rotor principal para frente e o giro do rotor de cauda. Ambos os perigos podem ser evitados ficando fora das zonas de risco, como na figura abaixo (figura 16). Outro ponto que deve ser observado na aproximação de uma aeronave é com objetos soltos no corpo, como por exemplo, bonés, bolsas, casacos pendurados nos ombros, os quais podem ser arrancados e atingir os motores da aeronave.

Contudo, é possível que a aeronave não possa efetuar o pouso. Neste caso, as pessoas serão içadas por meio dos acessórios encontrados a bordo das aeronaves SAR.

Nessa operação é procedimento comum que um tripulante da aeronave seja descido para auxiliar as pessoas com o equipamento de içamento.

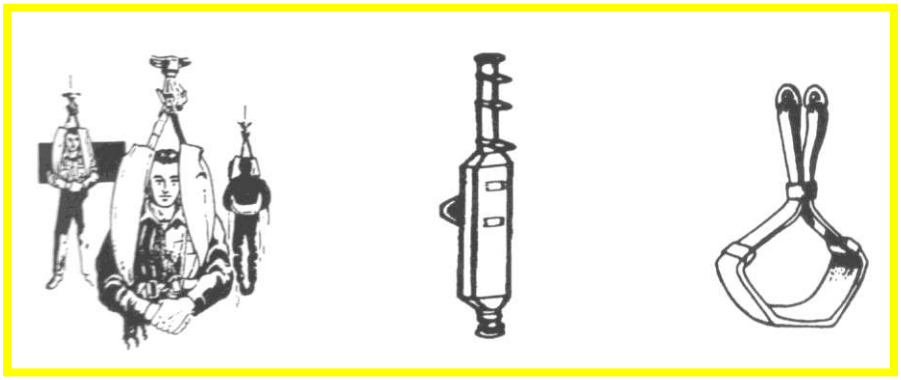


Figura 17: Alça de içamento.

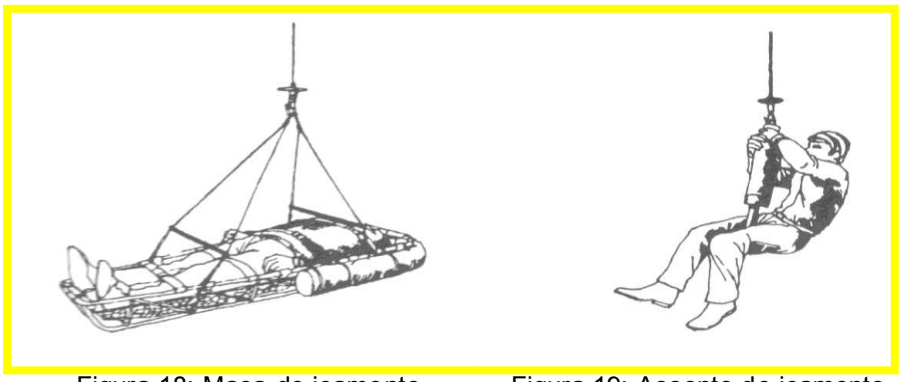


Figura 18: Maca de içamento.

Figura 19: Assento de içamento.

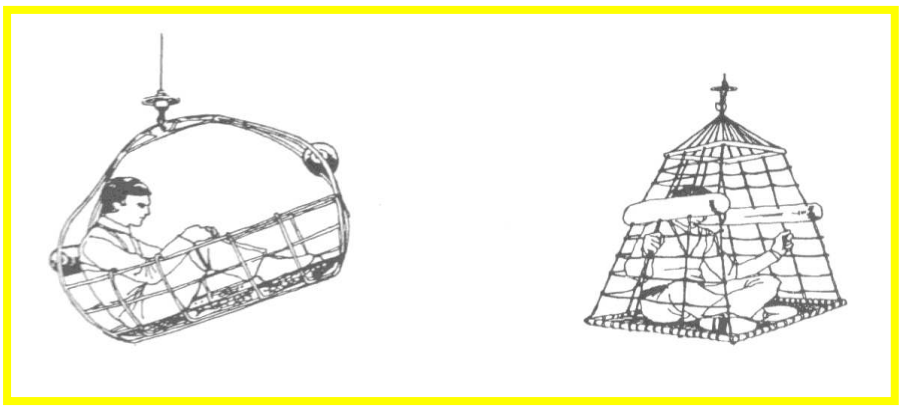


Figura 20: Cesta de içamento.

Figura 21: Rede de içamento.

O meio comum de retirada de pessoas é por meio da alça de salvamento (sling), pois permite o recolhimento rápido das pessoas. Tem, entretanto, o inconveniente de não poder ser usado em pessoas acidentadas.

Os acidentados geralmente serão resgatados por meio da padiola (maca) de salvamento que faz parte do equipamento das aeronaves de SAR, dando-se preferência a estas padiolas do que das embarcadas no navio, por serem mais seguras para a pessoa acidentada.

Antes de alguém a bordo da unidade tocar o dispositivo de içamento do helicóptero, deverá deixar que a extremidade do cabo toque em alguma parte metálica do convés para que a eletricidade estática seja descarregada.

É importante lembrar que em hipótese algum o dispositivo de içamento descido pelo helicóptero deverá ser fixado à unidade.

6.1.2 Procedimentos de abandono

Ao escutar o toque de abandono, as pessoas devem vestir roupas adicionais (roupas quentes) e os coletes salva-vidas e então, dirigirem-se para suas estações de reunião. Esse toque antecede a ordem de abandono verbal emanada da pessoa encarregada.

Na estação de reunião (ou de embarque), haverá a conferência, por parte dos encarregados das embarcações de sobrevivência, se todas as pessoas designadas para elas estão presentes.

Após, inicia-se a execução dos procedimentos de lançamento e embarque nas embarcações de sobrevivência. Com a embarcação na água, afasta-se da unidade sinistrada o suficiente para evitar riscos.

No caso de abandono por meio de balsa salva-vidas, as pessoas deverão descer por escadas até as balsas infladas no mar, embarcando diretamente, sem, contudo, saltar sobre seu toldo. Após todos estarem embarcados, o cabo de acionamento deve ser cortado e a embarcação afastada da unidade.

O salto na água, como meio de abandonar a unidade, é desaconselhável e indesejável. A altura do salto pode causar lesões nas pessoas. Além disso, tem-se o problema da hipotermia, considerada a maior causa de mortes em sobrevivência no mar.

6.2 NÁUFRAGO NA ÁGUA

A maior causa de morte em sobrevivência no mar é a hipotermia por imersão. Hipotermia pode ser definida como a diminuição da temperatura do corpo causada pela exposição do náufrago a ambientes frios, principalmente no caso de imersão em água fria.

Antes mesmo do náufrago enfrentar os problemas decorrentes da hipotermia, poderá sofrer o choque térmico inicial, que pode inclusive ocasionar a morte da pessoa que tenha que se lançar na água. As roupas adicionais reduzirão este efeito.

A roupa, portanto, representa o primeiro elemento da proteção do náufrago. Assim, deve-se abandonar a unidade apropriadamente vestido.

A velocidade de resposta é a chave para o resgate com vida de uma pessoa que esteja na água. Dependendo da temperatura da água, a imersão de alguns minutos pode ser suficiente para matar uma pessoa por hipotermia. Para se ter uma estimativa do tempo de sobrevivência de uma pessoa imersa na água, sem proteção adequada, de acordo com a temperatura do meio aquático, podemos consultar o quadro que se segue.

Temperatura (^{0}C)	Expectativa de sobrevivência
Menos de 2 ^{0}C	Menos de ¾ de hora
De 2 ^{0}C a 4 ^{0}C	Menos de 1 ½ hora
De 4 ^{0}C a 10 ^{0}C	Menos de 3 horas
De 10 ^{0}C a 15 ^{0}C	Menos de 6 horas
De 15 ^{0}C a 20 ^{0}C	Menos de 12 horas
Acima de 20 ^{0}C	Indefinido (dependendo da fadiga)

A pessoa que estiver dentro da água também deve adotar os procedimentos adequados com o objetivo de reduzir a perda de calor do seu corpo. Ao contrário do que a maioria das pessoas acham, quanto mais atividade física alguém fizer dentro da água, como por exemplo nadar, mais calor irá perder e, consequentemente, menor será seu tempo de sobrevivência.

Assim, a atitude correta para a pessoa que estiver dentro da água é reduzir os movimentos, procurando proteger as áreas onde ocorre maior perda de calor do corpo, ou seja, cabeça, pescoço, axilas e virilha.

Havendo algum objeto com flutuabilidade nas proximidades, a pessoa deve procurar utilizá-lo como uma bóia, a fim de retirar a maior parte do corpo possível de dentro da água.

Lembre-se, a água rouba calor cerca de vinte e quatro vezes mais intensamente que o ar na mesma temperatura, em decorrência de sua condutibilidade térmica.

A pessoa dentro da água não deve retirar as roupas, pois a água que fica contida entre as vestimentas e o corpo rapidamente adquire a temperatura corporal, funcionando como um isolamento térmico.

A melhor atitude da pessoa dentro da água é não nadar e aguardar que a embarcação venha até seu encontro e faça o salvamento. Para reduzir a perda de calor, é importante que a pessoa adote a posição HELP (figura 22). No caso de um grupo de pessoas na água, a melhor posição para ser adotada é a posição agrupada (figura 23).

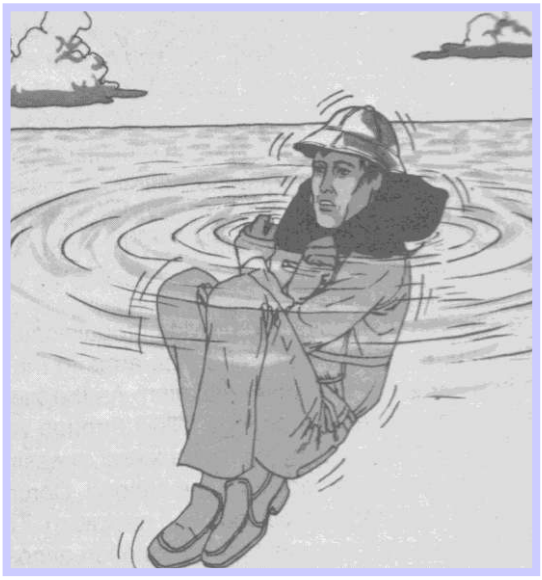


Figura 22: Posição HELP.



Figura 23: Posição agrupada.

A tripulação deve preparar meios de retirar a pessoa de dentro da água, devendo considerar que essa pessoa poderá estar incapacitada de subir na embarcação por meios próprios (figura 24). Os tripulantes que forem ajudar no embarque da vítima deverão estar vestindo seus coletes salva-vidas e amarrados por um cabo a uma parte fixa da embarcação.

Caso algum tripulante tenha que se lançar ao mar para o resgate, deverá observar os seguintes procedimentos:

- deverá estar vestindo roupa de imersão ou roupa anti-exposição ou colete salva-vidas;

- deverá estar munido do anel de salvamento (figura 25);

- deverá atar um cabo secundário à cintura, estando o chicote desse cabo ancorado na embarcação.



Figura 24: Retirada de pessoa na água.



Figura 25: Anel de salvamento.

UNIDADE 7

UTILIZAÇÃO DA DOTAÇÃO, PALAMENTA E UTENSÍLIOS DE UMA BALEEIRA E DE UMA BALSA INFLÁVEL

Considerando as dificuldades que o náufrago irá encontrar durante uma jornada de sobrevivência no mar. As embarcações de sobrevivências possuem uma palamenta que auxilia na permanência.

7.1 PALAMENTA DE EMBARCAÇÕES SALVA-VIDAS

O LSA Code estabelece, que o equipamento normal de toda embarcação salva-vidas deverá constar de:

1) com exceção das embarcações salva-vidas de queda-livre, remos flutuantes em número suficiente para dar seguimento adiante em mar calmo. Para cada remo deverá haver toletes, forquetas ou dispositivos semelhantes. Os toletes ou as forquetas deverão ser presos à embarcação por meio de fiéis ou correntes;
2) dois croques;
3) uma cuia flutuante e dois baldes;
4) um manual de sobrevivência;
5) uma agulha magnética eficaz, que seja luminosa ou que disponha de meios de iluminação adequados. Essa agulha poderá ser instalada de maneira permanente na posição de governo.
6) uma âncora flutuante de tamanho adequado, dotada de um cabo resistente a choques, que assegure uma boa pega quando molhado. A resist6encia da âncora flutuante, do cabo e da trapa, se houver, deverá ser adequado a todos os estados de mar;
7) duas boças resistentes, com comprimento não inferior ao dobro da distância da posição em que a embarcação salva-vidas é estivada até a linha de flutuação com o navio na condição de viagem mais leve, ou de 15 metros, o que for maior;
8) duas machadinhas, uma em cada extremidade da embarcação salva-vidas;
9) recipientes estanques à água, contendo um total de 3 litros de água doce para cada pessoa que a embarcação salva-vidas estiver autorizada a acomodar, dos quais um litro por pessoa poderá ser substituído por um aparelho dessalinizador capaz de produzir a mesma quantidade de água doce em dois dias, ou dois litros por pessoa poderão ser substituídos por um dessalinizador acionado manualmente, como

descrito no parágrafo 4.4.7.5 (do próprio LSA Code) capaz de produzir a mesma quantidade de água doce em dois dias;

10) um caneco inoxidável preso por um fiel;
11) um recipiente graduado para beber, de material inoxidável;
12) uma ração alimentar totalizando não menos que 10.000 kJ por cada pessoa que a embarcação salva-vidas estiver autorizada a acomodar, mantidas em embalagens estanques ao ar e guardadas em um recipiente estanque à água;
13) quatro foguetes iluminativos com pára-quedas;
14) seis fachos manuais;
15) dois sinais fumígenos flutuantes;
16) duas lanternas à prova d'água adequadas para sinalização Morse, com um jogo de pilhas sobressalentes e uma lâmpada sobressalente, contidas em um recipiente à prova d'água;
17) um espelho de sinalização diurna, com instruções para a sua utilização;
18) uma cópia dos sinais de salvamento prescritos na Regra V/16 da Convenção SOLAS, impressa em um cartão à prova d'água, ou guardada em um recipiente à prova d'água;
19) um apito ou dispositivo equivalente capaz de produzir sinais sonoros;
20) uma caixa de primeiros socorros à prova d'água, capaz de ser hermeticamente fechada após o uso;
21) medicamentos contra enjôo suficientes, pelo menos, para 48 horas e um saco para enjôo para cada pessoa;
22) uma faca de marinheiro que deverá ser mantida presa à embarcação por meio de um fiel;
23) três abridores de lata;
24) dois aros de salvamento flutuantes, presos a um cabo flutuante com um comprimento não inferior a 30 metros;
25) se a embarcação salva-vidas não for esgotada automaticamente, uma bomba manual capaz de realizar um esgotamento eficaz;
26) um conjunto de apetrechos de pesca;
27) ferramentas suficientes para pequenas ajustagens no motor e em seus acessórios;
28) equipamento portátil para extinção de incêndios, de um tipo aprovado, adequado para extinguir incêndios em óleo;
29) um holofote com uma intensidade luminosa medida de 2.500 candelas, que possa funcionar continuamente por não menos de 3 horas;
30) um refletor radar eficaz, a menos que haja um transpondedor radar para embarcações de sobrevivência guardado na embarcação salva-vidas; e
31) meios de proteção térmica em número suficiente para 10 % do número de pessoas que a embarcação salva-vidas estiver autorizada a acomodar, ou dois, se este número for maior.

A palamenta da balsa salva-vidas, varia, em alguns itens, com a relação acima citada.

7.2 PROCEDIMENTOS EM EMBARCAÇÕES DE SOBREVIVÊNCIA

Embora seja reconhecido e aceito que o meio primário de abandono do navio seja a embarcação salva-vidas (baleeira), abaixo são descritos os procedimentos básicos a serem adotados pelos náufragos em uma balsa salva-vidas, devido a algumas peculiaridades da própria embarcação (não possuir propulsão e ser, na maioria das vezes, inflável).

- Após tal conferência, inicia-se a execução dos procedimentos de lançamento e embarque nas embarcações de sobrevivência. Com a embarcação na água, afasta-se da unidade sinistrada o suficiente para evitar riscos.
- No caso de abandono por meio de balsa salva-vidas lançadas manualmente, as pessoas deverão descer por escadas até as balsas infladas no mar, embarcando diretamente, sem, contudo, saltar sobre seu toldo. Após todos estarem embarcados, o cabo de acionamento deve ser cortado e a embarcação afastada da unidade.
- Vista roupas adicionais, de preferência roupas de lã. e não esqueça do colete salva-vidas;
- Verifique se é possível armazenar mais água potável;
- Leve mais sinalizadores (fumígenos e pirotécnicos), normalmente existe um conjunto de reserva;
- Iniciar o afastamento;
- Procurar por náufragos dentro d'água e, localizando-os, promover o salvamento;
- Prestar os primeiros socorros a quem necessitar;
- Lançar a âncora flutuante;
- Unir as embarcações de sobrevivência por meio de cabos, de modo a aumentar o alvo de detecção para as equipes de busca e salvamento;
- Funcionar a EPIRB, o SART e o rádio VHF portátil;
- Verificar possíveis furos na balsa. localizando-os, promover o reparo de emergência, pois o gás que infla a balsa é asfixiante (dióxido de carbono);
- Enxugar o fundo da balsa;
- Secar as roupas;
- Distribuir tarefas e ler manuais;
- Distribuir pílulas anti-enjôo;
- Estabelecer serviço de vigia, com duração máxima de duas horas;
- Escalar a pessoa responsável pela guarda das rações;
- Distribuir as rações apenas após 24 horas do início da sobrevivência;
- O encarregado deverá proceder a guarda dos pirotécnicos e fumígenos;
- Estabelecer procedimentos de terapia ocupacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BEM, Barry Davies. *The SAS Escape, Evasion & Survival Manual*. London: Motorbooks International Publishers. 1996.
2. HOUSE, David J. *Marine Survival and Rescue Systems*. London: Witherby, 1997.
3. ICAO – International Civil Aviation Organization & IMO – International Maritime Organization. International Aeronautical and Maritime Search and Rescue Manual Volume III. London / Montreal: IMO Publication, 1998.
4. IMO. International Maritime Organization. *Code for the Construction and Equipment of Mobile Offshore Drilling Units.* Consolidated Edition 2001. London: IMO Publication, 2001.
5. _____. *Code for Safe Practice for the Carriage of Cargoes and Persons by Offshore Supply Vessels (OSV Code)*. London: IMO Publication, 1997.
6. _____. *Global Maritime Distress and Safety System*. London: IMO Publication, 1987.
7. _____. *International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS), 1974, and its Protocol of 1978*. Consolidated Edition 1994. London: IMO Publication, 1994.
8. _____. *International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS), 1974, and its Protocol of 1988*. Consolidated Edition 2001. London: IMO Publication, 2001.
9. _____. *Life-saving Appliance Code*. London, IMO Publication, 1998.
10. REZENDE, Celso Antônio Junqueira de. *Sobrevivência no Mar*. Rio de Janeiro: Editora Catau, 1992.
11. SABELLA, John. *The Cold Water Survival Handbook*. 2nd ed. Seattle: Frayn, 1989.
12. SPRINGETT, Peter. *An Introduction to Offshore Safety and Survival*. Houston: Oilfield Publications Inc, 199?.
13. WRIGHT, C. H. Survival at Sea. The Lifeboat and Liferaft. Glasgow: Brown, Son & Ferguson Ltd. 1993.

PARTE 7

RIPEAM: recapitulação

O QUE O PROGRAMA PEDE

- Conhecimento e uso do RIPEAM: sinais sonoros e luminosos; regras de governo; luzes e marcas

FONTE REPRODUZIDA NESTA PARTE

CFAQ I-M: Noções de Navegação e Manobra da Embarcação (NAV 001), unidade 7: regras de manobra e preferência, visibilidade restrita, luzes e marcas, sinais sonoros e sinais de perigo

Diretoria de Portos e Costas · Ensino Profissional Marítimo, Curso de Formação de Aquaviários, 1ª ed., 2013
https://www.pescadorprofissional.com.br/pdf/NOCOES%20DE%20NAVEGACAO%20E%20MANOBRA%20DA%20EMBARCACAO.pdf

Recapitulação para quem já estudou o RIPEAM no Arrais-Amador. O capítulo completo do Miguens, com as luzes e marcas especiais (reboque, pesca, manobra restrita, embarcação encalhada), está na Parte 2 da apostila gratuita de Arrais-Amador; o texto integral do regulamento está no endereço do quadro de publicações para baixar à parte.

Terminou esta parte? Resolva questões do assunto.
Telegram: t.me/capitao_amador_bot
Simulado no site: www.capitao-amador.com/mestre-amador/simulado

UNIDADE 7

REGULAMENTO INTERNACIONAL PARA EVITAR ABALROAMENTO NO MAR (RIPEAM/72)

7.1 APLICAÇÃO DAS REGRAS DE GOVERNO E NAVEGAÇÃO, LUZES E MARCAS, SINAIS SONOROS E LUMINOSOS, SINAIS DE PERIGO

7.1.1 Regras de manobra nas situações mais comuns

✓ **Situação de Roda a Roda**

Quando duas embarcações, a propulsão mecânica, estiverem se aproximando em rumos diretamente ou quase diretamente opostos, em condições que envolvam risco de colisão, cada uma deverá guinar para boreste, de forma que a passagem se dê por bombordo uma da outra.



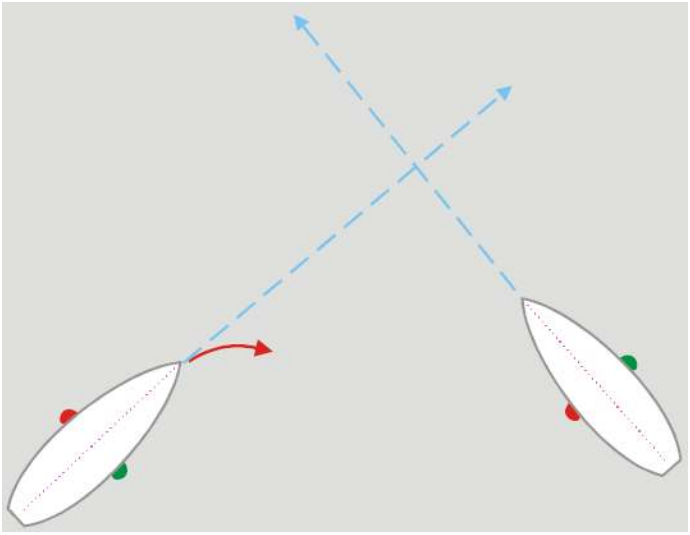
✓ **Manobra de Ultrapassagem ou de Alcançando**

Quaisquer que sejam as condições, toda embarcação que esteja ultrapassando outra, deverá manter-se fora do caminho desta.



✓ **Manobra em Situação de Rumos Cruzados ou Rumo de Colisão**

Quando duas embarcações, a propulsão mecânica, navegam em rumos que se cruzam, podendo colidir, a embarcação que avista a outra por boreste deverá se manter fora do caminho desta e, caso as circunstâncias o permitam, evitar sua proa.



✓ **Manobra em canais estreitos**

As manobras em rios e canais que apresentem restrições, seja em área para evolução ou profundidade, requerem do navegante alguns cuidados e procedimentos, principalmente se a embarcação for a propulsão mecânica, cujos principais efeitos descreveremos a seguir.

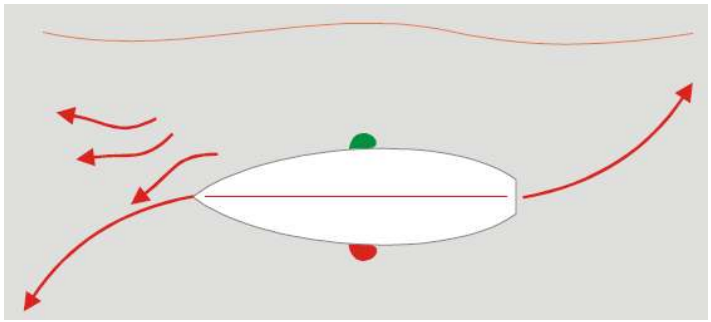
7.1.2 Efeitos que influenciam o comportamento de uma embarcação

✓ **Velocidade**

A velocidade em canais e rios, principalmente em locais de pouca profundidade, tende a aumentar o calado da embarcação. Na prática, se a relação de água embaixo da quilha for pequena, deve-se reduzir a velocidade da embarcação para que esta não venha a tocar o fundo.

✓ **Tendência em águas restritas**

Verifica-se, principalmente em canais e rios estreitos, uma tendência das ondas que se formam na proa encontrarem resistência na margem mais próxima, repelindo a proa para o bordo oposto; neste caso, a tendência é da proa guinar para a margem mais distante e a popa ser atraída para a margem mais próxima.

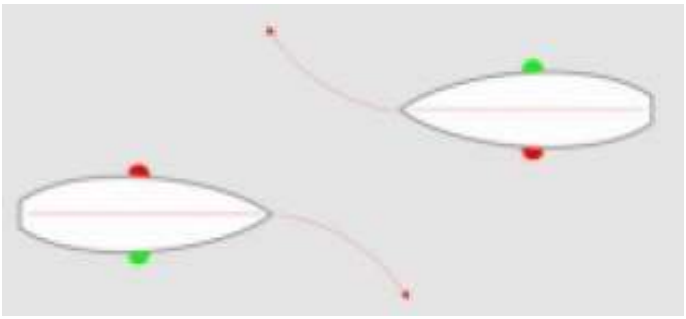


7.1.3 Interação de embarcações

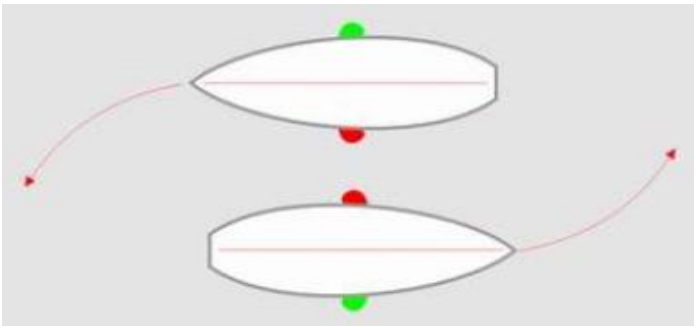
Quando duas embarcações passam em rumos paralelos e em sentido contrário, a pequena distância, pode haver uma interferência recíproca devido ao movimento das águas, gerado pelo sistema de ondas, o qual se inicia na proa (bigode) e à corrente de sucção. Convém que ambas as embarcações mantenham velocidade a mais reduzida possível que lhes permita governar.

Vejamos quais são esses efeitos.

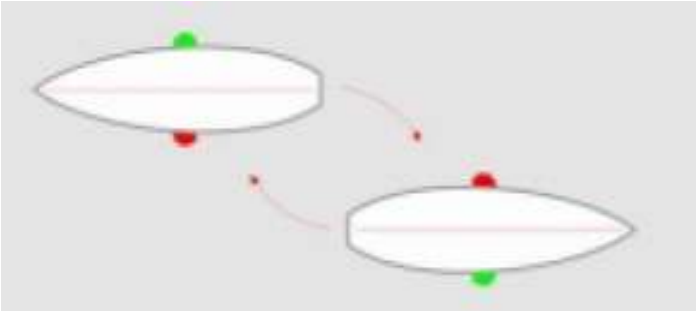
A – No primeiro momento, as duas amuras se repelem em virtude das ondas que se formam em cada proa, fazendo com que as proas tendam a guinar para as margens.



B – Quando as embarcações estiverem pelo través, as correntes de popa de uma e as ondas de proa da outra se equilibram, tendendo assim, as embarcações a ficarem em paralelo.



C – No momento em que as alhetas estiverem na mesma altura, o movimento dos filetos líquidos e a corrente de sucção do hélice provocam uma atração mútua de ambas as popas, momento em que se deve tomar muito cuidado.

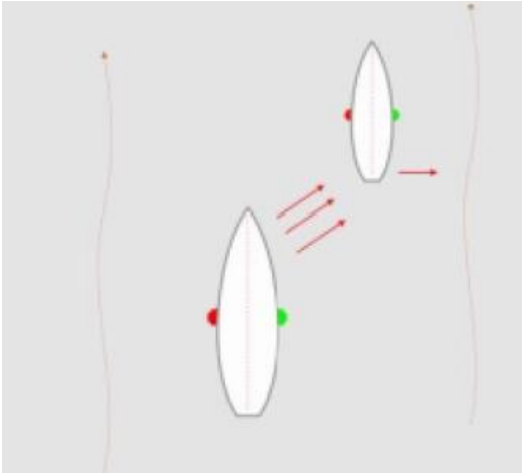


D – Pelo fato destas interações acontecerem com embarcações de portes diferentes (uma pequena e outra grande), os efeitos descritos só serão sentidos na embarcação de pequeno porte. Por isto, o procedimento correto nesta situação é passar o mais distante

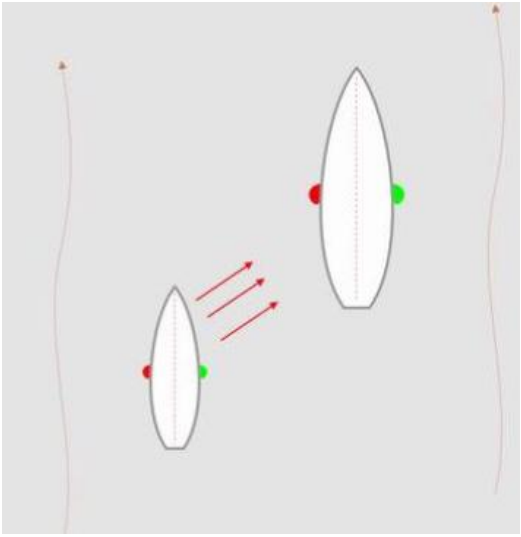
possível da outra embarcação e, ao passar o momento de través, dar uma pequena guinada para o bordo da outra embarcação, a fim de evitar a aproximação das popas.

Com base no que falamos anteriormente, o que acontece com estas duas embarcações em manobra de ultrapassagem?

A menor como alcançada – Neste caso, a tendência da popa é cair para cima da margem mais próxima devido ao efeito das ondas de proa da outra embarcação (maior porte); pode inclusive fazer com que a embarcação alcançada (menor porte) atravesse no canal. O procedimento correto é solicitar através de uma boa comunicação, a redução da velocidade de ultrapassagem da embarcação alcançadora.



A menor como alcançadora – Neste caso, a tendência da embarcação é ter a sua proa atraída pela corrente da embarcação alcançada (maior porte). O procedimento correto então é manter a comunicação com a embarcação alcançada, solicitando que reduza ou mesmo pare a propulsão para permitir uma ultrapassagem segura.



7.1.4 Regra de preferência

Esta regra define quem deve manobrar, dependendo da propulsão, emprego e situação da embarcação.

Vejamos como ela se apresenta:

Embarcações a propulsão mecânica devem manobrar em relação a embarcação:

A – sem governo
B – de manobra restrita
C – engajada na pesca
D – a vela

Embarcações a Vela devem manobrar em relação a embarcação:

A – sem governo
B – de manobra restrita
C – engajada na pesca

Embarcações engajadas na pesca devem manobrar em relação a embarcação:

A – sem governo
B – de manobrar restrita

Embarcações de manobra restrita devem manobrar em relação a embarcação:

A – sem governo

7.1.5 Regras para condução de embarcações em visibilidade restrita

Quando se navega, estamos sujeitos a encontrar condições meteorológicas adversas, pois nem sempre temos uma noite de luar com o céu todo estrelado; às vezes, nos deparamos com uma cerração que mal dá para enxergar a proa; então, o que o navegante deve fazer?

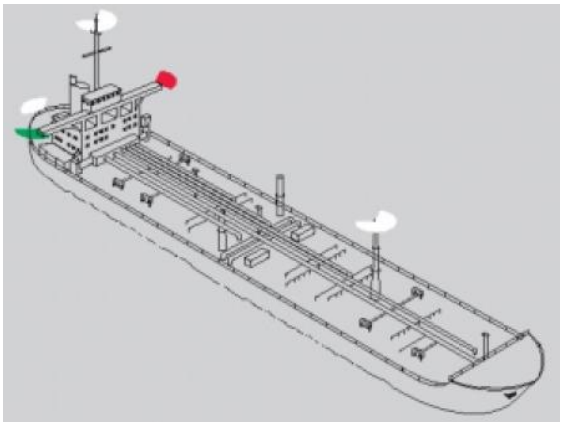
Segundo a regra 19 do RIPEAM deve-se:

Navegar em velocidade segura, adaptada às circunstâncias de condições de baixa velocidade predominantes, ou seja, navegar com a velocidade mínima que se possa manobrar.

7.1.6 Luzes e marcas exibidas por embarcações

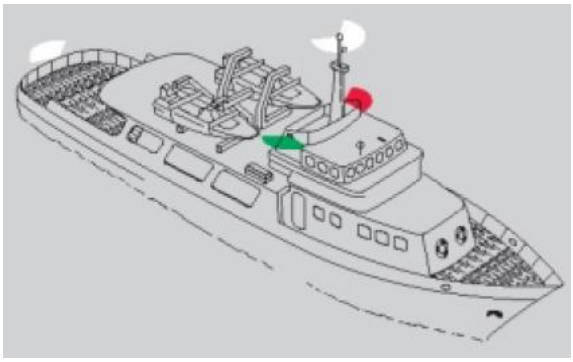
Embarcações de propulsão mecânica em movimento com mais de 50 metros de comprimento

A – Luz de mastro de vante (alcance de 6 milhas)
B – Luz de mastro de ré mais alta que a de vante (alcance de 6 milhas)
C – Luzes de bordos (3 milhas)
D – Luz de alcançado (3 milhas)



Embarcação cujo comprimento fica entre 12 e 50 metros

A – Luz de mastro de vante (alcance 5 milhas)
B – Luz de mastro de ré (não é obrigada a ter)
C – Luzes de bordos
D – Luz de alcançado



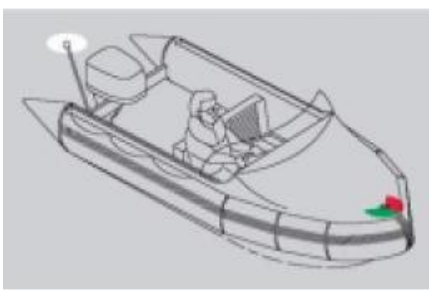
Embarcações com menos de 7 metros

Independentemente do tipo de propulsão, essas embarcações devem apresentar uma luz branca; se tiver velocidade maior que 7 nós, luzes de bordo.









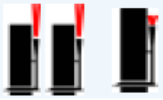
7.1.7 Sinais Sonoros de uma embarcação

Manobrando e em situação de visibilidade restrita

Primeiro vamos saber que sinais sonoros deverão soar e quanto tempo eles devem durar, de acordo com o tamanho de sua embarcação.

Vamos conhecer agora como, por meio de sinais sonoros, as embarcações demonstram suas manobras e suas advertências.

Apito curto – duração aproximada de 1 segundo.
Apito longo – duração aproximada de 4 a 6 segundos.

	Um apito curto	Estou guinando para boreste.
	Dois apitos curtos	Estou guinando para bombordo.
	Três apitos curtos	Estou dando máquinas atrás.
	Dois apitos longos e um apito curto.	Tenciono ultrapassá-la por seu boreste.
	Dois apitos longos e dois apitos curtos.	Tenciono ultrapassá-la por seu bombordo.
	Um apito longo,um curto, um longo e um curto.	Concordo com sua ultrapassagem.
	Cinco apitos curtos.	Quando uma embarcação não consegue entender as intenções de manobra da outra.
	Um apito longo.	Aproximando-se de uma curva ou de uma área de um canal estreito ou via de acesso onde outras embarcações podem estar ocultas devido a obstáculos

Qualquer embarcação pode suplementar os sinais de apito de advertência e manobra com sinais luminosos por meio de lampejos com duração de cerca de um segundo, em intervalos também de um segundo.

	Um lampejo	Estou guinando para boreste.
	Dois lampejos	Estou guinando para bombordo.
	Três lampejos	Estou dando máquinas atrás.

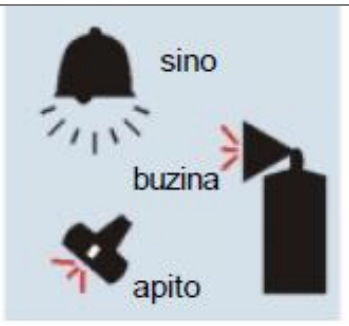
✓ Sinais sonoros emitidos em baixa visibilidade

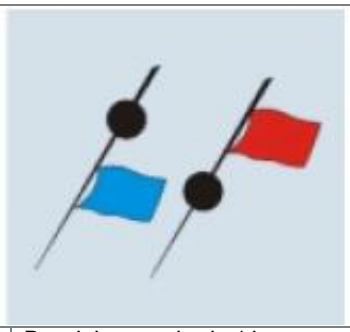


apito sino gongo

✓ Sinais de perigo

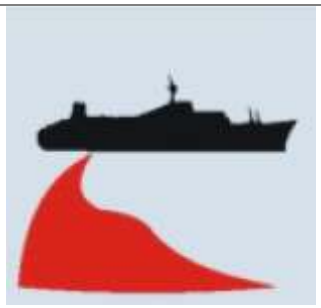
Os sinais de perigo identificado pelo C.I.S **(Código Internacional de Sinais)** apresentam várias formas de expressão; preste atenção para memorizar o que eles querem dizer.

		
Sinal explosivo em intervalos de um minuto.	Toque contínuo em qualquer aparelho de sinalização de cerração.	Foguetes ou granadas lançando estrelas encarnadas em intervalos curtos.

		
Código internacional de sinais bandeira NC.	Movimentos lentos para cima e para baixo com os braços esticados para os lados.	Bandeira quadrada (de qualquer cor) tendo acima ou abaixo uma esfera ou qualquer coisa semelhante a uma esfera.

		
A palavra MAY DAY transmitida por radiotelefonia.	Chamas a bordo da embarcação (latão com alcatrão, óleo, etc.).	SOS emitido por qualquer método de sinalização inclusive telegrafia.

		
Foguete luminoso com paraquedas ou tocha manual exibindo luz encarnada.	Fumaça de cor alaranjada.	Rádio-faróis de emergência indicadores deposição.

		É proibido o uso ou exibição de qualquer um dos sinais de perigo ou de outros que com eles posam ser confundidos exceto quando com o propósito de indicar perigo e necessidade de auxílio.
Corante de água	Pedaço de lona de cor laranja com um círculo e um quadrado pretos (para identificação aérea)	

WWW.CAPITAO-AMADOR.COM

Continue estudando

Treino de questões no Telegram

Questões de Mestre-Amador por assunto, direto no celular: você responde, vê o gabarito e acompanha onde está errando. Aponte a câmera para o código ou toque no endereço.

t.me/capitao_amador_bot

Simulado gratuito no site

Banco com mais de 2.200 questões de Mestre-Amador, por assunto ou em prova completa de 40 questões com cronômetro: www.capitao-amador.com/mestre-amador/simulado

A outra parte desta apostila gratuita

Parte 1: Navegação Costeira e Estimada. A carta náutica, agulhas e conversão de rumos, linhas de posição, navegação estimada, marés, instrumentos, publicações náuticas e auxílios à navegação.

Para baixar: www.capitao-amador.com/mestre-amador/apostila

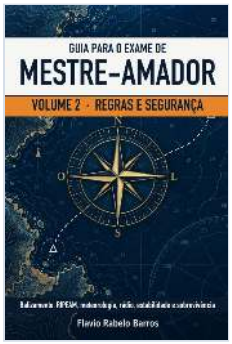
Os livros para o exame de Mestre-Amador



Guia para o Exame de Mestre-Amador, Volume 1: Navegação

A parte da prova que se resolve com carta, lápis e conta, explicada do zero: cartas náuticas, rumos e marcações, navegação estimada e costeira, marés, GPS e radar. E-book Kindle.

www.capitao-amador.com/livros



Guia para o Exame de Mestre-Amador, Volume 2: Regras e Segurança

As regras, o tempo e a segurança que a prova cobra, conferidos nas normas em vigor: balizamento, RIPEAM, meteorologia, comunicações, estabilidade, sobrevivência e legislação. E-book Kindle.

www.capitao-amador.com/livros

Os livros, o simulado e o treino no Telegram são do www.capitao-amador.com, independentes da Marinha do Brasil. As publicações reproduzidas neste compilado pertencem aos órgãos e autores indicados em cada parte.