

Programa para Exame de Capitão- Amador

Apostila I

- Navegação Eletrônica

Programa	Tópicos do Programa para Exame:
Navegação Astronômica	<p>a) noções básicas de astronomia aplicada à navegação</p> <ul style="list-style-type: none"> - Medida de tempo - Hora média local (HML), Hora média de Greenwich (HMG), Hora legal, Fusos horários; e - Uso do Almanaque Náutico Brasileiro. <p>b) Cálculo da hora legal da passagem meridiana superior do sol pelo processo aproximado.</p> <p>c) Posição pela passagem meridiana do sol.</p>
Navegação Eletrônica	<p>a) Uso dos sistemas de navegação por satélite (GPS e DGPS)</p> <p>b) Navegação radar</p> <ul style="list-style-type: none"> - Poder discriminador em marcação; - Poder discriminador em distância; - Técnicas de navegação Radar; Aterragens – Navegação Costeira - Navegação em águas restritas; - Auxílio à Navegação Radar (RACON/RTE); - O radar como importante recurso para evitar colisão no mar; e - Navegação Paralela Indexada pelo Radar. <p>c) Navegação por Satélite:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS e DGNSS). <p>d) Acompanhamento Automático de Embarcações:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Auxílio de Plotagem Automática Radar (ARPA); e - Sistema Automático de Identificação (AIS). <p>e) Navegação batimétrica</p> <ul style="list-style-type: none"> - O uso do ecobatímetro na navegação. <p>f) Navegação Integrada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sistemas Eletrônicos de Cartas Náuticas (ECS); e - Serviços de Tráfego de Embarcações (VTS).
Estabilidade	<p>a) Noções básicas sobre fluviabilidade, estabilidade e reserva de fluviabilidade</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pontos notáveis de estabilidade (centro de gravidade, centro de carena e metacentro); - Altura metacêntrica; e - Condições de equilíbrio de uma embarcação. <p>b) Alterações da fluviabilidade e da estabilidade</p> <ul style="list-style-type: none"> - Causas da banda permanente e formas de correção; - Efeito de superfície livre (causas, precauções e correções); - Variação das condições de estabilidade durante uma viagem (mau tempo, embarque de água do mar, consumo, água aberta e avarias); e - Variação da estabilidade de uma embarcação, em função da alteração do projeto inicial de construção.
Meteorologia e Oceanografia	<p>a) Elementos meteorológicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pressão atmosférica; - Umidade relativa do ar; - Nebulosidade e nevoeiro; - Circulação do ar; e - Frentes frias, quentes, oclusas e estacionárias. <p>b) Interpretação de boletins, cartas sinóticas e imagens de satélites meteorológicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Análise do estado do tempo relacionado aos centros de alta e baixa pressão atmosférica e frentes constantes dos boletins meteorológicos; - Interpretação dos avisos de mau tempo; - Interpretação da configuração isobárica das cartas sinóticas; - Interpretação dos elementos meteorológicos apresentados na carta sinótica de pressão à superfície (direção e intensidade do vento, cobertura do céu, tempo presente, linhas de instabilidade e evolução das frentes); e - Identificação dos elementos meteorológicos apresentados nas imagens de satélites meteorológicos. <p>c) Interação Oceano-Atmosfera</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ondas e marulhos; - Características das correntes costeiras e oceânicas; - Principais correntes oceânicas; e - Estado do mar (Escala Beaufort). <p>d) Cartas Piloto e Marés</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificação da representação gráfica dos elementos meteorológicos e oceanográficos apresentados nas cartas piloto; - Identificação dos parâmetros das marés de sizígia e quadratura; e - Interpretação das cartas de correntes de marés.
Comunicações	<p>a) Comunicações na Navegação Oceânica</p> <ul style="list-style-type: none"> - Equipamentos, procedimentos, frequências de socorro, chamada e trânsito; - Estações de terra; e - Uso e funcionamento do EPIRB e do SART.
Sobrevivência no Mar	<p>1) Técnicas e Procedimentos de Sobrevivência em mar aberto; e</p> <p>2) Navegação em balsas salva-vidas</p>

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 Hulsmeier 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 rádio-detecção 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 (“THREE-COORDINATE RADAR” ou “HEIGHT-FINDING 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 dotar 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, especialmente do porte de Contratorpedeiro para baixo, 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 DOPLER, vamos estudar 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 refletido. O RADAR DE NAVEGAÇÃO, como vimos, 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, refletido no 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 refletido, 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 refletido 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.

Os equipamentos RADAR utilizam as três últimas faixas do espectro de RF: frequências ultra altas (UHF), super altas (SHF) e extremamente altas (EHF).

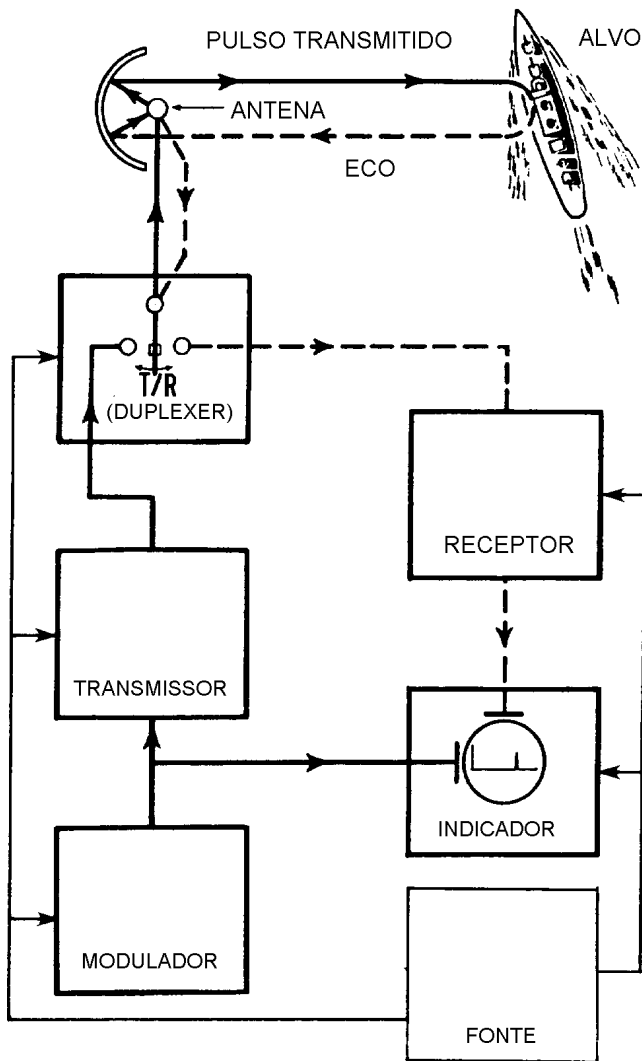
Quanto às frequências de operação, são classificados por letras, conforme mostrado no quadro a seguir:

	FAIXA	FREQÜÊNCIA (MHz)	COMPRIMENTO DE ONDA (cm)
P	(100 cm)	225 a 390	133 a 77
L	(25 cm)	390 a 1650	77 a 18,2
S	(10 cm)	1650 a 5200	18,2 a 5,8
C	(6 cm)	3900 a 6200	7,7 a 4,8
X	(3 cm)	5200 a 11900	5,8 a 2,5
J	(2,25 cm)	11900 a 14250	2,5 a 2,1
K	(1,25 cm)	20500 a 26500	1,5 a 1,1
Q	(0,75 cm)	33300 a 37500	0,9 a 0,8
V	(0,50 cm)	50000 a 75000	0,6 a 0,4
O	(0,30 cm)	99900 a 112500	0,33 a 0,26

Cada faixa de frequências é destinada a uma aplicação específica. Os RADARES DE NAVEGAÇÃO 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

Figura 14.1 - Diagrama em Bloco de um Sistema Radar Básico



Um sistema RADAR básico (Figura 14.1) 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.

TRANSMISSOR: gera energia em radio-frequência (RF), sob a forma de pulsos curtos de alta potência. A chave T/R (DUPLÉXER) 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 refletidos, transmitindo-os para o RECEPTOR.

Ademais, recebe os ecos refletidos, transmitindo-os para o RECEPTOR.

RECEPTOR: amplifica os ecos refletidos pelos alvos, reproduzindo-os como pulsos de vídeo, e os transmite para o INDICADOR.

INDICADOR: produz uma indicação visual dos pulsos dos ecos, em uma maneira que forneça as informações desejadas dos alvos detectados.

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:

FREQÜÊNCIA (FREQÜÊNCIA DA PORTADORA)

FREQÜÊNCIA DE REPETIÇÃO DE IMPULSOS (FRI)

LARGURA DO PULSO

VELOCIDADE DE ROTAÇÃO DA ANTENA

LARGURA DO FEIXE

FREQÜÊNCIA DA EMISSÃO RADAR (FREQÜÊNCIA DA PORTADORA)

A freqüência da portadora é a freqüência na qual a energia de RF é gerada. Os principais fatores que influenciam a seleção da freqüência 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 microondas. Por outro lado, a freqüência 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 freqüência 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 freqüência de emissão) e, assim, menor a antena requerida para um determinado padrão de energia irradiada. Para uma mesma potência, um radar operando em uma freqüência mais baixa alcança distâncias maiores que um equipamento que utiliza freqüência mais alta. Assim, quanto maior o alcance desejado, menor a freqüência e, conseqüentemente, maior o comprimento de onda e maior a antena requerida.

Além disso, o problema de gerar e amplificar energia de RF em freqüências extremamente altas é complexo, exigindo componentes especiais, entre os quais a “Klystron” e a “magnetron”. É muito difícil amplificar os ecos de RF da portadora, em virtude das altas freqüências empregadas. Assim, não são usados amplificadores de rádio-freqüência nos equipamentos RADAR. Em vez disso, a freqüência do eco recebido é batida (“heterodinada”) com a de um oscilador local, em um misturador de cristal, para produzir uma freqüência diferente, denominada freqüência intermediária, que é suficientemente baixa para ser amplificada em vários estágios de amplificação, no receptor.

Conforme vimos, os radares de navegação operam nas faixas de freqüência **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/aterragens 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** (3 cm), a imagem é mais detalhada e os contornos são mais bem delineados que nos radares da banda **S** (10 cm). 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 freqüências, os navios atuais geralmente possuem 2 radares de navegação, sendo um na banda **S** e um na banda **X**.

FREQÜÊNCIA DE REPETIÇÃO DE IMPULSOS (FRI)

A **FRI** (em inglês: “**pulse repetition rate**” – **PRR**) é o número de pulsos transmitidos por segundo.

Conforme vimos, 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**.

Suponhamos 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** (“**pulse length**”), 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. Tal intervalo (no caso igual a 999 microssegundos) irá, teoricamente, definir o alcance máximo do radar, conforme abaixo explicado.

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 milhas náuticas por microssegundo. Portanto, no nosso 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 com a 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 atinjam o alvo e retornem 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**. 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** (“**pulse length**”).

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

milhas 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. Conseqüentemente, se necessitarmos de **alcances mínimos** de valores muito reduzidos, deveremos 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, entretanto, 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 vimos, 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. Desta forma, a detecção aumenta com a redução da **velocidade de rotação da antena**, pois, assim, um número maior de pulsos de RF irá bater o alvo, tal como mostrado no exemplo abaixo:

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	$6 \times 360^\circ$	$= 2.160^\circ$
em 1 segundo	$2.160^\circ / 60$	$= 36^\circ$

Para cobrir a **abertura do feixe no plano horizontal** (2°) a antena gastará: $2/36 = 0.05555$ segundos.

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 batido 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 atingem 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.

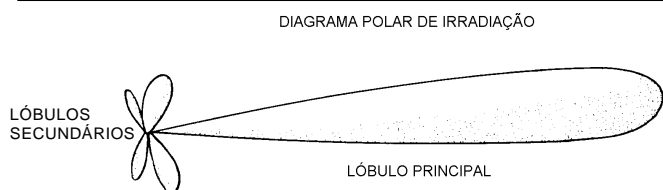
LARGURA DO FEIXE

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 14.2, 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 forma da antena.

Figura 14.2 - Diagrama Polar Horizontal de Irradiação



A **largura do feixe** no plano horizontal é geralmente pequena, da ordem de 1° a 2° nos radares marítimos. Esta abertura é que vai definir o **poder de discriminação em marcação** do radar, definido como a diferença mínima em mar-

cação 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.

Se desejarmos expressar o **poder de discriminação em marcação** em **medidas lineares**, é necessário considerar a **distância** dos alvos à instalação radar e usar a fórmula:

$$d_t = 35,3427 a L, \text{ sendo:}$$

d_t = poder de discriminação em marcação (discriminação tangencial), em jardas;

a = largura horizontal do feixe, em graus;

L = distância do radar aos alvos, em milhas náuticas.

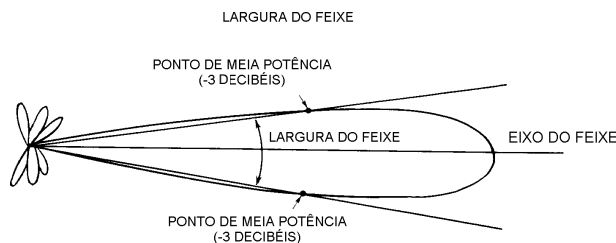
Assim, para um radar cuja abertura do feixe no plano horizontal é 1,5°, a menor separação entre dois alvos situados à mesma distância de 10 milhas do radar, para que apareçam como ecos distintos na tela do indicador, será dada por:

$$d_t = 35,3427 \times 1,5 \times 10 = 530 \text{ jds}$$

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 (Figura 14.3).

Figura 14.3 - Largura do feixe



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 dimensões da antena.

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

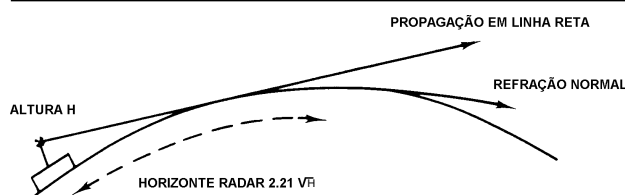
Se as ondas-radar se propagassem em linha reta, a distância ao horizonte dependeria apenas da altura da antena (assumindo a existência de potência suficiente para que os pulsos transmitidos alcancem o horizonte). Assim, sem os efeitos da **refração**, a distância ao **HORIZONTE-RADAR** seria igual à do horizonte geográfico, para uma mesma elevação da antena, ou seja, aproximadamente:

$$D = 2 \sqrt{H}$$

(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.

Figura 14.4 - Horizonte-Radar



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 (Figura 14.4). 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.

Caso a elevação da antena seja dada em **pés**, a distância ao **horizonte-radar**, em milhas náuticas, será dada por:

$$D_r = 1.22 \sqrt{H}$$

Desta forma, o **horizonte-radar** excede o **horizonte geográfico** em cerca de 10%.

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 nosso radar, e acrescentar 10% ao valor obtido, tal como no exemplo abaixo:

altitude da antena do radar	50 metros;
altitude do alvo	100 metros;
alcance geográfico	$D = 2 (\sqrt{H} + \sqrt{h}) = 34,14 \text{ MN};$
distância de detecção radar	$D_r = D + 10\% D = 37,6 \text{ MN};$

Embora a fórmula para obtenção da distância em milhas náuticas ao **horizonte-radar** ($D_r = 2.21 \sqrt{H}$, ou $D_r = 1.22 \sqrt{H}$ respectivamente, para elevação da antena em **metros**, ou em **pés**) tenha sido calculada para um comprimento de onda de **3** centímetros, ela pode ser empregada para outros comprimentos de ondas utilizados em radares de navegação.

Condições atmosféricas muito diferentes das condições padrões produzem refrações anormais, tais como:

SUPER-REFRAÇÃO

Figura 14.5 - Super-Refração



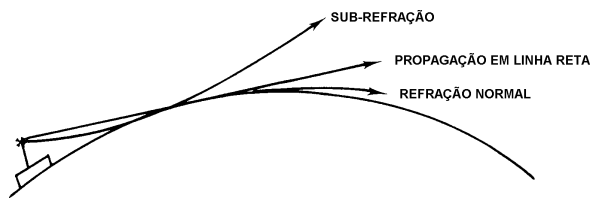
FIGURA 14.5

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**, cu-

jo efeito é aumentar a curvatura para baixo da trajetória da onda radar, aumentando, assim, o alcance de detecção (Figura 14.5). **Super-refração** ocorre muitas vezes nos **trópicos**, quando uma brisa terrestre (**terral**) quente e seca sopra sobre correntes oceânicas mais frias.

SUB-REFRAÇÃO

Figura 14.6 - Sub-Refração



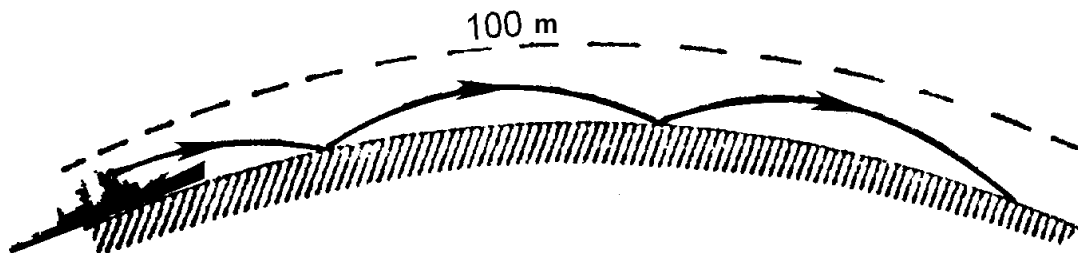
Se uma camada de ar frio e úmido se superpõe a uma camada estreita de ar mais quente e seco, pode ocorrer uma condição denominada **sub-refração** (Figura 14.6), cujo efeito é encurvar para cima a trajetória das ondas-radar e, assim, diminuir o alcance máximo de detecção.

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 movem-se sobre correntes oceânicas mais quentes.

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.

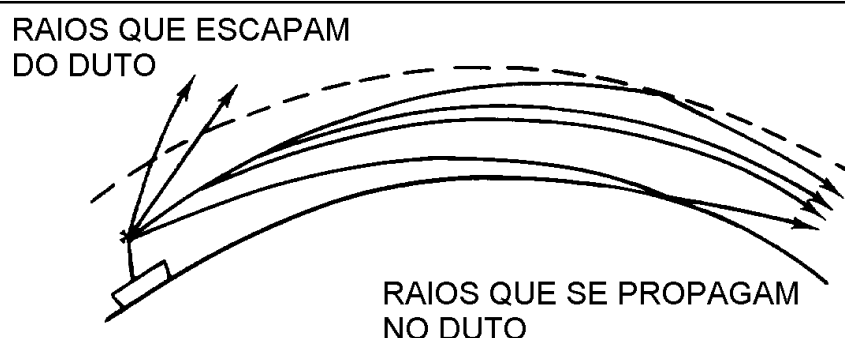
Figura 14.7 - Duto de superfície



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** (Figura 14.7).

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, na qual 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 (Figura 14.8).

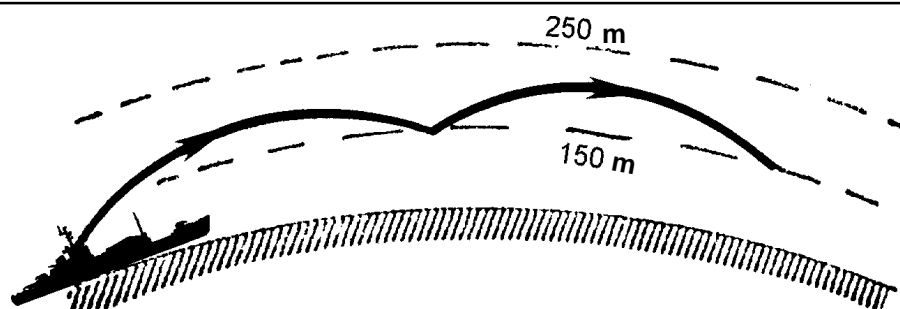
Figura 14.8 - Propagação em duto de superfície



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. Se a antena está abaixo de um duto, é provável que alvos acima do duto não sejam detectados (Figura 14.9). 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).

Figur 14.9 -



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 - informações disponíveis indicam que 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 1500 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. Conseqüentemente, 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.

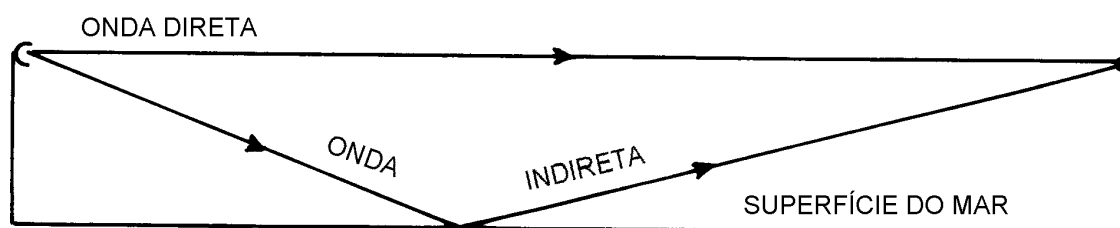
OCEANO PACÍFICO – Foram observadas ocorrências freqüentes de formação de dutos em torno de Guadalcanal, na costa leste da Austrália e nas proximidades da Nova Guiné e Coréia. Ao longo da costa oeste dos Estados Unidos as observações indicam freqüentes efeitos de duto, mas não são disponíveis indicações 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 muito cuidado na identificação de ecos, pois pode haver ambigüidade 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 qualquer outra superfície extensa). Assim, as frentes de ondas que atingem um ponto X (Figura 14.10) são, na verdade, compostas de **ondas diretas** e **ondas refletidas** na superfície do mar.

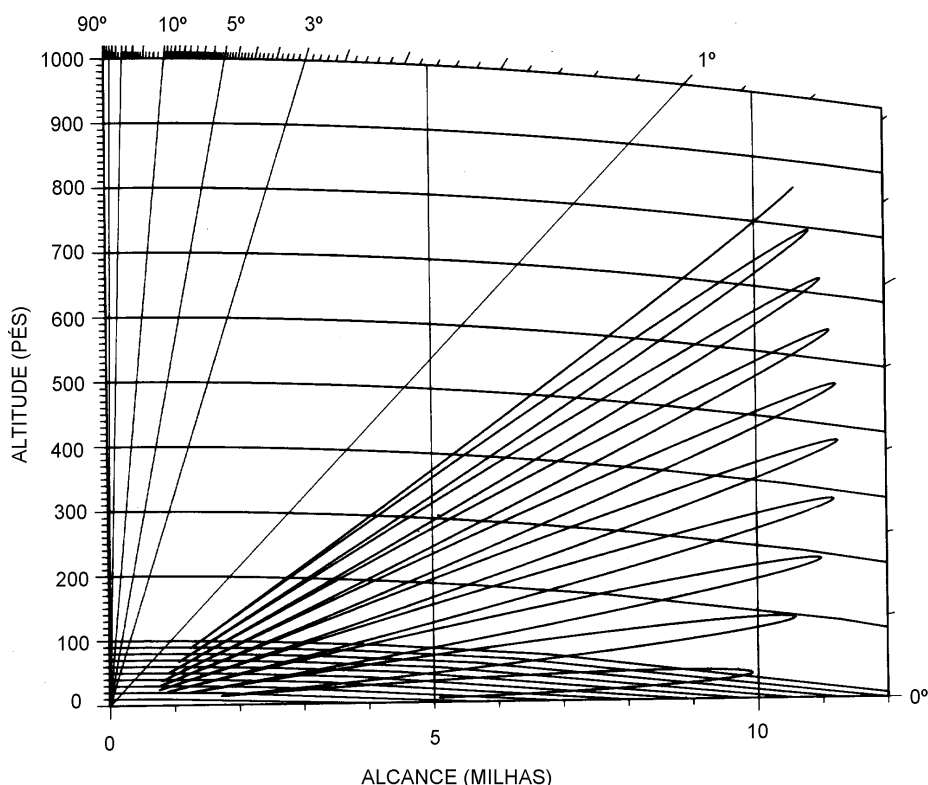
Figura 14.10 - Reflexão na superfície do mar



Se essas ondas alcançam um determinado alvo em fase, o efeito resultante é o de reforço do sinal no alvo e, conseqüentemente, 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 (Figura 14.11). As linhas que limitam os lóbulos

Figura 14.11 - Diagrama de Cobertura Vertical



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**.

Entre os fatores que contribuem para o aparecimento de **zonas de desvanecimento** acentuadas estão a **altura da antena** e a **freqüência 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 freqüência, mais tangente à superfície do mar ficará o lóbulo inferior.

As **zonas de desvanecimento** mais pronunciadas nos radares de baixa freqüência se devem ao fato de que são menos diretivos, 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 contacto 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 freqüências baixas. No caso do radar, como estão envolvidas altas freqüências (e, conseqüentemente, comprimentos de ondas 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 ondas 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

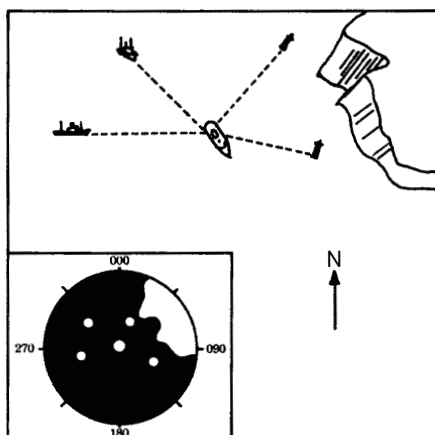
Embora os ecos refletidos sejam muito mais fracos que os pulsos transmitidos, as características do seu retorno são semelhantes às características de propagação do sinal. A intensidade do eco depende do total de energia transmitida que atinge o alvo e das dimensões e propriedades refletivas do alvo.

14.1.4 APRESENTAÇÃO DA IMAGEM RADAR

Embora existam diversos tipos de **indicador**, quase todos os radares de navegação utilizam uma **válvula de raios catódicos** (VRC), instalada em um console, denominado **repetidora do radar**, empregando um tipo de apresentação em tela conhecido como PPI (“PLAN POSITION INDICATOR”), ou Indicador Plano de Posição. Nesta apresentação (que, nos radares mais modernos, já é toda digital), 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 têm 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).

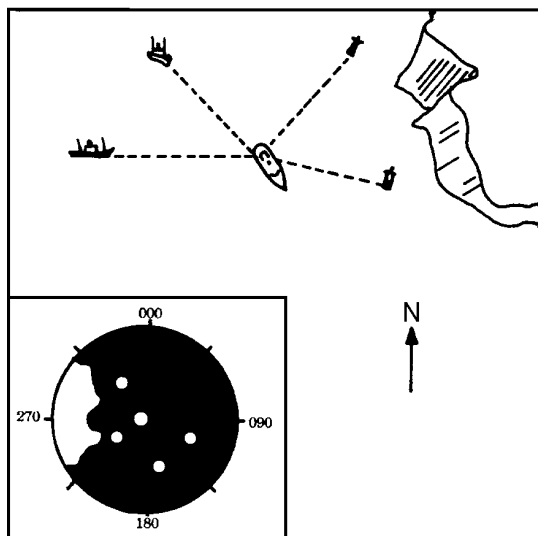
Na apresentação da imagem radar, então, o navio em que o equipamento radar está instalado fica fixo na tela, no centro da varredura (que, nos radares de navegação, normalmente coincide com o centro da tela). As outras embarcações que se movimentam dentro do alcance radar aparecem descrevendo seus **movimentos 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**.

Figura 14.12 - Apresentação estabilizada



A apresentação no PPI pode ser **estabilizada** ou **não estabilizada**. Quando o **radar** recebe 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 (Figura 14.12). 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 14.13 - Apresentação não-estabilizada



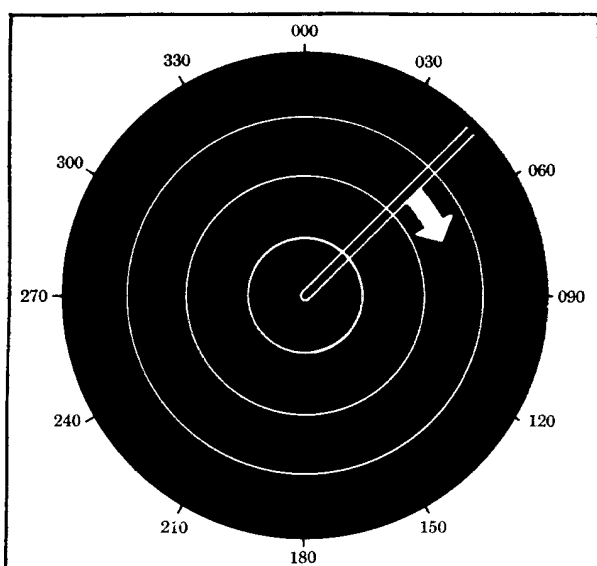
Se o radar não recebe informação da agulha giroscópica ou se ocorre avaria da giro, a representação é **não estabilizada**, com a tela do radar apresentando uma imagem relativa, com a proa do navio para cima, na direção da graduação 000° do PPI (Figura 14.13). Neste caso, quando há alteração de rumo, a linha de fé, ou marca de proa, fica fixa e a imagem radar é que se movimenta na tela do **indicador**.

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 movi-

mento. Essa linha, chamada 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 VRM - “VARIABLE RANGE MARKER”) são manobrados pelo operador através de controles independentes.

Figura 14.14 - Varredura e anéis de distância



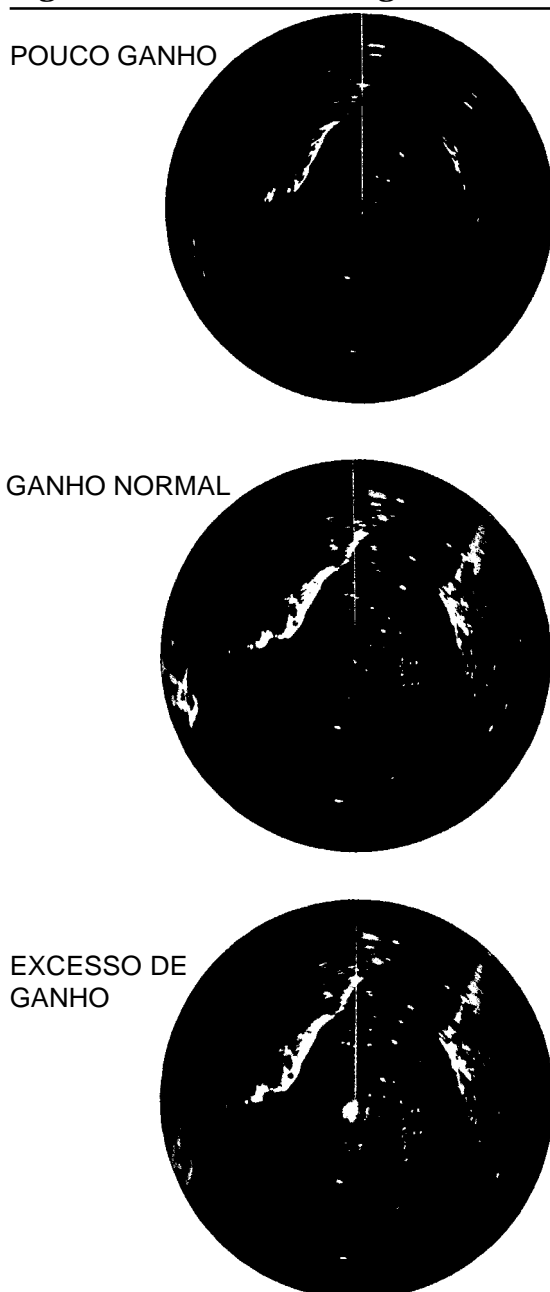
Para obter a **marcação** e **distância** de um determinado alvo, o operador inicialmente gira o **cursor de marcação**, de modo que o mesmo se posicione sobre o “pip” que representa o objeto na tela e, em seguida, desloca o **estrobo de distância** até que tangencie a borda interna do “pip”. Então, 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 distâncias**, representados em intervalos selecionados, a partir do centro do PPI. A Figura 14.14 ilustra uma **tela** de radar, com a **varredura** e os **círculos de distância** (ou **anéis de distância**) mencionados.

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 seleção de qualquer escala entre 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. Assim, 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.

Figura 14.15 - Controle de ganho



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.

Brilho (“BRILLIANCE” ou “VIDEO CONTROL”): sua regulação 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.

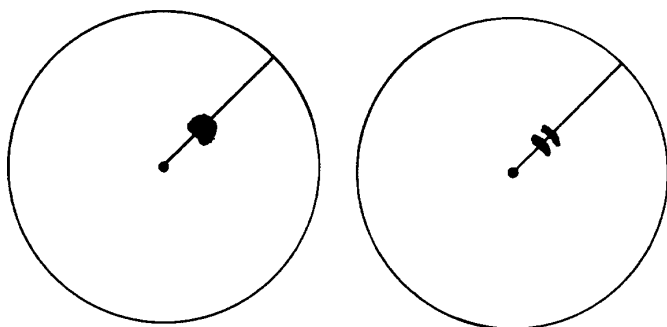
Ganho (“GAIN CONTROL”, Figura 14-15): o **controle de ganho** deve ser ajustado de maneira que a tela apareça um pouco salpicada, isto é, de forma que uma leve nódoa, ou sinal de fundo, seja visível. Assim, o equipamento estará na sua condição mais sensível e os objetos tenderão a ser detectados nas maiores distâncias possíveis. Se o **ganho** for reduzido para clarear completamente esta nódoa de fun-

do, 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.

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 ANTI-MANCHA DO MAR (“ANTI-CLUTTER SEA”) pode ser usado com o mesmo propósito.

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.

Figura 14.16 - Controle do ganho e discriminação em distância



Além disso, o controle do **ganho** pode melhorar a **discriminação em distância** do radar. Conforme mostrado na Figura 14.16, 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.

Controle STC (“SENSITIVITY TIME CONTROL” ou “ANTI-CLUTTER SEA”): é um controle **anti-mancha 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 negligível 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 na proximidade 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.

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 (Figura 14.17). Quando em uso, este controle tem um efeito sobre toda PPI e geralmente tende a reduzir a sensibilidade do receptor e, assim, a intensidade dos ecos apresentados na imagem radar.

Figura 14.17 (a) - Mancha causada por chuva forte



Figura 14.17 (b) - Redução do "clutter" pelo Controle FTC



Quando navegando 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.

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 ser escolhido um pulso de menor comprimento (pulso curto).

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 freqüentemente logo após o radar ser ligado, até cerca de 30 minutos depois, quando o aparelho pode ser considerado em condições de sintonia. Mas, a sintonia deve ser verificada com freqüência, principalmente se não aparecerem ecos na tela do indicador; 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”.

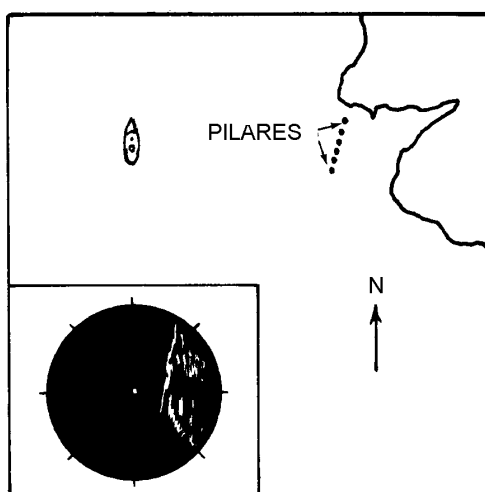
Linha de fé luminosa (“HEADING MARKER” ou “HEADING FLASH”): permite que seja estabelecida uma linha indicadora da proa na tela do radar, possibilitando a determinação rápida do bordo em que estão, de fato, alvos que, aparentemente, estão pela proa. Além disso, a marca de proa facilita muito a navegação de praticagem com o radar. O traço luminoso da linha de fé deve ter sua intensidade ajustada para que fique apenas visível. Deve ser tomado especial cuidado para que ele não mascare ecos fracos diretamente pela proa, sendo recomendável desligá-lo, ou reduzi-lo ao mínimo, periodicamente, para uma verificação mais segura de alvos na proa.

14.2 INTERPRETAÇÃO DA IMAGEM RADAR

14.2.1 FATORES QUE AFETAM A INTERPRETAÇÃO DA IMAGEM RADAR

A interpretação da informação apresentada na tela do radar não é sempre fácil. A obtenção de leituras corretas muitas vezes requer boa experiência por parte do operador, especialmente durante condições meteorológicas desfavoráveis, ou quando o radar está operando com desempenho degradado, em virtude de problemas nos seus componentes. Mesmo nas melhores condições meteorológicas, com o equipamento operando sem restrições e perfeitamente sintonizado, muitos fatores tendem a produzir erros na interpretação da imagem radar. Entre estes fatores estão o **poder de discriminação em marcação, poder de discriminação em distância, setores de sombra, ecos múltiplos, ecos falsos e ecos laterais**.

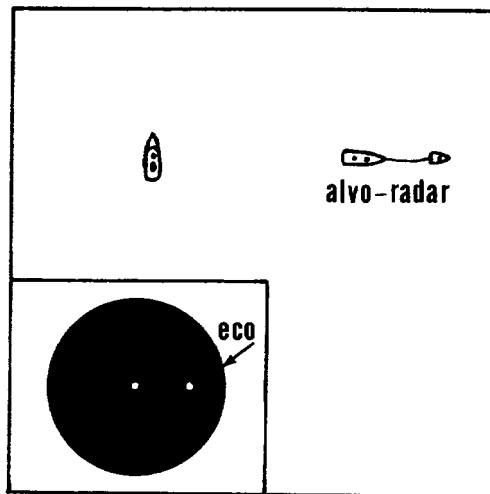
Figura 14.18 - Falsa linha de costa por falta de discriminação em marcação



Poder de discriminação em marcação, como vimos, é a diferença mínima em marcação para que dois alvos situados à mesma distância do navio apareçam como ecos distintos na tela do radar, sendo seu valor angular igual à **largura do feixe** transmitido. O feixe radar não é linear, apresentando uma abertura angular (**largura do feixe**), que faz com que os alvos apareçam na tela distorcidos, mais largos do que são na realidade. Além disso, se **dois** ou mais alvos estão muito próximos uns dos outros, aproximadamente à mesma distância do navio, seus “**pips**” podem

juntar-se na tela, dando ao operador a impressão de que se trata de apenas um alvo. Estas apresentações errôneas muitas vezes ocorrem em áreas costeiras, onde a existência de pedras, recifes, pilares e até mesmo embarcações próximas da costa pode resultar em uma imagem falsa da linha da costa na tela do radar (Figura 14.18).

Figura 14.19 - Rebocador e navio rebocado formam uma só imagem no radar por falta de discriminação em distância.

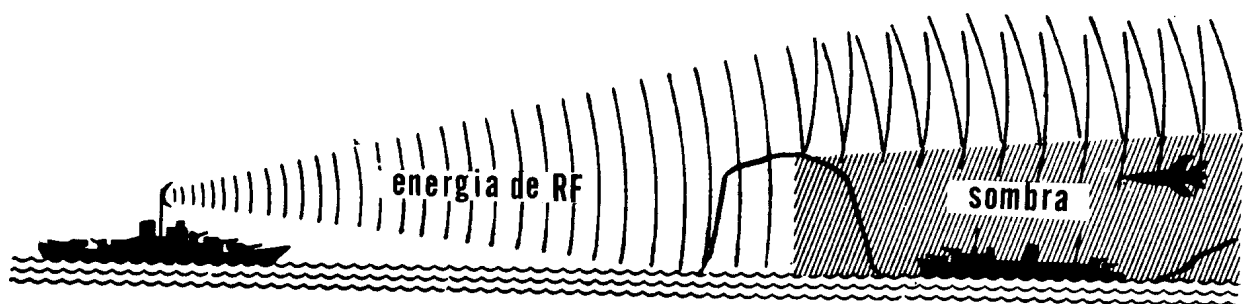


Poder de discriminação em distância, como vimos, é a diferença mínima em distância entre **dois** alvos situados aproximadamente na mesma marcação, para que possam ser discernidos pelo radar. A **largura do pulso** e a **freqüência da emissão** afetam o **poder de discriminação em distância** de um determinado radar. Em alguns equipamentos, a **largura do pulso** e a **freqüência** podem ser ajustados, de modo a melhorar a resolução em distâncias longas e curtas. Se dois ou mais objetos na mesma marcação estão separados por

distâncias inferiores ao **poder de discriminação em distância** (cujo valor é a metade do **comprimento do pulso**), pode ocorrer uma falsa interpretação da imagem, como mostrado na Figura 14.19.

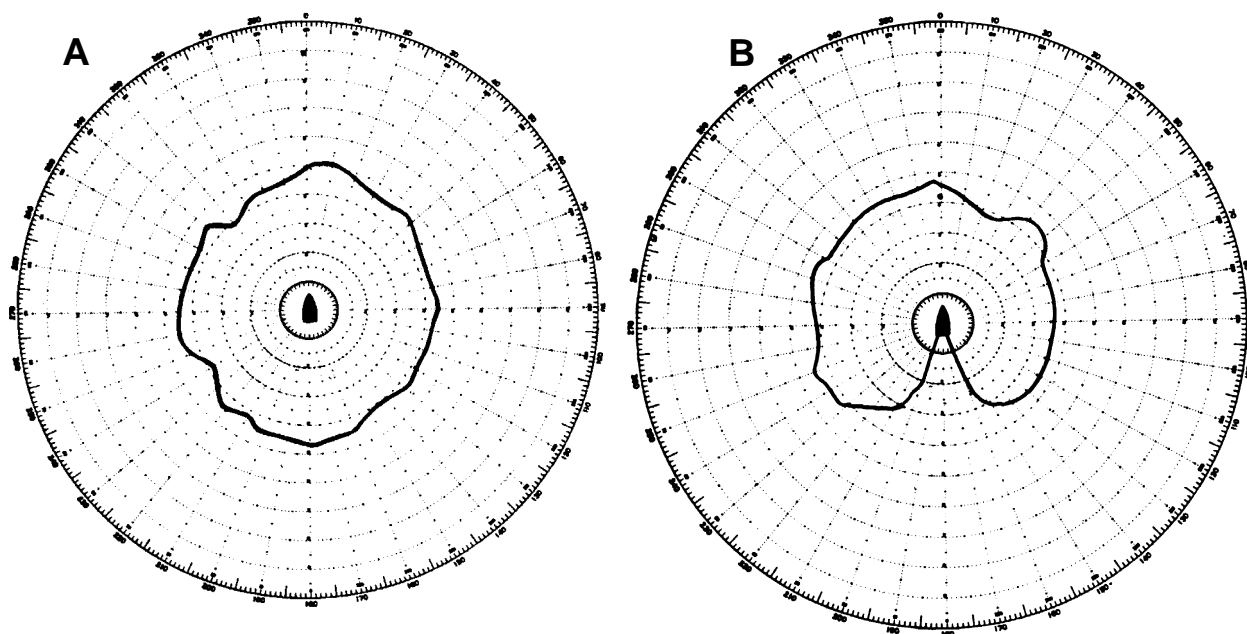
Áreas e setores de sombra-radar ocorrem quando um alvo relativamente grande obscurece um alvo menor posicionado por detrás, ou quando um alvo além do horizonte radar é obscurecido pela curvatura da Terra. Na Figura 14.20, a maior parte da área atrás da alta massa de terra estaria num setor de **sombra-radar**, não aparecendo na imagem do PPI. A existência de obstáculos no próprio navio (mastros, chaminés, guindastes ou outras estruturas elevadas), que causem obstruções ao feixe radar em sua varredura pelo horizonte, resulta em **arcos cegos**, ou **setores cegos**, que devem ser bem conhecidos pelos operadores do radar.

Figura 14.20 - Setor de Sombra-Radar



Qualquer superfície metálica que se interponha na trajetória da energia irradiada reduz a intensidade do campo e, conseqüentemente, a distância de detecção na marcação correspondente. Na Figura 14.21 são mostrados **diagramas de cobertura horizontal** de dois radares de navegação. As curvas mostram as distâncias de detecção nas várias marcações relativas do navio onde se encontra instalado o radar. Na ilustração **A**, a cobertura é praticamente uniforme, indicando que a antena tem um campo de visada desimpedido. A Figura **B** mostra como o sinal de retorno varia em função da marcação relativa do alvo, com um **setor cego** na popa do navio, indicando que existem obstruções nessa direção.

Figura 14.21 - Diagrama de irradiação horizontal da antena



Ecos múltiplos são causados por reflexões múltiplas de pulsos de um feixe transmitido, entre o nosso navio e um alvo relativamente próximo (em geral um outro navio), normalmente situado pelo través. O eco múltiplo, que se forma conforme mostrado na Figura 14.22, é um “**pip**” falso que aparece na tela do radar, na mesma marcação que o alvo real, mas em uma distância múltipla da distância correta do alvo (Figura 14.23). Se aparece apenas um eco falso, no dobro da distância real do alvo, ele é denominado **eco duplo**. Se um segundo “**pip**” é apresentado na tela, no triplo da distância correta, chamamos de **eco triplo**. Em geral, somente um ou dois **ecos múltiplos** são formados dessa maneira. Os **ecos múltiplos**, embora indesejáveis, servem para verificar a calibragem do radar. Se o radar está corretamente calibrado, a distância ao segundo eco (**eco duplo**) será exatamente o dobro da distância ao alvo real. Qualquer erro de calibragem pode ser detectado pela medida da distância do primeiro eco ao segundo (que representa a **distância correta**) e, então, comparando-a com a distância do nosso navio ao alvo (primeiro eco).

Figura 14.22 - Formação de Eco Múltiplo

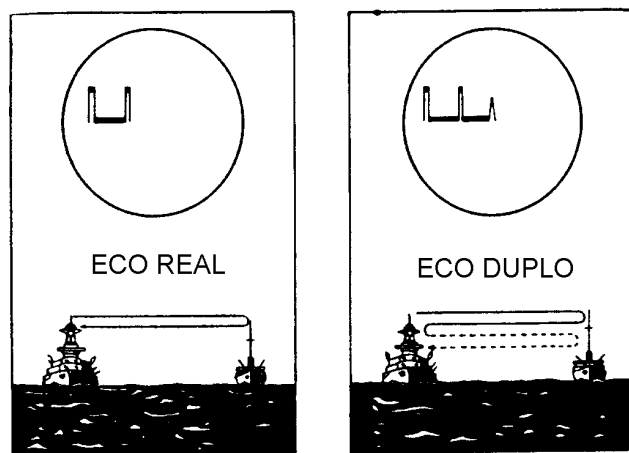


Figura 14.23 - Eco Múltiplo

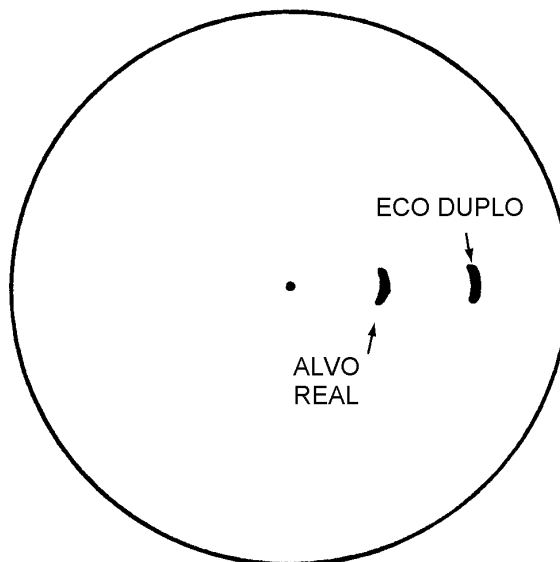
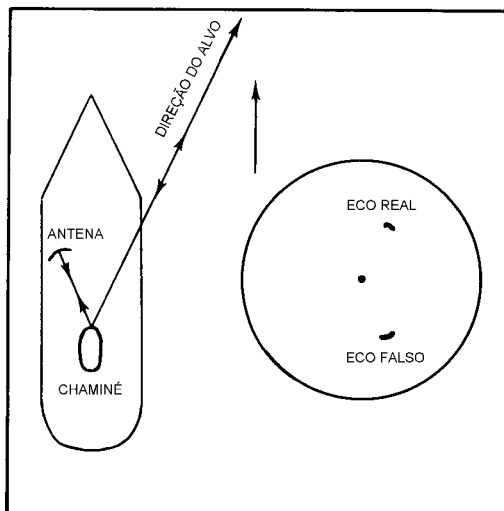
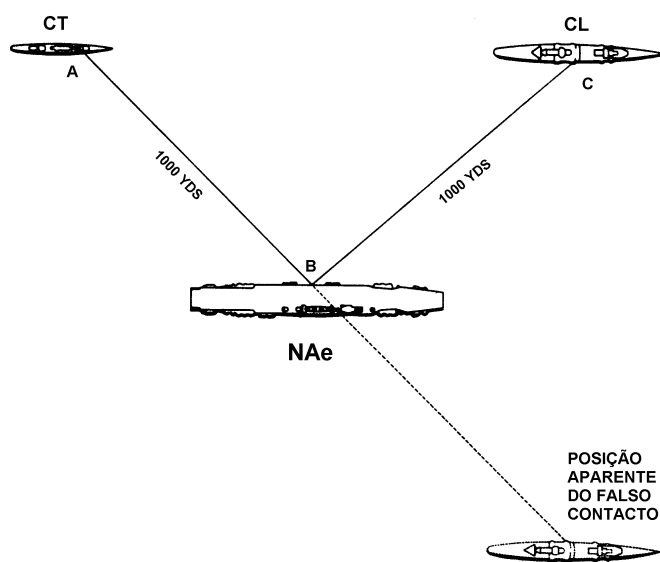


Figura 14.24 - Eco Falso (Eco Indireto)



Eco falso: tal como o eco múltiplo, é um “pip” falso que aparece no PPI. Um tipo de **eco falso** ocorre quando a energia refletida pelo alvo reflete-se novamente em uma parte da estrutura do navio, antes de retornar para a antena, como ilustrado na Figura 14.24. O **eco falso** resultante, às vezes denominado **eco indireto**, neste caso aparecerá sempre na **mesma distância** que o eco verdadeiro, mas na **marcação** da superfície refletora intermediária.

Figura 14.25 - Eco falso pela reflexão de energia de um alvo para outro



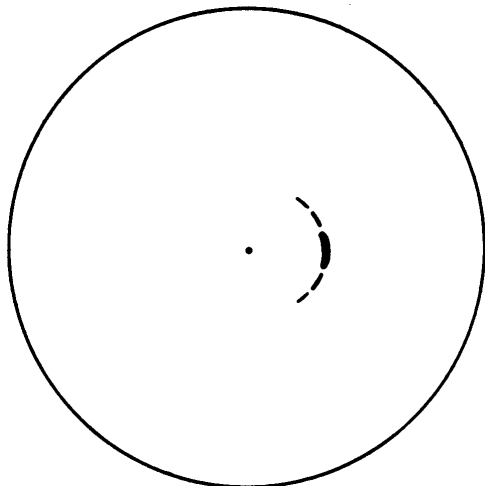
Outro tipo de **eco falso** pode ser causado pela reflexão da energia irradiada de um navio para outro, antes de retornar à antena do radar, conforme ilustrado na Figura 14.25. Na situação mostrada, o radar do Contratorpedeiro **A** irradia energia de RF na direção do Navio-Aeródromo **B**. A energia é refletida pelo grande bordo do NAE em todas as direções. Uma parte desta energia refletida retorna ao radar do CT como um eco normal, enquanto outra parte se propaga na direção do Cruzador **C**. O eco que atinge o Cruzador é novamente refletido, de modo que alguma energia retorna ao radar do CT ao longo da trajetória **CBA**. Assim, na marcação do alvo verdadeiro (Navio-Aeródromo **B**), o radar do Contratorpedeiro **A** mostrará, além do eco real (na distância de 1.000 jardas), um **eco falso**, mais fraco, na distância de 2.000 jardas.

vo verdadeiro (Navio-Aeródromo **B**), o radar do Contratorpedeiro **A** mostrará, além do eco real (na distância de 1.000 jardas), um **eco falso**, mais fraco, na distância de 2.000 jardas.

A montagem da antena do radar em uma plataforma imediatamente por ante-avante do mastro pode, também, causar ecos falsos. Com os navios navegando em coluna, quando a antena está conteirada para ré, a reflexão no mastro pode resultar no retorno de ecos falsos pelo navio de vante na coluna.

Ecos laterais: são, também, ecos falsos, causados pelos **lóbulos laterais**, ou **secundários**, do feixe radar. Como vimos, normalmente a antena do radar irradia, além do **lóbulo principal**, diversos **lóbulos laterais**, indesejáveis, mas inevitáveis. Se a energia desses lóbulos laterais é refletida por um alvo, aparecerão na tela do radar ecos laterais, em torno do eco do lóbulo principal. Como o campo energético dos lóbulos secundários é muito fraco, eles só afetam os alvos próximos. A aparência do eco lateral é a de um arco de círculo, conforme mostrado na Figura 14.26. Se o alvo está muito próximo, pode formar-se um semi-círculo ou, até mesmo, um círculo completo, com um raio igual à distância do alvo. Na Figura formada, cada traço fino representa um **eco lateral**, sendo o traço mais forte o **eco verdadeiro**, que representa a posição real do alvo

Figura 14.26 - Ecos Laterais.



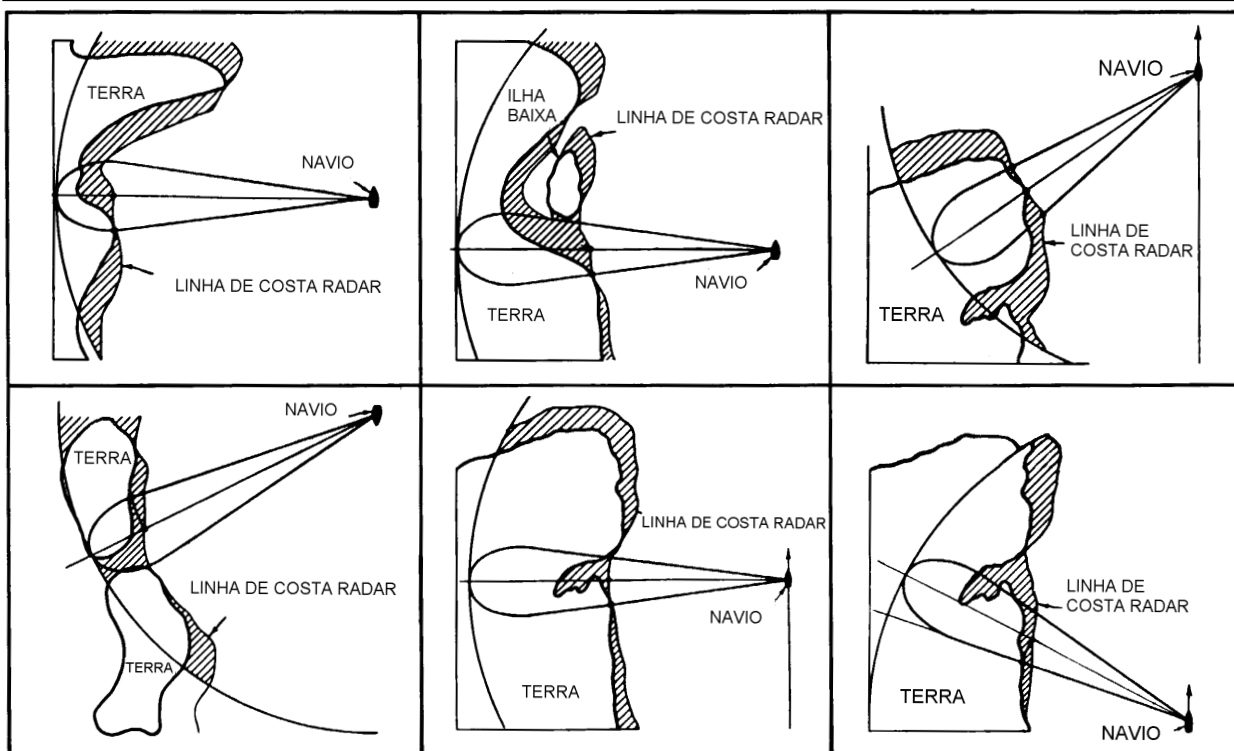
Para minimizar o efeito de **ecos laterais**, diminui-se o **ganho**. Mas, se os ecos falsos não estão interferindo na navegação, é melhor deixá-los, pois uma redução do ganho poderá fazer desaparecer, além desses ecos indesejáveis, ecos de alvos pequenos, potencialmente perigosos. Para diminuir o efeito de **ecos laterais**, também pode ser utilizado o controle “anti-clutter sea”, que, neste caso, será aumentado; mas devem ser observadas as mesmas restrições mencionadas para a diminuição do ganho.

Um operador experimentado normalmente saberá em que marcações podem ser esperados **ecos falsos** devidos aos fatores acima mencionados.

14.2.2 ALVOS TERRESTRES

Embora o PPI proporcione uma apresentação plana da costa, quando uma massa terrestre está sendo varrida pelo radar, a imagem mostrada na tela do indicador não é uma representação verdadeira da linha do litoral. Como vimos, a **largura do feixe radar** e o **comprimento dos pulsos transmitidos** (condicionando, respectivamente, o **poder de discriminação em marcação** e o **poder de discriminação em distância**) causam distorções na imagem radar dos acidentes terrestres, podendo resultar em falsas linhas de costa e outras deformações.

Figura 14.27 - Distorções na linha de costa radar devidas à largura do feixe e comprimento do pulso



A Figura 14.27 ilustra diversas situações em que as distorções devidas à **largura do feixe** e à **largura do pulso** (ou **comprimento de pulso**) causam a apresentação de falsas linhas de costa no radar.

Devido a isso, a apresentação da costa na tela do radar não será exatamente igual ao observado em uma Carta Náutica da mesma área. Outros fatores, como, por exemplo, a topografia e as condições de reflexão da energia irradiada, também contribuem para dificultar essa semelhança.

De uma maneira geral, quanto mais vertical for a superfície refletora, maiores serão suas propriedades de reflexão. Uma superfície disposta em ângulo reto em relação ao feixe do radar, como um penhasco ao longo da costa, montanhas ou altas colinas, produzirá um forte eco. As superfícies que não estejam em ângulo reto com o feixe do radar normalmente produzirão ecos mais fracos. Assim, a superfície do mar, que é boa refletora do feixe radar, somente retornará ecos quando houver vagas.

Uma superfície côncava tenderá a focalizar o feixe do radar de volta à antena, ao passo que uma superfície convexa provavelmente enviará grande parte da energia em uma direção diferente daquela em que está a antena.

Enquanto as massas terrestres são facilmente reconhecíveis no radar, o maior problema do operador é a identificação de acidentes específicos (cabos, pontas, demais saliências e reentrâncias da costa, etc.), de modo que possam ser empregados para determinação da posição do navio. A identificação dos referidos acidentes pode ser bastante difícil, por causa de vários fatores, entre os quais as já mencionadas distorções e condições de reflexão. As seguintes observações podem ser usadas como auxílio na identificação:

Restingas e praias baixas

Uma restinga baixa, lisa e sem rochedos, ou outras elevações, produzirá eco fraco, pois a maior parte do feixe irradiado resvala sobre essa superfície, sem regressar à antena. É possível, muitas vezes, que a arrebentação seja a responsável pelo eco apresentado.

Uma praia baixa e lisa é semelhante a uma restinga e produzirá um eco fraco mesmo quando o ganho estiver alto. A arrebentação poderá indicar a localização da linha da costa ou da praia. Como, porém, a arrebentação verifica-se a alguma distância da costa, o emprego de seus ecos como referência poderá provocar erros na determinação da posição do navio. O eco da arrebentação pode ser reconhecido pela sua pequena persistência.

Dunas de areia

As dunas cobertas com vegetação, localizadas ao fundo de uma praia baixa, produzem um sinal forte, fazendo com que o operador de radar tenda a considerá-las como a linha da costa. Somente um exame cuidadoso da carta permitirá evitar este engano. Sob certas condições, dunas de areia podem produzir ecos fortes, pois a combinação da superfície vertical da duna com a superfície horizontal da praia forma uma espécie de diedro refletor radar.

Pântanos e mangues

Um pântano ou mangue próximo à costa, que sofra influência da maré, produz sinais fracos, que podem desaparecer completamente na preamar. Os pântanos ou mangues que tenham árvores darão ecos mais fortes.

Lagoas e lagos

As lagoas costeiras são muito importantes na identificação de pontos ao longo da costa, quando elas se localizam por trás de restingas ou praias baixas. A distâncias maiores, a restinga não aparecerá e a primeira indicação no radar será das elevações mais para dentro da costa.

Os lagos situados a poucas milhas da costa, por sua vez, poderão ser identificados como regiões que não apresentam eco radar, em meio à área terrestre apresentada.

Elevações

Quando o terreno, a partir da costa, eleva-se suavemente, o indicador do radar apresentará um eco fraco. Quando a elevação torna-se mais acentuada, assemelhando-se a uma colina, o eco será mais forte.

Penhascos e formações escarpadas

As escarpas e penhascos ao longo da linha da costa produzem um eco forte facilmente identificável. Entretanto, quando toda a costa é composta de escarpas e penhascos, de modo a apresentar um eco de mesma intensidade, torna-se difícil determinar uma posição. Empregando-se o ganho baixo e aproveitando-se as interrupções da linha da costa, como emboadura de rios e enseadas, é possível identificar pontos notáveis e, assim, obter a posição.

Quando existirem penhascos no interior, dever-se-á tomar cuidado na determinação das distâncias, a fim de não confundir os ecos oriundos destes penhascos com aqueles devidos à linha da costa.

Montanhas

O cume escarpado de uma montanha produzirá um eco forte. Devido à sombra radar, não haverá eco referente às regiões baixas posteriores à montanha.

Linha de costa

Uma linha de costa reta é difícil de ser utilizada para a determinação precisa da posição. Os ecos-radar apresentarão pequena distorção somente no ponto em que o feixe radar incide perpendicularmente à costa. A partir deste ponto, para qualquer dos lados, os ecos sofrem uma distorção cada vez mais acentuada, distendendo-se devido à largura do feixe radar.

As linhas de costa interrompidas por baías e pequenas reentrâncias são facilmente identificadas no radar. Na determinação da posição, é necessário identificar cuidadosamente estes acidentes geográficos, antes de medir distâncias ou marcações.

Praias encurvadas

As praias encurvadas representam um problema mais simples na determinação da posição, mas deve-se sempre considerar que o efeito da distorção será mínimo somente nos pontos em que o feixe incidir perpendicularmente à costa.

Ilhas e rochedos

Uma ilha pequena e isolada, ou um rochedo, produzirá um eco nítido e de pequenas dimensões. A medição da distância pode ser feita com o **estrobe de distância** tangenciando

a borda interna do eco apresentado. Ilhas baixas normalmente produzem ecos fracos. Quando providas de palmeiras ou outra vegetação elevada, entretanto, o eco pode vir mais forte, pois a superfície vertical das árvores forma com a superfície horizontal das águas em torno da ilha um diedro refletor.

Recifes de coral e longas cadeias de ilhas podem produzir uma linha longa de ecos, quando o feixe radar é dirigido perpendicularmente à linha de ilhas/recifes. Esta indicação ocorre especialmente quando as ilhas estão próximas entre si. A razão é que a distorção (alargamento) resultante da largura do feixe faz com que os ecos juntem-se em uma linha contínua. Contudo, quando a cadeia é vista na longitudinal, ou obliquamente, cada ilha pode produzir um “pip” separado. Arrebentação quebrando sobre um recife produz uma linha de ecos variáveis e interrompidos.

Recifes e abrolhos

Nenhum objeto submerso produzirá eco radar; ocasionalmente, porém, recifes e abrolhos poderão ser detectados, caso haja arrebentação e esta seja suficientemente alta. Quando um objeto está inteiramente submerso e o mar não quebra sobre ele, não aparecerá qualquer apresentação no PPI.

Linhas de costa falsas

Uma apresentação semelhante à linha de costa será possível quando existir qualquer das condições seguintes:

- a. numerosos rochedos próximos à costa, ou várias ilhas pequenas, que poderão produzir ecos interligados, que podem ser confundidos com a apresentação da própria costa. O mesmo pode ocorrer com embarcações próximas da costa;
- b. arrebentações fortes em recifes poderão simular a linha da costa;
- c. penhascos ou dunas de areia ao fundo de uma praia baixa, com pequeno declive, produzirão uma falsa linha de costa.

Faróis, torres, chaminés e outras estruturas verticais

Geralmente oferecem resposta fraca, pois são construídos de pedra e cimento. Uma estrutura de forma troncônica, ou cilíndrica, também não ajuda em nada a uma boa reflexão e muitos faróis têm esses formatos. Em alguns casos, quando a costa é baixa e arenosa e o farol é alto, seu eco pode ressaltar na imagem apresentada na tela do radar.

Para facilitar a identificação radar, diminuindo os problemas acima citados, os auxílios à navegação são, muitas vezes, dotados de refletores-radar, RACON ou reforçador de eco, adiante mencionados.

Pontes

As pontes são excelentes para obtenção de um eco forte, uma vez que são construídas, normalmente, sobre depressões que não produzem ecos.

Piers e molhes

Os piers e molhes produzem sinais nítidos e precisos, a pequenas distâncias.

Edifícios

As aglomerações de edifícios, casas, galpões e outras edificações, construídas de cimento armado e/ou estruturas metálicas, fornecem boas respostas ao pulso radar. Embora suas fachadas tendam a comportar-se como superfícies especulares (que refletem o eco radar em direção distinta à do emissor), as paredes que formam entre si ângulo reto constroem com o solo um triedro tri-retângulo refletor, que faz com que o eco retorne na mesma direção de onde veio o pulso, isto é, para a antena do radar.

Podem se esperar, deste modo, ecos de cidades a 25 milhas ou mais, em um radar comum de navegação. Por serem ecos fortes, muitas vezes aparecem na tela antes mesmo que a linha de costa seja detectada.

Edifícios isolados em costa baixa darão, muitas vezes, ecos distintos, mas só devem ser utilizados para efeitos de navegação se suas posições na Carta Náutica estiverem assinaladas com precisão.

14.2.3 ALVOS NO MAR

Navios

Os navios geralmente fornecem bons ecos, cujo tamanho e intensidade dependem da distância, da superfície que apresentam e do estado do mar. Como, normalmente, são construídos de aço (material que é um ótimo refletor) e suas superestruturas possuem anteparas que formam entre si e com os conveses ângulos retos, proporcionam, em geral, boa resposta radar. Ecos mais fortes são obtidos quando o alvo se apresenta de través (**ângulo do alvo** 090° ou 270°).

Já as embarcações de madeira fornecem uma resposta muito pobre. O mesmo ocorre com embarcações de fibra de vidro. Por isso, ambos os tipos de embarcações devem portar sempre um **refletor-radar**, para aumentar a intensidade dos seus ecos.

São as seguintes as distâncias normais de detecção dos diversos tipos de embarcações pelos **radares de navegação**:

Pequenos barcos de madeira	0.5 a 4 milhas
Baleeiras	até 2 milhas
Traineiras	6 a 9 milhas
Navios pequenos (até 1.000 ton.)	6 a 10 milhas
Navios de 10.000 ton	10 a 16 milhas
Navios de 50.000 ton	16 a 20 milhas

A determinação do movimento do alvo pode, na maioria das vezes, anular a dúvida se trata-se, ou não, de um navio.

Bóias

As bóias geralmente produzem ecos fracos, sobretudo se têm a forma abaulada. Quando pequenas, os ecos das bóias podem ser encobertos até mesmo pelo menor retorno do mar. A bóia que oferece a pior resposta é a de formato cônico, sem refletor. A não ser que o mar esteja completamente calmo, os ecos das bóias são pouco firmes, devido ao movimento

desordenado a que estão sujeitas. A ondulação do mar faz com que a potência do eco recebido varie e, assim, a imagem radar de uma bóia pode quase desaparecer da tela, voltando a surgir na varredura seguinte, com uma intensidade mais forte. Com mau tempo, esta circunstância é agravada, não sendo de estranhar que o radar falhe na detecção de bóias menores.

As distâncias prováveis de detecção variam de **0,5 a 1** milha, para bóias pequenas, até **2 a 4** milhas, para bóias de maiores dimensões. As bóias equipadas com **refletor radar** oferecem boa resposta, podendo ser detectadas em distâncias de até **6 a 8** milhas.

Para melhorar a resposta radar das bóias, utilizam-se, além do **refletor radar**, outros auxílios, como o **RACON** e o **reforçador de alvo radar** ("RADAR TARGET ENHANCER"), que serão posteriormente abordados.

É oportuno lembrar que, tal como na **navegação visual**, também na **navegação radar** as bóias devem ser utilizadas com muita precaução, não devendo ser empregadas para determinação da posição do navio, em virtude da possibilidade de se deslocarem de sua posição, pela ação de correntes, ressaca, ruptura do equipamento de fundeio, abalroamento por navios ou diversas outras circunstâncias.

Arrebentações

Uma linha de arrebentações produz um sinal parecido com o da linha de costa. Suas características de desvanecimento permitirão ao operador do radar identificá-la.

14.2.4 FENÔMENOS METEOROLÓGICOS

Nuvens

Algumas nuvens podem produzir ecos, que são caracterizados por:

- serem de grandes dimensões, geralmente com forma irregular, variável e de limites mal definidos; e
- deslocarem-se, normalmente, na direção do vento.

A apresentação no radar dependerá do tipo da nuvem. Os cumulonimbus e as grandes formações de nuvens carregadas de chuva dão ecos muito fortes e às vezes aparecem no indicador com contornos bem definidos, como se fossem uma ilha. É comum detectar-se nuvens de chuva nos radares de navegação, tanto no radar de 10 cm, como no radar de 3 cm, quando navegando em regiões tropicais. Se a nuvem não contém chuva, dificilmente será detectada.

Se houver alvo a acompanhar e se o eco estiver sendo prejudicado por uma nuvem, diminui-se o ganho, pois os ecos da nuvem, mais fracos, tenderão a desaparecer, enquanto que o eco do alvo, mais forte, deve persistir na tela.

Chuva

A aparência da chuva na tela do radar é a de uma mancha, sem contornos definidos, acarretando, sobretudo, um aumento da luminosidade do indicador. Dependendo da intensidade da chuva, a imagem será pintada mais, ou menos, fortemente, isto é, os ecos serão mais fortes ou mais fracos.

A chuva obscurece os alvos que se encontram dentro dela. Um aguaceiro tropical pode impedir completamente a detecção de alvos situados dentro, ou para além dele. A técnica para tentar a detecção de alvos dentro da chuva é reduzir levemente o ganho, pois os ecos da chuva tendem a ser mais fracos que os ecos de outros alvos, como navios. Os efeitos da chuva também podem ser atenuados por meio de controle FTC, anteriormente estudado. Neste caso, entretanto, o ganho deve ser levemente aumentado. Os chuviscos, embora possam apresentar ecos levemente difusos, pouco afetam a detecção radar.

A intensidade dos ecos provenientes de precipitações pode, por vezes, mascarar os ecos de terra, o que pode perturbar o navegante por ocasião das aterragens com o radar.

Quando nosso navio encontra-se dentro da chuva, o alcance radar pode ser diminuído, pois parte da energia emitida é absorvida pelas gotas d'água. Tanto maior será a redução do alcance, quanto maior for a área coberta pela chuva. Também nesse caso, o operador deve atuar continuamente nos controles de ganho e FTC, diminuindo e aumentando.

Com o navio dentro de um aguaceiro, com o mar agitado, somam-se o “clutter” da chuva com o retorno do mar, tornando ainda mais difícil a detecção de alvos próximos, podendo, até mesmo, cegar completamente o radar. Neste caso, a solução é diminuir a velocidade e navegar como se estivesse em cerração, sem radar.

Os menores comprimentos de onda sofrem maior atenuação das gotas d'água. Assim, os radares que operam na faixa de **3 cm** (banda **X**) são mais influenciados pela chuva que os da faixa de **10 cm** (banda **S**).

Granizo

É a precipitação de pedaços de gelo que, em geral, têm forma esférica e diâmetros que vão desde milímetros até aproximadamente 10 cm. Este tipo de precipitação é mais comum nas médias latitudes e normalmente têm curta duração, ocorrendo quase sempre entre a metade da tarde e o anoitecer. Se a taxa de precipitação for a mesma da chuva, o aspecto da tela do indicador radar será também o mesmo. Mas, isso só ocorre quando as pedras de gelo são grandes, o que é difícil de acontecer. De maneira geral, a atenuação devida ao granizo é menor que a devida à chuva, e o “clutter” que o granizo causa é menos prejudicial. No caso da ocorrência de granizo, o operador deve atuar nos controles do radar da mesma maneira como se estivesse caindo chuva.

Neve

É a precipitação de cristais de gelos em flocos. A neve, a não ser as mais fortes nevascas, quase não é notada na tela do radar. Isto é, a queda de neve não aparece como um alvo, embora atenua as ondas radar. Às vezes a queda de neve é detectada com o radar de 3 cm, mas não com um que opere na faixa de 10 cm. Em virtude da atenuação, a neve provoca redução do alcance radar.

Outro aspecto muito prejudicial da neve é que cobre todos os alvos, mascarando os ecos. Essa cobertura de neve deforma os alvos, que já não poderão ser identificados facilmente. Embora a onda radar penetre na neve, ela sofre muita atenuação devido à absorção de energia pelos cristais de gelo, e assim, os ecos que retornam são fracos. O resultado desses dois fatores é uma apresentação indefinida dos alvos na tela do radar. Desta forma, o navegante que se aproxima da costa, ou está costeando, após uma queda de neve deve tomar maiores cuidados com a sua navegação. Deve tentar todos os outros auxílios à navegação disponíveis, e usar o radar com muita precaução.

Cerração e “Smog”

Visibilidade é, conforme vimos, a maior distância na qual um objeto escuro pode ser visto no horizonte, tendo o céu como fundo. De noite, uma luz de intensidade moderada é usada, em vez do objeto escuro. **Nevoeiro** é a presença em suspensão de minúsculas partículas d'água ou de gelo junto à superfície. Mas, só quando estas partículas em suspensão diminuírem a visibilidade para 1 quilômetro (0.54 milhas náuticas), é que o fenômeno tem o nome de **nevoeiro**. Se a visibilidade for maior que 1 quilômetro, o nome correto é **neblina**. Contudo, a bordo, também é comum a palavra **cerração** para ambos os fenômenos, falando-se em **cerração leve**, **moderada** ou **cerração fechada**.

No que diz respeito ao radar, o **nevoeiro** também não se faz apresentar na tela do radar, salvo em casos especiais. Mas as gotículas d'água, ou de gelo, em suspensão absorvem energia da onda, de maneira que o alcance radar fica reduzido. Um nevoeiro pesado, ou seja, aquele que reduz a visibilidade para 100 metros ou menos, reduz o alcance radar para 60% de seu alcance normal.

Em casos raros, com radar de 3 cm poderão ser detectados bancos de nevoeiros pesados, de grande densidade.

Smog (névoa seca)

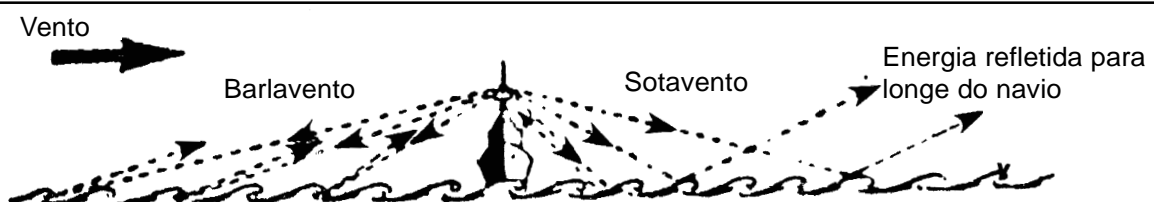
É a cortina de ar poluído que geralmente se encontra sobre as grandes cidades, de origem industrial e automotiva. A palavra é formada de **Smoke** (fumaça) e **Fog** (nevoeiro). Não existem dados sobre a atuação do **Smog** no radar, mas é de se crer que ele também diminua o alcance radar, pela absorção de energia pelas partículas em suspensão.

Em resumo, pode-se afirmar que, em qualquer tipo de precipitação, seja chuva, granizo ou neve, e mesmo no caso de nuvens, nevoeiro, neblina ou **smog**, um radar de 10 cm (banda **S**) será menos afetado que um de 3 cm (banda **X**).

Vento

A principal, e talvez a única, influência do vento na apresentação do radar está relacionada com o **estado do mar** dele resultante, pois, como vimos, as vagas produzem os ecos de retorno do mar (“clutter”). Quanto mais altas e abruptas as vagas, mais fortes são os ecos de retorno. A potência dos ecos de retorno depende do ângulo de incidência do feixe radar e, assim, o “clutter” do mar é mais pronunciado a **barlavento**, do que a **sotavento** (Figura 14.28).

Figura 14.28 - "Clutter" do mar (mais pronunciado a barlavento)



Gelo

Os **icebergs** (blocos de gelo de água doce) geralmente são detectados pelo radar em distâncias que permitem tempo suficiente para ações evasivas. Essas distâncias dependerão de suas dimensões. Os **icebergs** do Ártico apresentam, em geral, superfícies recortadas e facetadas, que proporcionam bons ecos de retorno. Os **icebergs tabulares**, comuns na

Antártica, tendo tope plano e paredes laterais quase verticais, que podem se elevar a mais de 30 metros acima da superfície do mar, também constituem bons alvos-radar, sendo normalmente detectados com tempo suficiente para manobrar a fim de deixá-los safos.

Grandes **icebergs** podem ser detectados em distâncias da ordem de **15 a 20** milhas com mar calmo, embora a intensidade de seus ecos seja somente 1/60 da intensidade dos ecos que seriam produzidos por um alvo de aço de tamanho equivalente. **Icebergs** menores são detectados a cerca de **6 a 12** milhas. "**Bergy bits**", pedaços quebrados de **icebergs** com **4 a 5** metros de altura, normalmente não são detectados pelo radar a distâncias maiores que **3** milhas.

Os **flocos de gelo** ("**ice floes**") e "**growlers**", formados pelo congelamento de água salgada, são, em geral, muito baixos (altura máxima de 2 metros) e constituem um alvo radar extremamente ruim, sendo de difícil detecção, principalmente com mar agitado, quando o "**clutter**" do mar pode mascarar por completo ecos de pedaços de gelo perigosos à navegação. Com mar calmo, esse tipo de gelo normalmente não é detectado em distâncias maiores que **2** milhas. Assim, embora o radar constitua um auxílio muito importante para a navegação em presença de gelo (para a detecção de **icebergs** e blocos de gelo de maiores dimensões), a busca radar deve ser complementada por uma vigilância visual constante, pois esta é insubstituível para a detecção de **campos de gelo** e "**growlers**" perigosos à navegação.

Tempestades tropicais, furacões, tufões e ciclones

As tempestades tropicais, em qualquer de suas modalidades mais severas (furacões, tufões ou ciclones), produzem ecos bem definidos no radar. O uso do radar nas manobras frente a esses fenômenos meteorológicos será mencionado no Volume II.

14.2.5 AUXÍLIOS À NAVEGAÇÃO RADAR

Vários **auxílios à navegação radar**, ou **instalações auxiliares**, foram desenvolvidos para ajudar o navegante a identificar um alvo radar ou para aumentar a intensidade dos ecos produzidos por objetos que, de outra forma, seriam de difícil detecção.

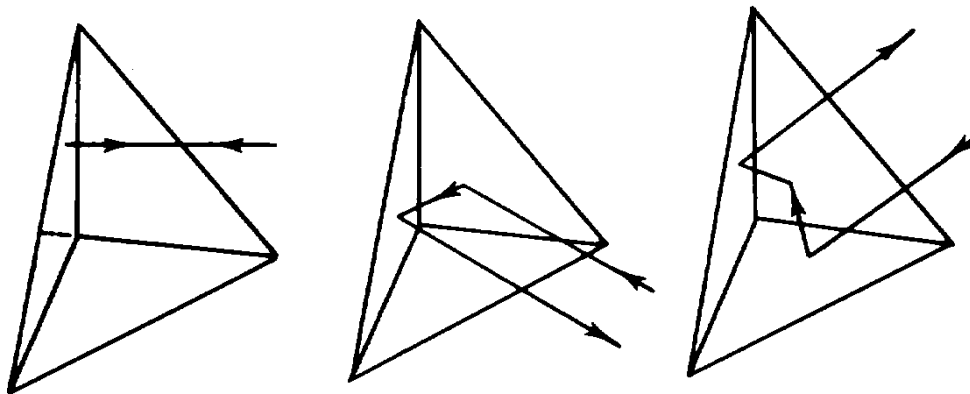
Os **auxílios à navegação radar** podem ser classificados, pela maneira como atuam, em **passivos** e **ativos**. Os **passivos** apenas refletem a energia que sobre eles incide. Os **ativos** transmitem um sinal de RF, que é recebido pelos radares de bordo.

Refletor-radar

É um auxílio à navegação radar **passivo**, cuja finalidade é aumentar a capacidade de resposta de um alvo-radar, para possibilitar sua detecção a maior distância. O **refletor-radar** é um equipamento retro-refletivo, que retorna a energia incidente sobre ele na direção da fonte de emissão, dentro de limites bem amplos de ângulos de incidência.

O método usual para obter a retro-reflexão é empregar duas ou mais superfícies refletoras planas, formando ângulos retos entre si, de modo que a energia incidente retorne na direção da fonte emissora, após múltiplas reflexões. Assim, são formados o **diedro refletor** e o **triedro tri-retângulo refletor**. Os **triedros refletores** são normalmente constituídos por **3** triângulos isósceles formando ângulos retos e retornam a energia incidente conforme mostrado na Figura 14.29.

Figura 14.29 - Triedros refletores



Por vezes, em vez de um único, são instalados nos auxílios à navegação grupos de refletores-radar, que, convenientemente dispostos, facilitam em muito a sua detecção pelo radar (Figuras 14.30, 14.31 e 14.32).

Figura 14.30 - Refletor radar

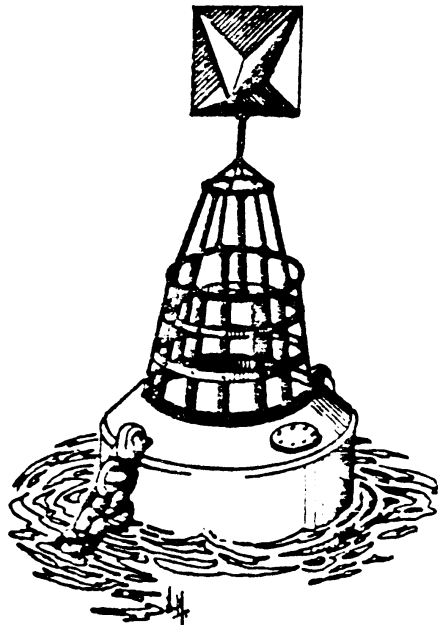


Figura 14.31 - Bóia refletora radar

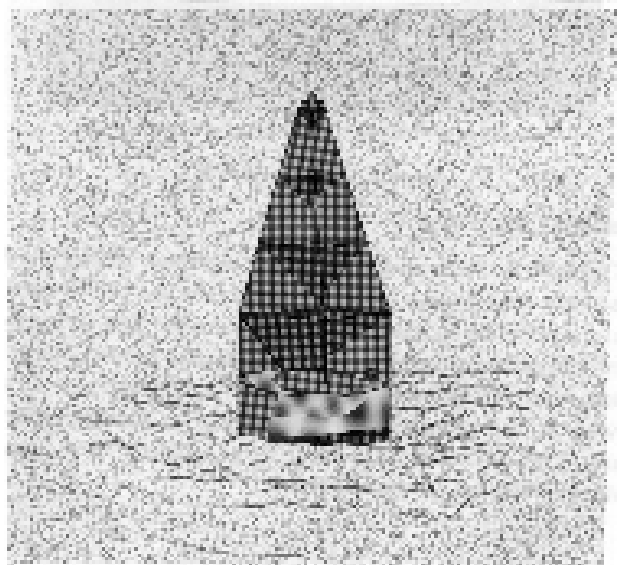
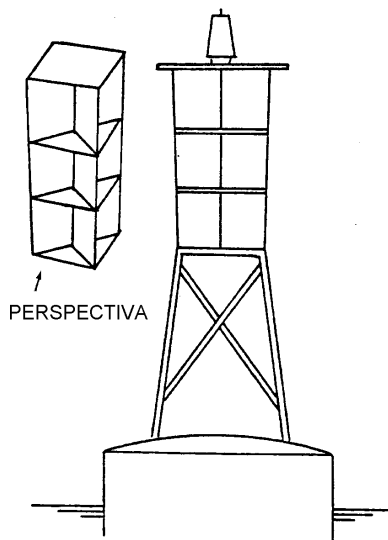


Figura 14.32 - Bóia luminosa com arranjo de refletores radar



Os refletores-radar, em sua maioria, estão instalados em bóias, mas existem, igualmente, em sinais fixos (faróis, faroletes e balizas). Ademais, conforme já mencionado, as embarcações de madeira e de fibra de vidro também devem portar **refletores-radar**, a fim de melhorar sua capacidade de resposta-radar. Aliás, a IMO recomenda que todas as embarcações com menos de 100 toneladas de arqueação bruta sejam equipadas com refletor-radar.

A tabela seguinte dá uma idéia do aumento da refletividade obtido pela aplicação de **refletores-radar**:

ALVO	ALCANCE RADAR	
	Sem Refletor	Com Refletor
Bóia Comum	1.5'	3.5'
Bóia Cilíndrica	3.5'	7.0'
Baleeira	3.0'	7,0'
Barco de Pesca	2.0'	6.0'

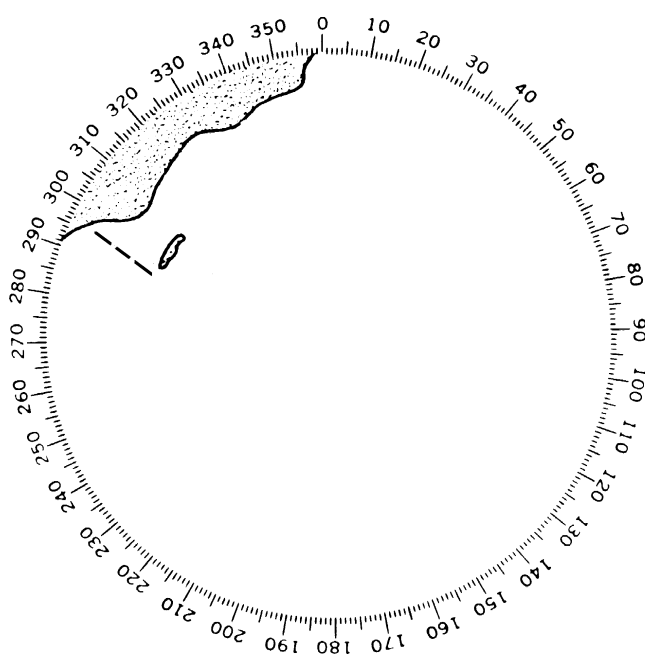
RACON

RACON deriva da expressão, em inglês, “**RADAR BEACON**”, ou “**RADAR TRANSPONDER BEACON**”. O **RACON** é um auxílio à navegação radar **ativo**, geralmente instalado em um farol, farolete, bóia ou barca-farol, que, quando excitado por um radar de navegação, automaticamente retorna um sinal distinto, que aparece na tela do radar, proporcionando **identificação** positiva do alvo e possibilitando a leitura precisa de **marcação** e **distância-radar**.

Normalmente, os equipamentos **RACON** têm agilidade de frequência e dualidade de banda (“**DUAL BAND RACON**”), respondendo aos radares de navegação que operam nas faixas de **3 cm** (banda **X**) e **10 cm** (banda **S**).

O pulso emitido pelo radar de bordo é recebido pelo RACON, amplificado e vai disparar o transmissor do equipamento, que emite um sinal onidirecional. Este sinal é recebido a bordo quando a antena do radar está contetada diretamente para o RACON, aparecendo na tela do indicador, geralmente como um sinal em Código Morse, que se origina na posição do RACON e se estende radialmente para fora, na direção da periferia do PPI (Figura 14.33).

Figura 14.33 - Sinal codificado de RACON ("0")



Assim, o primeiro traço ou ponto indica a posição do sinal onde está instalado o RACON. Desta forma, a distância deve ser medida tangenciando-se a borda interna do primeiro ponto ou traço do sinal codificado do RACON (isto é, a “**margem mais próxima**”). A marcação é medida ajustando-se o cursor de marcação a meio do sinal codificado. Entre as aplicações específicas do RACON, incluem-se:

a. Aterragem

O **RACON** é indicado para reforçar a resposta e facilitar a identificação de um sinal de aterragem, que é o primeiro a ser visto na aproximação a um determinado ponto da costa, vindo do mar aberto.

b. Navegação a curta distância

O **RACON** é usado para facilitar a identificação radar de um acidente ou ponto de interesse local, como, por exemplo, uma entrada de porto.

c. Alinhamento

O **RACON** é indicado para facilitar a identificação de um sinal de alinhamento no radar. Usando **2** equipamentos **RACON**, ou um **RACON** e um **refletor-radar**, nos sinais anterior e posterior de um **alinhamento**, um navio pode utilizar o alinhamento mesmo com má visibilidade, pela **navegação radar**.

d. Marcações de ponte

O **RACON** é indicado para marcar o **vão central**, ou **vão de navegação**, de pontes que cruzam vias navegáveis.

e. Novos perigos

O **RACON** é usado para marcar um novo **perigo à navegação**, tal como um casco soçobrado. Neste caso, deve responder com um sinal correspondente à letra “D” em Código Morse (— • •).

f. Identificação de linha de costa inconspícua

Quando a linha de costa é difícil de distinguir ou identificar, pode-se usar um **RACON** para indicá-la na tela do radar.

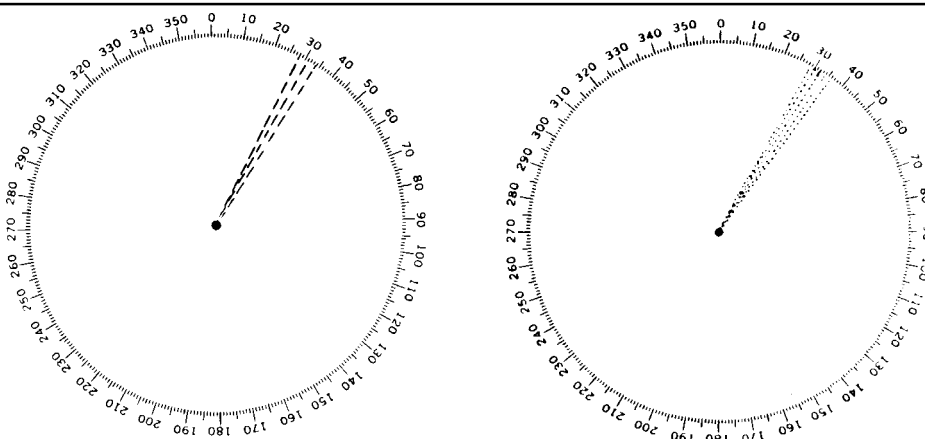
g. Marcação de estrutura ao largo

O **RACON** pode ser usado para marcar e identificar uma estrutura “offshore”, tal como uma plataforma de petróleo.

RAMARK

RAMARK é a abreviatura da expressão, em inglês, “RADAR MARKER”. O **RAMARK** transmite continuamente, ou a intervalos, sem necessidade de ser excitado/disparado por sinais de radares de bordo. A transmissão a intervalos é mais usada que a transmissão contínua, de modo que o PPI possa ser periodicamente inspecionado sem qualquer mancha (“**clutter**”) introduzida pelo sinal do RAMARK.

Figura 14.34 - Sinal RAMARK tracejado e pontilhado



O sinal RAMARK aparece no PPI como uma linha radial que se origina no centro da tela, estendendo-se na direção da posição do equipamento.

A linha radial pode ser contínua, uma série de traços, uma série de pontos, ou de pontos e traços (Figura 14.34).

O RAMARK, portanto, só indica a **marcação**. Além disso, apresenta a desvantagem de que o seu forte sinal, além de produzir a indicação desejada, pode dar origem a ecos falsos na tela (que podem ser atenuados com a aplicação do controle FTC).

Radar Target Enhancer (RTE)

O **reforçador de alvo-radar** ("RADAR TARGET ENHANCER"), de introdução recente, é um auxílio à navegação radar **ativo**, que recebe o pulso radar transmitido, amplifica e retransmite, como um eco reforçado (sem qualquer espécie de codificação), de modo a aumentar a seção radar e a capacidade de resposta de alvos importantes (bóias e outros auxílios à navegação). O RTE também pode ser utilizado para aumentar a seção radar e a capacidade de resposta de pequenas embarcações (especialmente as de fibra de vidro e madeira).

14.3 NAVEGAÇÃO RADAR

14.3.1 Precisão das distâncias e marcações-radar

a Distâncias-radar

As **distâncias-radar**, embora mais precisas que as marcações, são afetadas por diversos fatores, entre os quais **erros inerentes ao próprio equipamento** (retardo do receptor, erro de calibragem, distorção da imagem radar, etc.), **erros do operador** (falsa interpretação da linha de costa, imprecisão decorrente da não utilização da escala de distância mais curta, tangência imperfeita do estrobo de distância, etc.), **erros devidos às diferentes características de reflexão de cada alvo** e às **condições atmosféricas reinantes**.

Para minimizar os efeitos dos erros acima citados sobre as **distâncias-radar**, alguns cuidados devem ser tomados:

- verificar periodicamente a **calibragem do radar**, corrigindo-a, se necessário. A calibragem do **estrobo de distância** pode ser verificada através da comparação com os **círculos de distância fixos**. A calibragem do radar propriamente dito pode ser verificada com o navio atracado ou fundeado em uma posição bem determinada. Mede-se, então, na Carta Náutica, a distância do navio a um ponto que seja conspícuo no radar. Ao mesmo tempo, mede-se a distância-radar para o referido ponto. Compara-se, em seguida, os dois valores. A **calibragem** será **satisfatória** se a diferença entre a distância verdadeira e a distância-radar ao objeto notável for menor que 1,5% do alcance da **escala de distância** utilizada.
- utilizar sempre a **escala de distâncias** mais curta possível. Conforme visto, quanto mais curta a **escala de distâncias**, maior a resolução de imagem-radar, melhor a definição do contorno dos alvos e, portanto, maior a precisão das **distâncias-radar** medidas. Ademais, quanto mais curta a **escala de distâncias**, menor será o erro devido à espessura luminosa dos **círculos de distância fixos** ou do **estrobo de distâncias**.

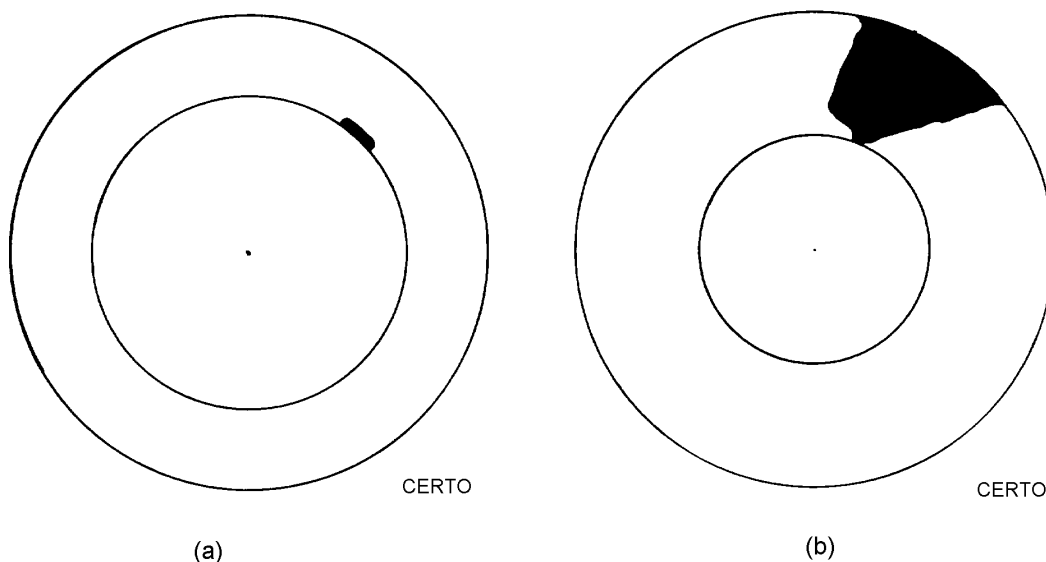
- evitar medir distâncias para alvos muito próximos da borda da tela do radar, a fim de eliminar o erro devido à curvatura do PPI, que distorce a imagem dos alvos junto ao perímetro do indicador, que aparecem maiores em tamanho.
- quanto aos demais erros, um operador experiente, que faça um bom estudo da Carta Náutica da área, comparando-a com a imagem radar apresentada na tela do indicador, conseguirá reduzi-los significativamente na medição das **distâncias-radar**.

Considera-se que um radar bem calibrado e corretamente operado pode fornecer distâncias com precisão de 100 jardas até o **horizonte-radar**, com decréscimo progressivo além desse ponto, até o limite do alcance.

O procedimento correto para medição das **distâncias-radar** é o seguinte:

- seleciona-se a **escala de distâncias** mais curta possível;
- opera-se o **estrobo de distâncias** (marcador variável de distâncias) de modo a tangenciar a borda interna do eco (Figura 14.35);
- a **distância-radar** é, então, lida no mostrador correspondente.

Figura 14.35 - Medição de distâncias-radar

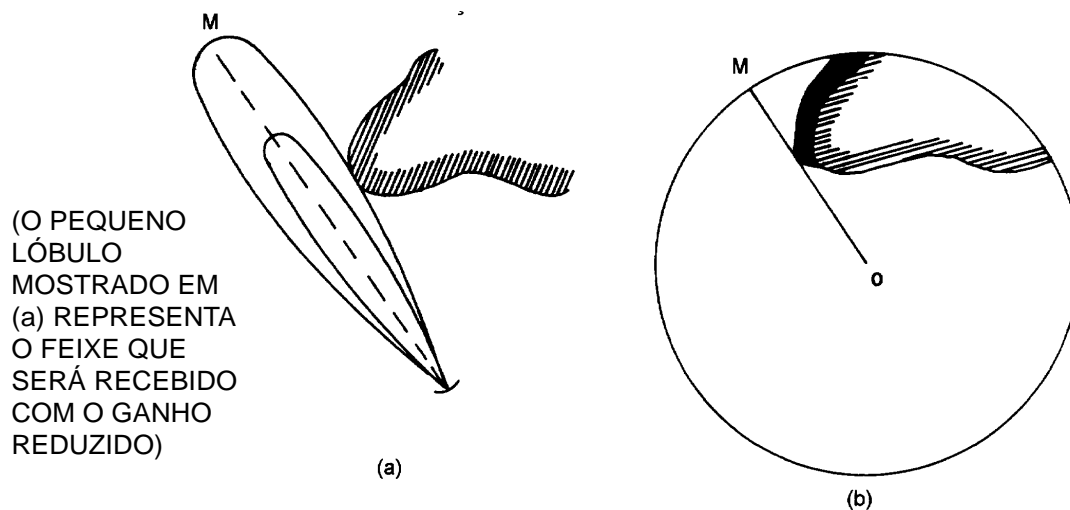


b. Marcações-radar

As **marcações-radar** são, conforme mencionado, menos precisas que as distâncias, sendo afetadas pelos seguintes erros:

- distorção devida à largura do feixe-radar, que produz uma imagem deformada. Marcações de pontos de terra sofrerão um erro de aproximadamente metade da abertura angular do feixe, conforme mostrado na Figura 14.36. Na situação ilustrada, a ponta de terra começa a refletir as ondas radar desde que o feixe incide sobre ela, resultando em uma imagem distorcida na tela do indicador, com o aparecimento de eco no PPI na marcação M, cuja diferença para a marcação real da ponta é igual à metade da largura angular do feixe-radar (na verdade, influem nesta distorção outros fatores, como o poder de reflexão do alvo e a distância ao mesmo, que afetam o valor do erro). Reduzindo-se o ganho, diminui-se a distorção devida à largura do feixe, eliminando-se os ecos mais fracos da periferia do feixe-radar e mantendo-se apenas os ecos mais potentes, correspondentes às proximidades do eixo do feixe transmitido;

Figura 14.36 - Distorção devida à largura do feixe



- erro devido a imperfeições no alinhamento da linha de fé, ou marca de proa (SHM - “SHIP’S HEAD MARKING”); dificuldade de ajustar a antena no mastro com precisão maior que 1°; erro não detectado na agulha giroscópica; ou folga no motor de conteira da antena. Todos esses erros se transmitem em verdadeira grandeza para as marcações medidas com o radar.
- erro do operador, devido à paralaxe do cursor mecânico de marcação (gravado em material transparente) e erro de centragem do cursor.

Em virtude dos erros e distorções acima, considera-se que as marcações-radar têm uma precisão da ordem de 2° a 3°.

Para obtenção de **marcações-radar**, recomenda-se adotar o seguinte procedimento:

- selecionar a escala de distâncias mais curta possível;
- diminuir o ganho, para reduzir a distorção de abertura do feixe;
- sempre que possível, usar o cursor eletrônico, para evitar os erros de paralaxe e de centragem do cursor mecânico;
- sendo o eco pequeno, bissectá-lo com o cursor. No caso de eco grande, como de uma costa, determinar um ponto conspícuo e bem definido e, então, operar para que o cursor passe sobre ele;
- considerar o **desvio da giro** (Dgi) para obter **marcações verdadeiras**;
- no caso de **marcações relativas** (apresentação não-estabilizada, ou “proa para cima”), transformá-las em **marcações verdadeiras**, aplicando o **rumo verdadeiro**.

14.3.2 USO DO RADAR NA NAVEGAÇÃO COSTEIRA E EM ÁGUAS RESTRITAS

Em virtude de sua maior precisão, as distâncias-radar têm preferência sobre as **marcações**, na navegação costeira e em águas restritas. Na realidade, as **marcações-radar** devem sempre ser tratadas com muito cuidado. Alguns navegantes têm como regra só utilizar **marcações-radar** na ausência de qualquer outra informação.

Assim sendo, os melhores métodos para obtenção de uma posição usando o radar são, por ordem de precisão:

- distâncias-radar e marcações visuais;
- cruzamento de distâncias-radar;
- distâncias e marcações-radar; e
- cruzamento de marcações radar.

Conforme mencionado no Capítulo 9, que descreve a operação da Equipe de Navegação, em um navio de guerra a Equipe de Navegação-Radar do CIC é, normalmente, quem executa a navegação quando condições de visibilidade restrita impedem a obtenção de linhas de posição (LDP) visuais. Entretanto, mesmo nessas condições, o Encarregado de Navegação continua sendo o responsável, perante o Comandante, pela navegação segura do navio. O EncNav deve manter uma plotagem paralela no passadiço, utilizando a repetidora-radar lá instalada e qualquer LDP visual de oportunidade.

Na determinação da posição do navio usando linhas de posição radar (isoladamente, ou em combinação com LDP visuais ou obtidas de outras fontes), devem ser sempre utilizadas pelo menos **3** LDP, para definir a posição com segurança, evitando erros e ambigüidades.

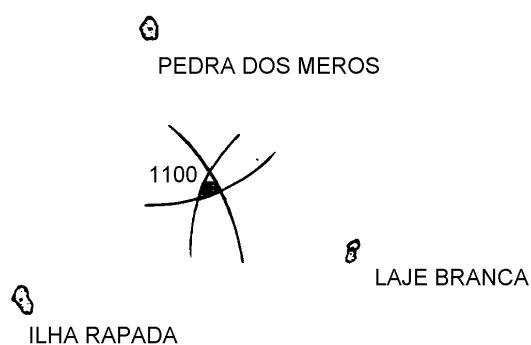
A identificação dos pontos a serem marcados com o radar, ou seja, a correspondência entre a imagem apresentada na tela do indicador e o que é representado na Carta Náutica, nem sempre é fácil, exigindo um estudo da área em que se navega e uma boa coordenação entre o plotador e o operador do radar.

Quando se usa apenas o radar, **4** são os métodos empregados para obter a posição do navio:

- interseção de **3** ou mais distâncias;
- cruzamento de marcações;
- distância e marcação de um único objeto; e
- marcações tangentes, com distância mínima.

a. POSIÇÃO PELA INTERSEÇÃO DE 3 OU MAIS DISTÂNCIAS-RADAR

Figura 14.37 - Posição por distância a três objetos isolados, conspícuos no radar



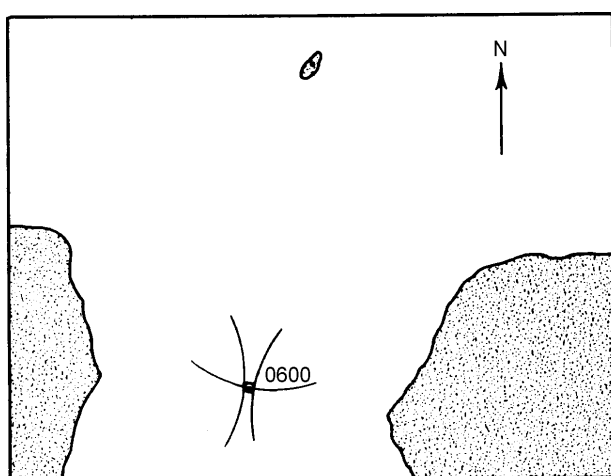
Normalmente, as distâncias tomadas de três ou mais pontos de terra darão uma posição radar mais precisa do que a obtida por qualquer outro método. O maior perigo na utilização desse método é a possibilidade de se plotar na carta a distância obtida de um ponto que não seja aquele que o operador de radar informou. A orla de uma costa próxima, quando baixa, não aparece no radar com a precisão da carta. O radar, normalmente, detectará alvos além da costa. É difícil

determinar com precisão o ponto exato em que está se dando a reflexão das ondas emitidas pelo radar. Por esta razão, pequenos objetos, tais como pedras isoladas e ilhotas, fornecem os melhores pontos.

As distâncias devem ser tomadas com o mínimo de intervalo de tempo entre si, de três pontos de terra previamente escolhidos. Traçar com o compasso os arcos de distância, tomados na escala de latitude da carta, com centro nos pontos de onde foram obtidas as respectivas distâncias. O ponto de interseção dos arcos de distância será a posição do navio naquele momento (Figura 14.37). A prática tem mostrado que a melhor seqüência dos pontos a serem marcados é: o ponto mais de vante, o mais de ré e o ponto central. O operador da repetidora, para diminuir o tempo entre as informações dos pontos, poderá primeiramente marcá-los todos, anotar as distâncias com lápis-cera sobre a superfície da repetidora e, em seguida, informá-los ao plotador.

A rigidez da posição obtida depende da geometria das LDP, isto é, do ângulo de corte dos arcos de distância, de forma similar ao que ocorre quando é determinada uma posição por cruzamento de LDP visuais.

Figura 14.38 -



No caso de dois pontos conspícuos no radar estarem em direções opostas, ou quase, de modo que seus arcos de distância sejam aproximadamente paralelos, os mesmos poderão ser usados, desde que em combinação com outro arco de distância, que os intercepte em um ângulo próximo de 90°. A posição resultante terá boa precisão (Figura 14.38). A quase tangência dos 2 arcos de distância indica medidas precisas e alta confiabilidade da posição com respeito à distância de terra por ambos os bordos.

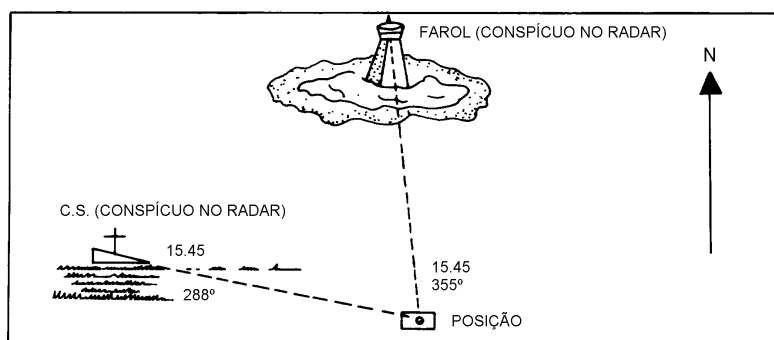
Note-se que, nos 2 exemplos mostrados, os arcos de distâncias não se cruzaram em um ponto. Isto decorre dos erros inerentes ao equipamento e à operação do radar, anteriormente citados.

Quando os arcos de distância são muito grandes, excedendo a abertura máxima do compasso de navegação, usa-se um **cintel** para sua plotagem (ver Capítulo 11).

b. POSIÇÃO POR CRUZAMENTO DE MARCAÇÕES-RADAR

Se, como um último recurso, marcações-radar têm que ser usadas para plotagem da navegação, somente objetos relativamente pequenos e distintos devem ser observados para obtenção das LDP (Figura 14.39).

Figura 14.39 - Posição por marcações-radar

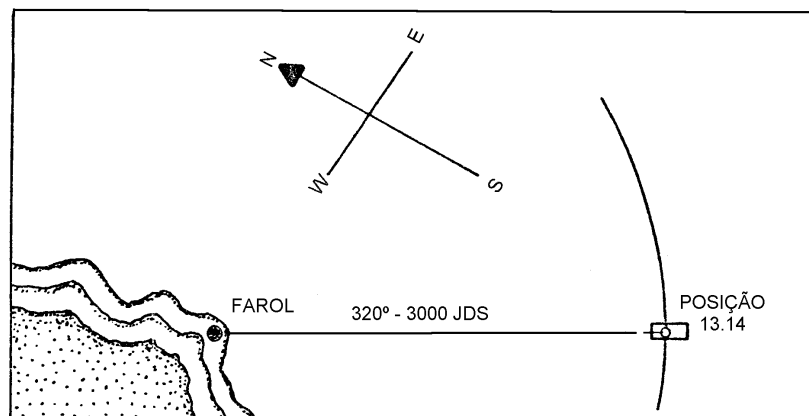


Embora as marcações-radar não sejam normalmente usadas na determinação de posições, elas são muito úteis para auxiliar na identificação de alvos conspícuos no radar.

c. POSIÇÃO POR MARCAÇÃO E DISTÂNCIA-RADAR DE UM MESMO PONTO

Um único objeto, pequeno e bem definido, tal como um ilhote, um rochedo ou uma ponta de terra, constituem um ótimo ponto para ser identificado no radar. Este método é muito usado quando navegando próximo da costa. Utilizando transferidor universal ou a régua de paralelas, o plotador traça a marcação informada e, em seguida, plota a posição do navio sobre a linha de marcação, na distância-radar ao objeto selecionado (Figura 14.40). Este método é muito rápido e apresenta a vantagem de requerer apenas um único ponto de terra. Além disso, as 2 LDP são perpendiculares entre si, proporcionando um ótimo ângulo de cruzamento (90°). Entretanto, o uso de apenas 2 LDP pode conduzir a erros e ambigüidades, já referidos em capítulos anteriores. Assim, este método deve ser empregado somente quando não houver possibilidade de utilização de outro mais seguro.

Figura 14.40 - Posição por marcação distância-radar de um mesmo ponto



d MARCAÇÕES TANGENTES COM DISTÂNCIA MÍNIMA

Quando se observa a marcação-radar de alvos pequenos, o operador determina a marcação precisamente do meio do “pip” correspondente ao ponto de terra que está sendo visado. Porém, no presente método, como se trata de alvos de grandes dimensões, outras considerações terão que ser feitas.

A marcação tangente é menos desejável do que a central, pois grandes erros podem resultar, em virtude da linha de costa apresentada pelo radar não corresponder exatamente à real, ou por aparecer aumentada, devido à distorção da largura do feixe.

O primeiro erro é mais comum quando a linha da costa é baixa, ou está além do horizonte, porém pode ser corrigido por um estudo cuidadoso da carta. Considerando-se a natureza da costa, a altura da terra, a altura da antena e a distância, podemos, muitas vezes, determinar a parte da terra que o radar detectará.

Quanto à distorção da imagem, poderá ser aplicada às tangentes medidas pelo radar uma correção, para obter as marcações reais, levando em conta a largura do feixe.

Como regra, ao obter marcações tangentes de alvos de grandes dimensões, **somar** a metade da largura angular do feixe à marcação tangente da esquerda e **diminuir** da tangente

direita este mesmo valor. Esse critério é baseado no sentido normal da varredura dos radares de navegação, isto é, a antena girando no sentido dos ponteiros de um relógio (Figura 14.41).

Figura 14.41 - Correções para distorções da largura do feixe

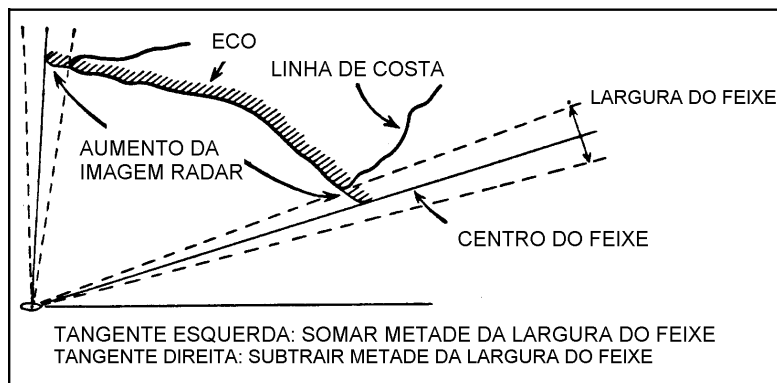
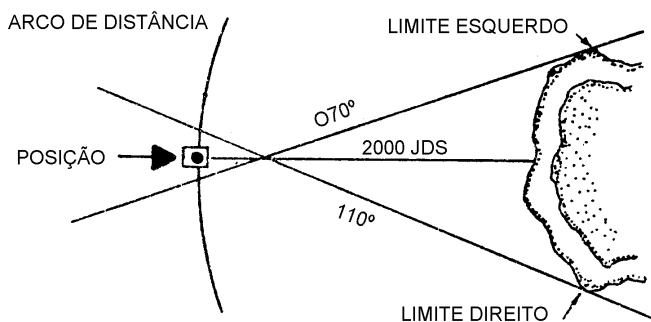


Figura 14.42 - Posição por marcações tangentes com distância mínima

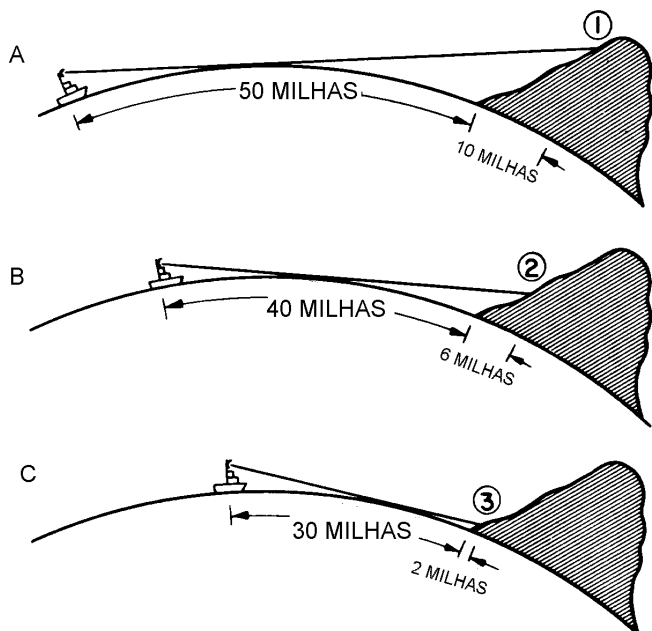


As marcações tangentes estão sujeitas a erros e, portanto, não constituem um método ideal para se estabelecer uma posição. Uma posição obtida por marcações tangentes deve ser verificada, sempre que possível, por meio de uma distância mínima de terra, como se vê na Figura 14.42.

14.3.3 ATERRAGEM COM O RADAR

Para aterragem com o radar, é oportuno recordar que, geralmente, as linhas de costa são mais baixas que as terras do interior e serão estas que fornecerão os primeiros ecos. Além disso, também a curvatura da Terra influi na detecção-radar.

Figura 14.43 - Aterragem com o radar



Na Figura 14.43, em **A**, o navio está a **50 milhas** da costa, mas, em virtude do feixe transmitido refletir no ponto **1**, bem para o interior, a distância indicada no radar (60') terá um erro de **10 milhas**. Em **B**, com o navio já a **40 milhas** da costa, a distância indicada será **46 milhas**, com um erro de 6 milhas, pois o feixe transmitido irá se refletir no ponto **2**. Em **C**, com o navio a **30 milhas** da costa, o feixe incide no ponto **3** e o erro será de **2 milhas**. Somente com o navio ainda mais próximo é que a linha de costa será realmente apresentada no radar.

Assim, nas aterragens o radar deve ser usado com cautela, pois grandes erros podem resultar nas posições obtidas. Informações adicionais, oriundas de outros auxílios-rádio à navegação e, principalmente, as sondagens fornecidas pelo ecobatímetro, deverão ser usadas, em conjunto com as observações-radar, para determinação da posição do navio.

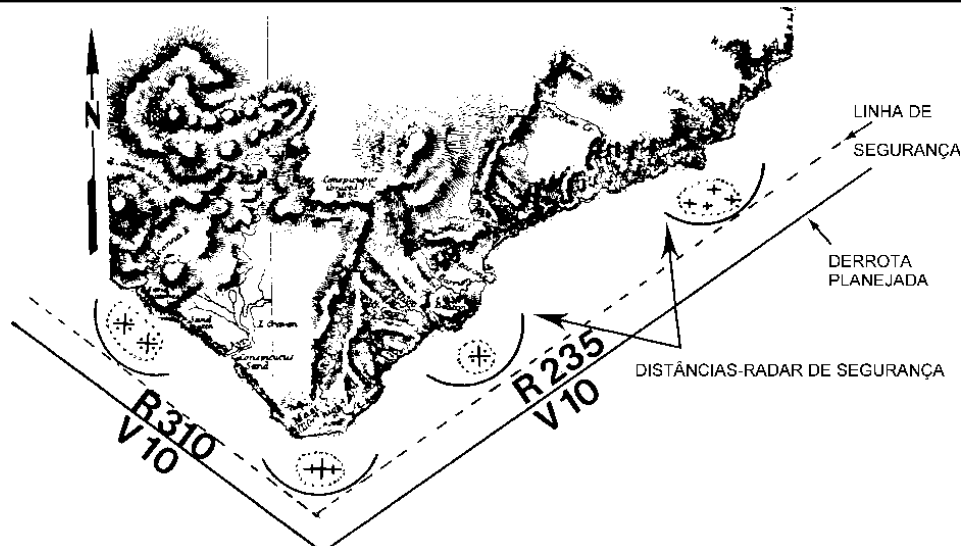
14.3.4 DISTÂNCIA-RADAR COMO LDP DE SEGURANÇA

Conforme visto no Capítulo 7, a linha de posição **distância** é utilizada como **LDP de Segurança** na navegação costeira e em águas restritas. As **distâncias-radar**, com a precisão e facilidade de medida que lhes são características, são bastante convenientes para o emprego como **LDP de Segurança**.

Muitas vezes, quando se navega ao longo de uma costa ou se contorna um acidente notável com baixa visibilidade, somos obrigados a aumentar a distância de terra, a fim de compensar a restrição de visibilidade, com o que a duração do trajeto é aumentada, acarretando maior dispêndio de tempo e combustível.

Traçando na Carta Náutica **arcos de distância de segurança**, com origem em pontos selecionados da linha de costa, pode-se estabelecer uma **linha de segurança** (tangente aos referidos arcos de distância), por fora da qual uma travessia segura pode ser feita, usando **distâncias-radar** para controlar a navegação, a fim de garantir que o navio não entre nas distâncias mínimas de segurança (Figura 14.44). Com isso, fica reduzido o problema mencionado no parágrafo anterior.

Figura 14.44 - Distâncias-radar como LDP de segurança



Para usar este método, é essencial assegurar-se que a linha de costa fornece bons alvos nas distâncias necessárias e que a imagem radar será realmente da linha de costa e não de alvos mais elevados situados no interior. Ademais, o **ganho** não deve ser reduzido, a fim de que o radar receba e apresente na tela os primeiros ecos refletidos pela linha de costa, em relação à qual deve-se manter uma distância mínima.

Este método de **distância de segurança** pode ser comparado com o uso de ângulos verticais e ângulos horizontais de perigo na navegação visual (ver Capítulo 7).

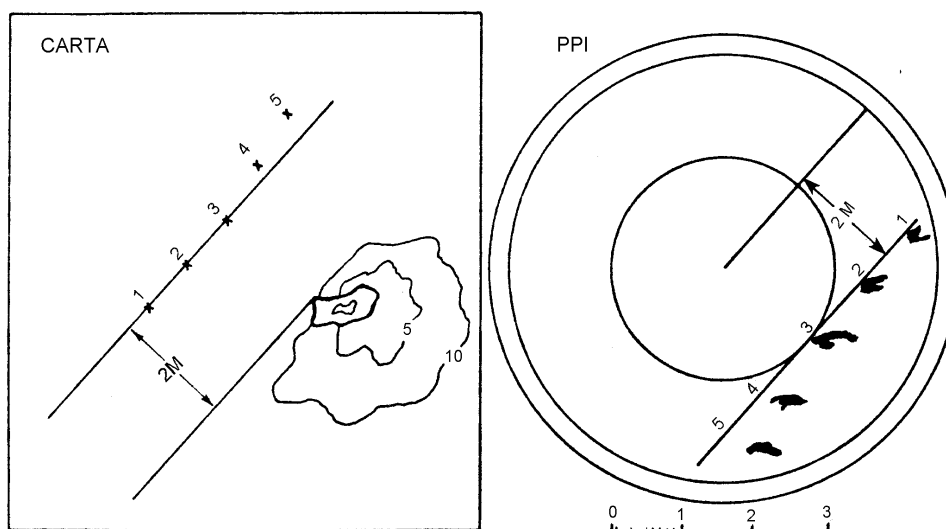
Em condições normais de visibilidade, as distâncias-radar de segurança podem ser usadas para assinalar perigos ao largo de uma costa onde são escassos os pontos notáveis à navegação por métodos visuais.

14.3.6 NAVEGAÇÃO PARALELA INDEXADA

A navegação radar empregando retas paralelas ao rumo do navio, traçadas na Carta e na tela do radar, destina-se a controlar a situação do navio com relação à derrota planejada, além de indicar áreas de perigo a serem evitadas. Comparada com a navegação radar elementar, a **navegação paralela indexada** tem a vantagem de prover **informação em tempo real** do afastamento do navio em relação à derrota planejada, assim como da aproximação de áreas perigosas.

As posições **1, 2, e 3**, na carta e na repetidora do radar (Figura 14.47), apresentam o deslocamento do navio sobre a derrota planejada até o instante em que a ilha se encontrava no través de boreste; as posições 4 e 5 mostram o navio afastado da derrota para bombordo. A distância exata fora da derrota poderá ser medida entre o eco da ilha e o ponto mais próximo da reta paralela indexada (traçada na repetidora, com lápis de cera). Para maior facilidade, poderão ser construídas escalas graduadas para cada escala da repetidora.

Figura 14.47 - Reta Paralela Indexada



a PREPARAÇÃO

Radar

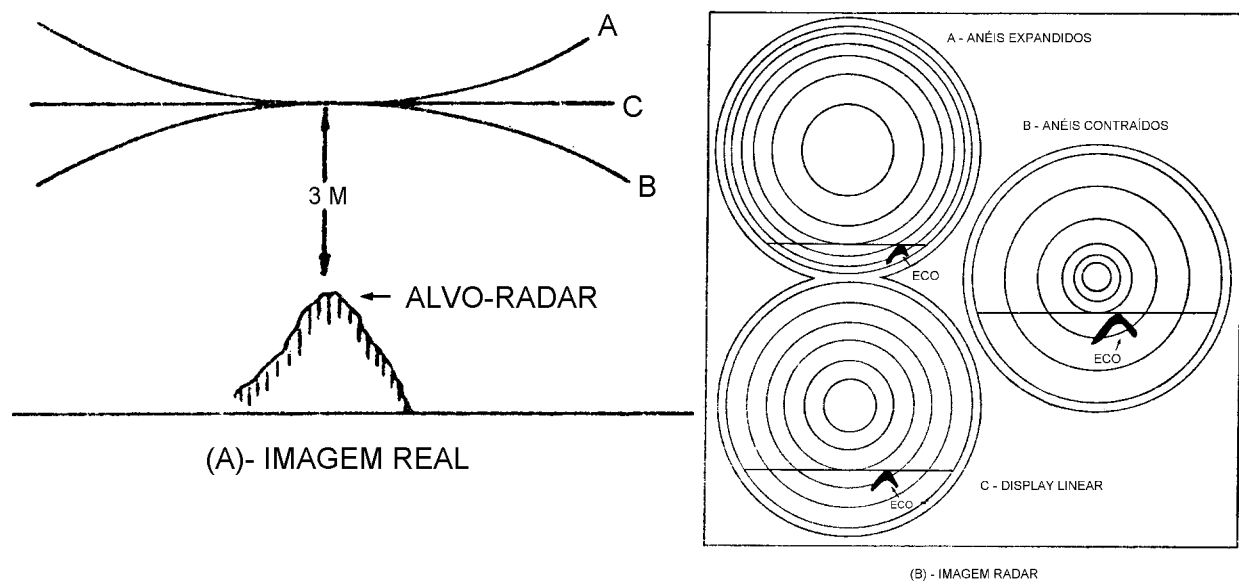
A preparação do radar visa a obtenção da melhor apresentação possível, na escala mais curta da repetidora. Escalas maiores que 6 milhas raramente são utilizadas em navegação em águas restritas. Para melhor resolução, o radar deverá ser operado em pulso curto (SHORT PULSE) e faixa estreita (NARROW BANDWIDTH), pois nessas condições há um aumento na discriminação de distância e melhoria na apresentação radar.

Os seguintes aspectos merecem atenção permanente:

- **os controles supressores** (A/C RAIN, A/C SEA, STC e FTC), o **brilho** (BRILLIANCE) e o **ganho** (GAIN) deverão ser utilizados para eliminar da apresentação radar a chuva, o retorno do mar e os ecos falsos; mas é necessário que a utilização seja cuidadosa, para que pequenos contatos, tais como bóias, balizas e pequenas embarcações, não sejam também eliminados;
- a distância às superfícies refletoras, bem como as condições meteorológicas e de propagação, variam constantemente ao longo da derrota, o que requer freqüentes ajustagens dos controles de **brilho** e **ganho**;

- uma repetidora apresentando boa **linearidade** é um pré-requisito para a realização da **navegação paralela indexada** precisa. A condição de **linearidade** pode ser facilmente verificada utilizando-se um compasso para comparar, fisicamente, a distância entre os anéis de distância em cada escala que for ser utilizada. Também, as paralelas indexadas da própria repetidora poderão ser utilizadas para esta verificação. Se, em qualquer escala, os anéis de distância não estiverem equidistantes, há falta de linearidade. Na Figura 14.48 são apresentados exemplos exagerados de falta de linearidade, para ilustração. Distâncias precisas e marcações poderão ser obtidas em uma repetidora não linear; os erros surgirão nas medidas feitas entre dois pontos no PPI e não nas medidas radiais.

Figura 14.48 - Linearidade



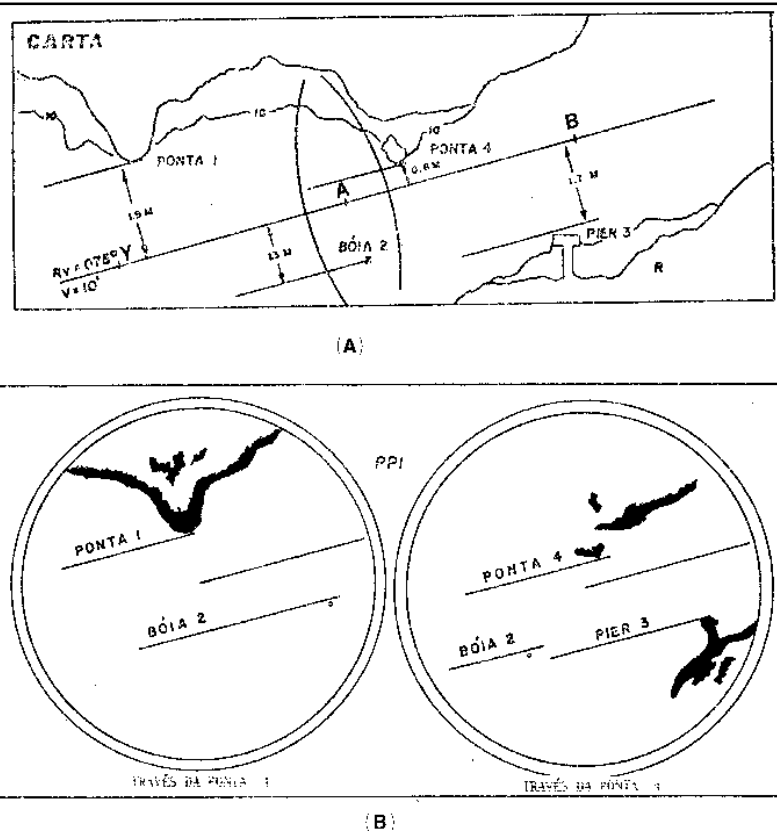
- os controles de centragem da apresentação devem ser ajustados com atenção; uma apresentação radar descentralizada redundará em erros de marcação em todas ou em algumas marcações. A marca de proa (SHM) deverá ser verificada por comparação com uma repetidora de giro que não apresente erro em relação à agulha mestra. Mesmo assim, não se pode assumir que a apresentação esteja sempre alinhada; é conveniente que se faça uma verificação da orientação da apresentação, através de comparações de marcações radar e visual de pontos conspícuos de terra.
- o erro de distância da repetidora a ser utilizada em navegação deverá ser determinado para cada escala, antes de iniciar a travessia; os resultados, sob forma de correções a serem aplicadas às distâncias, deverão ser anotados com lápis de cera na periferia do PPI, e todas as distâncias informadas já deverão incorporar essas correções. A maioria dos atracadouros permite que se comparem distâncias obtidas na carta com as obtidas pelo radar, antes do navio suspender. A determinação do erro quando navegando será tratada mais adiante.
- quando a repetidora não possuir recurso para descentragem do cursor de distância, escalas graduadas em milhas e com uma milha subdividida em décimos ou em centenas de jardas deverão ser construídas para cada escala da repetidora, de modo a permitir que distâncias entre pontos na apresentação radar possam ser facilmente determinadas utilizando-se um compasso.

Carta

Considerações normais à escolha de uma derrota se aplicam quando da preparação e do planejamento de uma navegação em águas restritas e/ou baixa visibilidade. Alguns fatores adicionais deverão, entretanto, ser considerados:

- a arte de navegar requer a uniformização de símbolos e traçados, de modo que a execução de um planejamento possa ser facilmente compreendida. A navegação em baixa visibilidade requer o mesmo tratamento; portanto, é sugerido que:
 - as retas paralelas indexadas principais sejam representadas por linhas contínuas;
 - as retas de segurança sejam representadas por linhas tracejadas; e
 - as curvas de guinada sejam representadas por linhas pontilhadas;
- o menor número possível de mudanças de rumo deve ser adotado, pois, a cada uma, o oficial de navegação terá de dedicar certo tempo no traçado de novas retas paralelas indexadas na repetidora, com prejuízo para a avaliação da situação e para o assessoramento ao comando;
- cada pernada da derrota deverá ser escolhida tendo em mente a escala que será usada na repetidora; quanto mais curta a escala utilizada, maior a precisão da navegação; mas, por outro lado, os pontos de terra adotados passarão rapidamente, exigindo que novas retas paralelas indexadas sejam traçadas, com a conseqüente perda de tempo;
- sempre que possível, devem-se ter retas paralelas indexadas em ambos os bordos da derrota, pois serão uma segurança contra erros de identificação de pontos de terra e poderão indicar, ainda, a existência de erros de distância na repetidora, ou falta de linearidade;

Figura 14.49 -

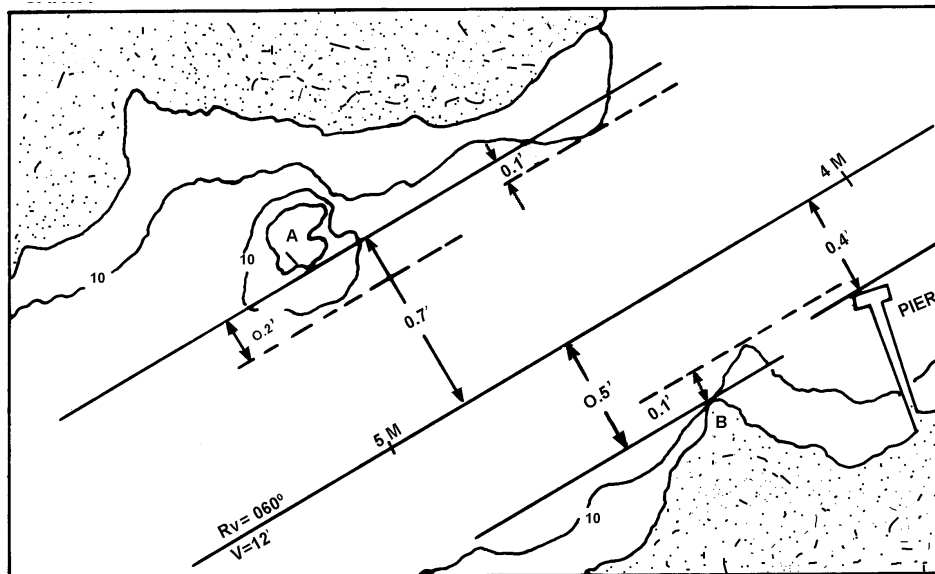


- deve ser estabelecido quando será mudada de uma paralela indexada para a seguinte. No exemplo da Figura 14.49, deverá ser mudado de PONTA 1 para PONTA 4 na posição **A**, com tempo suficiente para a troca seguinte, de BÓIA 2 para o PIER 3, na posição **B**, ocasião em que a BÓIA 2 estará atingindo o limite externo da tela do PPI.

Retas de Segurança

Conjuntos completos de retas de segurança, com suas distâncias às retas paralelas indexadas e à derrota planejada, deverão ser traçados na carta. Elas serão de extremo valor para indicar o quanto o navio poderá se afastar, com segurança, da derrota planejada. Para evitar excesso de traçado no PPI, apenas aquelas de importância imediata deverão ser utilizadas, enquanto o navio estiver seguindo a derrota. Quando ocorrer um afastamento da derrota para evitar outro navio (ou devido a uma avaria, homem ao mar, ou outro motivo qualquer), é essencial que um conjunto completo de retas de segurança seja prontamente traçado na repetidora. Na Figura 14.50, foram traçadas na carta **retas de segurança**, representadas por linhas tracejadas, significando:

Figura 14.50 - Retas de segurança



- ilha **A** (paralela indexada 0.7' por BB): profundidades seguras até 0.2' (400jd) a BB; e
- ponta **B** (paralela indexada 0.5' por BE): profundidades seguras até 0.1' (200jd) a BE.

Outros detalhes mostrados na Figura:

- pier: 0.4' (800jd) por BE;
- 5M: distância de 5M para o ponto de destino, quando estivermos no través da ilha A; e
- 4M: distância de 4M para o ponto de destino, quando estivermos no través do pier.

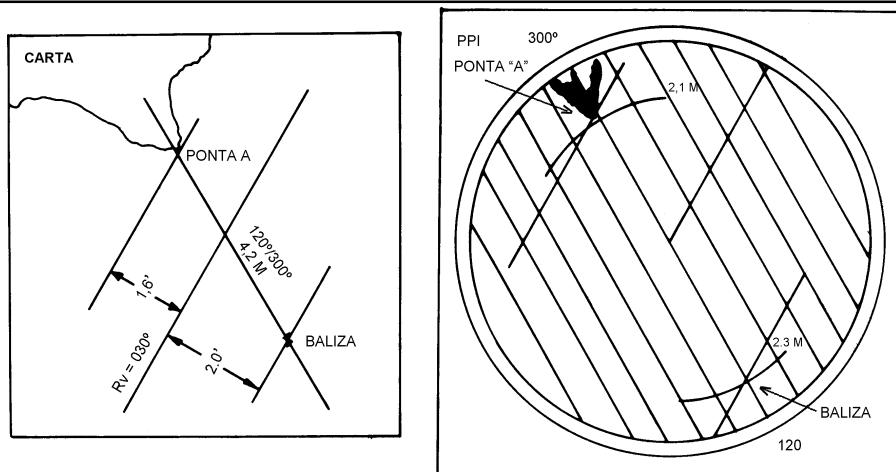
Erro de Distância

Como o erro de distância varia freqüentemente, as vezes devido a variações de voltagem ou a variações de temperatura interna do equipamento, é necessário, para uma navegação de precisão, que o erro de distância seja determinado em todas as oportunidades durante a travessia. A preparação prévia pode reduzir o tempo necessário para a determinação do erro de distância a apenas dez segundos, evitando, ainda, que as oportunidades sejam perdidas ou a verificação esquecida.

O erro poderá ser determinado tomando-se a distância-radar com a maior precisão possível, entre dois pontos de terra conspícuos no PPI e representados na carta, no instante em que o navio estiver passando no alinhamento entre eles.

A soma das duas distâncias-radar, comparada com a distância obtida na carta, indica o dobro do erro, já que duas distâncias foram utilizadas.

Figura 14.51 - Determinação do erro de distância



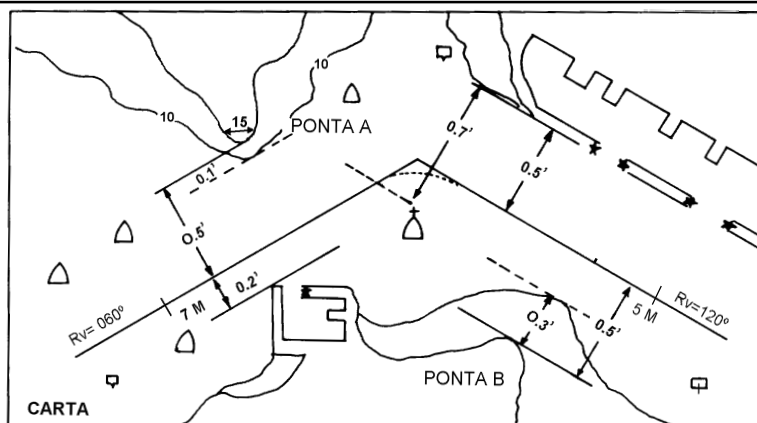
No exemplo da Figura 14.51, teríamos:

PONTA A:	2.1 M	
BALIZA :	+ 2.3 M	
DISTÂNCIA NO RADAR:	4.4 M	
DISTÂNCIA NA CARTA:	- 4.2 M	
DIFERENÇA:	0.2 M	
ERRO DE DISTÂNCIA:	0.1 M	(a subtrair).

Mudanças de Rumo

A posição para início de guinada nas mudanças de rumo é estabelecida e plotada, em navegação paralela indexada, da mesma maneira que em navegação visual, isto é, levando em consideração a distância a ser percorrida pelo navio até atingir o novo rumo, ou seja o **avanço** e o **afastamento**. Na Figura 14.52 estão mostrados o ponto de guinada, retas paralelas indexadas e retas de segurança, para as duas pernas da derrota planejada.

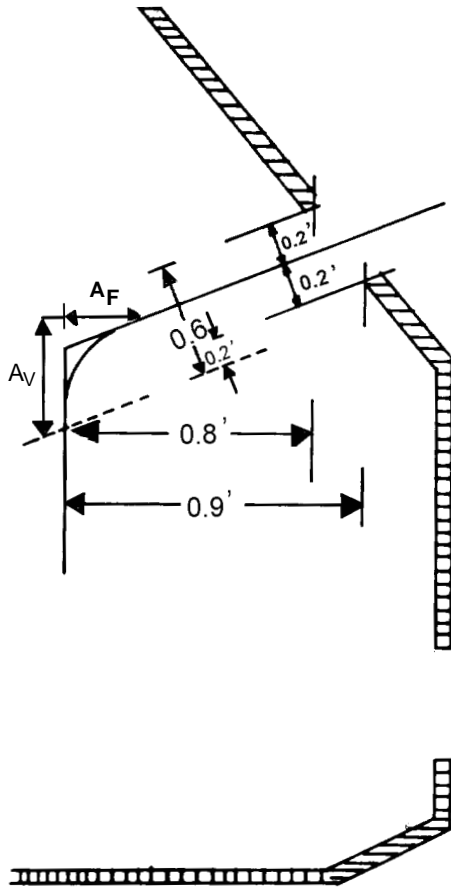
Figura 14.52 -



b. TRAÇADO NO PPI

O oficial de navegação deverá manter-se adiantado no traçado das retas indexadas no PPI, isto é, deverá traçar o próximo conjunto de retas tão logo as que estejam em uso possam ir sendo apagadas.

Figura 14.53 - Croquis da derrota



A fim de evitar obscurecer ecos radar e visando aumentar a precisão, as retas paralelas indexadas deverão ser traçadas o mais leve possível. Os lápis “Omnichrome”, nas cores azul, vermelho e amarelo, apresentam melhor resultado que os lápis de cera comuns. Cada reta deverá, por sua vez, ser identificada abreviadamente e com indicação da escala aplicável, devendo ser paralela ao rumo no fundo e não à proa do navio ou à proa esperada.

A preparação de esquemas, desenhos e croquis de partes notáveis da derrota, retirados da carta, podem ser de extrema utilidade, evitando o afastamento do oficial do PPI para consulta à carta (Figura 14.53). Igualmente, esquemas do traçado do PPI, feitos na atmosfera fria do estágio de planejamento, ajudarão a evitar erros durante a fase de travessia; as profundidades mínimas esperadas merecem uma anotação com destaque.

c. IDENTIFICAÇÃO DE ECOS RADAR

Quando necessário identificar algum eco radar, é melhor utilizar como referências a distância e marcação em relação a um outro eco radar de ponto de terra já identificado, do que em relação ao navio, cuja posição poderá não estar precisa naquela ocasião.

d. COMENTÁRIOS E SUGESTÕES PARA A MANOBRA

O responsável pela condução da navegação radar deve manter um contínuo, constante, preciso e completo fluxo de informações e sugestões para o comando. Períodos longos de silêncio dão margem a que a imaginação e a ansiedade no passado sejam ativadas, com o conseqüente fluxo de perguntas, o que deve ser evitado. Informações irrelevantes seguidas, com a intenção de evitar que os demais falem, são igualmente indesejáveis.

As sugestões sobre a próxima mudança de rumo devem ser, exceto quando em emergência, transmitidas com o motivo, como, por exemplo: “dois minutos para o ponto de guinada, boreste 120°, de acordo com o plano para contornar o quebra-mar”.

Outros itens a comentar, sem qualquer ordem de prioridade, são:

- informar regularmente a posição do navio em relação à derrota; se fora dela, o bordo, o quanto, e se está retornando.

- informar detalhes dos sinais de auxílio à navegação ou pontos notáveis esperados.
- informar as limitações de manobra. Exemplo: “Águas safas até 500 jardas a boreste e 800 jardas a bombordo, na próxima milha e meia”.
- manter atenção aos alvos que se aproximam, principalmente quanto ao movimento de marcações e a “rate” de variação de distância; deve ser lembrado, no entanto, que não é o único que pode vê-los e, portanto, deve permitir que o oficial controlador de contatos faça o seu trabalho.
- informar os resultados das verificações dos erros de distância e de alinhamento radar.

e. POSIÇÕES RADAR

Os “marques” devem ser dados com um intervalo tal que permita a obtenção de posições radar suficientes à manutenção da navegação precisa. Isso, freqüentemente, entra em conflito com outras tarefas do operador da repetidora, obrigando-o a trabalhar com maior rapidez, sem prejuízo, porém, da necessária precisão. Nas repetidoras que possuem “strobe” sobre a varredura radar, a utilização dos anéis de distância, embora mais rápida, perde em precisão quando é necessário interpolar. Um método eficiente consiste em marcar com lápis de cera a posição dos pontos selecionados no instante do “marque”, e efetuar posteriormente a leitura das distâncias utilizando o “strobe” de distância. Esse método permite que se obtenham as distâncias com precisão, sem que seja introduzido erro devido ao movimento do navio, apresentando, também, como vantagem a possibilidade de rápida confirmação, caso a plotagem não indique uma boa posição.

f. MUDANÇAS DE RUMO

É vantajosa a adoção de uma rotina para efetuar mudanças de rumo, como, por exemplo:

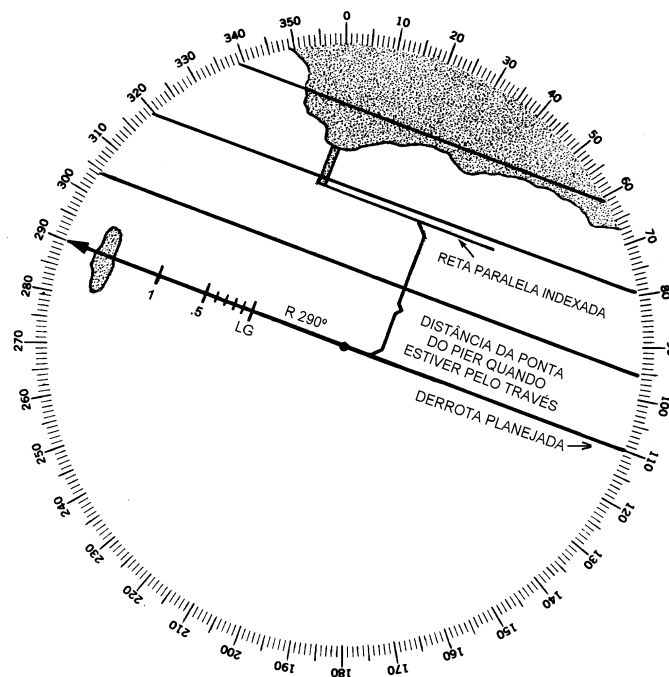
- verificar se a área encontra-se safe para efetuar a mudança de rumo (reportar);
- sugerir a guinada;
- verificar se as ordens para o timoneiro refletem o que foi sugerido;
- observar a “rate” de guinada;
- quando “a caminho”, sugerir correções de rumo para posicionamento sobre a derrota; e
- informar alvos, bóias, etc.

g. FUNDEIO DE PRECISÃO COM NAVEGAÇÃO PARALELA INDEXADA

A utilização da navegação paralela indexada durante um fundeio nada mais é do que uma extensão da técnica vista anteriormente.

A aproximação ao fundeadouro é efetuada usando o mesmo princípio já estudado, ou seja, o da escolha de pontos radar conspícuos (se possível um em cada bordo da derrota planejada), para utilização no traçado das retas paralelas indexadas. Se necessário, retas de segurança poderão ser previstas, alertando sobre as áreas perigosas à navegação. O rumo final deverá ser escolhido de modo que se tenha pela proa um ponto conspícuo no radar, que servirá de referência para o fundeio, em uma distância determinada.

Figura 14.54 - Fundeio de precisão com navegação paralela indexada



Na Figura 14.54, por exemplo, suponhamos que o **rumo final** escolhido para o **fundeio de precisão** é 290° , tendo como **referência de proa** uma ilha conspícua no radar. O **ponto de fundeio** está a 1 milha da referida ilha. Na área há um pier por BE que pode ser utilizado para o traçado de uma reta paralela indexada. O navegante, então, executa o seguinte:

1. na carta, após traçar o rumo final 290° e plotar o ponto de fundeio a 1 milha da ilha, conforme anteriormente visto, traça a reta paralela com relação à extremidade do pier e determina a sua distância à derrota planejada;
2. na repetidora, alinha o cursor de paralelas na direção da derrota planejada (290°);
3. usando as linhas paralelas do cursor como guia, traça na tela, a uma distância do centro do PPI igual à determinada em (1), a reta paralela indexada, que representa a linha de movimento relativo da extremidade do pier, se o navio estiver sobre a derrota planejada;
4. na linha central do cursor de paralelas (orientado na direção 290°), faz uma marca a 1 milha do centro do PPI e registra **LG** (ponto de largada do ferro, cuja distância ao ponto de fundeio é igual à distância horizontal da antena do radar ao escovém); e
5. faz outra marca na linha central do cursor de paralelas, 1 milha além do ponto **LG** e subdivide esta milha, conforme mostrado na Figura.

Se o navio, na aproximação ao ponto de fundeio, estiver sobre a **derrota planejada**, a reta paralela indexada traçada na repetidora irá tangenciar a imagem radar da cabeça do pier, que, em seu movimento relativo, manter-se-á sobre a paralela indexada enquanto o navio seguir a derrota planejada. Se o navio desviar-se da derrota, a imagem do pier afastar-se-á da reta paralela indexada e o navio deverá corrigir o rumo, de modo a que a extremidade do pier retorne à reta traçada.

Com o navio sendo mantido sobre a derrota planejada, usa-se a **referência de proa** para dar indicações da distância ao ponto de fundeio. Quando a marca "1" alcança a borda interna do "pip" da ilha, a distância a percorrer será de 1 milha. Quando a marca "0.5" toca o "pip", resta 0.5 milha (ou 1000 jardas) para o ponto de fundeio, e assim por diante. O ferro deverá ser largado com o navio parado, quando a marca **LG** tocar a borda interna do "pip" da ilha, isto é, com o navio exatamente a 1 milha da ilha.

14.4 USO DO RADAR PARA EVITAR COLISÃO NO MAR

14.4.1 MOVIMENTO RELATIVO

O **radar** também é um recurso de enorme importância para evitar colisões no mar, especialmente em condições de visibilidade restrita, possibilitando a detecção antecipada de outros navios (com o tempo requerido para uma correta avaliação da situação) e fornecendo elementos que permitam manobrar com segurança, de acordo com as regras de navegação (ver Capítulo 15).

Conforme visto, a imagem radar (tanto a **estabilizada**, como a **não estabilizada**) constitui uma **apresentação em movimento relativo***, na qual o nosso navio mantém-se fixo no centro da tela do indicador e todos os alvos são mostrados com o seu movimento relativo (com referência ao nosso navio). Assim sendo, é essencial que sejam bem compreendidos os fundamentos do **movimento relativo**.

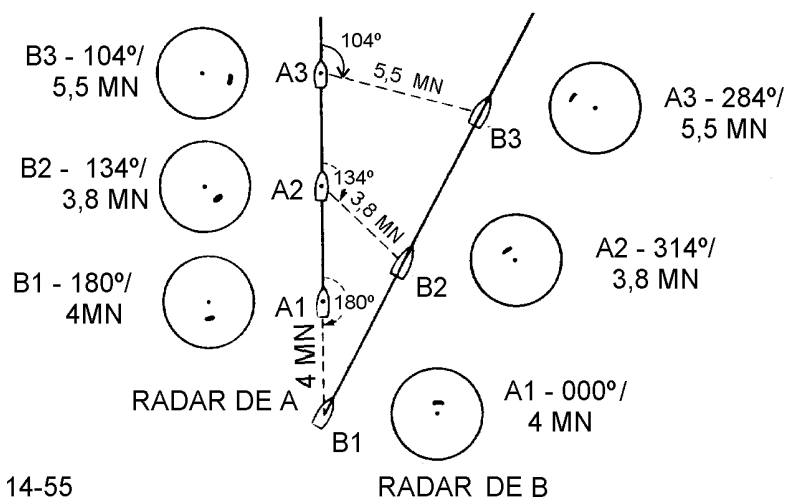
O **movimento absoluto** ou **movimento verdadeiro** de um navio é definido em termos do seu **rumo verdadeiro** e sua **velocidade**, tomados com relação a um ponto fixo na Terra. Entretanto, o movimento de um objeto pode, ainda, ser definido em termos de sua **direção** e **velocidade** com relação a outro objeto que também se move, quando, então, se denomina **movimento relativo**.

O **movimento relativo** de um navio (isto é, o movimento de um navio com relação a outro, que também se move) é definido pela **DIREÇÃO DO MOVIMENTO RELATIVO (DMR)** e pela **VELOCIDADE DO MOVIMENTO RELATIVO (VMR)**.

Assim, cada forma de movimento pode ser definida por um **vetor**, representando sua **direção** e **velocidade** de deslocamento.

Figura 14.55 - Movimento relativo entre dois navios

MOVIMENTO RELATIVO ENTRE DOIS NAVIOS



14-55

* Tem se tornado crescente o uso da **apresentação radar em movimento verdadeiro**. Entretanto, para utilização do radar como meio de evitar colisões no mar, o emprego da **apresentação em movimento relativo** oferece, sem dúvidas, maiores vantagens.

Para firmar idéias, vamos examinar uma situação que envolva **movimento relativo** entre 2 navios. Na Figura 14.55, o navio **A**, na **posição geográfica A₁**, no **rumo verdadeiro 000°**, **velocidade 15 nós**, observa o navio **B** no PPI, na **marcação 180°**, **distância 4 milhas**. A **marcação e distância** do navio **B** variam à medida que **A** procede da **posição geográfica A₁** para **A₃**. Na **posição geográfica A₂**, **B** foi marcado aos **134°**, na distância de **3.8 milhas**. Em **A₃**, o navio **B** está na **marcação 104°**, distância de **5.5 milhas**. O **movimento relativo** do navio **B** com referência ao navio **A** está ilustrado nas sucessivas apresentações do PPI do radar de **A**, mostradas na Figura 14.55.

Da mesma forma, o navio **B**, no **rumo verdadeiro 026°**, **velocidade 22 nós**, na **posição geográfica B₁** observa o navio **A** no PPI do seu radar, na **marcação 000°**, **distância de 4 milhas**. A **marcação e distância** de **A** variam à medida que o navio **B** procede da **posição geográfica B₁** para **B₃**. Em **B₂**, **A** é marcado aos **314°**, na distância de **3,8 milhas**. Na **posição geográfica B₃**, a **marcação do navio A** é **284°**, distância de **5.5 milhas**. O **movimento relativo** do navio **A** com referência ao navio **B** está ilustrado nas sucessivas apresentações do PPI do radar de **B**, também mostradas na Figura 14.55.

Se o operador do radar do navio **A** plotar as **posições relativas** sucessivas do alvo **B** (com referência à posição do seu navio, fixo no centro do PPI), obterá um traçado denominado **PLOTAGEM RELATIVA**, como ilustrado na Figura 14.56. Se o operador do radar do navio **B** plotar as **posições relativas** do navio **A**, obterá a **PLOTAGEM RELATIVA** ilustrada na Figura 14.57. Para o operador do radar do navio **A**, tudo se passa como se **A** estivesse parado e **B** seguisse o caminho aparente **B₁, B₂, B₃** (Figura 14.56). O operador radar de **A**, com base na **PLOTAGEM RELATIVA** determina que a **DIREÇÃO DO MOVIMENTO RELATIVO (DMR)** do alvo **B** é **063°**. Para o operador do radar do navio **B**, tudo se passa como se **B** estivesse parado e **A** seguisse o **caminho aparente A₁, A₂, A₃** (Figura 14.57), na direção **DMR = 243°**.

Figura 14.56 - Movimento de B com relação a A (observado na tela do radar de A)

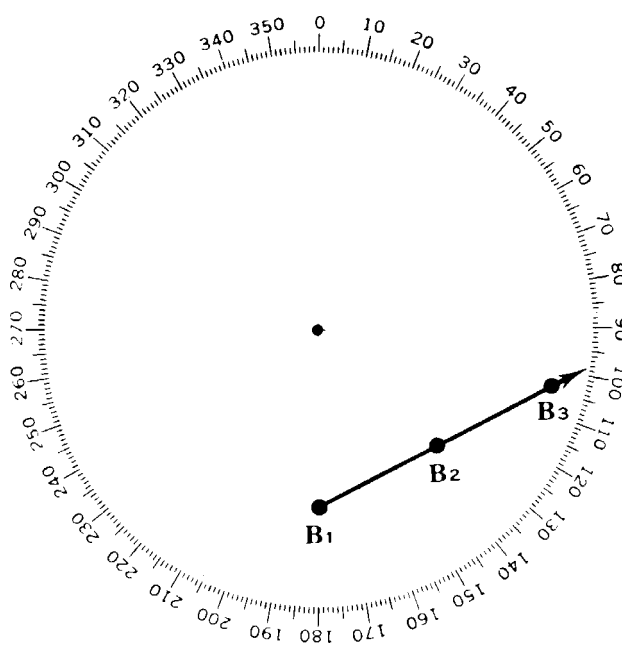


Figura 14.57 - Movimento de A com relação a B (observado na tela do radar de B)

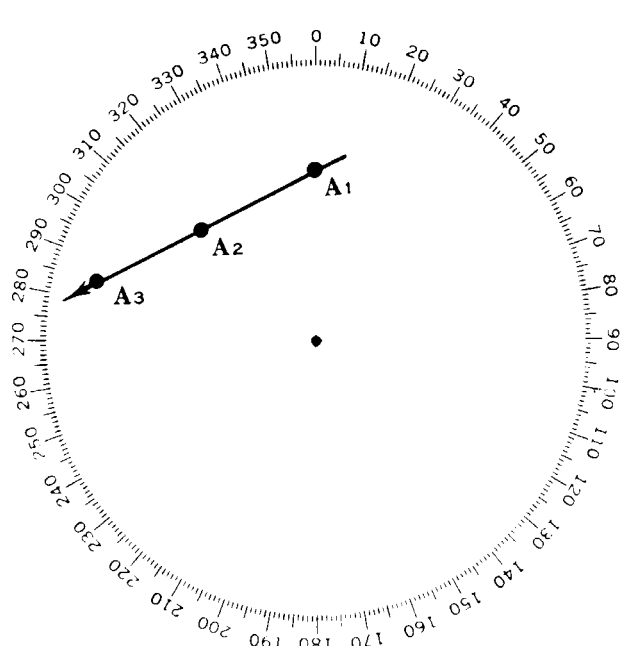
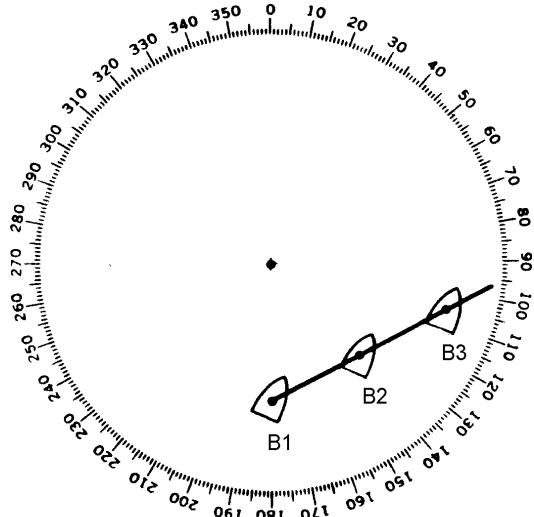


Figura 14.58 -



Neste ponto, é de importância fundamental entender que o movimento definido pela **PLOTAGEM RELATIVA** em cada PPI não representa o **movimento verdadeiro (rumo verdadeiro e velocidade)** do outro navio. A Figura 14.58 ilustra o **rumo verdadeiro** do navio **B**, representado sobre a **PLOTAGEM RELATIVA** de **B**, obtida pelas informações do radar do navio **A**. Para determinar o **rumo verdadeiro** e a **velocidade** de outro navio, são necessários cálculos adicionais, usando vetores relativos e verdadeiros.

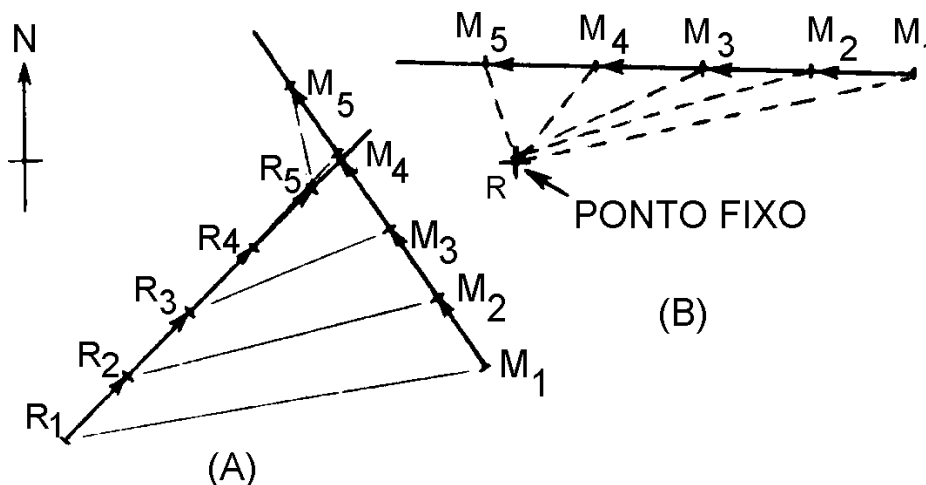
O **movimento relativo** é, então, definido em termos de **DIREÇÃO DO MOVIMENTO RELATIVO (DMR)** e **VELOCIDADE DO MOVIMENTO RELATIVO (VMR)**. A **DIREÇÃO DO MOVIMENTO RELATIVO**, conforme já mencionado, é obtida diretamente da **PLOTAGEM RELATIVA** (tendo o cuidado de verificar o sentido correto do referido movimento, a fim de evitar tomar a recíproca). Assim sendo, na Figura 14.56, a **DMR** do alvo **B** é 063° . Para determinar a **VELOCIDADE DO MOVIMENTO RELATIVO (VMR)**, temos que considerar a **distância relativa** percorrida e o **intervalo de tempo** correspondente. Desta forma, na Figura 14.56, se a **distância relativa** B_1-B_3 é de 11 milhas e se o **intervalo de tempo** decorrido entre as posições é de 1 hora, a **VMR** do alvo **B** é de 11 nós.

É óbvio que só existe **movimento relativo** de um navio, com relação a outro, quando seus **movimentos absolutos (verdadeiros)** diferirem em **velocidade e/ou direção**.

14.4.2 MÉTODO DO MOVIMENTO RELATIVO

O **Método do Movimento Relativo** divide-se em duas partes: **Diagrama das Posições Relativas** e **Diagrama das Velocidades**.

Figura 14.59 -



a. DIAGRAMA DAS POSIÇÕES RELATIVAS

No **diagrama das posições relativas**, o **navio referência** (em relação ao qual deve ser mostrado o **movimento relativo**) é representado por um **ponto fixo**, no centro do diagrama, designado pela letra **R**. O outro navio, genericamente denominado **alvo**, ou **contacto**, é representado pela letra **M** (navio manobrador), sendo suas **posições relativas** sucessivas designadas por índices (M_1, M_2, M_3 , etc.).

Na Figura 14.59 (A), está representada a **plotagem geográfica** (ou **verdadeira**) dos **movimentos absolutos** (ou **verdadeiros**) de 2 navios (**R** e **M**). Na Figura 14.59 (B) está representada a **PLOTAGEM RELATIVA** ou o **diagrama das posições relativas** de **M** com relação a **R** (navio de referência). O **diagrama das posições relativas** é construído mantendo **R** em um **ponto fixo** e plotando as posições sucessivas de **M** (M_1, M_2, M_3, M_4 e M_5) utilizando as **marcações verdadeiras** e **distâncias** do alvo obtidas em **R**. No radar do **navio de referência (R)** a imagem correspondente está mostrada na Figura 14.60.

O **diagrama das posições relativas** permite obter os seguintes elementos:

DIREÇÃO DO MOVIMENTO RELATIVO (DMR), que é, por assim dizer, o **rumo do movimento relativo**, medido diretamente sobre a **PLOTAGEM RELATIVA**. Na Figura 14.60, $DMR = 275^\circ$.

DISTÂNCIA RELATIVA, que é a distância percorrida pelo **movimento relativo** do alvo **M**, entre suas sucessivas **posições relativas** (M_1, M_2, M_3 , etc.). A **distância relativa** deve ser medida na mesma escala de distância utilizada na plotagem das **posições relativas** do alvo **M**.

VELOCIDADE DO MOVIMENTO RELATIVO (VMR), ou **velocidade relativa**, que é a **distância relativa** percorrida na **unidade de tempo**. A **VMR** é obtida considerando a **distância relativa** e o **intervalo de tempo** gasto para percorrê-la.

PONTO DE MAIOR APROXIMAÇÃO (PMA), elemento muito importante para a segurança da navegação. O **PMA** é obtido tirando do **ponto fixo de referência (R)** uma perpendicular à **DIREÇÃO DO MOVIMENTO RELATIVO**. O **PMA** encontra-se na interseção dessa perpendicular com a **plotagem relativa**. A Figura 14.61 ilustra a situação da Figura anterior plotada em uma **Rosa de Manobra**, com a indicação do **PMA**. A **marcação** e a **distância** do **PMA** (que representa o ponto em que os navios **R** e **M** estarão mais próximos

Figura 14.60 - Plotagem relativa

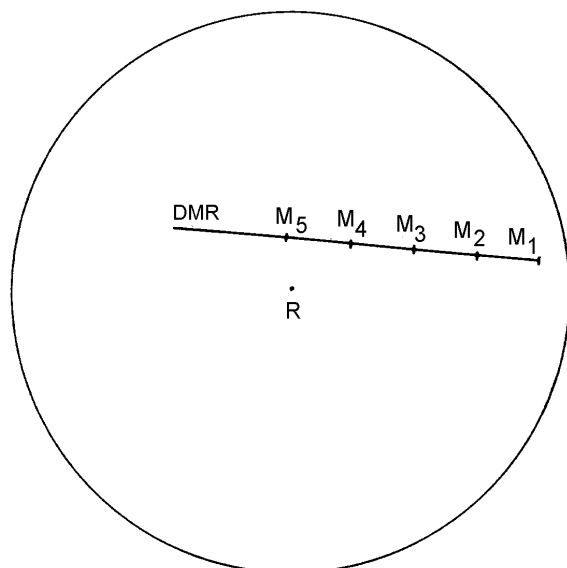
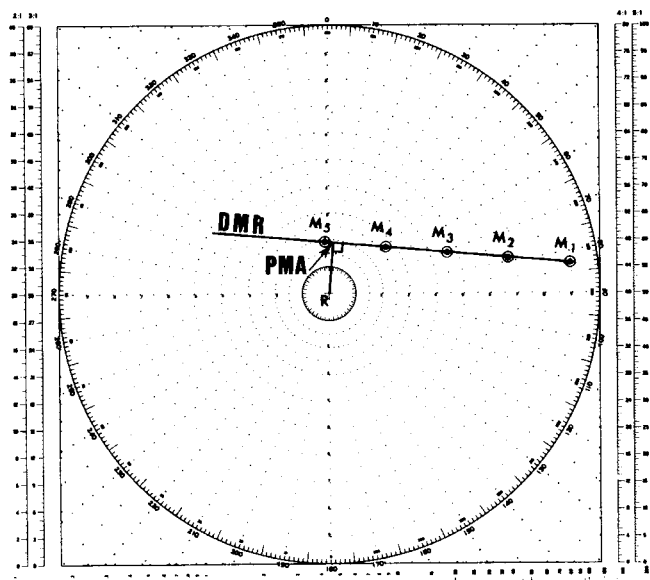


Figura 14.61 - Plotagem relativa na rosa de manobra

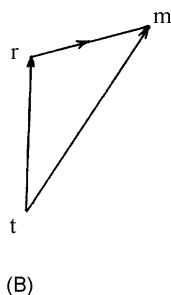
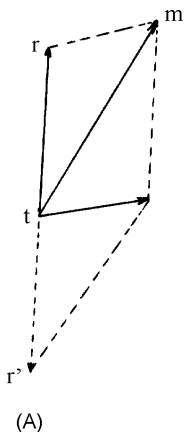


um do outro) podem ser obtidas diretamente do **diagrama das posições relativas**. A obtenção do outro elemento do PMA (**hora** em que ocorre) será adiante explicada.

b Diagrama de Velocidades

O **rumo relativo** (DMR) e a **velocidade relativa** (VMR) podem relacionar-se com os rumos e as velocidades dos **2** navios (**R** e **M**) pela construção do **triângulo das velocidades** ou **diagrama de velocidades**, também chamado de diagrama vetorial.

Figura 14.62 -



Suponhamos **2** navios, **R** (navegando no **rumo verdadeiro** 000° , com **velocidade** de 15 nós) e **M** (no **rumo verdadeiro** 026° , com **velocidade** de 22 nós). Para construir o **diagrama de velocidades** e determinar o **vetor do movimento relativo** de **M** com relação a **R**, traça-se, inicialmente, o vetor do movimento absoluto de **R**, na direção 000° e com uma grandeza de 15, em uma determinada escala. Denominemos o ponto de origem de **t** e a extremidade do vetor de **r** (Figura 14.62).

Do mesmo ponto **t**, traça-se o vetor correspondente ao navio **M**, na direção 026° e com uma grandeza de 22, medida na mesma escala utilizada para plotar o vetor de **R**. Usemos a letra **m** para marcar a extremidade do vetor do alvo **M**. Para obter a DMR e a VMR de **M** em relação a **R**, faz-se com que o ponto de origem **t** se desloque com a mesma **velocidade** de **R**, porém em **rumo oposto**. Traça-se, pois, o vetor **tr'**, correspondente a este movimento. A resultante dos vetores **tr'** e **tm** nos dará um vetor igual ao vetor **rm** (Figura 14.62-A), que nos indica o **rumo** e a **velocidade** do **movimento relativo** de **M** com referência a **R** (isto é, **DMR** e **VMR**). A construção gráfica é feita mais facilmente da seguinte maneira (Figura 14.62-B):

- traçam-se os vetores **tr** e **tm**;
- liga-se o ponto **r** ao ponto **m**;
- o **rumo relativo**, ou **DIREÇÃO DO MOVIMENTO RELATIVO** (DMR), é a direção da linha **rm** (no sentido de **r** para **m**);
- a **velocidade relativa** (VMR) é a grandeza **rm**, medida na mesma escala utilizada para traçar os outros vetores.

No exemplo mostrado na Figura 14.62, obtém-se para o **vetor do movimento relativo**:

$$\text{DMR} = 063^\circ; \text{VMR} = 11 \text{ nós}$$

A **escala de velocidade**, usada para construir o **diagrama de velocidade**, é independente da **escala de distâncias**, utilizada para a **plotagem relativa** (ou **diagrama das posições relativas**).

Se conhecermos o **vetor do navio de referência** (**tr**) e o vetor do **movimento relativo** (**rm**), poderemos obter, construindo o **diagrama de velocidades**, o **vetor do alvo M** (**tm**), com seus **2** elementos: o **rumo do alvo** e a **velocidade do alvo**.

14.4.3 ROSA DE MANOBRA

Para facilitar a construção dos diagramas das posições relativas e diagramas de velocidades, usa-se, na resolução dos problemas de **movimento relativo**, uma folha de plotagem especial, denominada **Rosa de Manobra**, publicada pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (Figura 14.63).

A **Rosa de Manobra** consiste, basicamente, de um diagrama polar contendo linhas radiais e círculos concêntricos igualmente espaçados. O círculo externo é graduado, de grau em grau, de 000° a 360°, no mesmo sentido que as rosas das agulhas. Essa graduação serve para o traçado de **rumos e marcações**. Uma outra graduação, interna, com algarismos menores, apresenta os valores recíprocos da graduação exterior. As linhas radiais, representadas a intervalos de 10°, facilitam a plotagem dos **rumos e marcações**.

As circunferências concêntricas igualmente espaçadas, interceptando as linhas radiais, facilitam a plotagem de **distâncias e velocidades**, sendo graduadas, de 1 a 10, sobre os diâmetros 000°-180° e 090°-270°. Além disso, à direita da rosa são representadas 5 escalas para medida de **distâncias e velocidades** (1:1; 2:1; 3:1; 4:1 e 5:1). Em todas essas escalas, cada divisão numerada tem um comprimento igual à distância entre duas circunferências adjacentes da rosa. As escalas permitem que sejam plotados na **Rosa de Manobra** valores maiores de **distâncias e velocidades**, sem necessidade de cálculos auxiliares. Entretanto, para obter melhor precisão, devemos usar sempre a maior escala possível (lembrar que a escala 1:1 é 5 vezes maior que a escala 5:1).

Na solução dos problemas de **movimento relativo**, surge com freqüência a necessidade de obtermos um dos elementos **tempo, velocidade e distância percorrida**, em função dos outros dois. Para resolver rapidamente essas questões, existe um diagrama representado do lado esquerdo da rosa, com as respectivas instruções para seu uso. Este diagrama consta de 3 linhas retas. A linha que representa a **velocidade** (real ou relativa) é graduada em **nós** e em **Km/h**; a linha de **distância** (real ou relativa) é graduada em **jardas e milhas náuticas**; a linha de **tempo** é graduada em **minutos**. Conhecendo dois elementos, pode-se determinar o terceiro, alinhando uma régua pelos pontos correspondentes aos elementos conhecidos e lendo o valor do elemento desconhecido na outra escala. Por exemplo, se um navio percorre 30.000 jardas em 45 minutos, pode-se determinar o valor de sua velocidade: 20 nós.

Os problemas deste tipo também podem ser resolvidos usando somente as graduações da escala de tempo. Essa escala é construída de modo a ser uma **escala logarítmica**. Assim, a razão entre duas leituras quaisquer ao longo da escala será constante, desde que sejam constantes as distâncias entre elas. Utilizando-se esta propriedade, a escala é usada do seguinte modo: suponhamos um navio com 15 nós, que distância percorrerá em 90 minutos? Com o compasso medimos a distância na escala entre 15 e 60. Conservando a mesma abertura do compasso, colocamos uma de suas pontas sobre 90. A outra cairá sobre a graduação 22.5, que será o número de milhas percorridas em 90 minutos.

Como vimos, o ábaco e a escala logarítmica resolvem os mesmos problemas. O uso de um ou de outro método dependerá das preferências do utilizador da Rosa de Manobra.

Simbologia a ser usada na Rosa de Manobra

Com o fim de uniformizar as notações usadas na **Rosa de Manobra**, adota-se:

centro da rosa letra **t**
 extremidade do vetor velocidade do navio de referência letra **r**
 extremidade do vetor velocidade do navio manobrador letra **m**
 posições relativas do navio manobrador símbolos M_1, M_2, M_3 , etc.

Cuidados no uso da Rosa de Manobra

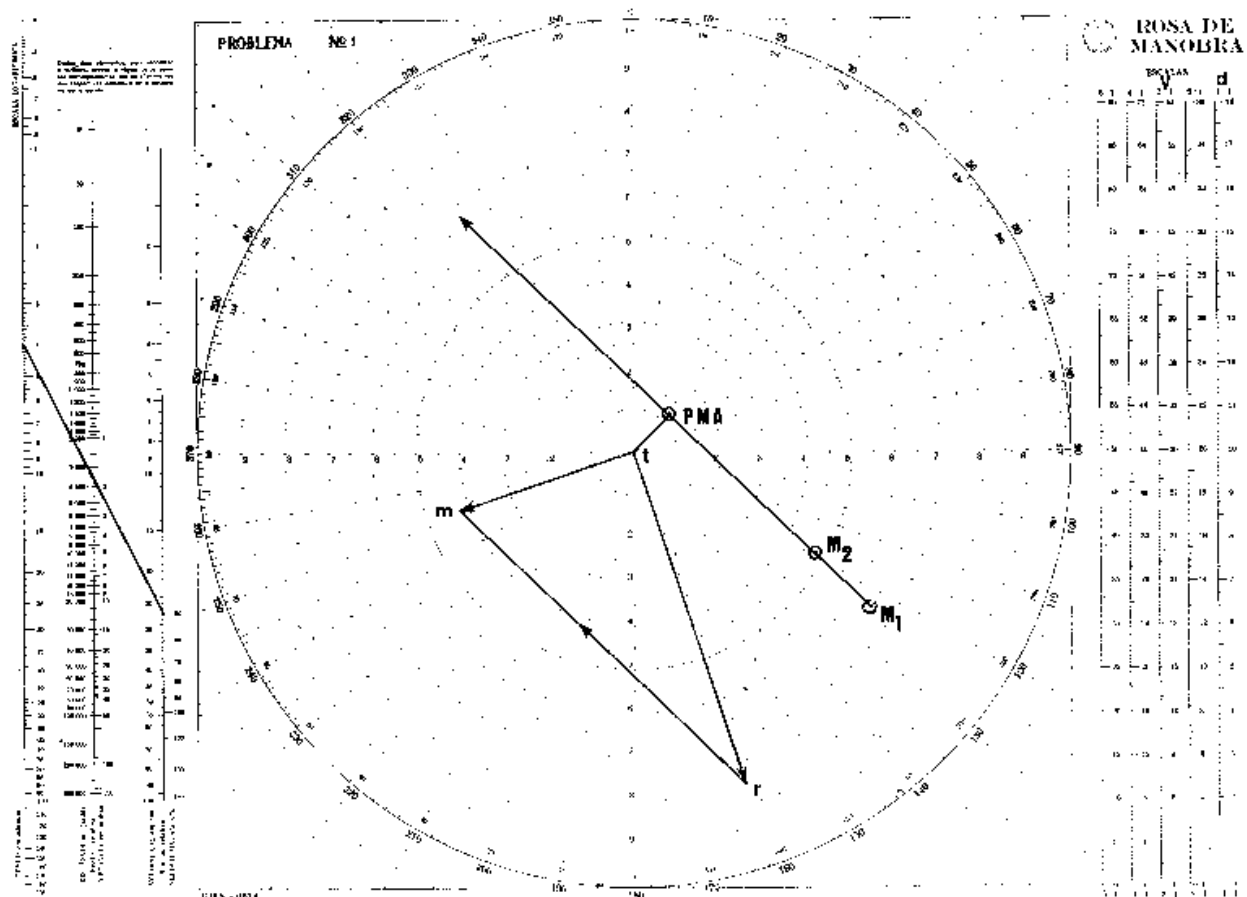
- a. conforme visto, a **escala de distâncias** é independente da **escala de velocidades**. Entretanto, todas as distâncias devem ser medidas em uma única escala, assim como todas as velocidades. Para evitar confusão, é comum assinalar na rosa com **V** a escala que está sendo usada para as **velocidades** e com **d** a escala usada para medida das **distâncias**;
- b. para melhor precisão, deve ser sempre utilizada a maior escala possível na medida das distâncias e velocidades. Normalmente, para plotagem das posições relativas e construção do diagrama de velocidades de contatos, a fim de evitar colisões no mar, as escalas de 1:1 ou 2:1 são convenientes para emprego;
- c. assinalar com uma seta o sentido dos vetores, na hora de traçá-los;
- d. assinalar com as letras correspondentes todos os pontos, no momento em que são plotados;
- e. lembrar-se que o vetor do movimento relativo do alvo é tomado sempre de **r** para **m**;
- f. a posição do **navio de referência** é sempre no **centro da rosa**;
- g. os vetores de **velocidades verdadeiras** se originam sempre no **centro da rosa**;
- h. para a **plotagem relativa** e construção dos **diagramas das posições relativas** ou **diagramas de velocidades**, pode ser utilizado qualquer intervalo de tempo entre as posições do alvo **M**. Dois valores, entretanto, facilitam os cálculos subseqüentes:
 - 3 minutos, para usar a “Regra dos Três Minutos”, pela qual a **velocidade**, em nós, é igual à **distância percorrida em 3 minutos**, em jardas, dividida por 100.
 - 6 minutos, para empregar a “Regra dos Seis Minutos”, que diz que a **velocidade**, em nós, é igual à **distância percorrida em 6 minutos**, em milhas, multiplicada por 10.
- i. no método do movimento relativo, uma situação preocupante se configura quando um contacto apresenta **marcação constante** e **distância diminuindo**, pois isto significa que o referido contacto está em **rumo de colisão** com o nosso navio. Mesmo quando as marcações variam um pouco, devido às imprecisões nas medidas toda atenção deve ser dada a um alvo fechando sobre o nosso navio nessas condições, devendo-se admitir que existe risco de colisão.
- j. na realidade, devido aos erros nas medidas das marcações e distâncias, raramente é possível traçar uma reta que passe por todas as **posições relativas** do alvo plotadas na Rosa de Manobra. A **direção do movimento relativo** (DMR) é, então, obtida “filtrando” aquelas posições, isto é, fazendo passar uma reta de forma que os pontos fiquem bem distribuídos para um e outro lado, o mais próximo possível dela.

14.4.4 RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE MOVIMENTO RELATIVO

O **método do movimento relativo**, utilizando as informações do radar e a Rosa de Manobra para construção dos diagramas de posições relativas e de velocidades, tem inúmeras aplicações táticas, especialmente quando navios de guerra navegam em grupo, ou quando se engajam em combate. Esta seção, entretanto, tratará do uso do método apenas para solução de problemas que envolvem o uso do radar para evitar colisões no mar, além de outros comuns na navegação.

1. Seu navio está no rumo 162° , velocidade 24 nós. Às 0103 horas, é detectado um contacto na marcação 123° , distância 13.000 jardas. Às 0107 horas, o mesmo contacto é marcado aos 119° , distância 9.500 jardas. Determinar DMR, VMR, PMA (marcação, distância e hora), rumo do alvo e velocidade do alvo.

Figura 14.63 - Problema n° 1



Solução (Figura 14.63):

- a. sendo a nossa velocidade de 24 nós, selecionamos a escala de 3:1 para escala de velocidades. Traça-se, então, o vetor tr .
- b. tendo em vista as distâncias envolvidas, selecionamos a escala de 1:1 para escala de distâncias. Plotam-se, então, as posições relativas M_1 e M_2 , com os dados do problema (sabendo que 1 milha = 2.000 jardas), construindo o **diagrama das posições relativas**.
- c. do **diagrama das posições relativas** obtém-se:

- DIREÇÃO DO MOVIMENTO RELATIVO (DMR) = 314°
- DISTÂNCIA RELATIVA (M_1-M_2) = 1,8 milhas (3600 jardas).

d. com a **distância relativa** (M_1-M_2) e o **tempo** correspondente (4 minutos) obtém-se a **velocidade relativa**: VMR = 27 nós

A **velocidade relativa** pode ser obtida por cálculo ou usando o diagrama (ábaco) impresso na **Rosa de Manobra**, conforme mostrado na Figura 14.63.

e. o **diagrama das posições relativas** nos fornece diretamente 2 elementos do PMA (ponto de maior aproximação):

marcação = 044° (perpendicular à DMR)

distância = 1,2 milhas (2.400 jardas).

f. para calcular a **hora** em que o PMA ocorrerá, verifica-se no **diagrama das posições relativas** qual a distância entre a posição M_2 e o PMA. Com essa distância, a velocidade relativa e a hora da posição M_2 , calcula-se a **hora** em que ocorrerá o PMA. Neste exemplo:

distância ($M_2 - \text{PMA}$) = 4,55 milhas (9.100 jardas)

velocidade relativa = 27 nós

tempo = 10 minutos (arredondado ao minuto inteiro)

hora da posição M_2 = 0107 horas

tempo até o PMA = 10 minutos

hora do PMA = 0117 horas.

g. constrói-se, então, o **diagrama de velocidades**, para obtenção do vetor **tm**, cujos elementos são o **rumo do alvo** e a **velocidade do alvo**:

rumo do alvo = 251°

velocidade do alvo = 12.5 nós.

Analisando-se essa situação à luz do RIPEAM (Regulamento Internacional para Evitar Abalroamentos no Mar), verifica-se que ela envolve dois navios em rumos cruzados (**R** no rumo 162° e **M** no rumo 251°), defasados de cerca de 90° . Pelas posições relativas dos dois navios, **R** (nosso navio) tem preferência e, assim, manterá seu rumo e velocidade. **M** é o navio que deverá manobrar, caso haja risco de colisão. Como o PMA é bastante próximo (1.2 milhas), devemos manter um rígido controle da situação, até que o outro navio passe o PMA e comece a se afastar.

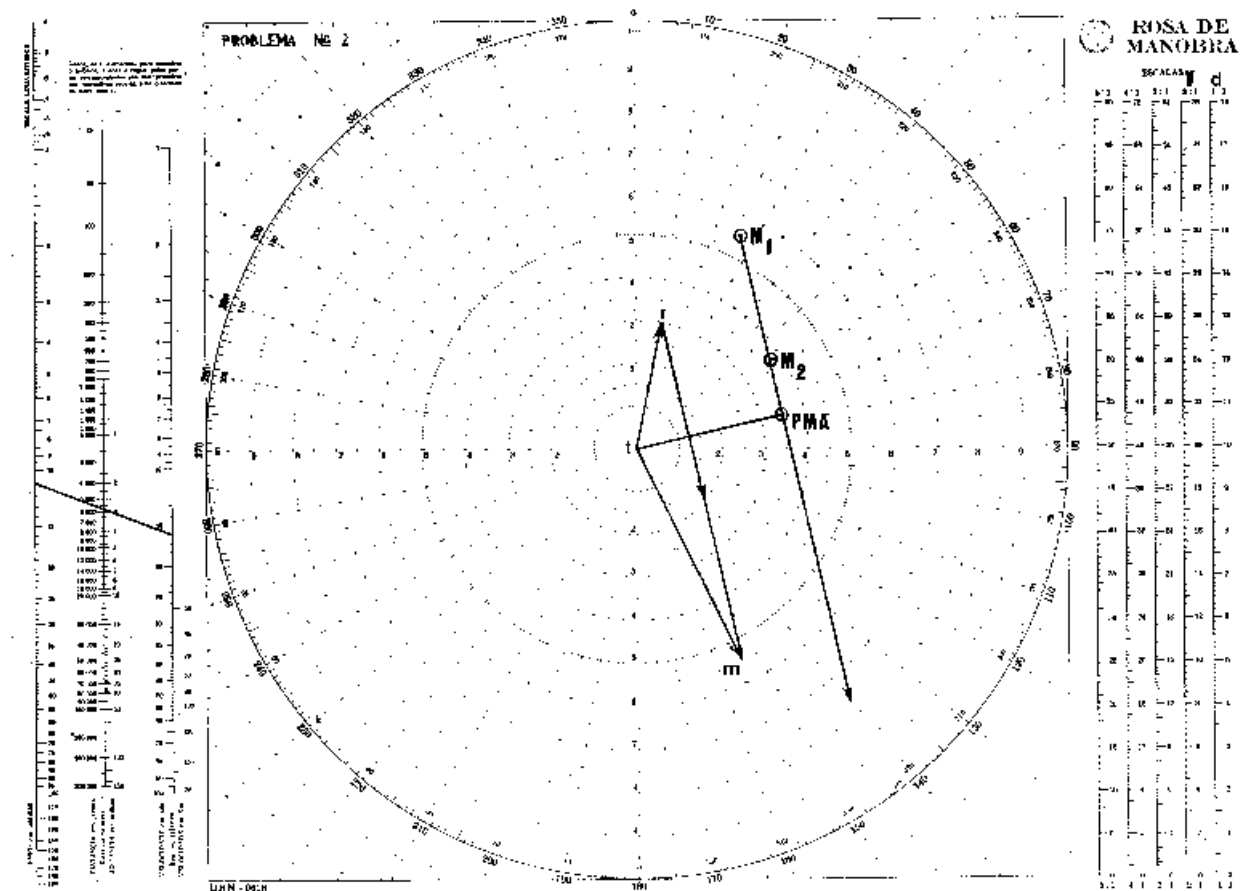
2. Seu navio, navegando sob visibilidade restrita, está no rumo 011° , velocidade 6 nós. Às 1322 horas, um contacto é detectado na marcação verdadeira 026° , distância 11.000 jardas. Às 1333 horas, o mesmo contacto é marcado aos 056° , na distância de 7300 jardas. Determinar DMR, VMR, PMA (marcação, distância e hora), rumo do alvo e velocidade do alvo.

Solução (Figura 14.64):

a. tendo em vista as distâncias envolvidas, selecionamos a escala de 1:1 para escala de distâncias. Plotam-se, então, as posições relativas M_1 e M_2 com os dados do problema (1 milha = 2.000 jardas), construindo o **diagrama das posições relativas**.

b. do **diagrama das posições relativas**, obtém-se:

Figura 14.64 - Problema n° 2



DMR = 167°

DISTÂNCIA RELATIVA (M_1-M_2) = 2.95 milhas (5900 jardas).

c. com a **distância relativa** (M_1-M_2) e o intervalo de tempo (M_1-M_2) obtém-se:
VMR = 16 nós (Figura 14.64).

d. o **diagrama das posições relativas** nos fornece diretamente 2 elementos do PMA:

marcação = 077°

distância = 3.4 milhas (6.800 jardas).

e. para calcular a **hora** do PMA, obtém-se no **diagrama das posições relativas**, a distância $M_2 - PMA = 1.3$ milhas (2.600 jardas). Com a **velocidade relativa** de 16 nós, calcula-se o **tempo correspondente** = 5 minutos (arredondando para o minuto inteiro):

hora de posição $M_2 = 1333$ horas

tempo até o PMA = 05 minutos

hora do PMA = 1338 horas.

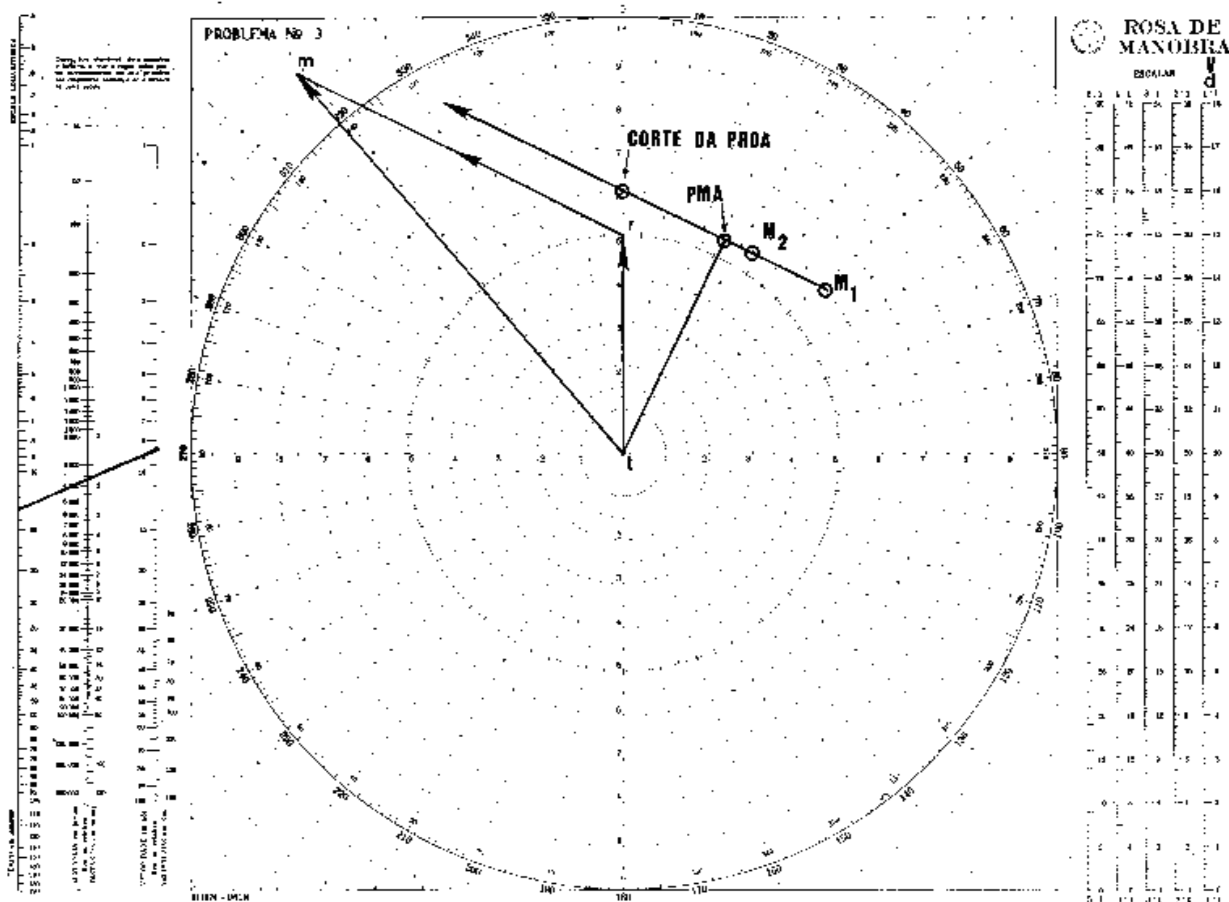
f. tendo em vista o valor da **velocidade relativa** VMR = 16 nós, escolhe-se a escala 2:1 para escala de velocidades. Traçam-se, então, os vetores **tr** e **rm** e determina-se o vetor **tm**, obtendo-se, assim:

rumo do alvo = 154°

velocidade do alvo = 10.7 nós.

3. Seu navio está no rumo 000°, velocidade 5 nós, navegando sob visibilidade restrita. Às 0835 horas, um contacto é marcado aos 051° / 12.000 jardas. Às 0848 horas, o mesmo contacto é marcado aos 033° / 11.000 jardas. Determinar DMR, VMR, PMA (marcação, distância e hora), rumo do alvo e velocidade do alvo. Informar se o alvo cortará nossa proa ou nossa popa e a distância e hora em que o corte ocorrerá.

Figura 14.65 - Problema n° 3



Solução (Figura 14.65):

- seleciona-se a **escala de distâncias 1:1** e traça-se o **diagrama das posições relativas**, obtendo-se:
 DMR = 296°
 DISTÂNCIA RELATIVA = 1.85 milhas (3700 jardas).
- com o valor da **distância relativa** e o **intervalo de tempo** M₁-M₂ (13 minutos), obtém-se:
 VMR = 8.5 nós (Figura 14.65).
- do **diagrama das posições relativas** obtém-se os seguintes elementos do PMA:
 marcação = 026°
 distância = 5.4 milhas (10.800 jardas).
- com a distância M₂ - PMA e a VMR, obtém-se o intervalo de tempo até o PMA: 5 minutos (arredondado).
- então, obtém-se a hora do PMA: 0853 horas.

f. seleciona-se a escala 1:1 para **escala de velocidades** e constrói-se o **diagrama de velocidades**, obtendo:

rumo do alvo = 319°

velocidade do alvo = 11.5 nós.

g. no **diagrama das posições relativas** verifica-se que o alvo **cortará nossa proa** (no ponto indicado na Figura 14.65), na **distância** de 6.1 milhas (12.200 jardas). Com a distância da posição M_2 ao ponto de corte da proa (3.3 milhas ou 6.600 jardas) e a VMR de 8.5 nós, obtemos o intervalo de tempo até o corte da proa: 23 minutos (arredondado). Então, calcula-se:

hora de posição $M_2 = 0848$ horas

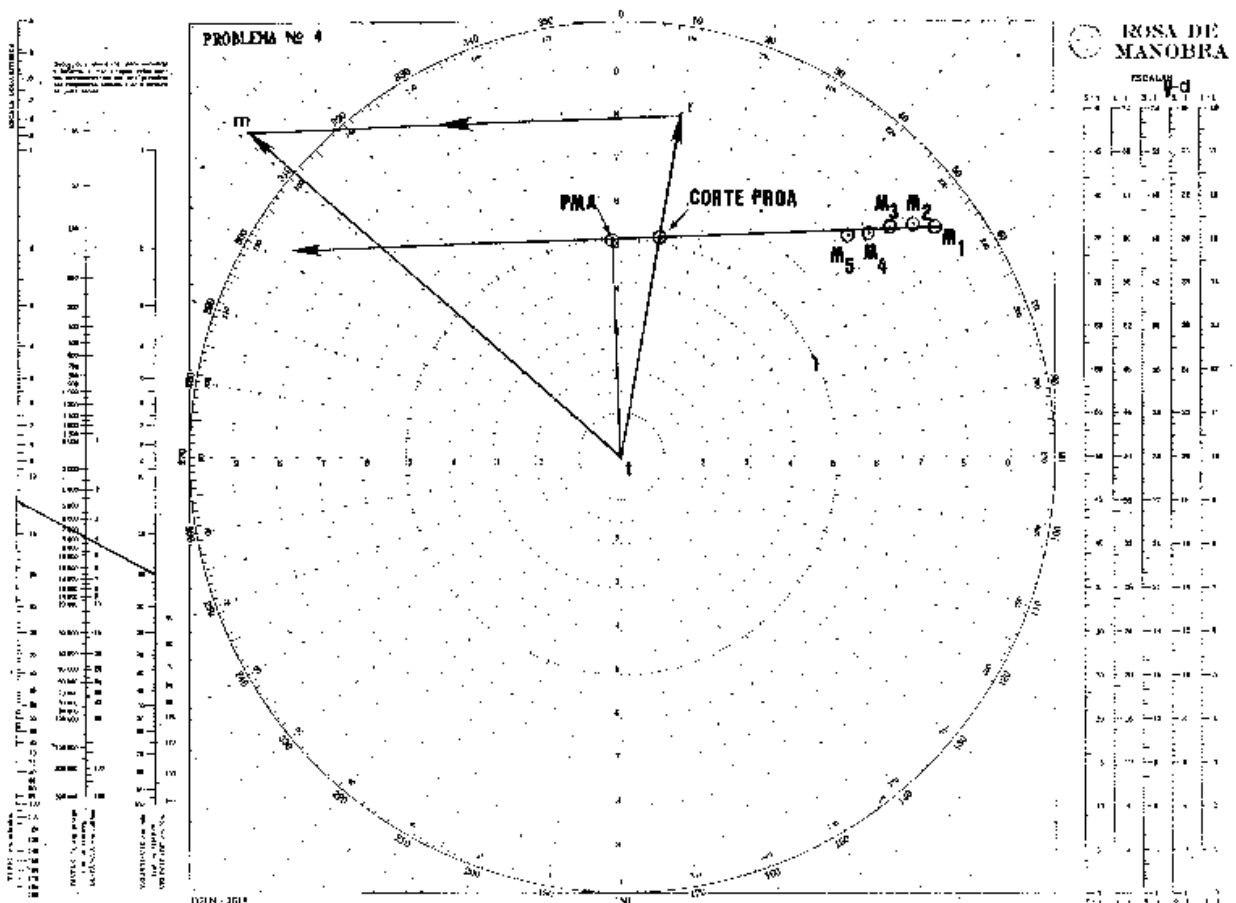
tempo até o corte de proa = 23 minutos

hora do corte de proa = 0911 horas.

4. Seu navio está no rumo 010°, velocidade de 16 nós, navegando sob visibilidade restrita. São obtidas as seguintes posições sucessivas de um mesmo contato, em relação ao seu navio:

POSIÇÃO	HORA	MARCAÇÃO	DISTÂNCIA
M_1	0100	054°	18.0 milhas
M_2	0103	052°	17.2 milhas
M_3	0106	050°	16.3 milhas
M_4	0109	048°	15.5 milhas
M_5	0112	046°	14.7 milhas

Figura 14.66 - Problema n° 4



Determinar DMR, VMR, PMA (marcação, distância e hora), rumo do alvo e velocidade do alvo. Informar se o alvo cortará nossa proa ou popa e a distância e hora em que o corte ocorrerá.

Solução (Figura 14.66):

a. seleciona-se a **escala de distâncias 2:1** e constrói-se o **diagrama das posições relativas**, obtendo-se:

$$\text{DMR} = 268^\circ$$

$$\text{DISTÂNCIA RELATIVA (M}_1\text{-M}_3\text{)} = 3.9 \text{ milhas}$$

$$\text{VMR} = 20 \text{ nós (Figura 14.66).}$$

Conforme anteriormente citado, erros nas medidas das **distâncias** e **marcações** fazem com que só raramente seja possível traçar uma reta que passe exatamente por todas as posições do contacto. Assim, como no presente exemplo, a DMR deve ser obtida pelo traçado de uma reta de forma que os pontos fiquem bem distribuídos para um e outro lado, o mais próximo possível dela.

b. determinam-se os elementos do PMA:

$$\text{marcação} = 358^\circ$$

$$\text{distância} = 10.0 \text{ milhas}$$

$$\text{hora} = 0145 \text{ horas}$$

c. constrói-se o **diagrama de velocidades**, na escala 2:1 e obtém-se:

$$\text{rumo do alvo} = 311^\circ$$

$$\text{velocidade do alvo} = 22.8 \text{ nós.}$$

d. o alvo cortará nossa **proa**, na **distância** de 10.4 milhas, às 0138 horas (antes, pois, de alcançar o PMA, conforme podemos verificado na Figura 14.66).

5. Seu navio está no rumo 160°, velocidade de 10 nós e obtém as seguintes posições sucessivas de um mesmo contacto:

POSIÇÃO	HORA	MARCAÇÃO	DISTÂNCIA
M ₁	1000	200°	20.000 jardas
M ₂	1005	200°	18.000 jardas
M ₃	1010	200°	16.000 jardas

Determinar os elementos do PMA, o rumo e velocidade do contacto.

Solução (Figura 14.67):

a. antes mesmo de construir o **diagrama das posições relativas**, já verificamos que se configura uma situação perigosa, pois a marcação do alvo permanece constante, enquanto sua distância diminui, o que significa que está em **rumo de colisão** com o nosso navio.

b. traçando o **diagrama das posições relativas** (escala de distâncias 1:1), obtemos os seguintes elementos:

$$\text{DMR} = 020^\circ$$

$$\text{DISTÂNCIA RELATIVA (M}_1\text{-M}_3\text{)} = 2.0 \text{ milhas}$$

VMR = 12 nós (Figura 14.67)

PMA: COLISÃO ÀS 1050 HORAS.

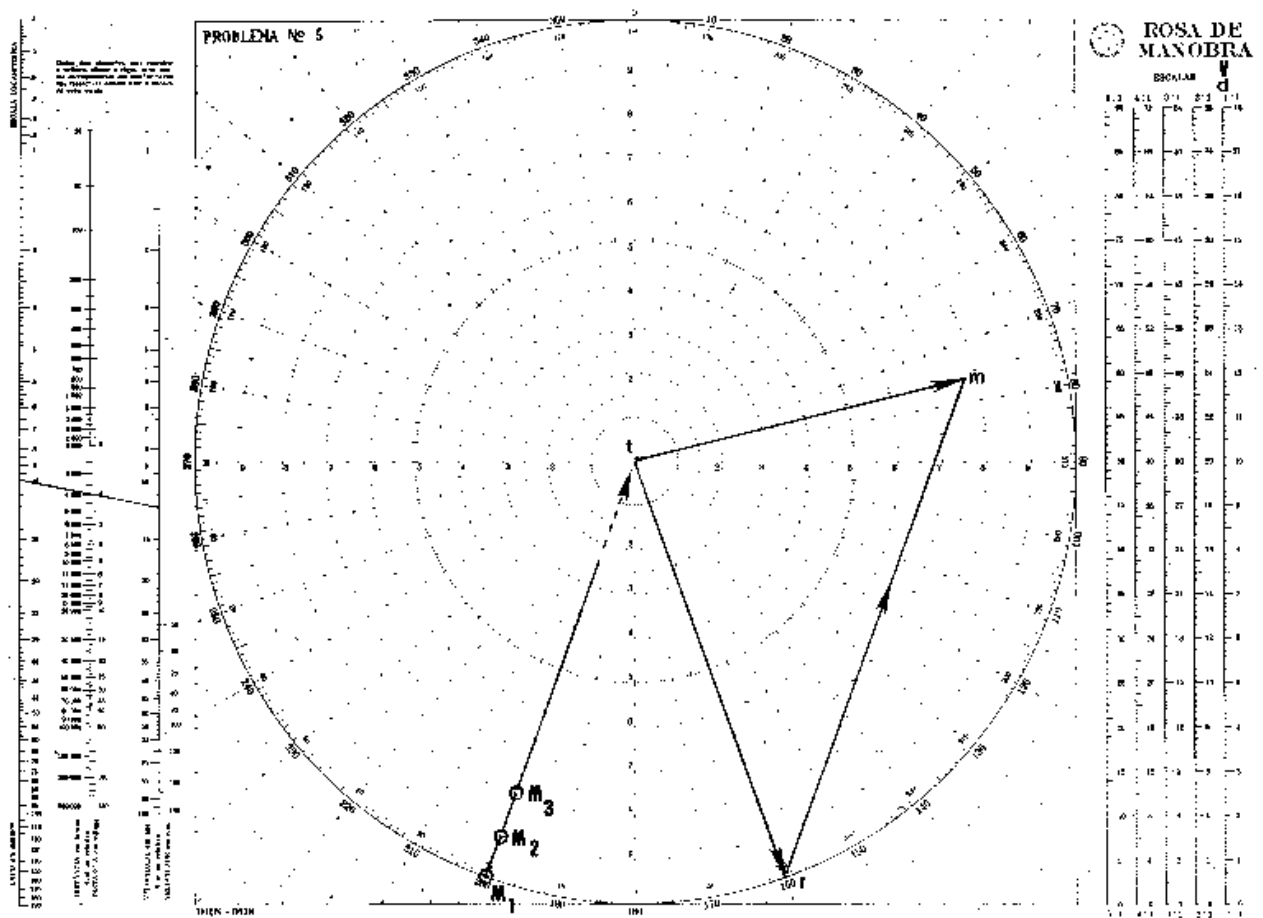
c. traçando o **diagrama de velocidades** (escala 1:1), obtemos:

rumo do alvo = 076°

velocidade do alvo = 7.7 nós.

d. analisando a situação, verificamos que se trata de um caso de rumos cruzados (nosso navio no rumo 160° e o contacto no rumo 076°) e que o outro navio tem preferência (pois nós o avistamos por BE). Deveremos, então, manobrar com ampla antecedência, a fim de deixar o outro navio safo, evitando cortar sua proa, se possível.

Figura 14.67 - Problema nº 5



6. Seu navio navega, sob forte nevoeiro, no rumo 090° , velocidade 4 nós, buscando uma **barca-farol** que constitui o sinal de aterragem e que marca o início do canal de acesso ao seu porto de destino. Na tela do radar aparecem dois contactos nas vizinhanças da posição da barca-farol. Suas posições sucessivas são:

CONTATO M:

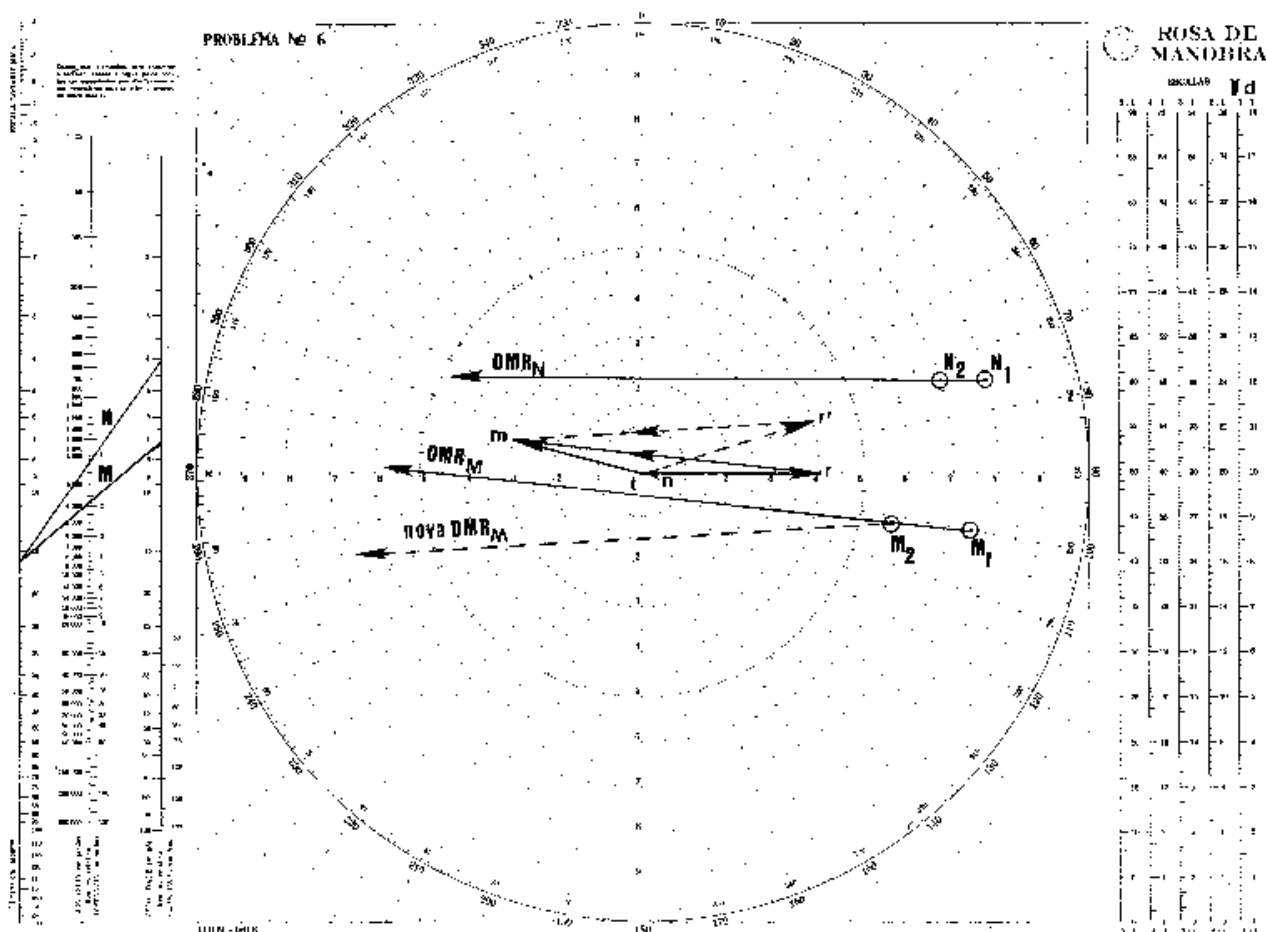
POSIÇÃO	HORA	MARCAÇÃO	DISTÂNCIA
M ₁	0500	100°	7.5 milhas
M ₂	0516	101°	5.7 milhas

CONTATO N:

POSIÇÃO	HORA	MARCAÇÃO	DISTÂNCIA
N ₁	0500	075°	8.0 milhas
N ₂	0516	073°	7.0 milhas

Identificar qual dos dois contatos é a **barca-farol**.

Figura 14.68 - Problema nº 6



Solução (Figura 14.68):

a. escolhendo a escala 1:1 tanto para **escala de distância**, como para **escala de velocidades**, traçam-se os **diagramas de posições relativas** e os **diagramas de velocidades** dos alvos **M** e **N** (Figura 14.68), obtendo-se:

- DMR (M) = 276° ; VMR (M) = 7.0 nós
- DMR (N) = 270° ; VMR (N) = 4.0 nós
- rumo (M) = 284° ; velocidade (M) = 3.0 nós
- alvo (N) está parado (velocidade zero).

Assim, o **método do movimento relativo** permitiu identificar a **barca-farol** como o contacto **N**. Guinaremos, então, para aproar ao referido sinal. Com isso, nos afastaremos do alvo **M**, cujo PMA seria muito próximo do nosso navio (ver nova linha do movimento relativo de **M**, que ocorreria após a nossa guinada, na Figura 14.68).

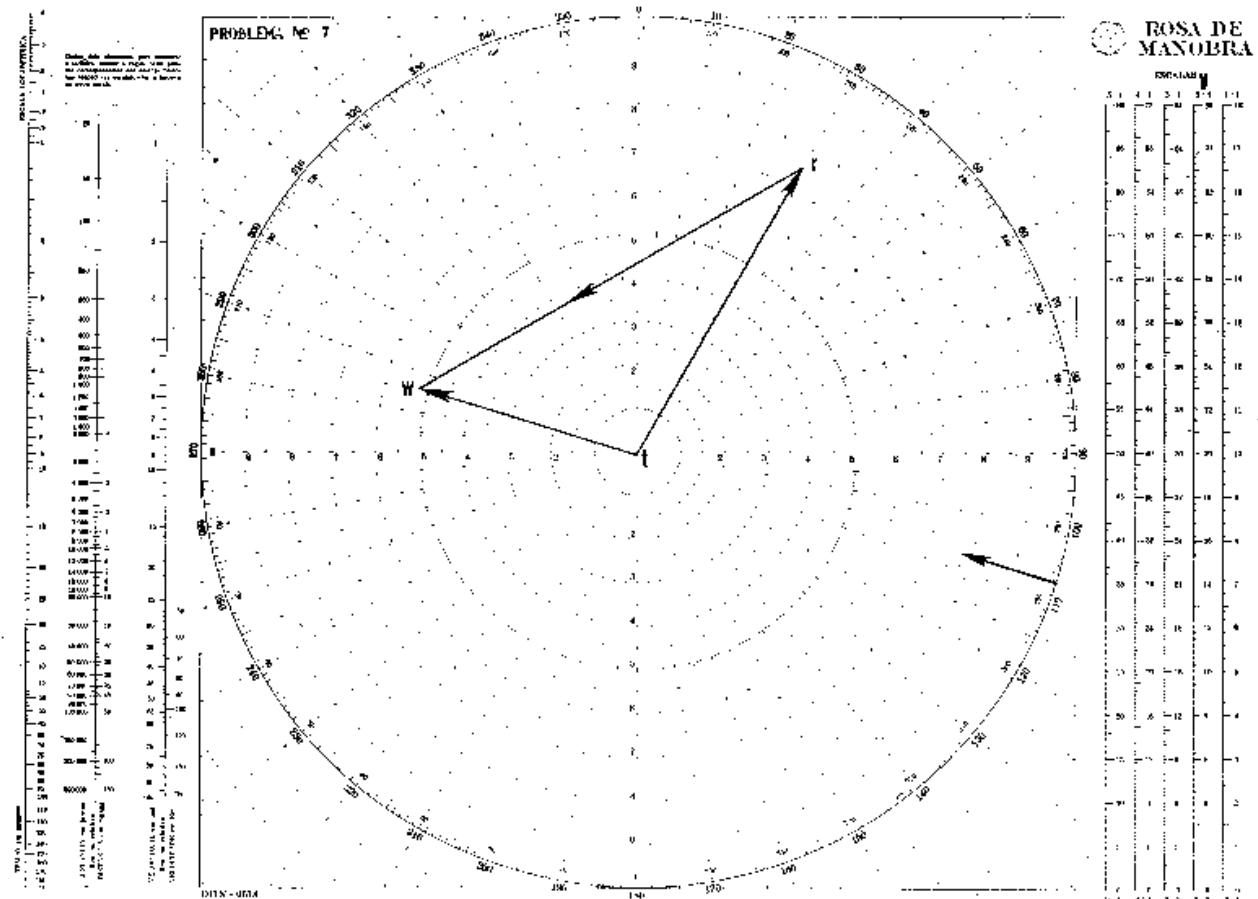
Mesmo sem construir o **diagrama de velocidades**, poderíamos concluir que o alvo **N** está parado, pois o seu movimento relativo tem o rumo exatamente oposto ao rumo do navio e velocidade igual à que desenvolvemos.

7. Determinar a **direção** e **velocidade do vento verdadeiro** em um navio no rumo 030° , velocidade 15 nós, sendo as seguintes as indicações do anemômetro:

DIREÇÃO DO VENTO: 030° RELATIVOS (30° BE)

VELOCIDADE DO VENTO: 20 NÓS.

Figura 14.69 - Problema n° 7



Solução (Figura 14.69):

- o problema pode ser resolvido assemelhando o movimento do ar ao movimento de um navio. O **vento verdadeiro** corresponde ao **movimento real (absoluto)** do ar. O **vento aparente** (ou **relativo**) é o movimento do ar em relação ao nosso navio (que também se move).
- no caso do vento, basta traçar o **diagrama de velocidades**, ou **diagrama vetorial**, para obter os elementos do **vento verdadeiro**.
- neste exemplo, se o **vento aparente** está entrando por 030° RELATIVOS, ele está soprando de 060° . Assim, selecionando a **escala de velocidades 2:1**, construímos o **diagrama de velocidades**. No caso do vento, a extremidade do vetor do vento aparente é denominada de **w** ("WIND"). Obtemos, então, o vetor **tw**, que nos fornece os elementos do vento verdadeiro:

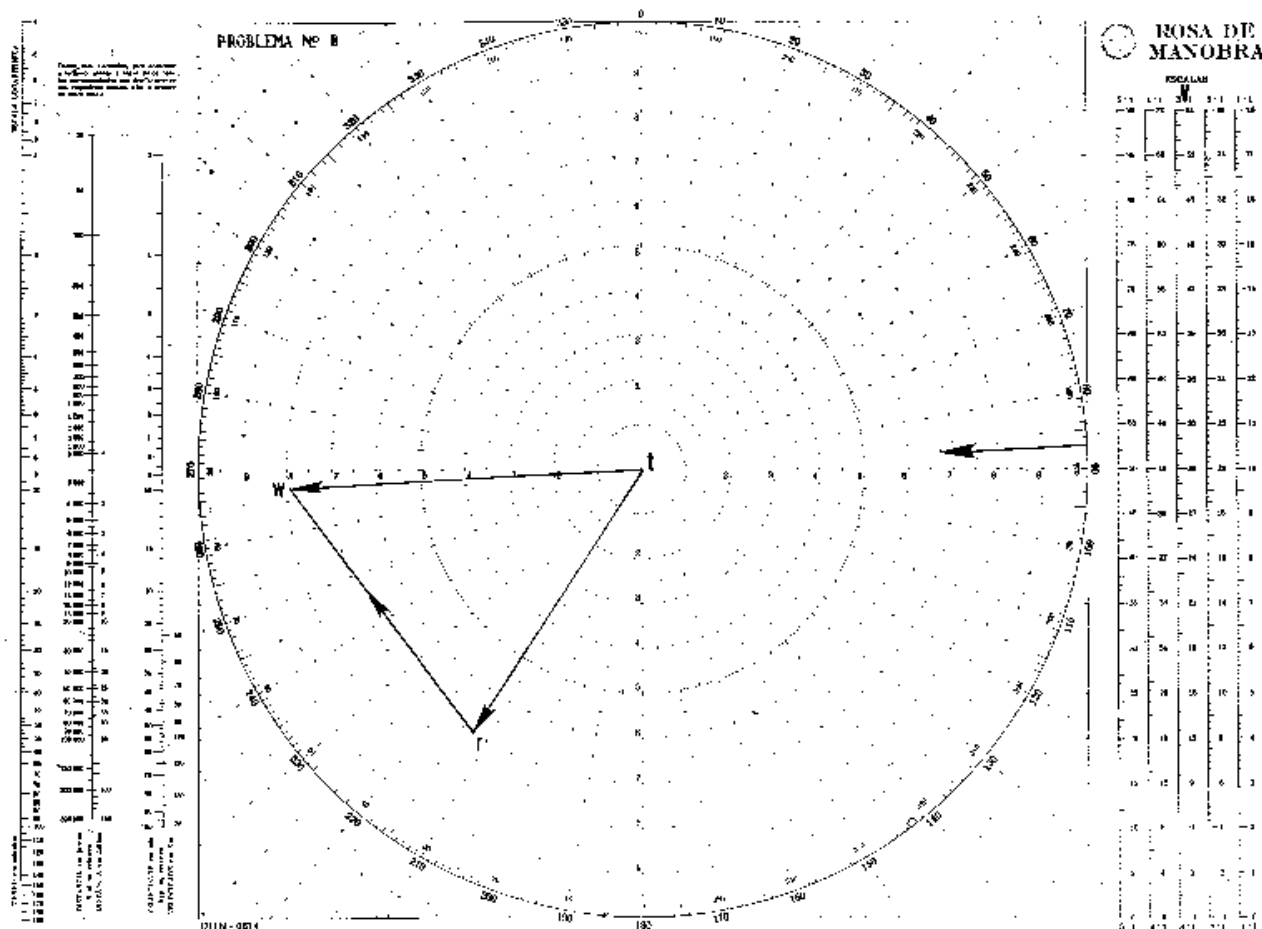
direção: 107° (de onde sopra o vento)

velocidade: 10.3 nós

Lembrar que, no caso do vento, o elemento de direção informado é sempre **de onde sopra**.

8. Seu navio está no rumo 213° , velocidade 21 nós. As indicações do anemômetro são:
 DIREÇÃO DO VENTO: 290° RELATIVOS (70° BB)
 VELOCIDADE DO VENTO: 20 nós
 Determinar os elementos do vento real.

Figura 14.70 - Problema n° 8



Solução (Figura 14.70):

- se o navio está no rumo 213° e o vento aparente está entrando aos 290° RELATIVOS (70° BB), isto significa que o vento aparente está soprando de 143° .
- constrói-se, então, o **diagrama de velocidades**, na escala 3:1, para determinar o vetor **tw**.
- obtemos, então, os **elementos do vento verdadeiro**:
 direção: 087° (de onde sopra)
 velocidade: 23 nós (o valor da velocidade do vento é sempre arredondado, na prática da navegação, para o inteiro mais próximo).

9. Seu navio está no rumo 265° , velocidade de 6 nós. As indicações do anemômetro são:

DIREÇÃO DO VENTO: 260° RELATIVOS (100° BB)

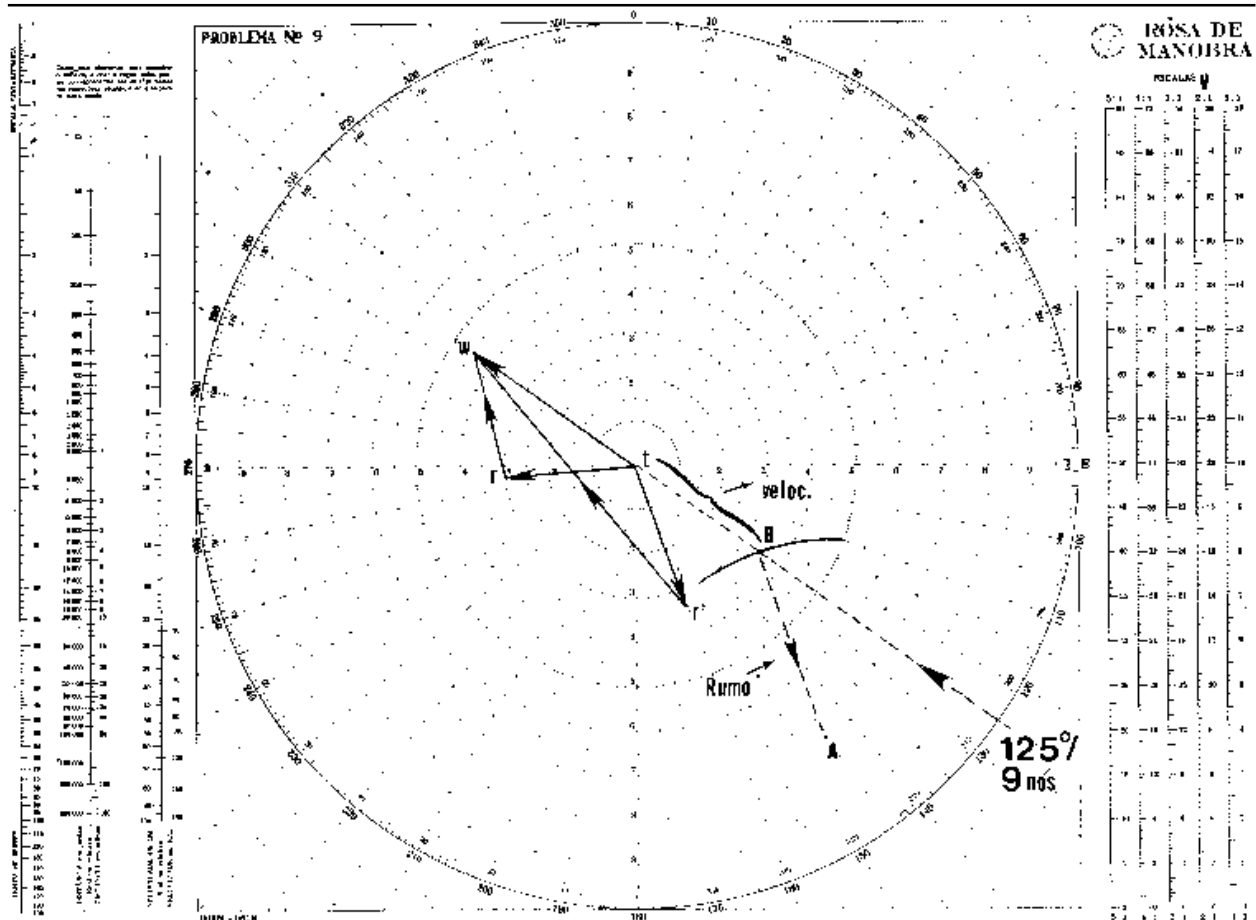
VELOCIDADE DO VENTO: 6 nós

Determinar:

os elementos do vento verdadeiro; e

o rumo e velocidade em que o seu navio deve governar para produzir um vento aparente entrando aos 340° RELATIVOS (20° BB), com 15 nós.

Figura 14.71 - Problema n° 9



Solução (Figura 14.71):

a. a direção de onde sopra o vento aparente é 165° ; usando a escala 2:1, constrói-se o diagrama de velocidades, determina-se o vetor **tw** e os elementos do vento real:

direção = 125° (de onde sopra)

velocidade = 9 nós

b. prolonga-se a linha do vetor **tw**, para indicar a direção de onde o vento verdadeiro está soprando (125° , neste exemplo).

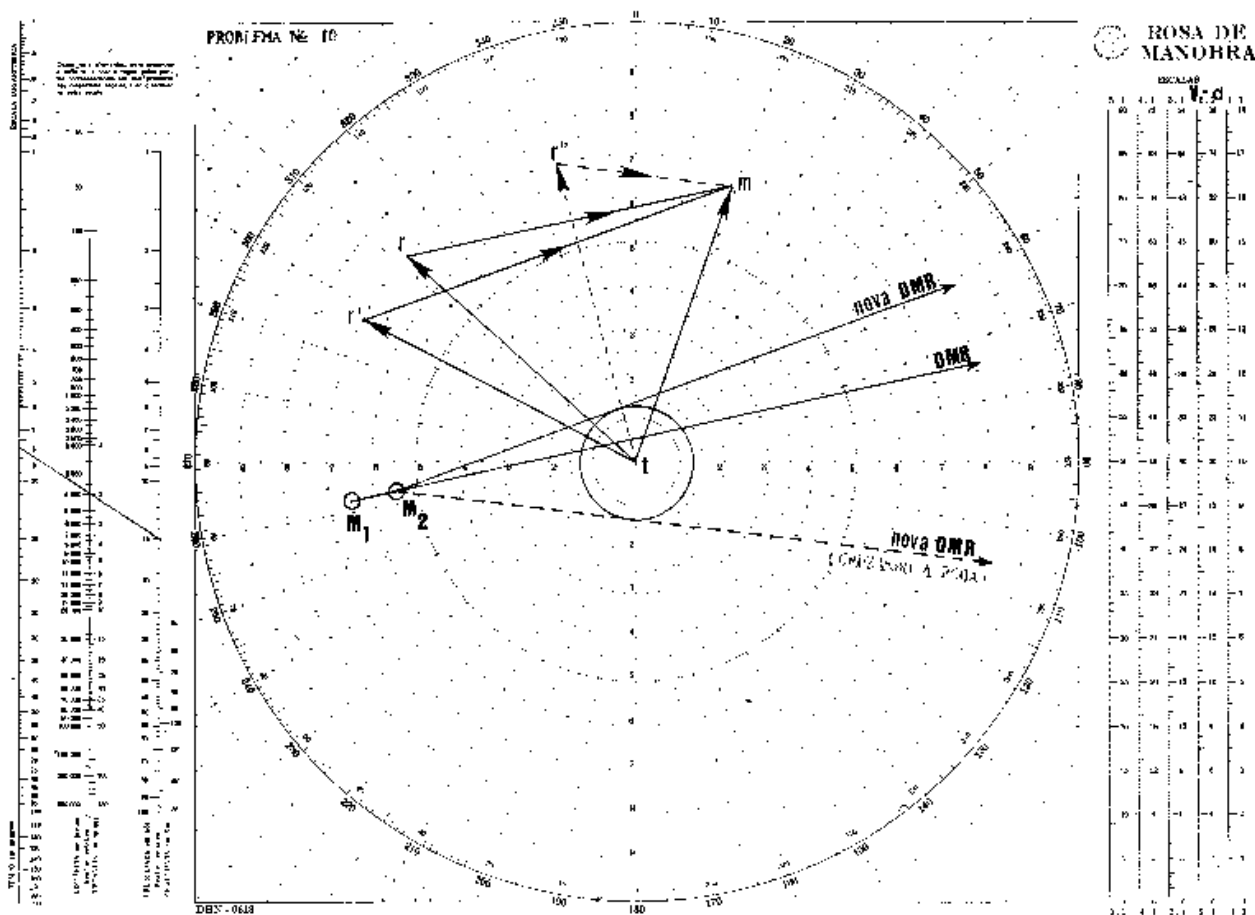
c. como queremos o vento entrando aos 340° RELATIVOS (20° BB), sabemos que o nosso rumo ficará para a direita da direção de onde sopra o vento verdadeiro. Assim, vamos determinar um ponto 20° à direita da direção de onde sopra o vento real, situado sobre o círculo de 15 nós, que é a velocidade do **vento aparente** que desejamos. Este ponto foi denominado **A** na Figura 14.71 (suas coordenadas polares são $145^\circ / 15'$).

- d. com centro no ponto **A**, ajusta-se no compasso a abertura correspondente à velocidade do vento real (9 nós) e traça-se um arco interceptando a radial correspondente à direção de onde sopra o vento real (125°, neste exemplo). Determina-se, então, o ponto **B** (Figura 14.71).
 - e. o segmento **tB** representa a magnitude da velocidade que o navio deve se desenvolver para obter o vento relativo desejado. No caso, 6.8 nós.
 - f. o rumo do navio é dado pela direção **BA**: $R = 160^\circ$.
 - g. transportando os valores acima para o centro da rosa, constrói-se o vetor **tr'**, confirmando-se, pelo vetor **r'w**, que o **vento relativo** estará entrando aos 340° RELATIVOS (20° BB), com 15 nós, conforme desejado.
10. Seu navio está no rumo 312°, velocidade de 14 nós. São obtidas as seguintes posições sucessivas de um mesmo contato **M**:

POSIÇÃO	HORA	MARCAÇÃO	DISTÂNCIA
M ₁	0300	262°	13.0 milhas
M ₂	0308	263°	11.0 milhas

Determinar o rumo do nosso navio para não passar a menos de 2.5 milhas na popa do contacto, mantendo a velocidade.

Figura 14.72 - Problema n° 10



Solução (Figura 14.72):

- a. seleciona-se a escala 2:1 para distâncias e velocidades; constrói-se o **diagrama das posições relativas** e verifica-se que o alvo vai cortar a nossa proa muito próximo, o que configura uma situação de perigo. Determinam-se:

$$\text{DMR} = 078^\circ$$

$$\text{VMR} = 15 \text{ nós (ver Figura 14.72).}$$

- b. constrói-se o **diagrama de velocidades** e determinam-se:

$$\text{rumo do alvo} = 019^\circ$$

$$\text{velocidade do alvo} = 13.4 \text{ nós.}$$

- c. traça-se, então, a partir do centro da rosa, uma circunferência com raio igual a 2.5 milhas, medido na escala de distâncias selecionada (2:1).

- d. a partir de M_2 , traça-se uma tangente a essa circunferência, que constitui a nova **direção do movimento relativo (DMR)**.

- e. com a nova DMR, construir novo **diagrama de velocidades**, sabendo que o nosso navio manterá a velocidade de 14 nós. Traça-se do ponto **m** uma reta paralela e de sentido contrário à nova DMR; no ponto em que esta reta interceptar a circunferência de raio igual à velocidade do nosso navio (14 nós), fica localizado o ponto r' . Determina-se, então, o novo rumo do navio: 298° .

- f. de um ponto exterior é sempre possível traçar duas tangentes a uma circunferência. Desta forma, se desejássemos não passar a menos de 2.5 milhas, porém cruzando a proa do contacto, traçaríamos a tangente ao setor oposto ao rumo do outro navio. Neste caso, o nosso navio deveria guinar para o rumo 345° , para cruzar a proa do contacto a 2.5 milhas, mantendo a velocidade de 14 nós (ver representação em linhas tracejadas na Figura 14.72).

- g. para que este problema seja possível, é necessário, como se conclui facilmente da Figura 14.72, que a circunferência da velocidade do nosso navio intercepte, no **diagrama de velocidades**, a paralela à nova DMR, traçada pelo ponto **m**. Haverá duas soluções, se existirem dois pontos de interseção.

- h. a resolução desse problema tem grande interesse quando se pretende manobrar para evitar um navio detectado pelo radar, especialmente em condições de má visibilidade. De fato, se, pela análise da plotagem relativa, concluir-se que o navio vai passar excessivamente perto, depois de se determinar o seu rumo e velocidade, altera-se o rumo do nosso navio, para passar a uma distância considerada suficiente.

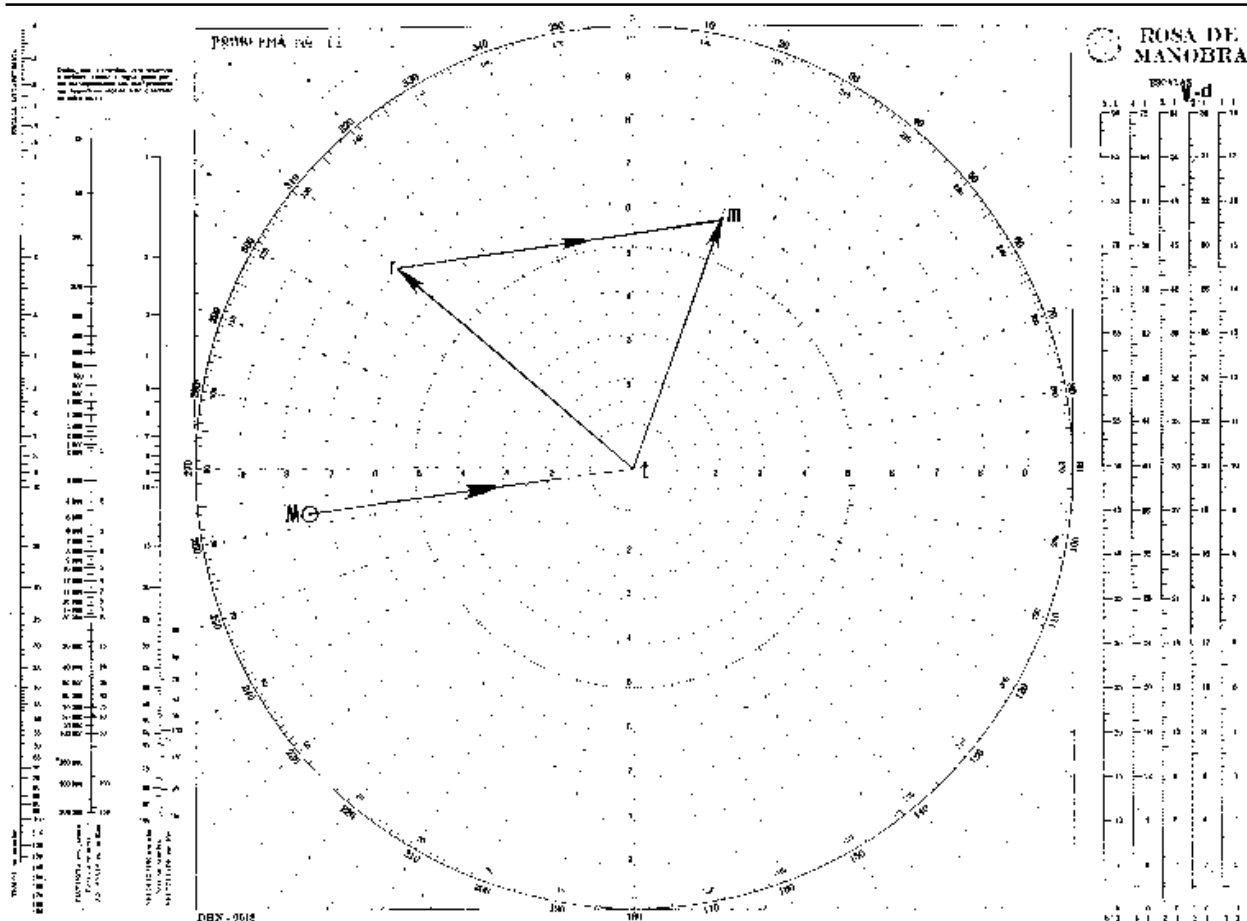
11. Um navio com uma emergência médica a bordo está se dirigindo para o porto mais próximo, no rumo 020° , velocidade de 12 nós. Seu navio, que possui médico a bordo, decide interceptá-lo, com a velocidade de 14 nós, para prestar auxílio. Às 2100 horas, o outro navio é marcado aos 262° , na distância de 15 milhas. Determinar o rumo de interceptação e a hora em que interceptaremos o alvo.

Solução (Figura 14.73):

- a. seleciona-se a escala 2:1 para distâncias e velocidades; plota-se a posição do contacto e traça-se a DMR desejada, trazendo-o para o centro da rosa, fazendo com que o contacto permaneça com marcação constante e distância diminuindo (como no caso de rumo de colisão com o nosso navio).

- b. com a DMR desejada e o vetor **tm** (rumo e velocidade do alvo), traça-se o **diagrama de velocidades**, tirando do ponto **m** uma reta paralela à DMR, no sentido oposto; no ponto em que esta reta interceptar a circunferência de raio igual a 14 nós (velocidade do navio), fica localizado o ponto **r**. Determina-se, então, o rumo de interceptação: 310°.
- c. no **triângulo de velocidades** (ou **diagrama de velocidades**) mede-se o valor da **velocidade relativa**: VMR = 15 nós.
- d. com a **distância** até o contacto (15 milhas) e a VMR (15 nós), determina-se o **tempo** até a interceptação. Neste caso, 1 hora. Assim, a interceptação ocorrerá às 2200 horas.
- e. para que o problema seja possível, é necessário que a circunferência da velocidade do próprio navio intercepte a paralela à **DMR** desejada, traçada a partir do ponto **m**. Quando houver 2 pontos de interseção, existem 2 soluções. Neste caso, escolheremos, normalmente, a que produzir maior **velocidade relativa**, a fim de reduzir o tempo para interceptação.

Figura 14.73 - Problema nº 11



14.4.5 PLOTAGEM RADAR EM TEMPO REAL

a. Método de solução gráfica sobre a repetidora

Há ocasiões, quando navegando em áreas de denso tráfego marítimo, em que a tela do radar apresenta um grande número de contactos, exigindo uma avaliação rápida da situação, para decidir se será necessário manobrar, alterando o rumo e/ou a velocidade do navio. À noite, ou sob visibilidade restrita, o problema torna-se ainda mais complexo.

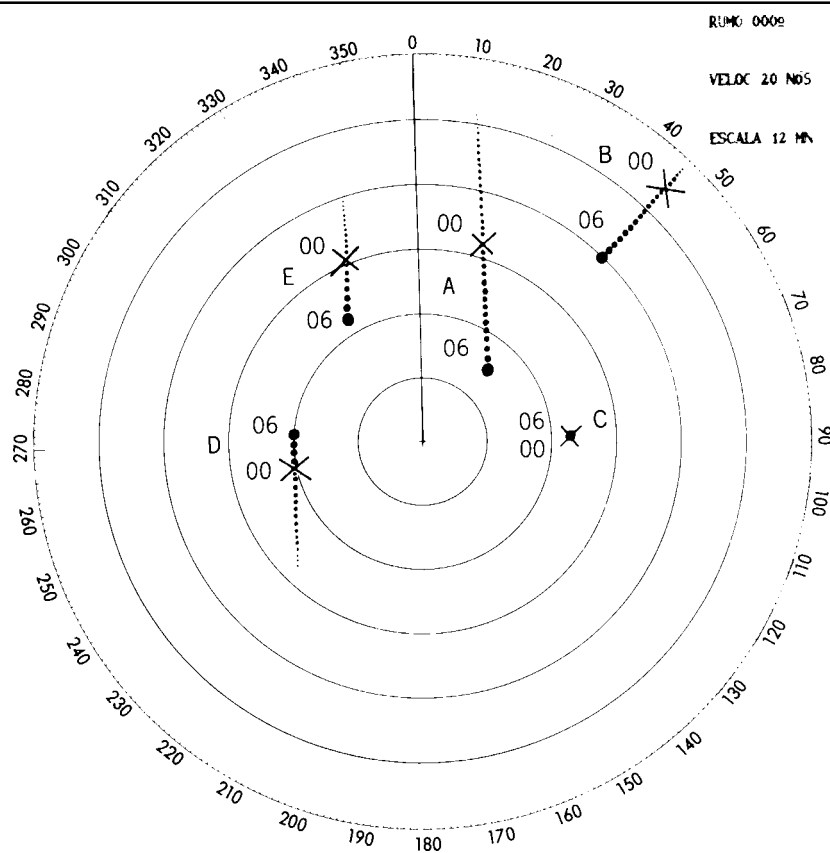
Nessas situações, a solução gráfica dos problemas de movimento relativo diretamente no plotador de reflexão instalado sobre a tela da repetidora é bastante conveniente. Este método rápido é denominado **plotagem radar em tempo real**.

Quando a tela do radar mostra múltiplos contactos, a primeira preocupação na avaliação da situação é verificar as **marcações** dos alvos que se **aproximam**, pois, como sabemos, existe **risco de colisão** quando o movimento relativo de um alvo apresenta **marcação constante e distância diminuindo**. Para determinar se existe risco de colisão pela observação da tela do radar, é essencial que se disponha de uma **apresentação estabilizada** pela agulha giroscópica. Com uma apresentação não estabilizada fica muito difícil essa avaliação (que teria que se basear na marcação relativa dos contactos).

Havendo necessidade de manobrar, o passo seguinte consiste em decidir qual das quatro manobras básicas para evitar colisão (guinar BE, guinar BB, aumentar a velocidade e reduzir, ou parar, as máquinas), ou qual a combinação delas, irá aumentar mais efetivamente a distância de passagem entre o nosso navio e o alvo.

Na Figura 14.74, está mostrada a tela de um radar onde foram marcadas com lápis-cera as posições de 5 alvos (denominados, respectivamente, **A, B, C, D e E**), nos minutos 00 e 06. Também foram assinalados na repetidora os **movimentos relativos** dos referidos alvos. Nosso navio está no rumo 000°, velocidade 20 nós. O radar opera com apresentação estabilizada, na escala de 12 milhas, com 2 milhas entre os anéis de distância.

Figura 14.74 -



Observando a imagem radar com as plotagens relativas do alvos e suas posições nos minutos 00 e 06, verifica-se que o contato **C**, a 4.5 milhas no través de BE, está no mesmo rumo e velocidade que o nosso navio (não existe **movimento relativo** entre o nosso navio e o alvo **C**, pois ambos têm o mesmo **movimento verdadeiro**). Se reduzirmos ou aumentarmos a velocidade, ou se guinarmos para BB, o nosso navio imediatamente começará

a aumentar distância para esse contacto. Entretanto, se guinarmos para BE, uma situação de perigo pode surgir, com relação ao contacto C.

O contacto **D** rapidamente revela que está no mesmo rumo e com velocidade maior que o nosso navio. Como ele já está avante do nosso través de BB, a única manobra nossa que pode criar uma situação de risco com esse contacto é um aumento de velocidade.

O contacto **A** está no rumo oposto ao nosso (sua DMR é a recíproca da nossa proa). Por comparação com os anéis de distância, verifica-se que sua **distância relativa** percorrida em **6** minutos (entre as posições **00** e **06** do contacto **A**) é de cerca de **4** milhas, o que nos fornece uma **velocidade relativa** (VMR) de 40 nós, indicando que o contacto **A** desenvolve uma velocidade de **20** nós. Seu PMA tem distância de cerca de **2** milhas, o que pode ser obtido prolongando-se sua DMR até o nosso través de BE. Qualquer mudança de velocidade não irá reduzir a distância do PMA, de modo que é seguro, com relação ao contacto **A**, aumentar ou diminuir a velocidade, assim como guinar para BB. Uma guinada para BE, porém, representaria um grande risco, sobretudo por causa da alta VMR (40 nós).

O movimento relativo do contacto **E** indica uma DMR oposta ao nosso rumo. Por comparação com os anéis de distância, verifica-se que a **distância relativa** percorrida pelo contacto **E** em **6** minutos é de aproximadamente **2** milhas, o que nos fornece uma **VMR** de 20 nós. Assim, o movimento relativo do contacto **E** apresenta rumo oposto e uma VMR igual à velocidade do nosso navio, indicando que esse alvo está parado. Seu PMA ocorrerá a cerca de 2 milhas, no nosso través de BB. Desta forma, é seguro, com relação ao contacto **E**, aumentar ou reduzir a velocidade, ou guinar para BE. Uma guinada para BB, entretanto, irá requerer cautela, para não criar uma situação de risco.

O contacto **B** imediatamente revela que está em rumo de colisão conosco, pois sua marcação permanece constante, enquanto a distância diminui com rapidez. Ademais, a alta **velocidade relativa** (VMR de cerca de **30** nós), que pode ser estimada com base na distância entre as posições dos minutos 00 e 06, aumenta a nossa preocupação (o intervalo de tempo até o ponto de colisão será de 16 minutos). Uma redução na nossa velocidade (ou parar as máquinas) fará com que o contacto **B** cruze a nossa proa com segurança (se o nosso navio reduz a velocidade, ou pára, qualquer movimento relativo observado no PPI do radar gira para vante, isto é, para a direção da proa, não importa onde esteja).

Assim, verificamos que basta uma redução da nossa velocidade (ou parar as máquinas temporariamente) para safarmos todos os cinco contactos. Após **B** cruzar a nossa proa, voltaremos à velocidade anterior.

Se, por alguma razão, não pudermos variar a velocidade, restam-nos duas alternativas: guinar BE ou guinar BB.

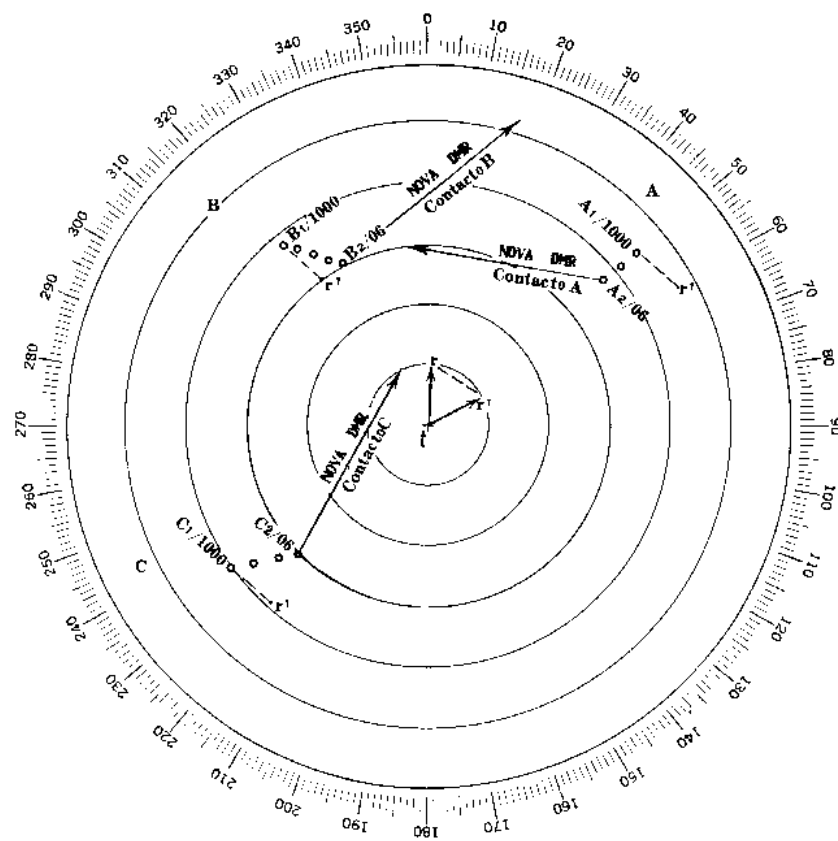
Qualquer guinada para BE só deveria ser considerada após o alvo **A** passar pelo nosso través (PMA, na distância de cerca de 2 milhas). A guinada deveria ser franca (pelo menos de 60°), para não criar uma situação de risco com o alvo **C**, que, como vimos, está no mesmo rumo e velocidade que o nosso navio. Esta guinada faria com que o contacto **B** passasse safo por nosso BB.

Com uma guinada para BB (de cerca de 50°), o alvo **B** cruzaria a nossa popa, porém levaria um tempo muito grande para ficar safo, pois a velocidade do seu movimento relativo seria reduzida. Outro complicador para uma guinada para BB é, conforme já mencionado, o contacto **E** (que está parado). A guinada deve ser tal que o referido contacto fique com segurança por nosso BE.

A situação mostrada na Figura 14.74 não é, contudo, ruim. Uma redução de velocidade, como vimos, resolveria completamente o problema. Desta forma, pelo estudo do PPI e o traçado da plotagem relativa dos alvos sobre a própria repetidora, pode-se evitar contactos múltiplos, sem a necessidade de determinar, através da solução na Rosa de Manobras, os seus rumos verdadeiros e velocidades.

A Figura 14.75 mostra outra situação do uso do radar para evitar múltiplos contactos, sem primeiro determinar os rumos verdadeiros e velocidades dos mesmos. Na situação ilustrada, o nosso navio está no rumo 000°, velocidade de 20 nós, apresentação radar estabilizada, na escala de 12 milhas, com 2 milhas entre os anéis de distância. Três contactos **A**, **B** e **C** são observados e plotados diretamente sobre o PPI ou plotador de reflexão. A imagem radar mostra as posições dos alvos às 1000 horas e 1006 horas e a DMR de cada um. Quer-se determinar as novas linhas de movimento relativo para os alvos, resultantes de uma guinada do nosso navio para o rumo 065°, às 1006, para verificar se o novo rumo produzirá PMA aceitáveis para todos os contactos.

Figura 14-75 -



A solução é a seguinte:

- com origem no centro do PPI, traçar (com lápis-cera) os vetores \mathbf{tr} e \mathbf{tr}^1 , correspondentes, respectivamente, ao rumo e velocidade inicial e ao novo rumo e velocidade. A grandeza de cada vetor deve ser medida na escala de distância da apresentação radar, sendo igual à distância percorrida pelo novo navio durante o intervalo de tempo da plotagem relativa. No presente caso, o intervalo é de **6** minutos e a velocidade de **20** nós. Portanto, a grandeza de ambos os vetores \mathbf{tr} e \mathbf{tr}^1 deve ser de **2** milhas (1 anel de distância), conforme mostrado na Figura;
- construir, então, uma linha tracejada de \mathbf{r} para \mathbf{r}^1 ;

- deslocar, em seguida, a posição inicial dos contactos **A**, **B**, e **C** (isto é, a posição de 1000 horas) na mesma direção e distância que a linha tracejada rr^1 ; designe cada uma das posições obtidas de r^1 ;

a nova **direção do movimento relativo** de cada contacto será obtida conectando as posições deslocadas com as posições finais dos contactos (isto é, as posições de 1006).

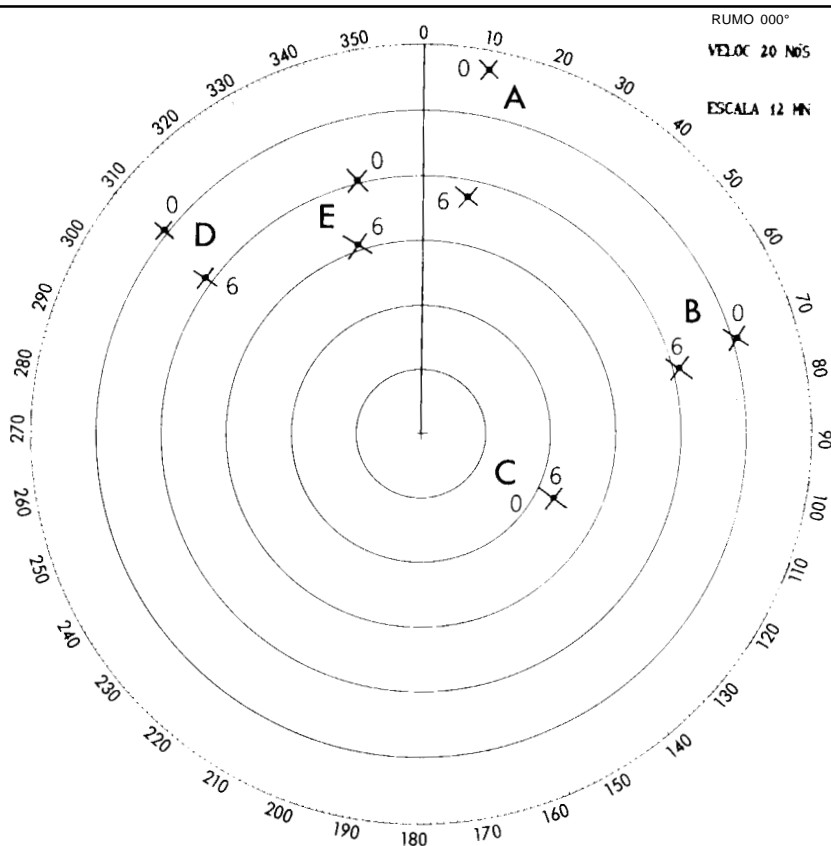
Assim, verifica-se que, com a mudança do rumo para 065° , o contacto **A**, que estava em **rumo de colisão**, passará safo do nosso navio, assim como os contactos **B** e **C**.

Os exercícios que se seguem destinam-se a testar e aprimorar a prática de plotagem radar em tempo real.

Exercícios

- Na situação ilustrada na Figura 14.76, seu navio está no rumo 000° , velocidade de 20 nós. O radar, com apresentação estabilizada pela agulha giroscópica, está na escala de 12 milhas, com 2 milhas entre os anéis de distância. A Figura mostra a posição de 5 alvos (**A**, **B**, **C**, **D** e **E**), nos minutos 00 e 06.

Figura 14.76 - Exercício nº 1



Questões:

- Qual o alvo que está em **rumo de colisão** com o seu navio?
(A) (B) (C) (D) (E)
- Qual o alvo que começaria a aumentar distância se o seu navio guinasse para bombordo?
(A) (B) (C) (D) (E)

3. Qual o alvo cuja DMR (direção do movimento relativo) mudará 30° para a direita, se o seu navio guinar 30° para boreste?
- (A) (B) (C) (D) (E)
4. Qual o alvo cuja DMR (direção do movimento relativo) giraria para a esquerda se o seu navio guinasse para boreste?
- (A) (B) (C) (D) (E) (Nenhum)
5. Qual o alvo que teria uma DMR (direção do movimento relativo) de 285° se o seu navio guinar 30° para BE (para o rumo 030°)?
- (A) (B) (C) (D) (E)
6. Quais os alvos que mudarão mais seus DMR e PMA se o seu navio reduzir a velocidade para 10 nós?
- (A) e (E) (C) e (E) (B) e (D) (A) e (C)
7. Que alvo passará mais próximo do seu navio se este guinar BE para 050° no minuto 06?
- (A) (B) (C) (D) (E)
8. Qual o alvo que tem a menor **velocidade verdadeira**, podendo, até mesmo, estar parado?
- (A) (B) (C) (D) (E)
9. Se o seu navio guinar BB para 315° no minuto 06, todos os alvos terão um PMA de pelo menos 1 milha?
- (SIM) (NÃO)
10. Uma guinada para BE, para o rumo 045°, no minuto 06, iria fazer com que todos os alvos tivessem um PMA de pelo menos 2 milhas?
- (SIM) (NÃO)

Respostas: 1–(A); 2–(C); 3–(E); 4–(NENHUM); 5–(C); 6– (B) e (D); 7–(C); 8–(E); 9–(SIM); 10–(NÃO).

2. Na situação ilustrada na Figura 14.77, seu navio está no rumo 000°, velocidade de 20 nós. O radar, com apresentação estabilizada, na escala de **12** milhas (**2** milhas entre os anéis de distância), apresenta **5** alvos (**A, B, C, D e E**), cujas posições nos minutos 00 e 06 são indicadas na Figura.

Questões:

1. Qual o contacto que poderia ser uma bóia?
- (A) (B) (C) (D) (E)
2. Qual o contacto que está no mesmo rumo que seu navio?
- (A) (B) (C) (D) (E)
3. Qual o alvo que está no rumo oeste e com uma velocidade um pouco maior que a nossa?
- (A) (B) (C) (D) (E)

4. Quais os alvos que passarão ao norte da bóia?

(A) e (D) (A) e (B) (B) e (C) (B) e (D)
5. Qual o alvo que está em rumo de colisão com o nosso navio?

(A) (B) (C) (D) (E)
6. Qual o alvo que, logo à primeira vista, verifica-se que está com velocidade menor que o nosso navio?

(A) (B) (C) (D) (E)
7. Se o nosso navio parar máquinas no minuto 06, qual o alvo que começará a aumentar distância?

(A) (B) (C) (D) (E)
8. Qual o alvo que terá a maior **velocidade relativa** (VMR) se o seu navio guinar BE para 045° no minuto 06?

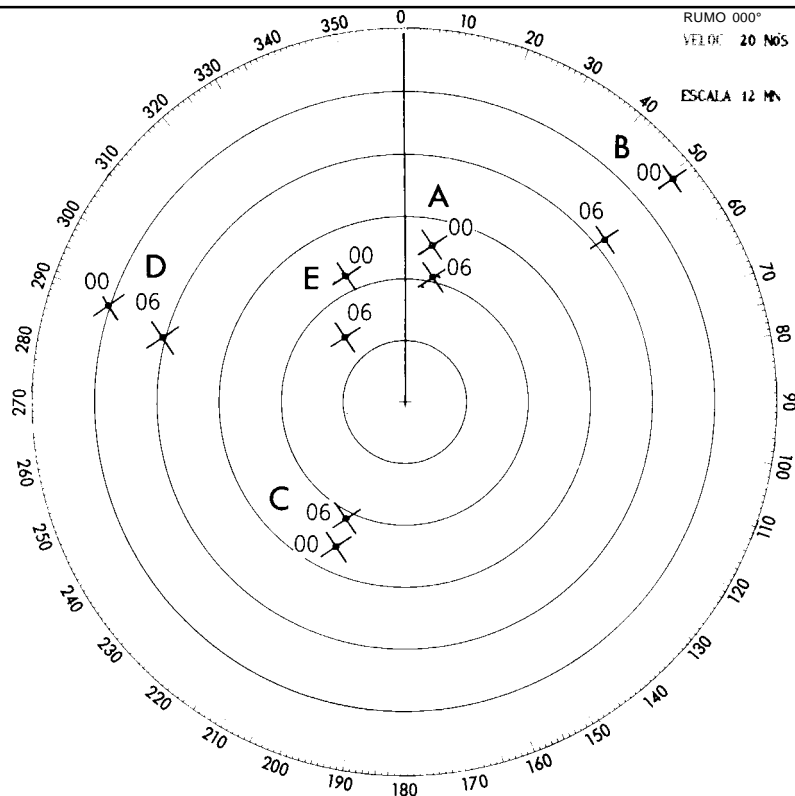
(A) (B) (C) (D) (E)
9. Entre os rumos abaixo, indicar em qual o seu navio deveria governar, se você decidisse guinar para BB no minuto 06, a fim de que o alvo **C** passasse na sua popa, à maior distância.

350° 340° 320° 290° 270°
10. Qual o alvo cuja direção do movimento relativo (DMR) girará para a esquerda, se o seu navio guinar para BE no minuto 06?

(A) (B) (C) (D) (E)

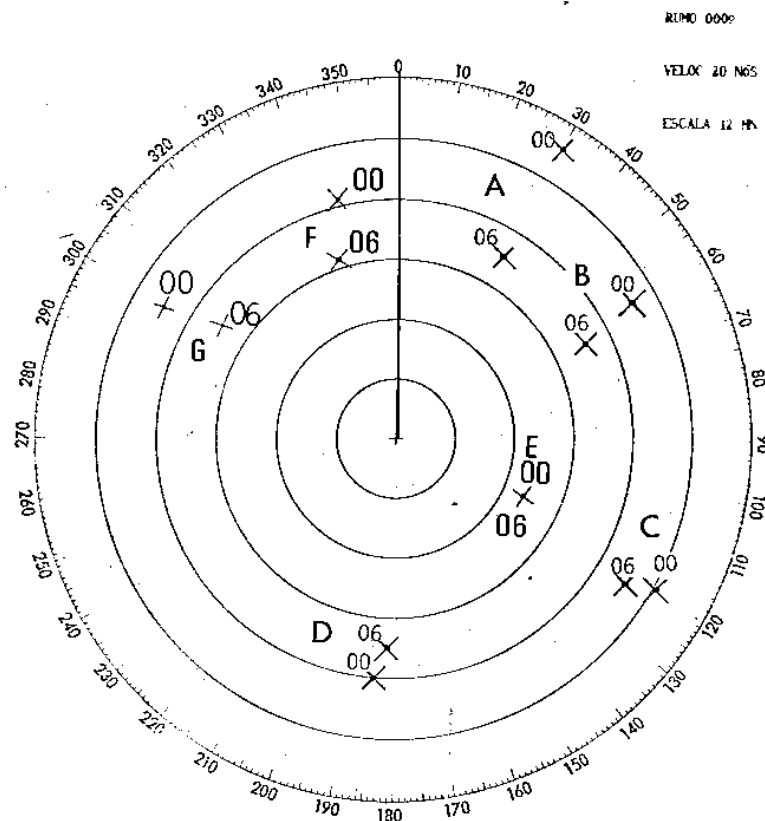
Respostas: 1–(E); 2–(A); 3–(B); 4–(B) e (D); 5–(B); 6–(A); 7–(A); 8–(B); 9–(320°); 10–(C).

Figura 14.77 - Exercício 2



3. Na situação ilustrada na Figura 14.78, seu navio está no rumo 000°, velocidade 20 nós. O radar, com apresentação estabilizada, está na escala de 12 milhas, com 2 milhas entre anéis de distância. A Figura mostra as posições de 7 alvos (A, B, C, D, E, F e G) nos minutos 00 e 06.

Figura 14-78 - Exercício 3



Questões:

1. Qual o alvo que tem a menor **velocidade verdadeira**?
 (A) (B) (C) (D) (E) (F) (G)
2. Qual o alvo que está em rumo de colisão com o nosso navio?
 (A) (B) (C) (D) (E) (F) (G)
3. Qual o alvo que está no mesmo rumo e velocidade que o nosso navio?
 (A) (B) (C) (D) (E) (F) (G)
4. A que distância o alvo **G** cortará nossa proa?
 (2') (1') (3') (4')
5. Qual o alvo que se pode afirmar, logo à primeira vista, que está com velocidade superior à do nosso navio?
 (A) (B) (C) (D) (E) (F) (G)
6. Qual a DMR e a VMR do alvo **C**?
 100°/20 nós 280°/20 nós 100°/10 nós 280°/10 nós
7. Que alvo poderia ser uma bóia?
 (A) (B) (C) (D) (E) (F) (G)
8. Se o alvo **E** aumentar a velocidade, sua DMR será de:
 090° 270° 180° 000°
9. Qual a distância do PMA do alvo **B**?
 (2') (1') (3') (4')
10. Se o alvo **A** reduzir sua velocidade para 10 nós no minuto 06, ele irá:

1. Cortar sua proa, com um PMA maior que 2 milhas;
2. Passar pelo seu BB, com um PMA maior que 2 milhas;
3. Passar pelo seu BE, com um PMA maior que 2 milhas;
4. Passar pelo seu BE, com um PMA menor que 2 milhas;

Respostas: 1–(F); 2–(A); 3–(E); 4–(2'); 5–(D); 6–280°/10 nós; 7–(F); 8–(000°); 9–(2'); 10–(4).

14.4.6 SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE RADAR ANTI-COLISÃO

Recentemente foram desenvolvidos sistemas radar com acompanhamento e processamento automático de contactos, que resolvem os problemas de cinemática que interessam à segurança da navegação, fornecendo ao Oficial de Quarto as indicações necessárias para manobrar a fim de evitar colisões, ou podendo, até mesmo, nos sistemas integrados mais avançados, comandar o giro-piloto e/ou as máquinas, alterando o rumo e/ou a velocidade do navio.

Os sistemas automáticos, genericamente denominados de **ARPA** (“**AUTOMATIC RADAR PLOTTING AIDS**”) destinam-se a reduzir o tempo requerido para uma plotagem radar manual, sobre a repetidora (no plotador de reflexão) ou na Rosa de Manobra, e para solução dos problemas de movimento relativo. Ademais, contribuem para diminuir os riscos de erros humanos, que foram causadores de inúmeros acidentes no mar.

Normalmente, os sistemas automáticos fornecem rumo verdadeiro, velocidade e elementos do PMA (distância e hora) dos alvos detectados, além de possuírem alarme áudio e visual para indicar contactos que estejam em rumo de colisão com o nosso navio.

Além disso, os elementos do alvo são calculados logo que o mesmo é detectado pelo radar, independentemente da escala de distância ajustada no PPI. Se, por exemplo, um contacto é adquirido pelo radar a 17 milhas, o equipamento leva apenas cerca de 2 minutos para computar uma solução completa para o contacto. Estando o PPI na escala de distância de 12 milhas, quando o alvo alcançar esta distância e o seu eco passar a ser mostrado na tela do radar, ele já terá sido adquirido e acompanhado e seus elementos de rumo, velocidade e PMA já terão sido determinados.

Assim, as vantagens dos sistemas automáticos de radar podem ser resumidas como se segue:

- a. Aquisição e processamento automático de ecos;
- b. Todos os ecos relevantes (em alguns sistemas cerca de 200) serão examinados simultaneamente e seus dados atualizados em cada varredura;
- c. Os ecos mais próximos (até o número de 40 em certos sistemas) serão mostrados, com os seus respectivos vetores;
- d. Os elementos dos ecos (movimento relativo, posição, rumo, velocidade e PMA) são informados instantaneamente;
- e. Os sistemas possuem **alarme de risco de colisão**, baseado na distância do PMA selecionada pelo operador e independente da escala de distância ajustada no PPI;
- f. Eliminação do erro humano nas tarefas mecânicas de plotagem do movimento relativo e cálculo dos elementos do alvo;
- g. Provê ao navegante mais tempo para manobrar, além de indicar os resultados de diversas manobras imaginadas.

Entretanto, sendo sistemas complexos, são sujeitos a falhas. É necessário combater a tendência que têm certos operadores de aceitarem as informações de tão sofisticado aparelho sem qualquer contestação. Como qualquer tipo de radar, os sistemas automáticos podem dar indicações falsas, deixar de detectar ecos, etc. Deste modo, embora um aparelho baseado em computador possa aumentar o nível de conhecimento da situação, ele não dispensa uma avaliação constante, completada por uma vigilância visual permanente, a fim de que se consiga usar todas as informações para obter a saída ótima de uma situação complexa.

14.5 APRESENTAÇÃO EM MOVIMENTO VERDADEIRO

Com a difusão crescente de equipamentos radar que operam em movimento verdadeiro, sua utilização em navegação em águas restritas vem sendo avaliada e parece oferecer maiores atrativos. Entretanto, as limitações da apresentação em movimento verdadeiro devem ser reconhecidas:

- alvos em rumo de colisão não são facilmente percebidos, a não ser aqueles justamente pela proa ou pela popa;
- ocorrem interrupções inevitáveis no controle e avaliação da apresentação radar, toda vez que o navio alcança a extremidade do PPI e tem que ser reposicionado; e
- é mais difícil a determinação precisa da correção para compensar os efeitos de corrente e vento.

A vantagem é de não se ter o movimento aparente de alvos parados, o que facilita o reconhecimento de bóias e navios fundeados.

Até que maior experiência seja adquirida e normas estabelecidas, as seguintes sugestões podem ser apresentadas:

- a apresentação em movimento verdadeiro é adequada para canais estreitos e longos, onde não exista um tráfego intenso de navios e no qual o importante é o reconhecimento de bóias;
- o reposicionamento do navio deve ser cuidadosamente planejado e executado após o navio estar numa pernada e com posição radar na carta; desse modo, evitar-se-á uma condução errada da navegação, durante o período de interrupção;
- o reposicionamento do navio não deverá ser deixado para o último instante, pois poderá haver coincidência com situações perigosas, que requeiram maior cuidado e acompanhamento;
- uma estreita ligação com o controlador de alvos de superfície deve ser mantida, pois a navegação não poderá manter a atenção presa a todo o tráfego de navios, e não dispõe de tempo para determinar os PMA;
- para evitar confusão, não devem ser utilizadas duas repetidoras, uma em movimento verdadeiro e outra em relativo; e
- é um engano pensar que a navegação em águas restritas com apresentação em movimento verdadeiro possa ser efetuada com segurança, sem se possuir a devida prática em movimento relativo.

14.6 SUMÁRIO DO CAPÍTULO

O radar é uma ferramenta extremamente importante para a navegação costeira e em águas restritas. É o único instrumento geralmente disponível que tem a capacidade de prover linhas de posição (LDP) precisas, mesmo em condições de visibilidade restrita ou durante os períodos de escuridão. As principais vantagens do radar, sob o ponto de vista da navegação, podem ser resumidas como se segue:

- a. o radar pode ser utilizado à noite ou durante períodos de visibilidade restrita, quando os métodos visuais de navegação são limitados ou de uso impossível;
- b. o radar permite, normalmente, a obtenção rápida e precisa de posições;
- c. com o radar é possível, embora não seja recomendado, obter uma posição com apenas um ponto de apoio, através da medição da marcação e da distância-radar ao ponto;
- d. o radar pode ser usado a maiores distâncias da costa do que a maioria dos outros métodos empregados na navegação costeira (e em águas restritas); e
- e. o radar pode ser usado para detectar, localizar e acompanhar outros navios, tempestades (furacões, tufões e ciclones) e demais perturbações atmosféricas.

Tal como outros equipamentos sofisticados, o radar também tem suas limitações para uso na navegação. Entre as mais importantes, estão as seguintes:

- a. é um instrumento eletrônico complexo, dependente de uma fonte de alimentação e sujeito a falhas e avarias;
- b. apresenta menor precisão que determinados métodos de navegação. Por exemplo, as marcações visuais são normalmente mais precisas;
- c. a interpretação da imagem radar é, às vezes, difícil, mesmo para um operador experiente;
- d. o alcance mínimo do radar é uma limitação ao seu emprego. A reverberação devida ao retorno do mar torna difícil a detecção de pequenos alvos próximos ao navio; e
- e. o radar é susceptível a interferências, naturais ou deliberadas (bloqueio).

No que se refere ao seu uso como meio para evitar colisões no mar, vimos a importância e o valor das informações fornecidas pelo radar, em especial durante condições de visibilidade restrita, ou em períodos de escuridão.

Resta acrescentar que, quando um navio, em ocasião de baixa visibilidade, verificar que está em rumo de colisão com outro que detectou pelo radar, deve manobrar sempre com ampla antecedência, pois, ao contrário do que sucede no contacto visual, em que o avistamento é recíproco, na detecção pelo radar não há garantia de existir essa reciprocidade.

Enfim, embora o radar não seja uma panacéia, seu uso inteligente, tanto na navegação costeira ou em águas restritas, como para evitar colisões no mar, em muito auxiliará o navegante a conduzir com segurança o seu navio.

2.3. As cartas eletrônicas

As cartas eletrônicas conhecidas como ECDIS vieram para otimizar a navegação e contribuir para uma maior segurança, uma vez que elas podem substituir as tradicionais cartas náuticas de papel. Além disso, seu sistema faz com que diversos equipamentos sejam conectados junto a ela gerando inúmeras vantagens. Alguns exemplos que sistemas são: GPS, AIS, o ARPA, dentre outros.

Existem dois tipos de carta eletrônica são elas: Raster e Vetorial. Ambas possuem suas vantagens e suas desvantagens. A carta do tipo Raster, é uma imagem digitalizada de uma carta de papel. Isto é, o computador converte as informações da carta numa imagem BMP (bitmap). Contudo, sua desvantagem é que devido ao fato de serem imagens escaneadas, elas ocupam muito espaço no disco rígido deixando o computador um pouco lento e conseqüentemente, demoram a ser carregadas na tela do computador. Ademais, não existe a capacidade de melhorar os dados apresentados na tela pelo fato de serem imagens. Apesar destas desvantagens, ela possui algumas vantagens, como:

- Permite navegar em tempo real;
- Faz a troca automática das cartas, diferentemente das cartas de papel onde é o navegador que faz a troca.
- Custo menor comparado às cartas vetoriais
- Possuem três modos de visualização, noturna, crepuscular e noturna, onde o navegador escolhe dependendo de sua situação.

A carta do tipo vetorial é composta de uma base de dados digitais de todos os objetos, isto é, pontos, linhas, áreas e outros aspectos representados numa carta. As latitudes e longitudes são amarradas à carta e então, são transferidas para o computador. Pelo fato de serem cartas que possuem dados contínuos, permitem uma maior acumulação de informações com uma menor quantidade de arquivo. Assim, estas são organizadas em

camadas, permitindo uma maior análise de forma customizada ou automática, onde o navio interage com cada aspecto de seus elementos. Possui algumas desvantagens como:

- Possui uma produção mais prolongada e mais cara.
- São mais complexas que as cartas do tipo Raster
- Exigem maior atenção do navegador.

Contudo, as vantagens superam as desvantagens, sendo esta uma das mais utilizadas no sistema ECDIS. Tais vantagens são: Como não possuem limites definidos, possuem a capacidade de incorporar informações de outras fontes como: Lista de faróis, Tábuas das Marés, Aviso aos Navegantes, etc; Pelo fato das informações serem armazenadas em arquivos menores, não sobrecarregam o computador, diferentemente das cartas Raster e quando a escala é modificada, as informações e números permanecem o mesmo tamanho, o que não acontece numa carta Raster.

Vale ressaltar que apesar destas cartas eletrônicas trazerem facilidade ao navegar, não se devem substituir, por completo, estas por cartas de papel, pois como qualquer outro sistema eletrônico, pode haver falhas e o recurso utilizado para continuar a derrota, caso isto ocorra, é a carta de papel. Portanto numa viagem, a derrota deve ser traçada tanto no ECDIS quanto na carta náutica de papel.

2.4. Radar

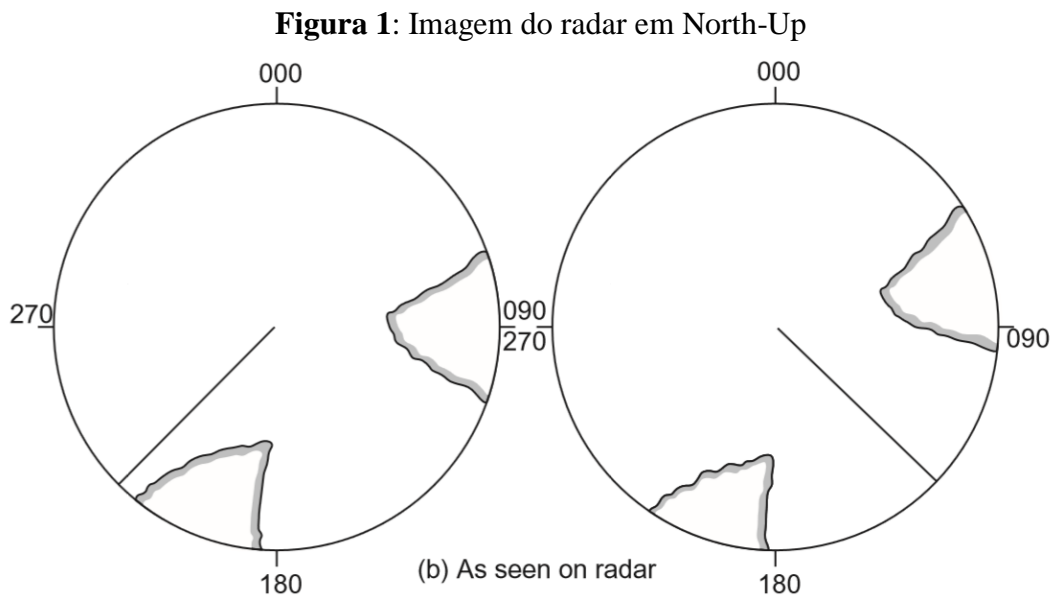
O Radar é um importante equipamento utilizado para a navegação porque fornece o alcance em milhas náuticas e a marcação dos alvos fazendo com que o torne essencial para evitar colisões e capacitar o oficial de serviço maior confiabilidade em sua trajetória ao longo de uma derrota. Este recurso funciona através de pulsos, isto é, uma onda eletromagnética se desloca no espaço, se chocando com o objeto onde parte desta é perdida, e a outra metade volta para o navio mostrado na tela do radar o local do objeto. Esta onda é emitida através de uma antena que gira 360 graus em torno de sua posição no sentido horário.

Esses radares utilizam duas faixas de frequências. A banda Sierra possui uma faixa de 10 centímetros, utilizado para navegação costeira e de alto-mar. Tem a característica de possuir um alcance maior, contudo com menor precisão e ser menos afetado pelas condições meteorológicas. Já a banda X Ray que tem uma faixa de três centímetros fazendo com que seja utilizado para aterragem/aproximação e navegação em águas restritas, por exemplo, portos, canais e baías. Possui a característica de ter um alcance menor e é mais afetado pelas

condições climáticas, entretanto, a imagem é mais detalhada e com contornos mais delineados.

A apresentação da imagem na tela do radar conhecido como Plan Position Indicator, demonstra o navio de forma em que este se encontra localizado fixo no centro da terra e as outras embarcações ou imagens de terra que aparecem na tela, possui movimento relativo em relação à embarcação que esta no centro do visor. Existem dois tipos de apresentação: A estabilizada e a não estabilizada. A primeira está conectada a agulha giroscópica, de forma a mostrar o norte verdadeiro. Nesta situação, no momento em que o navio altera o rumo, enquanto a imagem permanece fixa, a linha de fé, isto é, indica a proa do navio, se movimenta. Já a segunda, quando altera o rumo, a linha de fé permanece fixa e imagem radar é que se movimenta na tela do indicador.

Existem três tipos de orientação no radar, North-Up, Course-Up e Head-Up. O North-Up é identificado quando a linha de fé esta alinhada com a escala de marcação que corresponde com o valor verdadeiro que o navio está seguindo, em outras palavras, considera-se a marcação 000 graus da escada de marcação do radar o norte verdadeiro. Supondo que o navio esteja num rumo 135 graus, a escala de marcação permanece fixa, e a linha de fé do radar, marcará 135 graus na tela do radar. Neste caso, a apresentação é estabilizada.

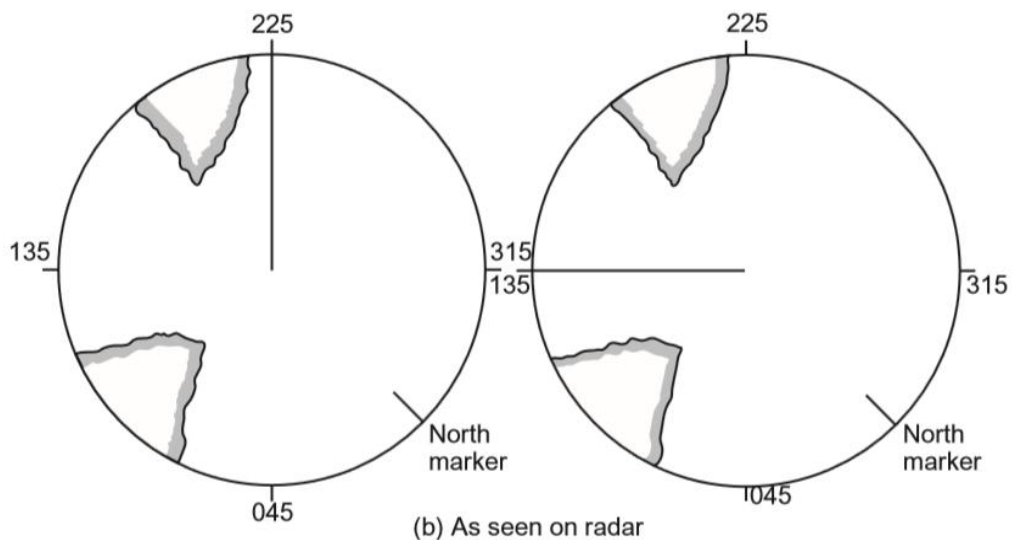


Fonte: Radar and ARPA Manual Third Edition

Já Course-Up, a escala de marcação é fixa numa posição que o navio esta navegando e não altera caso o navio mude de rumo. Por exemplo, um navio está com o rumo 225 graus, a

escala de marcação localizada no topo do radar também é 225 graus. Entretanto, no momento em que o navio guina para outra marcação como 135 graus, a marcação continuará 225 graus mas a linha de fé irá para 135 graus. Neste tipo de condição, a apresentação também é estabilizada. A desvantagem deste recurso é que o 000 graus permanece num local e não se altera quando existe a guinada do navio.

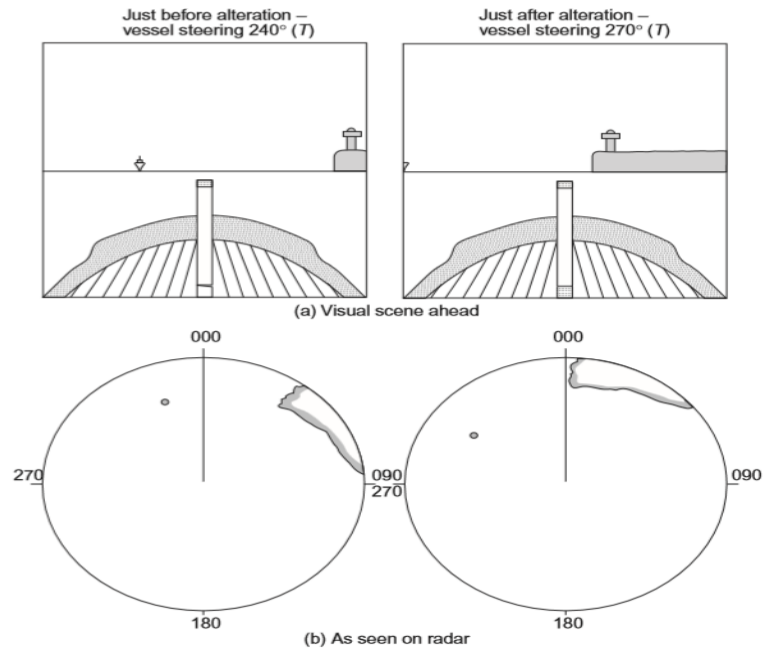
Figura 2: Imagem do radar em Course-Up



Fonte: Radar and ARPA Manual Third Edition

A outra condição é a Head-Up. Diferentemente das demais, a imagem não é estabilizada fazendo com que gere distorções da imagem na tela do radar a cada momento que o navio guinar podendo ser perigoso em diversas situações, principalmente em zonas de tráfego intenso como é observado em portos e terminais. Neste caso, a linha de fé permanece em 000 graus e a imagem vai girando em torno deste grau. Como podemos ver no exemplo a seguir, apesar do navio estar num rumo 240 graus e guinar para o 270 graus, na tela do radar continuarão 000 graus, em outras palavras, não existem mudanças na escala de marcação. Apesar de ter sido usada antigamente, após o surgimento do North-Up, esta passou a ser pouco usada. Contudo, embora tenha suas desvantagens, ela existe para que em um caso extremo de falha do modo North-Up e Course-Up, por ser imagem estabilizada, esta poderão ser usadas até que o radar volte ao normal, isto é, ao modo North-Up.

Figura 3: Imagem da visão do navegador e do radar em Head-Up



Fonte: Radar and ARPA Manual Third Edition

2.5. ARPA

O ARPA constitui de um sistema de computadores conectado aos conjuntos de dados do radar que podem gerar vetores e informações de outras embarcações na tela do computador. Além disso, as informações do próprio navio como rumo e velocidade. Possui a vantagem de reduzir o trabalho dos oficiais, pois, proporciona rápidas informações de diferentes navios e alvos.

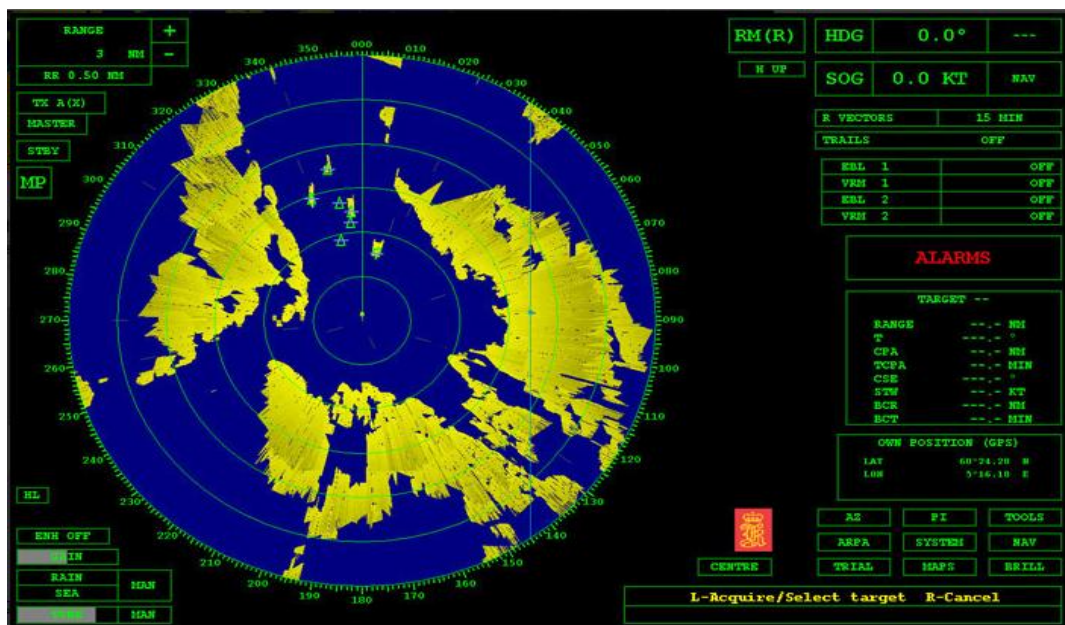
Na tela do radar ARPA, é possível visualizar a escala de marcação, a linha de fé, escolher a banda Sierra ou X-Ray dependendo de onde o navio estiver, controlar o brilho e a intensidade. Outro recurso, é a escala que se deseja. Por exemplo: escala 12:2, ou seja, num alcance de 12 milhas, terá seis círculos em volta do navio que este localizado no centro da tela e a distância entre dois círculos são dois milhas. É possível escolher entre North-Up, Course-Up ou Head-Up. Entretanto, geralmente, o radar já está no North-Up.

Este sistema possui dois complementos que podem ser usados quando a condição climática não é favorável ou quando o mar está severo fazendo que crie pequenos pontos na tela do radar. Para o clima, é utilizado o RAIN, também conhecido como Fast Time Control que retira as marcas do radar causadas pela forte chuva, neve ou granizo. Já para o mar, é o

SEA ou Sensitivity Time Control, é utilizado para remover perturbações causadas pelos ecos originados por ondas.

Para aumentar a segurança da navegação, existem a EBL, a VRM, e as linhas paralelas. A EBL funciona de forma conjunta a carta náutica, pois, após a marcação da derrota nesta, deve-se marcar no radar os pontos de guinada. Desta forma, quando a EBL alcançar o ponto marcado anteriormente, o navio pode guinar a VRM é utilizada para descobrir com maior precisão a distância de um alvo, embora os círculos das escalas também forem usados para esta finalidade. Já as linhas paralelas, são marcadas tangenciando a um alvo fixo por onde o navio deve percorrer. Quando o navio esta em um porto, este recurso é muito importante, pois visando os canais estreitos, pode-se ter uma noção se o navio esta no rumo certo a ser percorrido. Supondo uma situação em que o navio por alguma razão guinou para boreste e após isso, a embarcação deve voltar para o canal, o observador no passadiço saberá que o navio está no rumo certo a partir do momento em que o a linha paralela tangenciar novamente o alvo marcado anteriormente.

Figura 4: Imagem da tela do radar ARPA com suas inúmeras opções.



Fonte: vistechologies.com/?p=309

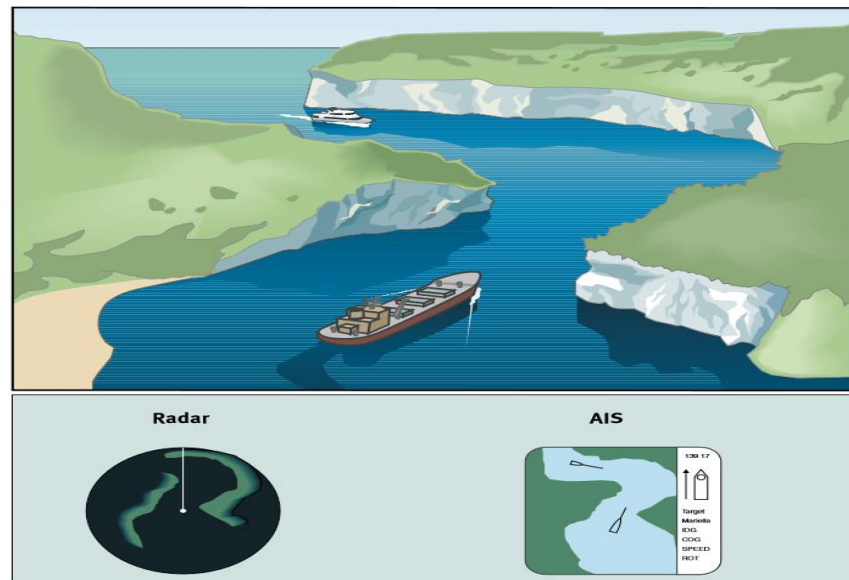
2.6. AIS

O AIS é um sistema que é possível fazer o monitoramento de navios e estações localizadas nas costas. Navios que possuem o AIS são capazes de identificar tanto a localização em qualquer lugar do planeta quanto o rumo, a velocidade, o tipo de navio e outras informações referentes à segurança. Não apenas os navios são capazes de fazer esta procura, mas também as estações costeiras utilizando VHF, quando estão monitorando a costa, portos e terminais. O AIS pode ser usado para a comunicação entre estações navio-navio e navio-terra. Este recurso não tem a necessidade de estar conectado ao radar.

Inovações tecnológicas fizeram com que diversos sistemas ficassem conectados a um só. O AIS está conectado não apenas ao ECDIS pelo fato deste ser uma carta eletrônica, mas também no ARPA. Em ambos são mostrados vetores de forma a visualizar o rumo por onde o navio desejado está indo. Todas as embarcações com arqueação bruta de 300 e fazem viagens internacionais devem possuir o AIS. Para navios que fazem viagens nacionais a arqueação bruta necessária é de 500.

Em áreas de grande tráfego de navio como portos e terminais o uso deste sistema é essencial para promover maior segurança à embarcação, pois algumas limitações do radar ARPA são compensadas pelo AIS. O sistema possui inúmeras vantagens, tais como detectar a presença de todos os navios ao redor de um navio mesmo que este esteja fora do alcance do radar ARPA, identificar obstáculos fixos como plataformas de petróleo e navios afundados, identificar o movimento reduzido de pequenas embarcações cujo são difíceis de tomar uma rápida ação evasiva como as embarcações pesqueiras.

Figura 5: Diferença entre o radar o e AIS.



Fonte: AIS for ships in the future, Swedish Maritime Administration.

2.7. VTS

O Vessel Traffic Services é composto por uma base costeira capaz de informar navios através de mensagem sobre o tráfego dentro de um porto, isto é, caso esteja intenso ou mencionar sobre condições meteorológicas.

Os navios devem permanecer numa frequência de forma que, em uma necessidade, comunicar-se com o operador do VTS, pois este dará informações e conselhos pertinentes à navegação em águas restritas. A base costeira é responsável por estabelecer uma comunicação quando existir um volume intenso no tráfego ou quando existir riscos que justifica a comunicação terra-navio. Além disso, o comandante deve ter controle sobre sua embarcação, ou seja, caso o navio esteja navegando com o piloto automático, este recurso deverá ser desligado o mais rápido possível.

O VTS é um importante recurso apropriado para a aproximação de portos ou canais estreitos onde a navegação é feita com cautela devido aos riscos que estes lugares oferecem e que em caso de acidentes poderia causar transtornos inimagináveis. Seu uso é obrigatório apenas em áreas costeiras.

4 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS CARTAS ELETRÔNICAS

As cartas eletrônicas, quando usadas corretamente, oferecem vantagens substanciais sobre as variedades de cartas de papel, tais como plotagem contínua da posição do navio, advertências sobre os perigos à navegação na vizinhança, possibilidade de aproximação da imagem, mostrando melhor os detalhes da área em que se navega, etc. mantendo assim, a segurança da navegação melhorada. Um grande bônus é a facilidade de correção em relação ao processo de trabalho intensivo manual necessário das cartas de papel pelo navegador. As cartas eletrônicas raster (RNCs) são um complemento às cartas eletrônicas vetoriais (ENCs) por terem total cobertura mundial e assim poderem ser uma opção quando a área navegada não é coberta pelas cartas eletrônicas vetoriais (ENCs). Esta vantagem deve-se à dispendiosa e demorada elaboração de cartas vetoriais (ENCs) e de estas ainda não terem uma cobertura global completa. Quando se navega a partir de cartas eletrônicas, é obrigatório que o navio possua um tipo de *backup*, seja através de outro ECDIS independente ou de um conjunto das cartas náuticas oficiais equivalentes em papel.

Então, por que há certa apreensão sobre o processo agora obrigatório, que vai ver a frota mundial equipada com ECDIS? O que há a temer neste desenvolvimento tecnológico extremamente positivo? Há ainda algumas preocupações sobre a adoção de sistemas de carta eletrônica. Nada é novo, mas como muitos desenvolvimentos que entusiasma os fabricantes que produzem os novos equipamentos, a tradução do princípio à prática e a transição do papel para o eletrônico, que representa uma grande mudança e que tem implicações importantes para os procedimentos de passagem, são razões para que se fique ainda temeroso quanto à adoção do novo sistema. Há quem ache que a era do computador em que vivemos desperta uma mentalidade que considera um ECDIS como apenas mais uma máquina que proporciona lucros para os fabricantes, quando, na verdade ele é, para um navegador, uma “mudança de rumo” importante. Essa mentalidade se dá, muitas vezes, devido ao treinamento apenas informal e insuficiente sobre o equipamento eletrônico a ser usado, o que causa um uso limitado e, às vezes, incorreto do novo implemento. Também foi percebido que, durante o estágio de desenvolvimento do ECDIS e suas normas de funcionamento, foi dada ênfase insuficiente para a necessidade de desenvolver uma apresentação comum com símbolos e controles padronizados. Pode não haver grande surpresa nisso – aparelhos de radar e a maioria dos equipamentos de navegação estão sujeitos aos mesmos problemas – mas a mudança de

um radar para outro é muito menos complexa do que a mudança das cartas de papel para as cartas eletrônicas. Assim, a formação do operador se torna uma questão muito mais séria. Um modelo padronizado, que apresente ao navegador os princípios do ECDIS, é absolutamente essencial como um precursor para o tipo de formação que irá garantir que o navegador seja capaz de operar o equipamento instalado no navio no qual ele ou ela irá navegar. E é o desenvolvimento desta formação, ainda, objeto de debate, num momento em que o equipamento já está sendo montado nos navios novos e adaptado nos outros. Para padronizar a formação dos navegadores que irão operar o ECDIS, a IMO desenvolveu uma publicação que deverá ser usada como referência para os cursos de operadores de ECDIS. Ela é chamada de *Model Course 1.27 (The Operational Use of Electronic Chart Display and Information Systems - ECDIS)*. Nessa publicação estão os requerimentos técnicos, de competência e os padrões de performance exigidos para a formação do operador.



Figura 2 - Centro de treinamento para operação de ECDIS.

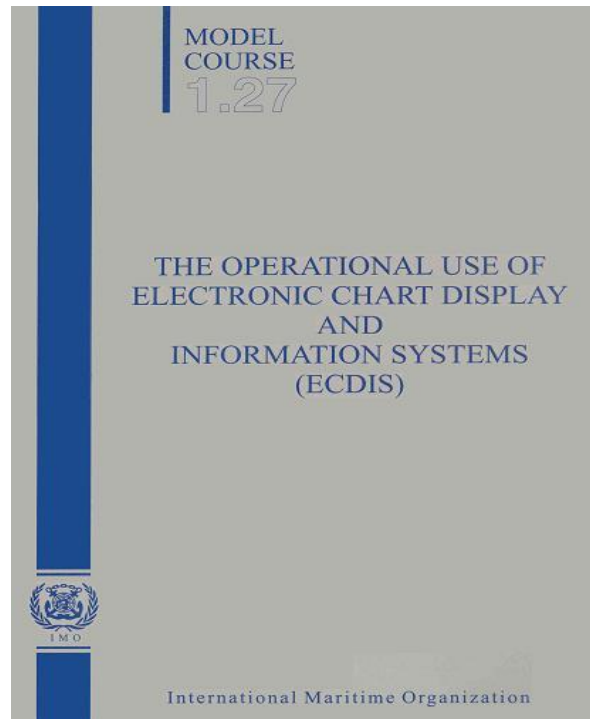


Figura 3 - Publicação IMO *Model Course 1.27*

Uma questão que poderá vir a ser um complicador para as empresas de navegação certamente diz respeito à movimentação dos oficiais de náutica em uma frota, especialmente se diferentes tipos de equipamento ECDIS estiverem instalados em seus navios. Os oficiais serão obrigados a passar por períodos de familiarização quando mudarem de navios, tornando as movimentações menos flexíveis do ponto de vista do departamento de pessoal. A adoção obrigatória do ECDIS certamente será acompanhada por uma boa dose de rápido desenvolvimento e aperfeiçoamento de equipamentos, fazendo com que uma atualização regular e cursos de reciclagem sejam necessários.

5 DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DO ECDIS

Electronic Chart Display and Information System – Sistema de Informações e Apresentação de Cartas Eletrônicas (ECDIS): é um sistema de informação de navegação por computador que obedece aos regulamentos da Organização Marítima Internacional (IMO) que, com um sistema apropriado de *backup*, pode ser utilizado no lugar de cartas de navegação tradicionais em papel. O sistema exibe informação através de Cartas de Navegação Eletrônicas (em inglês, ENC – *Electronic Navigational Charts*) e integra informação de posição, através do Sistema de Navegação Global por Satélite (GNSS) e outros sensores de navegação como o radar e sistemas de identificação automáticos (AIS). Também pode exibir informação de rotas de navegação. O sistema gera alarmes sonoros e/ou visuais quando o navio está na proximidade de perigos à navegação. A função principal de um ECDIS é contribuir para a navegação segura, o que já era exigido com as cartas de navegação convencionais (em papel).

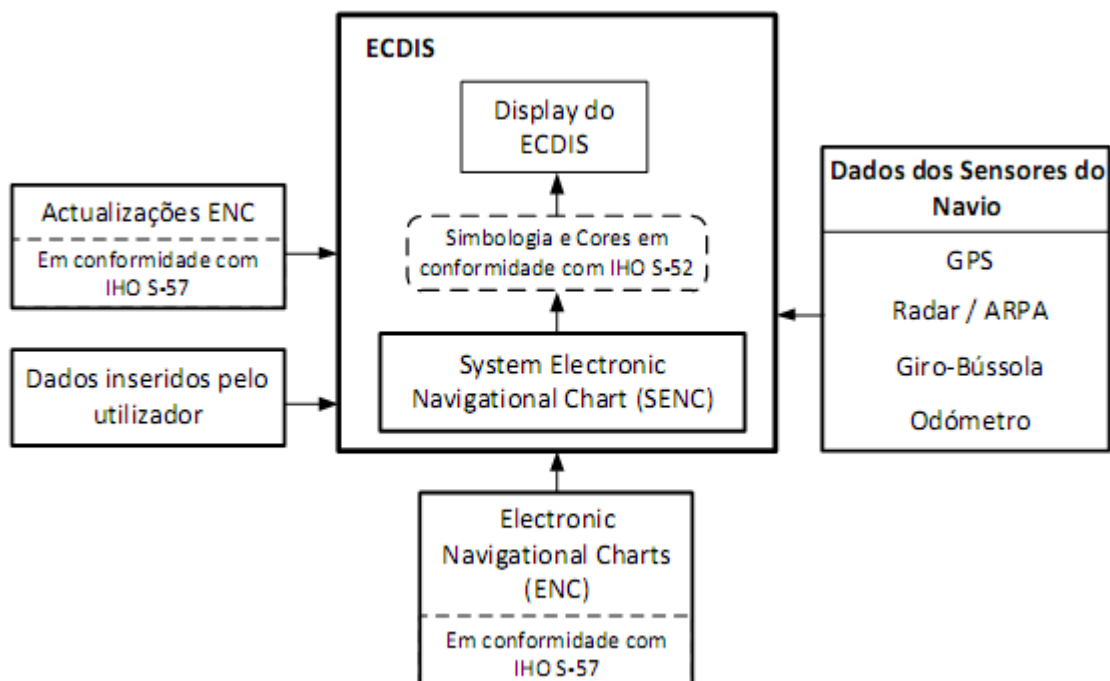


Figura 4 - Diagrama de blocos de um ECDIS



Figura 5 - *Electronic Chart Display Information System (ECDIS)*

5.1 Tipos de Cartas Eletrônicas

Existem dois formatos básicos de cartas eletrônicas: Raster e Vetorial. Cada formato utiliza um método diferente de digitalização da carta náutica original impressa.

5.1.1 Carta Eletrônica Raster (RNC)

Quando uma carta náutica de papel é convertida em uma carta eletrônica baseada no sistema Raster, essencialmente, é feita uma fotografia eletrônica da carta de papel. Ao invés de se digitalizar a carta impressa, o computador converte o arquivo de informações da carta em uma imagem *bitmap* (BMP). Isso converte a carta em uma série de pontos coloridos (*dots*). A quantidade de pontos por polegadas (*dots per inch*, ou DPI) dita a qualidade da carta. Normalmente, os Serviços de Hidrografia digitalizam as cartas em alta resolução (750 – 1300), enquanto as companhias privadas digitalizam com cerca de 100 – 250 (dpi) a fim de facilitar a visualização nas telas dos computadores. No início das cartas eletrônicas, as cartas Raster eram a forma mais fácil e barata. No entanto, elas possuem uma desvantagem comum à

maioria das imagens escaneadas: ocupam muito espaço no disco rígido e demoram a ser carregadas na tela do computador. Uma característica também negativa das cartas Raster é percebida face ao uso de “cartas em retalhos”. O retalhamento é o processo de misturarmos eletronicamente cartas diversas. A fim de emendá-las, os fabricantes das cartas eletrônicas trazem-nas para uma escala comum geralmente aumentando a escala da carta de menor escala e, portanto, menos precisa, para aquela de maior escala (mais precisa). O único indício visual para o navegador é a mudança no tamanho das fontes (os nomes e sondagens derivados de uma carta de menor escala aparecerão aumentados quando comparado com aqueles das cartas de escala maior).

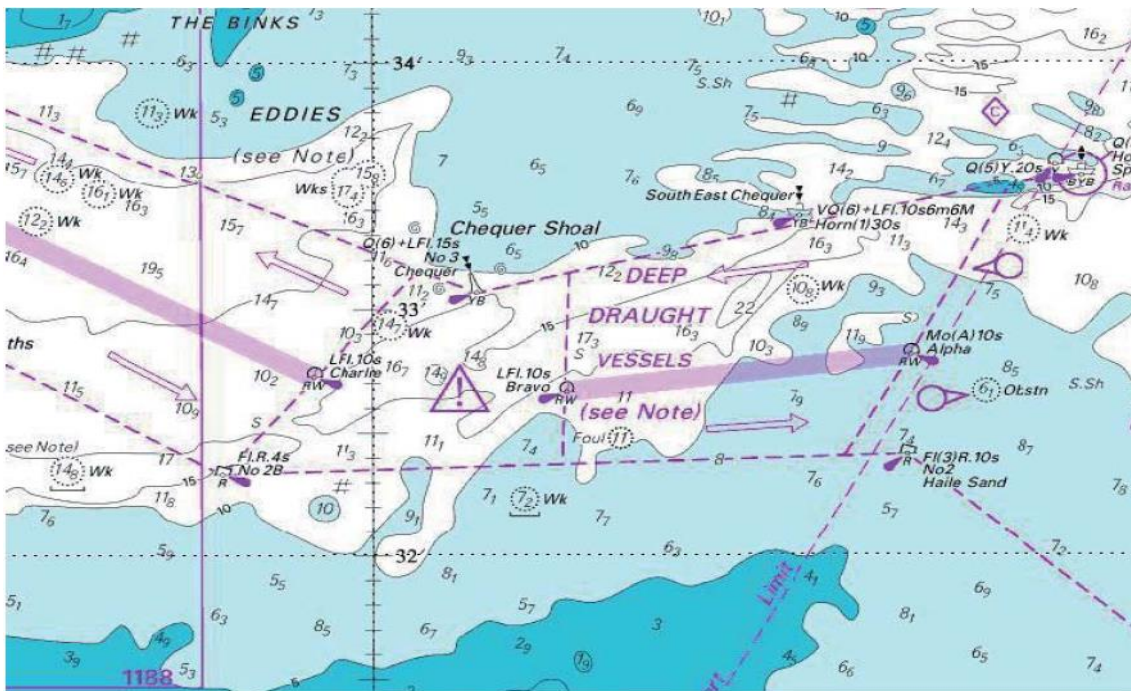


Figura 6 - Carta Raster

Na figura vê-se a representação de uma carta raster, que é uma transcrição digitalizada de uma carta impressa. Nesta carta pode-se ver a representação de um esquema de separação de tráfego marítimo, a respectiva balizagem e pontos de controle rádio.

As cartas raster devem ser utilizadas apenas quando não há cartas ENC de uma determinada área, pois sendo cópias digitalizadas não fornecem todas as funções das cartas ENC, tais como os alarmes de segurança, entre outros.

O operador do sistema ECDIS, além de conhecer os diferentes tipos de cartas utilizadas no sistema, também terá de estar familiarizado com as mais variadas simbologias apresentadas nas cartas ENC, pois são de elevada importância no planejamento de uma derrota segura. Nas figuras abaixo é apresentado um guia rápido de representação de símbolos.



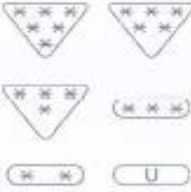






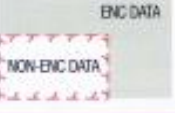
ENC Symbol	Explanation	Additional Information	5011 Ref
	Generic isolated danger symbol – with less depth than user-selected safety contour or where the depth is unknown	Wreck, rock or obstruction	K
	Sounding of low accuracy	Equates to sounding of doubtful depth in 5011	I2
	6 stars A1 All significant seafloor features detected; very high accuracy survey 5 stars A2 All significant seafloor features detected; high accuracy survey 4 stars B Uncharted features dangerous to navigation are not expected but may exist; medium accuracy survey 3 stars C Depth anomalies may be expected; low accuracy survey or passage soundings 2 stars D Large depth anomalies may be expected; poor quality data U Quality of bathymetry yet to be assessed		
	Caution area where a specific caution note applies	Refer to cursor enquiry for more information. Refer to ECDIS Chart 1 for more examples	N64
	Dredged area deeper than safety contour Darker blue indicates water shallower than safety contour	Refer to cursor enquiry for more information	
	Vertical lines indicate areas of charted data at significantly smaller scale than main display	Zoom out until vertical lines disappear to view at scale appropriate to data	
	Indicates boundary between IALA A and B buoyage systems	See NP735	
	Isolated query indicates insufficient information to symbolise the feature. Query associated with symbol indicates absence of a mandatory attribute, such as beacon shape, direction or orientation.	Query may appear alone at a point, on a line or in a defined area. Further information may be obtained from cursor enquiry of the query	Q80
	Virtual aid to navigation with no physical structure	ECDIS / ENC based symbol	
	Limit between area of unofficial vector data and official ENC data, marked by orange pecked line – pecks angled towards unofficial vector data	May be shown the other way around an older ECDIS. Within areas of non-ENC data, an alternative, official chart must be used for navigation	

Figura 7 - Representação gráfica de símbolos de cartas ENC (Bóias do sistema tradicional / simplificado)

ENC Symbol	Explanation	Additional Information	5011 Ref	
	Indicates that an additional information note is available	Additional information can be viewed by cursor enquiry under the Information (INFORM) or Textual Description (TXTDSC) fields		
	Non-tidal current direction		H42	
	Spring tide – Ebb Flood		H41	
	Light vessel/lightfloat		P6	
	Daymarks		Q82	
	New Object – Point New Object – Line New Object – Area	New type of feature not yet known to ECDIS – further information available by cursor enquiry		
Symbol setting on ECDIS				
Simplified	Traditional	Buoy – Sloping Beacon – Upright		
		Spar or pillar lateral beacons – red/green	IALA Maritime Buoyage System. Refer to NP 735	Q130
		Buoys – lateral – conical – red/green, according to applicable IALA system	IALA Maritime Buoyage System. Refer to NP 735	Q130.1
		Lateral can buoys – red/green	IALA Maritime Buoyage System. Refer to NP 735	Q130.1
		Cardinal marks north/east/south/west	IALA Maritime Buoyage System. Refer to NP 735	Q130.3
		Isolated danger marks	IALA Maritime Buoyage System. Refer to NP 735	Q130.4
		Safe water buoy	IALA Maritime Buoyage System. Refer to NP 735	Q130.5
		Spar or Pillar – special marks	Shape/topmarks are optional – colour yellow	Q130.6
		Special purpose buoys eg TSS lane markers	Shape/topmarks optional – colour yellow	Q130.6
		Buoy – mooring	Derived from Chart 5011	Q40

Figura 8 - Representação gráfica de símbolos de cartas ENC (Bóias do sistema tradicional / simplificado)

Para obtenção das cartas eletrônicas, a Organização Hidrográfica Internacional (IHO) fornece um catálogo interativo na internet, onde apresenta a disponibilidade das cartas eletrônicas em todo o mundo.

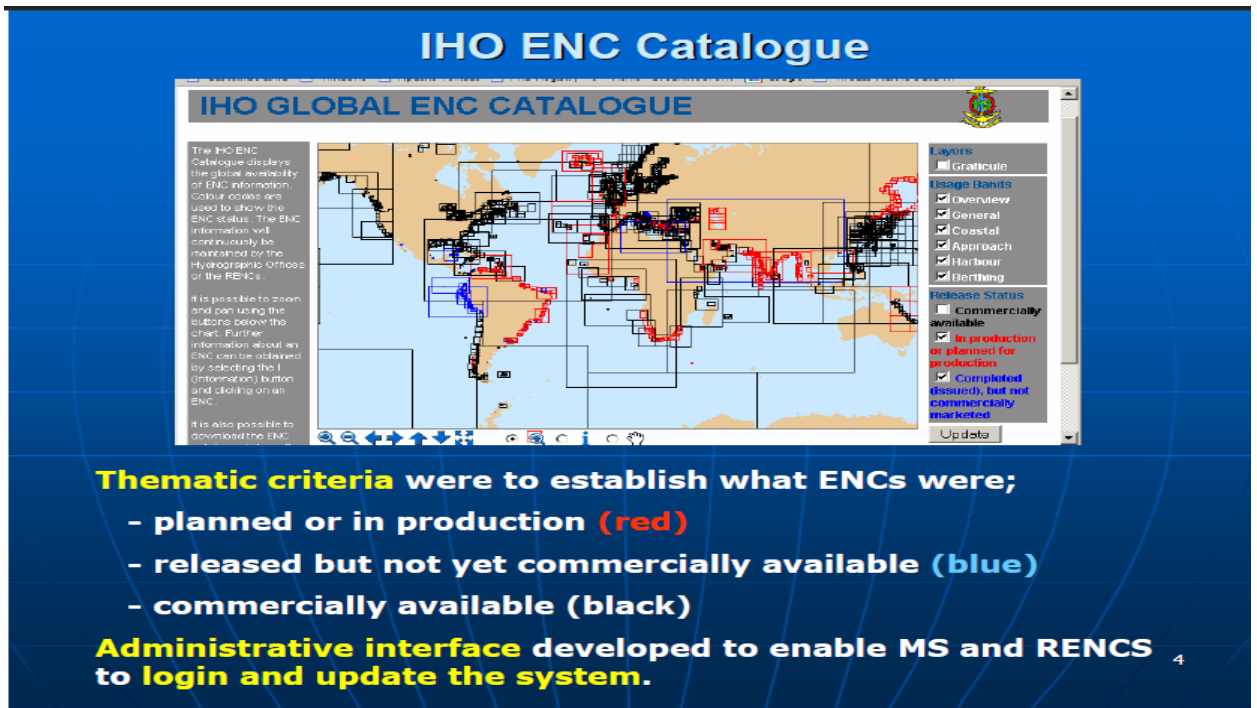


Figura 9 - Catálogo eletrônico do IHO

De acordo com a figura da IHO para aquisição de cartas ENC, é necessário consultar o catálogo eletrônico que nos fornece as respectivas áreas cobertas por ENC. As áreas são representadas por três cores diferentes: vermelho, azul e preto.

Vermelho: Cartas em construção

Azul: Cartas construídas mas não disponíveis no mercado

Preto: Cartas disponíveis no mercado

No Brasil as cartas ENC são fornecidos pelo website da DHN.

5.1.1.1 Vantagens das Cartas Eletrônicas Raster

- Familiaridade do operador, por utilizar os mesmos símbolos e cores das cartas náuticas em papel
- Cópias exatas das cartas em papel, preservando assim a sua integridade;
- As informações não podem ser omitidas visualmente pelo utilizador;
- Custo de produção inferior em relação à versão vetorial da carta;
- Oferta mais alargada de cartas; e
- Utilizando sobreposição de dados vetoriais com o *software* apropriado, as cartas raster podem ser utilizadas para realizar todas as operações normais feitas com as cartas de papel.

5.1.1.2 Desvantagens das Cartas Eletrônicas Raster

- Impossibilidade de definir melhor os dados apresentados na tela;
- Necessidade de uma base de dados adicional com um referencial comum para poderem ser analisadas;
- Não podem providenciar alertas diretamente;
- Necessitam de uma maior capacidade de armazenamento em relação às cartas vetoriais; e
- As cartas eletrônicas raster não permitem a separação das informações na tela.



Figura 10 – Cartas náuticas Raster (Visões noturna, crepuscular e diurna)

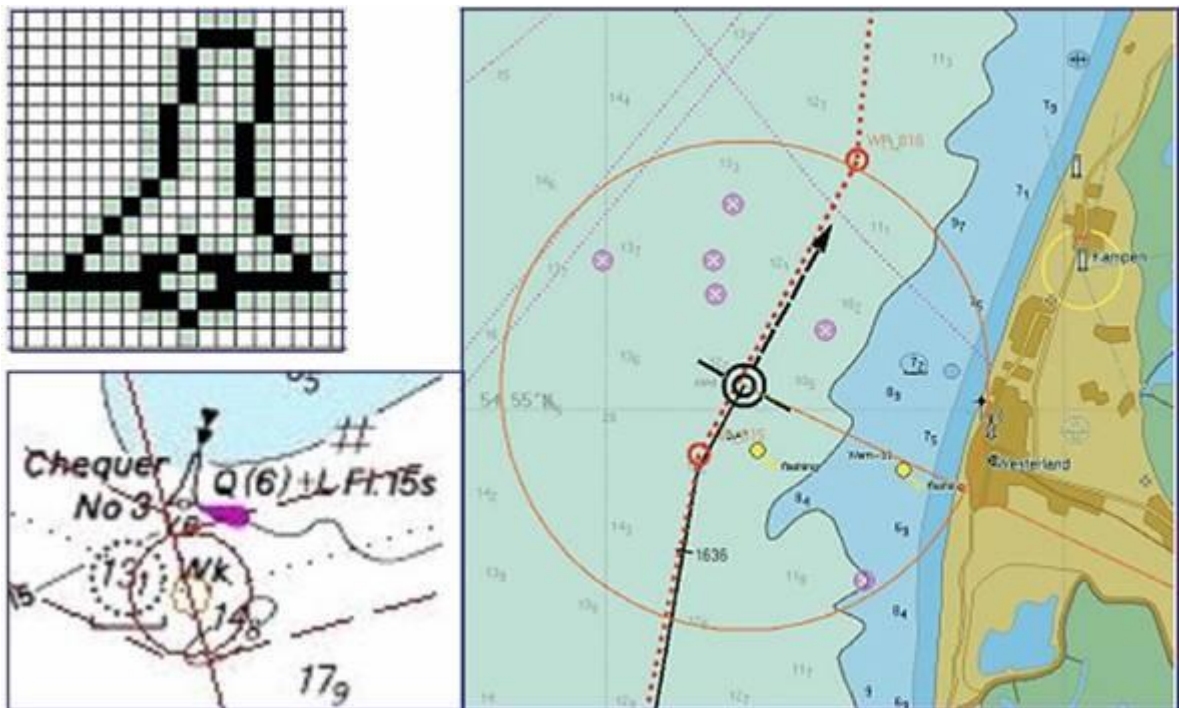


Figura 11 - Carta eletrônica Raster



Figura 12 - Carta Náutica Raster

5.1.2 Carta Eletrônica Vetorial (ENC)

As cartas eletrônicas vetoriais são geradas a partir de uma carta impressa digitalizada ou da transferência das informações da carta impressa para uma forma tabular. A grade de Latitude/Longitude é amarrada à carta e ela é então sistematicamente transferida para o computador. Todos os dados como contornos de massas terrestres, sondagens individuais, características específicas, etc. são convertidas para uma massa de pontos que são armazenados em arquivos eletrônicos em função da sua posição com um arquivo anexado que descreve as características representadas por aquele ponto. Quando o computador mostra a carta, ele coloca todos os pontos sobre a tela do mostrador. As camadas são construídas a partir de diversos elementos: primeiro é definido o contorno da linha costeira, depois as linhas de mesma profundidade, seguidas por pontos de sondagem e, por último, as bóias. Com isso, pode-se afirmar que as informações contidas nas cartas eletrônicas vetoriais são organizadas em camadas, permitindo seleção, análise e apresentação de elementos de forma customizada ou automática, havendo interação do navio com cada um de seus elementos. Além disso, as cartas vetoriais, por serem baseadas em banco de dados, não possuem limites definidos e tem a capacidade de incorporar informações de diversas fontes (Roteiros, Lista de faróis, Tábuas das Marés, Avisos aos Navegantes, Boletim Meteorológico, etc). Assim, a maioria das informações pode ser ocultada ou exibida em função do interesse do navegador. Diante disso, pode-se determinar que as cartas eletrônicas vetoriais são mais versáteis que as cartas eletrônicas raster, contudo, exigem maior atenção do navegador. As cartas eletrônicas vetoriais oficiais, produzidas pelos Serviços Hidrográficos e construídas segundo as especificações definidas pelas Normas S-57 e S-52 da IHO, recebem o nome de Carta Náutica Eletrônica (ENC). As posições nas ENC referem-se ao Sistema Geodésico Mundial adotado em 1984 (*World Geodetic System - WGS 84*).

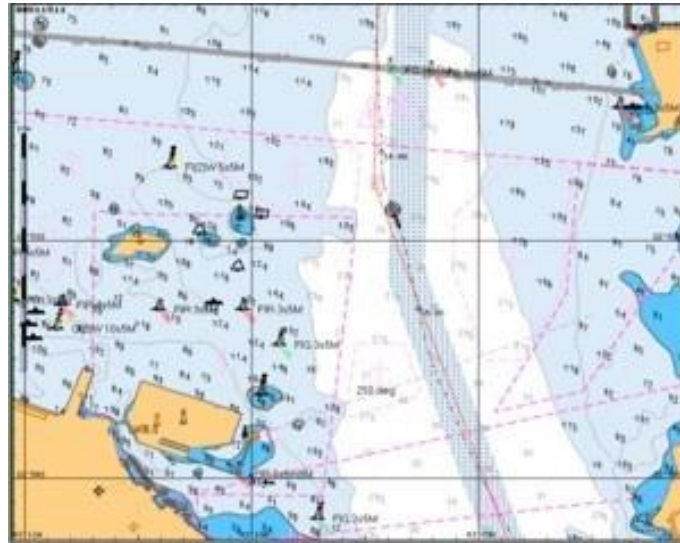


Figura 13 - Carta eletrônica vetorial construída segundo as especificações definidas pelas Normas S-57 e S-52 da IHO



Figura 14 - Carta vetorial

Na figura vê-se a representação de uma carta vetorial gráfica simplificada de acordo com os sinais representados. Ao centro do navio, representado por duas circunferências concêntricas, a seta indica o rumo do navio e a ré o pastrack, ou seja, o caminho já percorrido. As linhas vermelhas pontilhadas representam o rumo ou a pernada entre os *waypoints*, representados pelos pequenos círculos vermelhos. A circunferência maior representa uma delimitação da distância com a costa (*Variable Range Marker*). Também se pode ver a linha de marcação da costa à boreste.

5.1.2.1 Vantagens da Carta Eletrônica Vetorial

Numerosas características tornam a tecnologia vetorial notavelmente atrativa:

- Toda a informação contida em uma carta eletrônica vetorial pode ser armazenada em arquivos muito menores. Isso não somente ocupa muito menos memória, como também reduz o tempo que leva para conduzir qualquer operação de computação;
- Os dados podem ser armazenados em *layers* (camadas), isto é, todas as informações de massas terrestres em uma camada e as sondagens em outra. Isso pode ser comandado (colocando/tirando) pelo operador, possibilitando que somente a informação crítica seja mostrada, limpando a tela;
- A qualquer momento em que a escala do mostrador seja modificada (*zoom in/zoom out*), todas as informações e números podem ser mantidos no mesmo tamanho, o que não acontece em uma carta eletrônica raster;
- As cartas eletrônicas raster parecem distorcidas e pixeladas quando em aplicação extrema; e
- Um CD com cartas eletrônicas vetoriais pode conter até dez mil diferentes cartas

5.1.2.2 Desvantagens da Carta Eletrônica Vetorial

- Elas são tecnicamente mais complexas que as cartas eletrônicas raster;
- Sua produção é mais cara e prolongada;
- A cobertura mundial dificilmente será atingida;
- Mais difícil garantir a qualidade e integridade dos dados vetoriais; e
- A formação dos operadores das cartas vetoriais é mais demorada e dispendiosa em relação às cartas raster

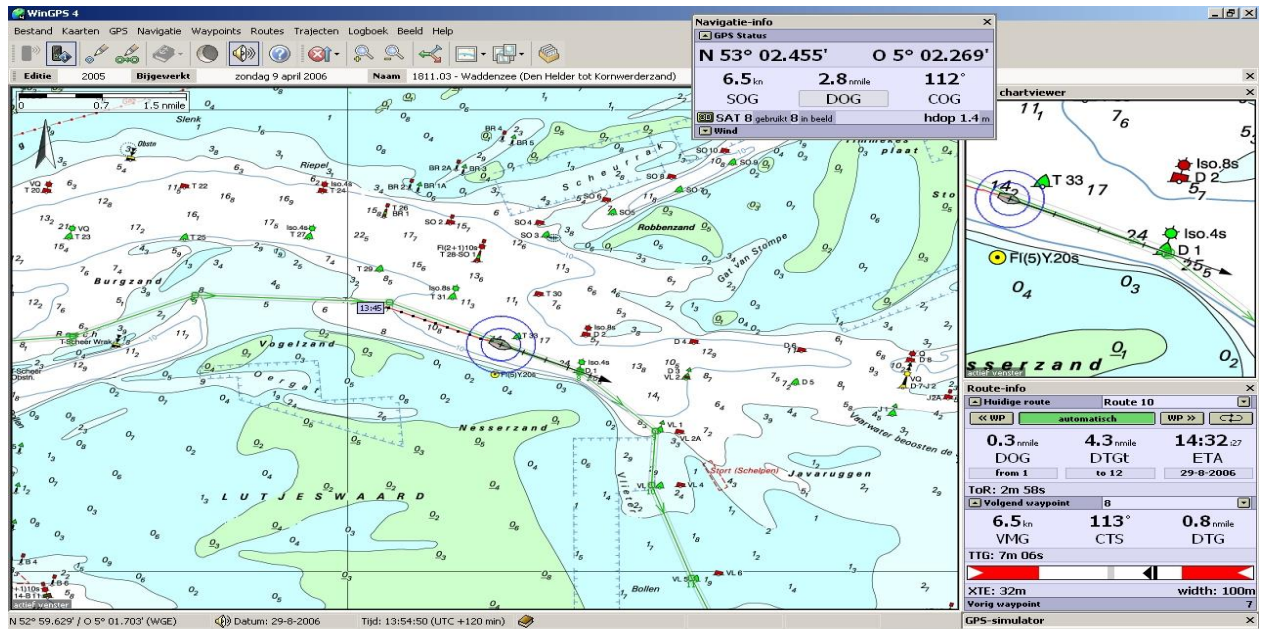


Figura 15 - Carta eletrônica vetorial. Detalhe para o zoom destacado ao lado da tela.



Figura 16 - Carta eletrônica vetorial em diferentes graus de detalhes

37.1 O SISTEMA NAVSTAR GPS. DESCRIÇÃO, PRINCÍPIO BÁSICO DE FUNCIONAMENTO E OPERAÇÃO DO SISTEMA

A meta do navegante consistia em dispor de um sistema capaz de fornecer com precisão sua posição, a qualquer hora, em qualquer lugar da Terra e sob quaisquer condições meteorológicas. O sistema TRANSIT, ou NAVSAT, apresentado no Apêndice a este Capítulo, constituiu, de fato, a primeira aproximação deste ideal. 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 freqüentes. Ademais, sendo o sistema baseado em medidas do desvio Doppler de freqüências relativamente baixas, estava sujeito a problemas de propagação e até mesmo pequenos movimentos do receptor podiam causar erros significativos na posição determinada.

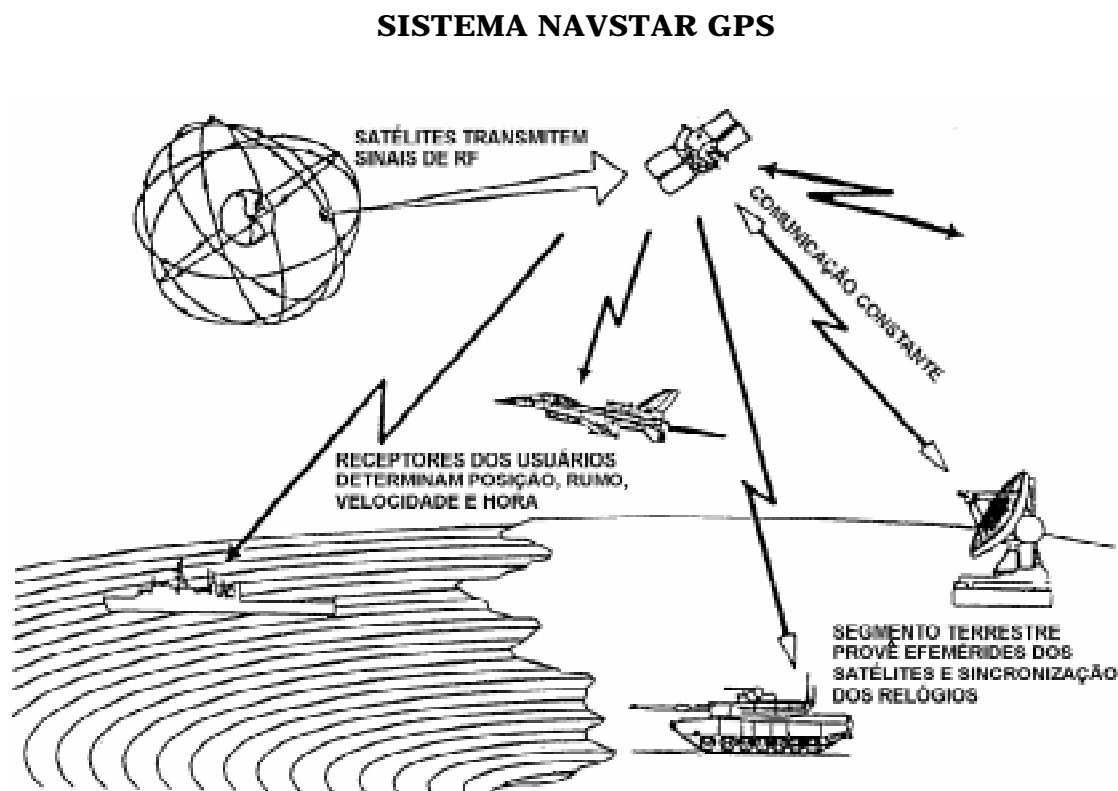
No início dos anos 70, a necessidade de um sistema de navegação por satélites de alta precisão, com cobertura mundial, que fosse disponível a qualquer momento, sob quaisquer condições meteorológicas, tornou-se premente no âmbito das forças armadas dos Estados Unidos. Além disso, uma capacidade de posicionamento 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 precisão até sistemas anti-colisão de navios e aeronaves.

Em abril de 1973, o Departamento de Defesa dos Estados Unidos iniciou formalmente o programa de desenvolvimento de um sistema de navegação por satélites de segunda geração, denominado Sistema Global de Posicionamento NAVSTAR, ou 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. O desenvolvimento do GPS tornou-se um empreendimento de grande porte, significando um investimento de mais de 12 bilhões de dólares.

O Sistema de Posicionamento Global por Satélites NAVSTAR GPS (“NAVIGATION SYSTEM BY TIME AND RANGING – GLOBAL POSITIONING SYSTEM”), ou, abreviadamente, GPS, como já é conhecido pelos navegantes, 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 (figura 37.1), proporcionando, simultânea e continuamente, dados de posicionamento tridimensional (Latitude, Longitude e altitude), rumo, velocidade e tempo (hora), com alta precisão.

Figura 37.1 - Componentes do Sistema NAVSTAR GPS

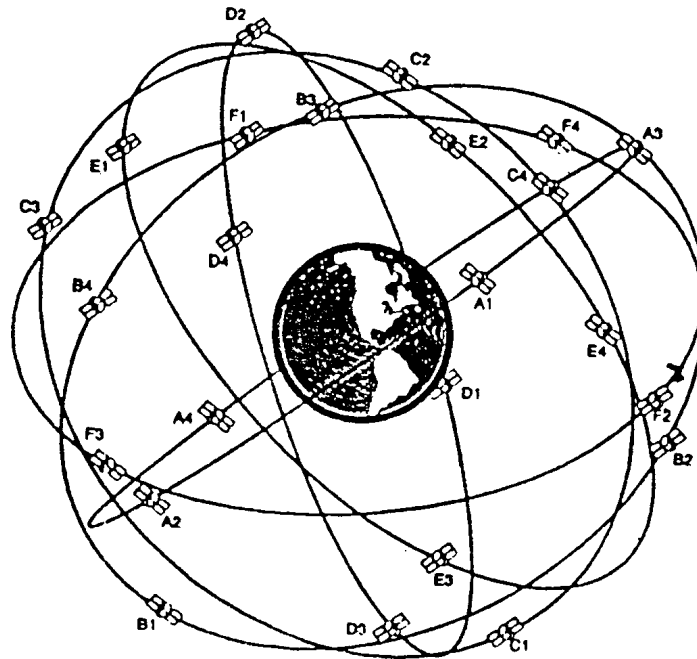


No que se refere ao segmento espacial, após o exame de várias possíveis configurações, optou-se por um sistema baseado em uma constelação de 24 satélites, em órbitas de grande altitude ao redor da Terra. Os 24 satélites GPS (figura 37.2) estão distribuídos em 6 planos orbitais (com 4 satélites em cada um), designados, respectivamente, A, B, C, D, E e

F. Esses planos orbitais têm uma inclinação de 55° 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. Entre os 24 satélites, 21 são ativos e 3 reservas, prontos para entrarem em operação.

Figura 37.2 - Constelação de Satélites GPS

SEGMENTO ESPACIAL DO GPS



O segmento espacial do GPS foi projetado para garantir, com uma probabilidade de 95%, que pelo menos 4 satélites estejam sempre acima do horizonte (com uma altura maior que a elevação mínima de 5° 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 de órbita baixa, como os utilizados no sistema TRANSIT.

Os satélites usados no programa NAVSTAR GPS são de porte significativo, conforme pode ser visto no desenho esquemático da figura 37.3, pesando 863 kg (cerca de 1900 libras) em órbita. Os satélites são, na realidade, plataformas multipropósito, utilizadas para uma série de outros projetos militares além do GPS, tal como a detecção e localização de explosões nucleares. Os modelos preliminares (BLOCK 1), denominados satélites de desenvolvimento, começaram a ser lançados em fevereiro de 1978. Os lançamentos iniciais foram efetuados pelo ônibus espacial ("Space Shuttle") da NASA. Em fevereiro de 1989 foi lançado o primeiro satélite BLOCK 2, ou satélite de produção, três anos após o trágico desastre com o ônibus espacial "Challenger" (28/01/86). Os satélites BLOCK 2 são lançados por foguetes Delta II (figura 37.3a), desenvolvidos especialmente para este fim. O uso do BLOCK 2 significou não apenas um novo modelo de satélite, mas também inaugurou um novo veículo de lançamento, um novo sistema de comando e controle e uma nova instalação terrestre de controle, em Colorado Springs, EUA, tudo dentro de uma nova estrutura administrativa para o NAVSTAR GPS.

A energia elétrica para os satélites GPS é fornecida por grandes painéis solares, 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.

As órbitas bastante elevadas utilizadas no GPS (@ 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.

Todos os satélites NAVSTAR GPS transmitem nas mesmas frequências (duas frequências na faixa de UHF, centradas em 1575,42 MHz e 1227,60 MHz, designadas, respectivamente, frequências L1 e L2), mas o sinal de cada satélite é transmitido com uma modulação diferente, sob a forma de código, que permite 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.

O uso de duas frequências, ambas múltiplas de uma frequência fundamental (10,23 MHz), permite que quaisquer perturbações na propagação, tais como os efeitos da refração introduzidos pela ionosfera, possam ser determinadas.

O CÓDIGO DE PRECISÃO e, conseqüentemente, o PPS, são acessíveis apenas para os usuários militares norte-americanos e os aliados da OTAN, além de outras agências governamentais dos EUA. O CÓDIGO C/A e o SPS são acessíveis para os demais usuários. 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. Esta é a maior razão para a introdução da Degradação Intencional, ou Disponibilidade Seletiva (SA – “SELECTIVE AVAILABILITY”), adiante abordada.

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 incluídos na referida transmissão. Em conjunto, estas informações são conhecidas como as “**efemérides do satélite**”.

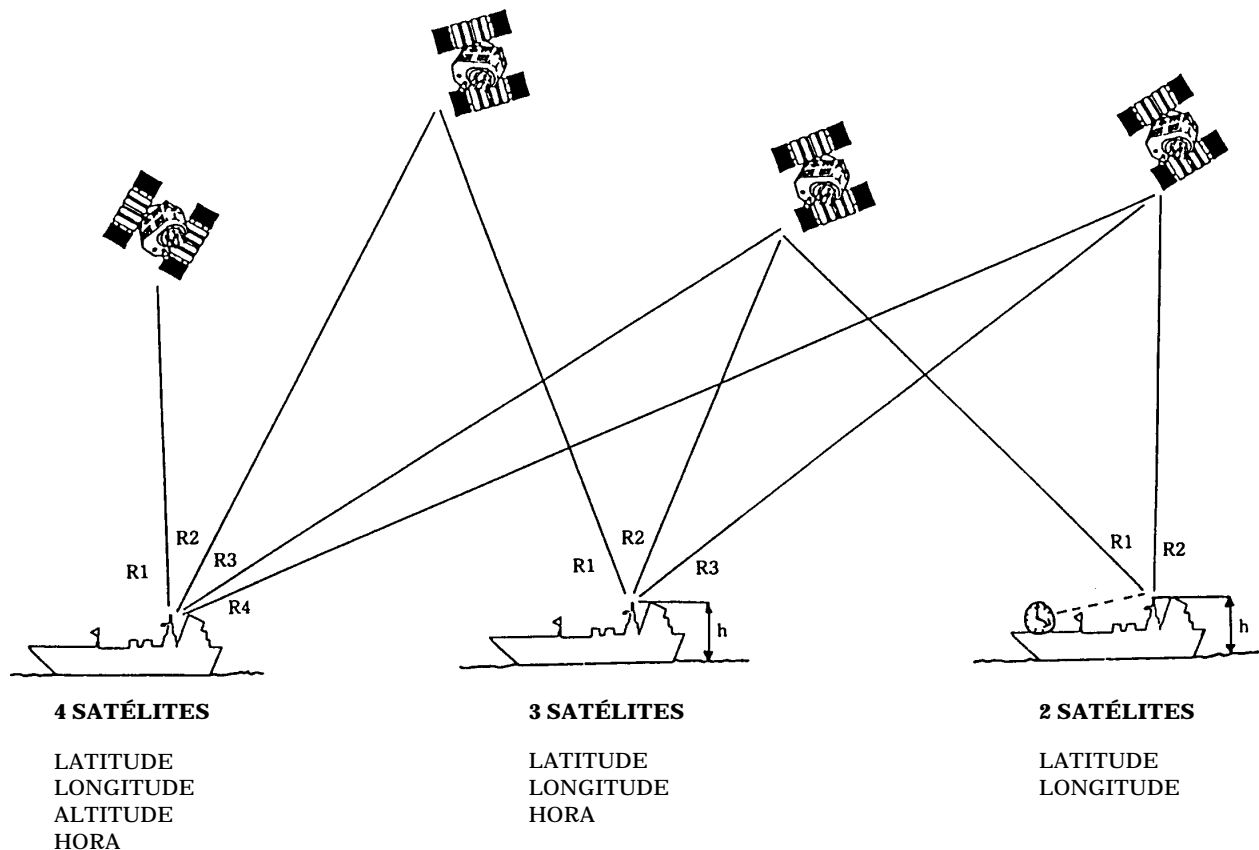
O segmento terrestre (“GROUND/CONTROL SEGMENT”), mostrado na figura 37.5, monitora e controla o sistema, mantém uma base comum de tempo para todos os satélites e provê dados precisos de suas posições no espaço, em qualquer instante.

Figura 37.5 - Segmento de Controle do Sistema GPS



Como nos sistemas de radionavegação baseados em terra (DECCA, LORAN-C, etc.), o GPS requer a obtenção de mais de uma distância para produzir uma posição na superfície da Terra. Se desejarmos 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 precisão, 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 37.6.

Figura 37.6 – Número de Satélites GPS Necessários para Posicionamento

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

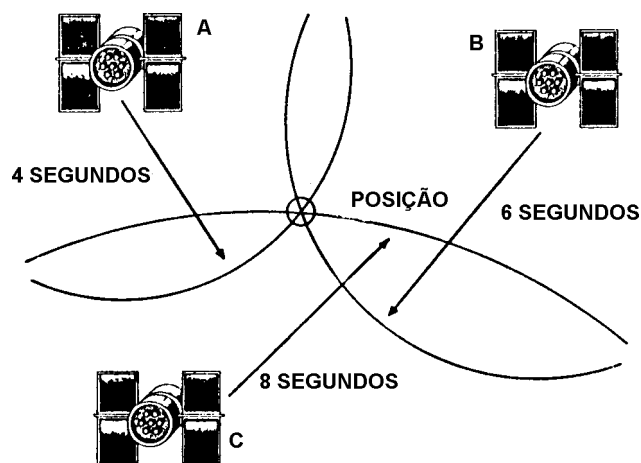
O segmento do usuário é constituído pelos receptores GPS e equipamentos associados, que, basicamente, determinam com precisão a distância do receptor para vários satélites (através da medição dos tempos de trajeto dos sinais transmitidos pelos satélites) e computam a posição do receptor e a hora exata 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 elipsóides e “data” locais.

37.2 DETERMINAÇÃO DA POSIÇÃO GPS

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 precisão. 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 37.7 (em uma aeronave, o receptor GPS teria que medir, ainda, a distância a um quarto satélite, para determinar, também, a altitude).

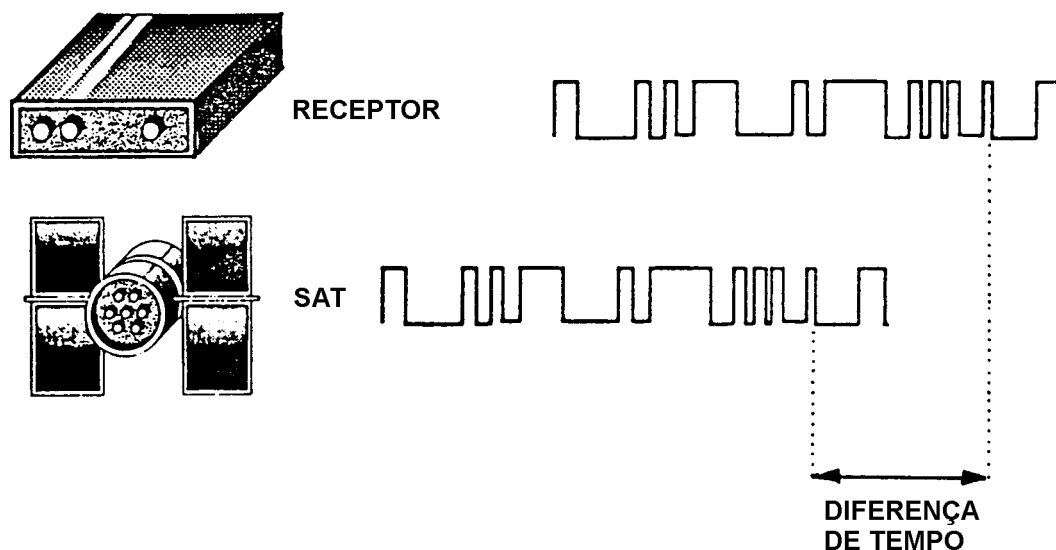
Na figura 37.7, a distância do receptor GPS ao satélite **A** foi determinada com base na medida do intervalo de tempo de 4 segundos entre a transmissão do sinal pelo satélite **A** e sua recepção a bordo. Medindo este tempo e conhecendo a velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas (@ 300.000 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 precisão da ordem de 1 nanossegundo (0,000000001 segundo).

Figura 37.7 - Posição GPS



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 (figura 37.8).

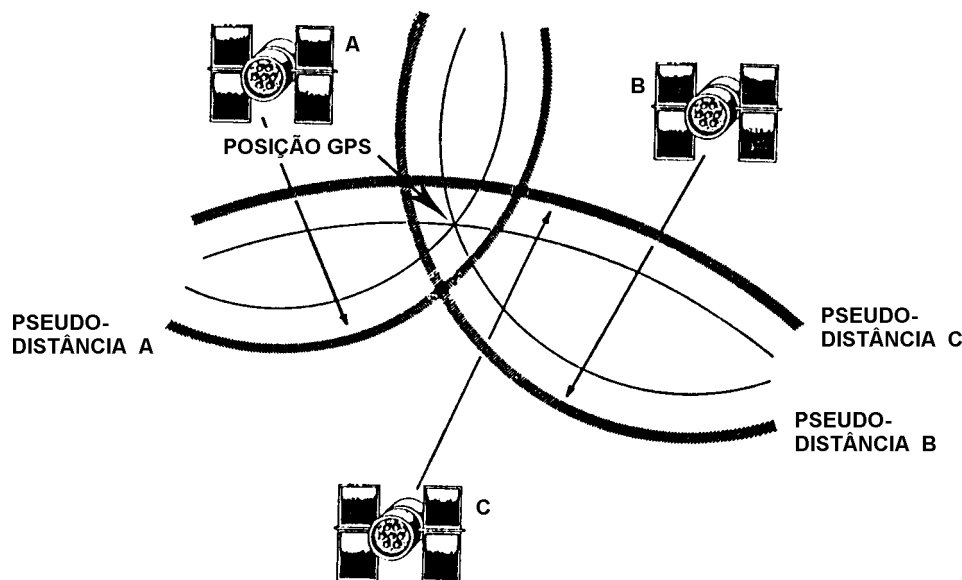
Figura 37.8 - Medida da Diferença de Tempo no Sistema GPS



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 (cerca de US\$ 100,000 só pelo relógio atômico). 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 pseudo-distâncias (“pseudorange”), ou distâncias aparentes, aos satélites.

Inicialmente, as pseudo-distâncias 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 converjam em um único ponto, resolvendo, na realidade, três equações (uma para cada pseudo-distância) 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 (figura 37.9). Como vimos, um quarto satélite será necessário, se a altitude também tiver que ser determinada.

Figura 37.9 - Posição GPS por Pseudo-Distâncias



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” que contém informações atualizadas sobre a órbita do satélite (dados de efemérides), além de outros elementos.

Cada satélite GPS transmite continuamente em duas 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, conseqüentemente, das distâncias entre o receptor e os satélites. As frequências, de 1575,42 MHz e 1227,60 MHz, situam-se na banda L da faixa de UHF, sendo designadas, respectivamente, L1 e L2.

Ambos os sinais são modulados por “mensagens de navegação” de 30 segundos, transmitidas em 50 bps (bits por segundo). Os primeiros 18 segundos contêm os dados de efemérides para o satélite que transmite o sinal, definindo com precisão 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 pseudo-distância 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.

Os sinais L1 e L2 são, também, modulados por duas seqüências binárias adicionais, uma denominada Código C/A (“coarse/acquisition code”), para aquisição e navegação, e outra conhecida como Código P (“precision code”), para medições de precisão, após a aquisição e sincronização do sinal pelo receptor. A portadora L1 é modulada pelo Código C/A e pelo Código P; a portadora L2 apenas pelo Código P (ou Y). O Código P, como vimos, está disponível apenas para usuários autorizados, sendo decifrável somente por receptores que têm acesso às informações criptografadas contidas na mensagem de navegação do satélite.

37.3 PRECISÃO DO SISTEMA GPS

As principais fontes dos erros que afetam o sistema GPS são:

- Disponibilidade seletiva (“selective availability”);
- atrasos inosféricos e atmosféricos;
- erros nos relógios dos satélites GPS; e
- erros dos receptores.

Foi mencionado que o GPS oferece dois serviços de posicionamento. O Serviço de Posicionamento Preciso (PPS – “Precise Positioning Service”), proporcionado, basicamente, apenas às forças armadas dos EUA e de seus aliados da OTAN, e o Serviço Padrão de Posicionamento (SPS – “standard positioning service”), disponível para qualquer usuário, com um nível de precisão degradado. Por razões de segurança nacional, o DoD (“Department of Defense”) degrada a precisão do GPS, pela introdução de erros no relógio dos satélites e na mensagem de navegação. Em caso de emergência nacional, a degradação do nível de precisão pode ser elevada para além de 100 metros. A degradação intencional ou “disponibilidade seletiva” é, de longe, a maior fonte de erro do GPS padrão.

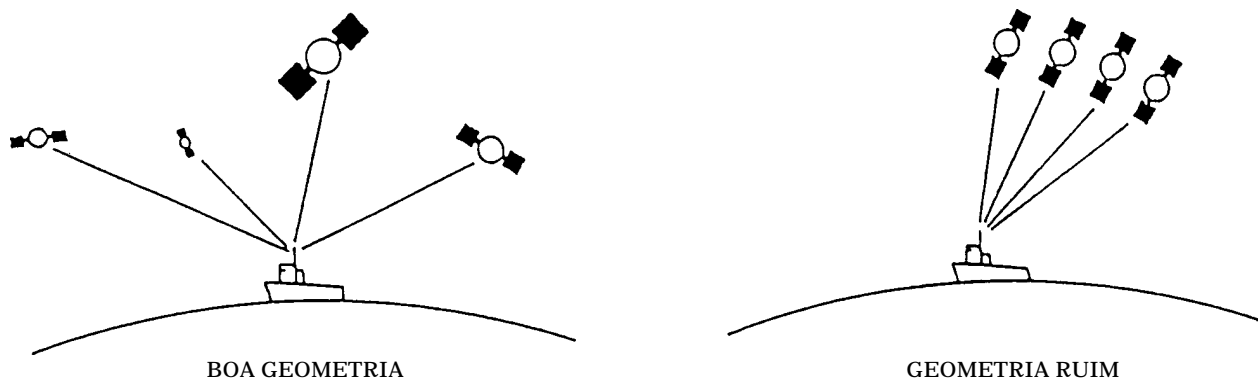
Na passagem pela ionosfera, que é composta de partículas eletricamente carregadas que refratam as ondas de rádio, o sinal do satélite é atrasado. Os receptores GPS mais avançados, capazes de receber as duas frequências emitidas pelos satélites, eliminam a maior parte desse erro. Além disso, a troposfera, 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.

Embora os relógios atômicos dos satélites sejam todos sincronizados, muito precisos e constantemente monitorados, pequenas variações podem ocorrer, causando erros que podem afetar a exatidão do sistema.

Finalmente, existem, ainda, pequenos erros de medida e computação nos receptores GPS.

Ademais, a precisão de uma posição GPS depende, também, da geometria da situação, ou seja, da disposição geométrica dos satélites (figura 37.10). Para obter a posição com o maior rigor possível, o receptor GPS leva em conta um princípio da geometria denominado “Diluição Geométrica da Precisão” (GDOP – “Geometric Dilution of Precision”), que se refere ao fato de que a solução do problema de determinação da posição pode ser melhor ou pior, dependendo dos satélites utilizados nas medidas.

Figura 37.10 – 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 precisão 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 precisão 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).

Ponderados fatores tais como a geometria da posição, os erros de propagação dos sinais e de sincronização dos relógios, pode-se afirmar que o Serviço de Posicionamento Preciso (PPS), acessível somente para usuários militares e outras agências governamentais dos EUA, é considerado como detentor de uma precisão da ordem de 12 a 15 metros (2 drms/95% de probabilidade).

O Serviço Padrão de Posicionamento (SPS), acessível aos demais utilizadores, com todos os erros acima mencionados e mais a Degradação Intencional, ou Disponibilidade Seletiva (SA – “SELECTIVE AVAILABILITY”), introduzida pelo “Department of Defense” dos EUA, apresenta uma precisão de 100 metros (95% de probabilidade).

É necessário, ainda, recordar que o sistema geodésico adotado para referência do GPS é o “World Geodetic System”, 1984 (WGS-84). Assim, para plotar uma posição GPS em uma Carta Náutica construída com base em outro “datum” e outro elipsóide 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”).

Da mesma forma, o GPS fornece resultados de altitude elipsoidal, o que torna obrigatório o uso de uma Carta de Altura Geoidal para a obtenção de altitudes referidas ao geóide (nível médio dos mares). Este problema, entretanto, normalmente não interessa ao navegante.

37.4 RECEPTORES GPS

A necessidade da medida de distâncias a quatro satélites para determinação de uma posição GPS tridimensional (Latitude, Longitude, altitude) causa um grande impacto no projeto dos receptores GPS. Uma regra básica que resulta disso é que, se forem desejadas posições contínuas, de elevada precisão, será necessário dispor de um receptor com, pelo menos, quatro canais. Ou seja, um aparelho que possa devotar um canal para cada um dos quatro satélites GPS sendo simultaneamente observados.

Muitas aplicações, entretanto, não requerem este grau de precisão. Nestes casos, um receptor monocanal mais econômico pode ser suficiente. Um receptor monocanal terá que executar as medidas de distâncias para os quatro diferentes satélites seqüencialmente, uma de cada vez, antes de poder calcular a posição. A operação total dura entre 2 e 30 segundos, o que, para a maioria das aplicações da navegação, representa uma rapidez suficiente. Contudo, infelizmente, este tipo de receptor não realiza um bom trabalho de monitoramento da velocidade, deixando de aproveitar de forma completa uma característica única do sistema GPS: a medição precisa de velocidades. Além disso, o movimento do receptor durante o ciclo de medidas de distâncias pode afetar a precisão da posição determinada. Outra desvantagem do receptor monocanal apresenta-se quando os satélites transmitem suas “mensagens de navegação”, ou “mensagens de dados do sistema”. Estas mensagens duram 30 segundos e, durante sua leitura, as medições e cálculos de posição são interrompidos. Assim, sempre que o equipamento adquire um novo satélite, há 30 segundos de interrupção da navegação.

Uma boa solução de compromisso consiste de um receptor GPS de três canais, com o qual se obtém uma atualização contínua da posição. Um benefício adicional é que o equipamento de três canais pode ser programado para acompanhar até 8 satélites, de modo que, quando um satélite está bloqueado, outro pode substituí-lo instantaneamente, sem qualquer interrupção no processo de navegação.

Os receptores multicanal, de 4 ou mais canais, proporcionam maior precisão, através da medida simultânea de 4 ou mais distâncias, a diferentes satélites. Além disso, atualizam os dados de posição, rumo e velocidade no fundo a cada segundo de tempo, após um intervalo de tempo para carregamento dos dados iniciais (“almanaque”).

37.5 GPS DIFERENCIAL (DGPS)

A Técnica Diferencial aplicada ao GPS (“Global Positioning System”) foi desenvolvida para obter maior precisão de posicionamento do SPS (“STANDARD POSITIONING SERVICE”) do Sistema GPS. A Técnica Diferencial corrige não só a **degradação intencional** da precisão do GPS pelo Ministério da Defesa dos EUA (“Disponibilidade Seletiva”), mas também as **influências incontrolláveis**, como as condições de propagação ionosféricas e atmosféricas, os erros de sincronização dos relógios e as irregularidades nas órbitas dos satélites. Esta técnica torna a precisão de posicionamento do GPS, acessível a qualquer usuário, melhor que 10 metros.

O GPS Diferencial (DGPS) proporciona maior precisão de posicionamento pela possibilidade de correção dos erros que afetam o Sistema GPS, cujas fontes principais são, como vimos:

- Disponibilidade Seletiva (“Selective Availability”);
- refração ionosférica e atmosférica; e
- erros nos relógios dos satélites.

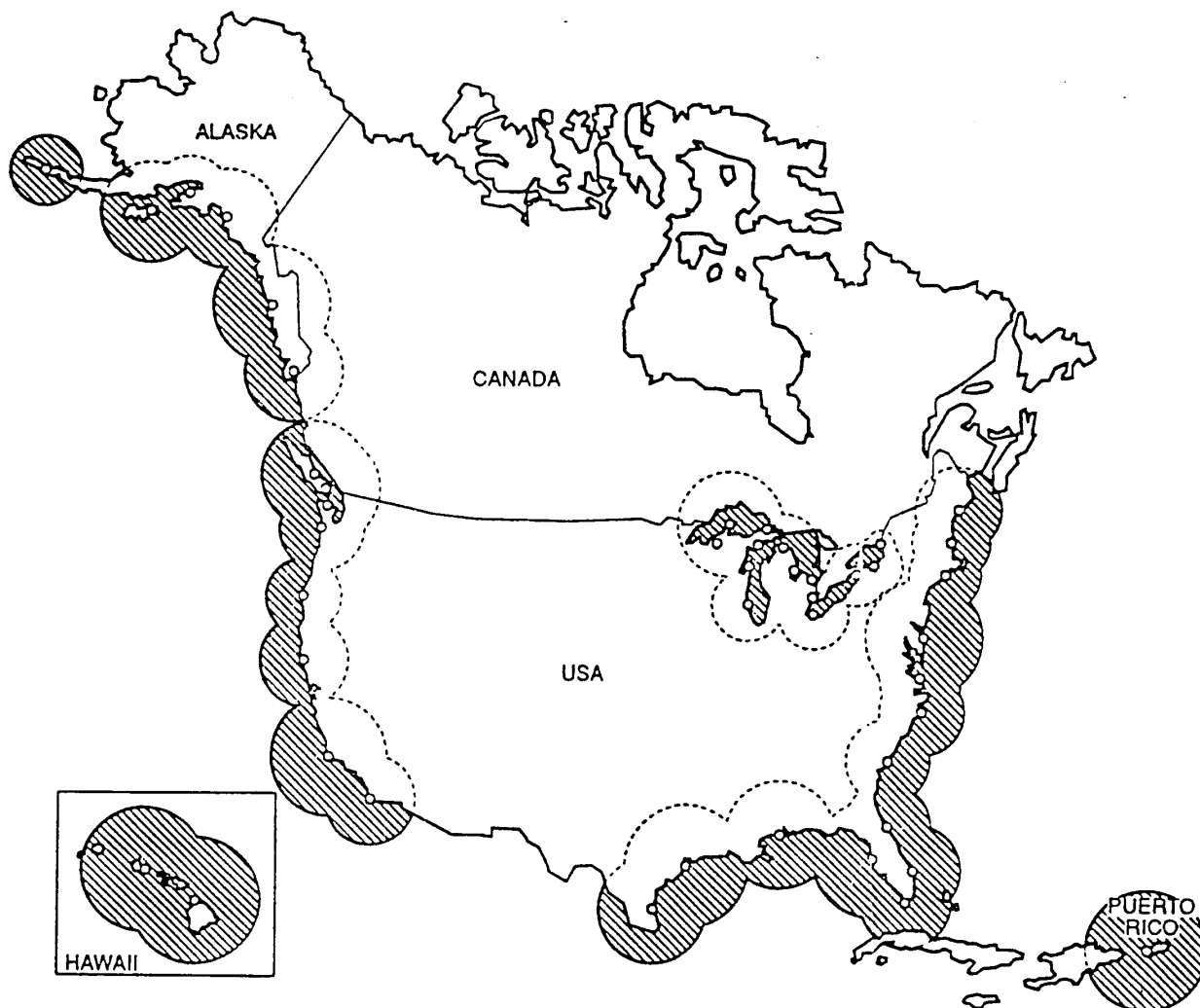
O conceito Diferencial é anterior ao sistema GPS, tendo sido originalmente aplicado aos Sistemas Eletrônicos de Navegação Baseados em Terra, como o Omega.

A aplicação da Técnica Diferencial ao GPS foi um desenvolvimento lógico na evolução da navegação GPS. Na década passada, a Guarda Costeira dos Estados Unidos (“U.S. Coast Guard”) começou a investigar técnicas para melhorar a precisão do GPS de uso

civil, a fim de que esse sistema pudesse alcançar as especificações para navegação marítima do Plano Federal de Radionavegação dos EUA (“Federal Radionavigation Plan”). Este plano especifica uma precisão de posição de 8 a 20 metros (2 drms), com 99,7% de disponibilidade, para navegação de aproximação e navegação em águas restritas (interior de portos, baías, etc.). O GPS padrão (“STANDARD GPS”) não oferece a precisão e a integridade necessárias para preencher este requisito.

A “U. S. Coast Guard” começou a testar o GPS Diferencial (DGPS) em 1985. Testes exaustivos confirmaram que o DGPS preenche os requisitos do “Federal Radionavigation Plan”. Após isso, foram liberados os recursos para implementar um Sistema de Posicionamento DGPS para navegação marítima, utilizando a transmissão dos Radiofaróis, cobrindo toda a costa dos Estados Unidos (incluindo o Alasca, Havaí e Porto Rico) e os Grandes Lagos, além da costa Oeste do Canadá. A rede DGPS norte-americana prevê estações de referência instaladas em 45 Radiofaróis Marítimos operados pela Guarda Costeira e em 2 Radiofaróis canadenses situados na Colúmbia Britânica (figura 37.15). Várias das estações previstas já estão operando em caráter definitivo.

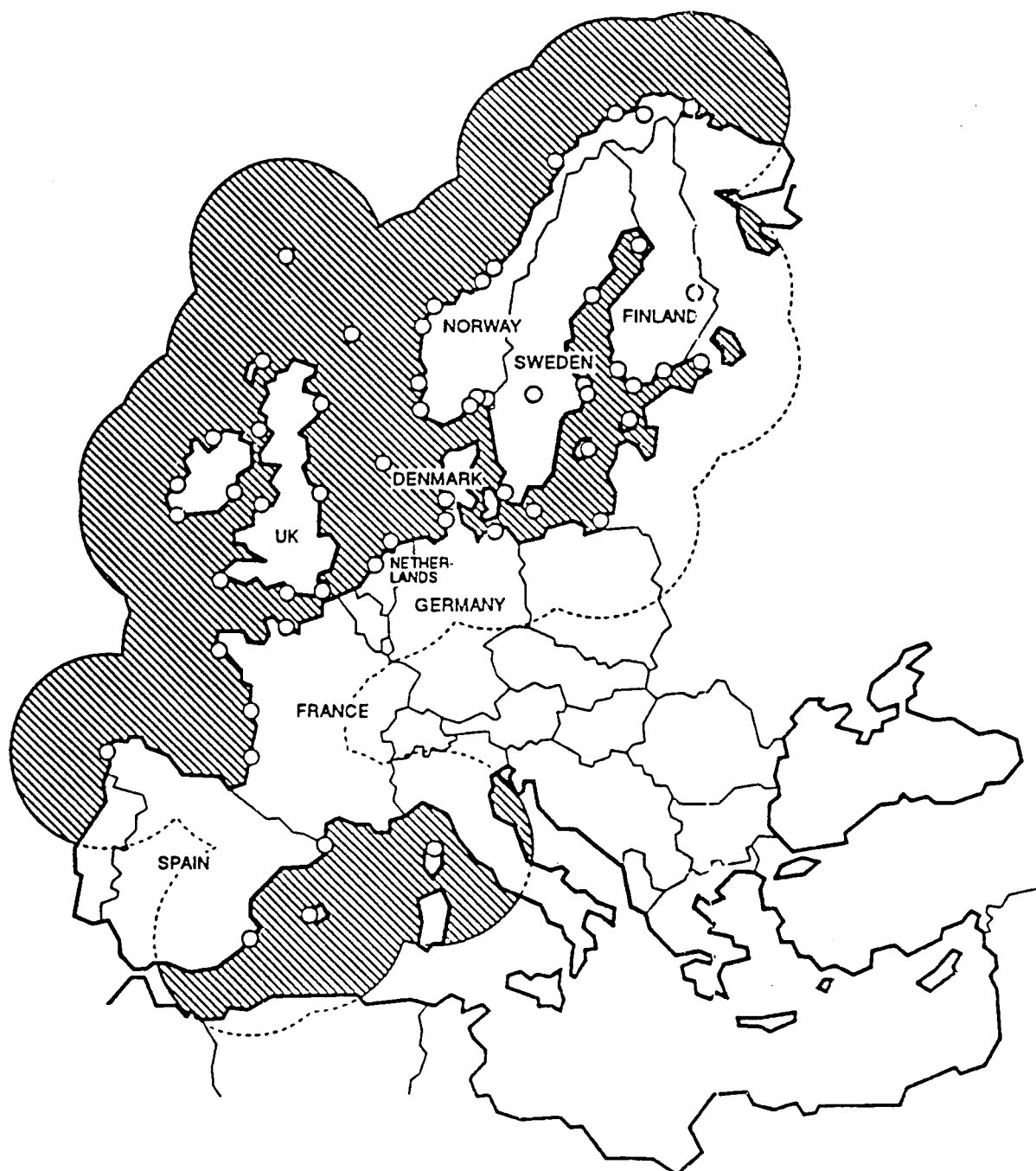
Figura 37.15 - Cobertura DGPS Empregando a Transmissão dos Radiofaróis em Implantação nos Estados Unidos



Posteriormente, tanto a IALA (Associação Internacional de Sinalização Náutica), como a IMO (Organização Marítima Internacional), endossaram o uso do DGPS, por seu potencial no incremento da segurança da navegação. Ademais, ambas as Organizações aprovaram o uso dos RADIOFARÓIS (“MARINE RADIO BEACONS”) para transmissão dos dados de correção DGPS.

Na Europa, diversos países do Mediterrâneo, da Europa do Norte e da Escandinávia planejam implementar uma rede de Estações DGPS utilizando a transmissão dos Radiofaróis Marítimos existentes, sendo que vários já têm, no presente, Estações DGPS em operação. A cobertura DGPS proposta está mostrada na figura 37.16.

Figura 37.16 - Cobertura DGPS Empregando a Transmissão dos Radiofaróis Planejada para a Europa

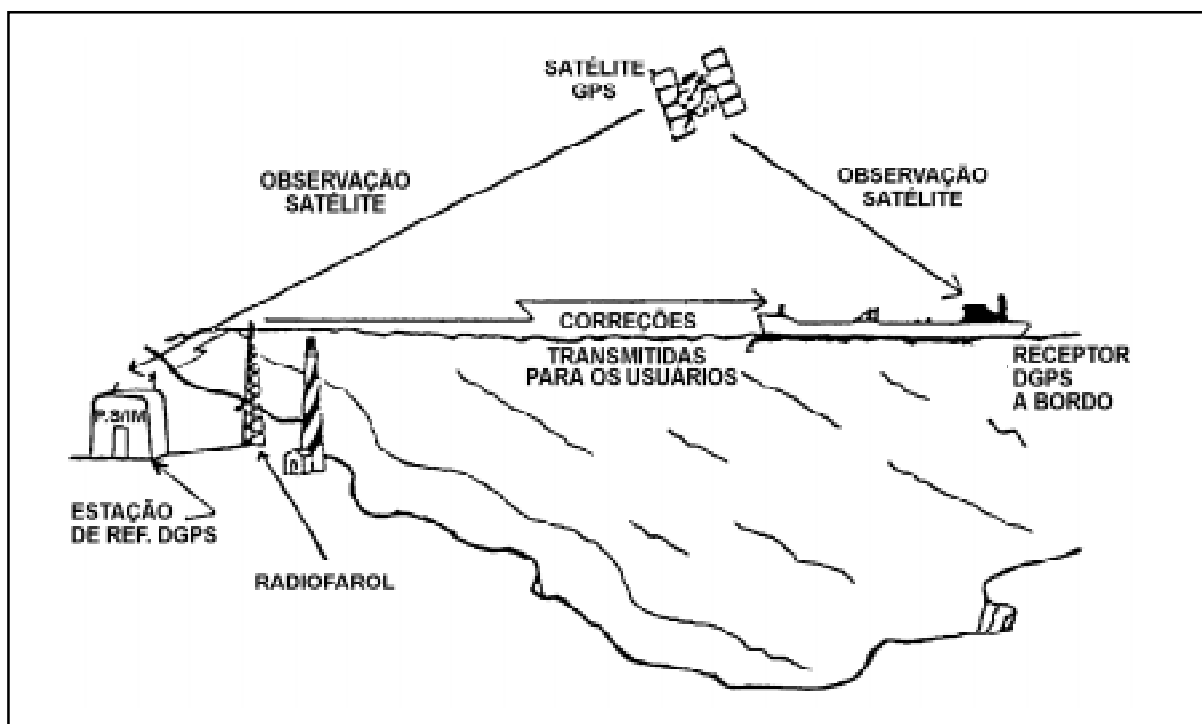


37.6 COMPONENTES DO DGPS. CONCEITO DE OPERAÇÃO

A navegação DGPS em tempo real requer três componentes principais (figura 37.17):

- Estação de Referência DGPS;
- “link” de comunicações (para correção DGPS); e
- receptor DGPS a bordo do navio ou embarcação.

Figura 37.17 - Navegação DGPS em Tempo Real. Componentes do Sistema



O conceito de operação utilizado é o de posicionamento relativo. As observações simultâneas dos mesmos satélites por duas estações (Estação de Referência DGPS 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 Estação de Referência DGPS é instalada em um ponto de coordenadas geográficas conhecidas com precisão, normalmente um Radiofarol para navegação marítima. Em operação, o receptor GPS da Estação de Referência calcula a distância real de sua posição conhecida para cada satélite sendo observado, isto é, determina o valor da distância de sua posição cartesiana (X, Y, Z) para a posição cartesiana dos satélites (X₁, Y₁, Z₁). Ao

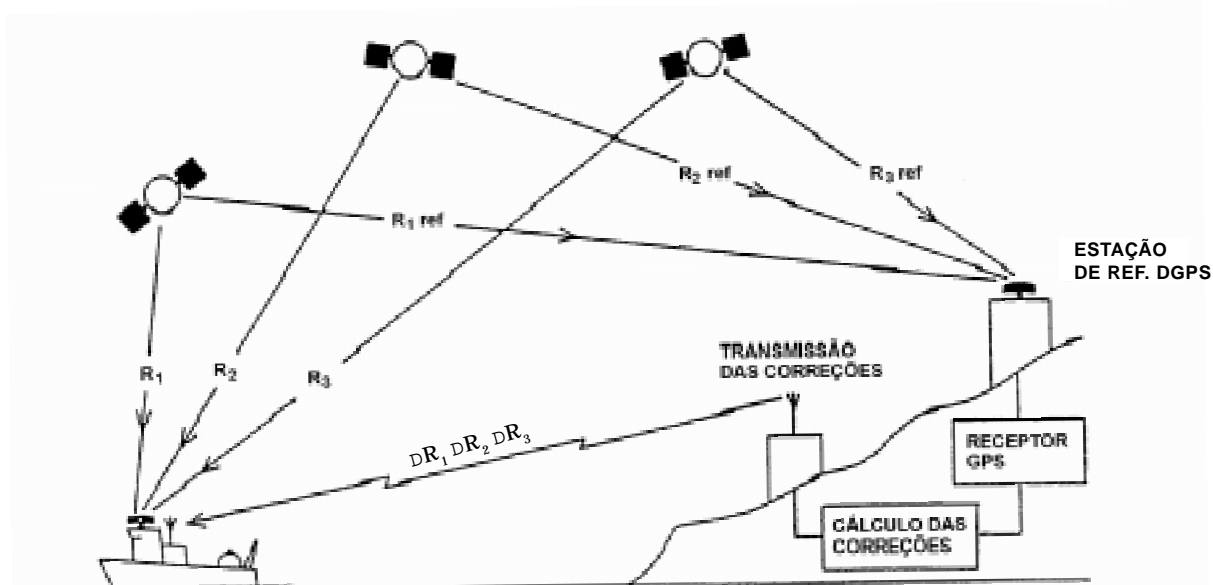
mesmo tempo, o receptor GPS mede as distâncias para os satélites que estão sendo acompanhados e computa as diferenças entre as distâncias calculadas e as distâncias medidas, obtendo correções na medida da distância para cada satélite.

Estas correções são transmitidas pelo “link” de comunicações para os receptores DGPS instalados a bordo dos navios/embarcações que trafegam na área. Na navegação marítima, utiliza-se a portadora do sinal dos RADIOFARÓIS MARÍTIMOS para, sem qualquer prejuízo da radiogoniometria, transmitir as correções DGPS 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 DGPS de bordo.

O receptor DGPS, então, incorpora os dados de correção na solução GPS, ao mesmo tempo em que computa os dados dos satélites, permitindo medidas muito mais precisas de posição, rumo e velocidade. A Técnica Diferencial aplicada ao Sistema GPS 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 37.18, por exemplo, o receptor GPS na Estação de Referência DGPS mede as distâncias aos três satélites que estão sendo acompanhados e determina os valores de R_{1ref} , R_{2ref} e R_{3ref} . 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 DGPS mede as distâncias aos três satélites, obtendo os valores R_1 , R_2 e R_3 . Ao mesmo tempo, recebe as correções transmitidas pela Estação de Referência DGPS e calcula as distâncias corretas aos satélites: $R_{1corr} = R_1 + \Delta R_1$, etc. A posição GPS é, então, calculada com os valores corretos de distâncias, o que proporciona uma precisão muito melhor.

Figura 37.18 – GPS Diferencial (Correções DGPS)



$$R_1 \text{ corr} = R_1 + \Delta R_1 \text{ etc.}$$

Para navegação marítima, a IALA e a IMO endossaram o uso dos Radiofaróis para transmissão dos dados de correções DGPS. Há numerosas vantagens derivadas do uso dos Radiofaróis Marítimos:

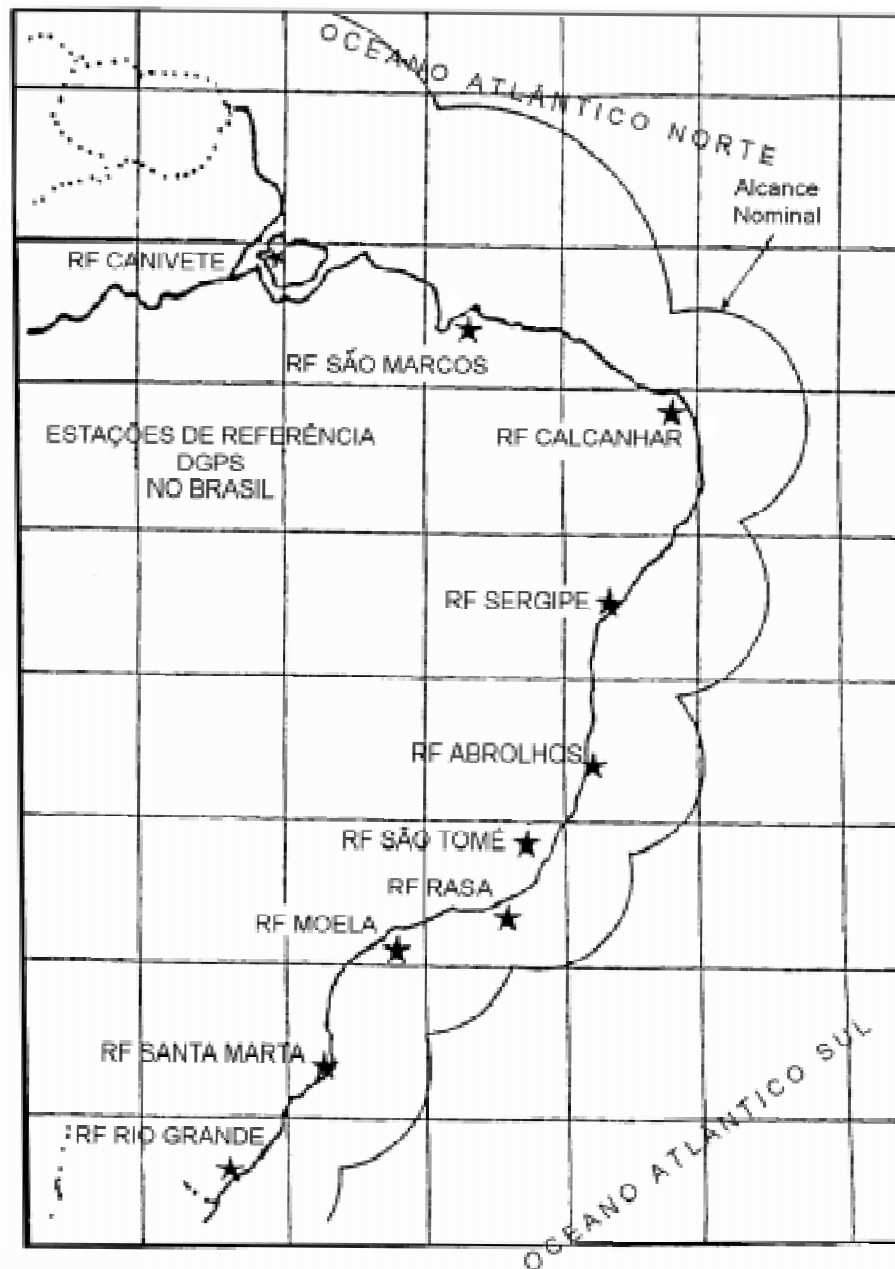
- O alcance dos RF é consistente com o alcance preciso dos dados do DGPS (até cerca de 200–250 milhas da Estação de Referência);
- a rede de Radiofaróis provê uma cobertura costeira efetiva;
- os regulamentos internacionais de radiodifusão protegem a faixa de frequências usadas pelos Radiofaróis Marítimos (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 DGPS;
- os regulamentos internacionais de radiodifusão permitem que os Radiofaróis transmitam informações suplementares de navegação (nas quais se incluem as correções DGPS);
- os equipamentos de transmissão dos RF (NDB) são confiáveis e relativamente baratos;
- a bordo dos navios, o “link” necessário para receber as correções DGPS pode ser utilizado em todo o mundo (pois os Radiofaróis Marítimos de todos os países operam na mesma faixa de frequências); isto permite um padrão mundial de transmissão de GPS Diferencial, a ser introduzido de maneira eficiente e econômica;
- a transmissão das correções DGPS pela portadora do sinal dos Radiofaróis cumpre recomendação da IALA, que dispõe que as transmissões DGPS não devem ser codificadas, a fim de que qualquer usuário possa ter acesso ao sistema; e
- a Estação de Referência DGPS utiliza toda a infra-estrutura já existente para operar e manter o Radiofarol.

No padrão IALA, as correções DGPS no formato RTCM SC-104 são transmitidas pela portadora do sinal do NDB (“NON-DIRECTIONAL BEACON” ou RADIOFAROL CIRCULAR), sem qualquer prejuízo da radiogoniometria, usando modulação MSK (“Minimum Shift Keying”). O emprego pela Guarda Costeira dos EUA e por outras agências demonstrou o sucesso da modulação MSK para transmissão das correções através dos sinais do Radiofarol. Hoje, diversos fabricantes oferecem receptores (NAVBEACON) capazes de decodificar o sinal MSK e transformá-lo em dados RTCM SC-104, compatíveis com o equipamento DGPS. Em muitos deles, o receptor das correções já está embutido no próprio equipamento DGPS.

O Brasil dispõe, desde 1993, de Estações DGPS operando de forma definitiva, tendo sido a primeira instalada no Radiofarol 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. Hoje, já foram instaladas Estações de Referência do GPS Diferencial (ERDGPS) nos Radiofaróis Canivete (AP), São Marcos (MA), Calcanhar (RN), Sergipe (SE), Abrolhos (BA), São Tomé (RJ), Rasa (RJ), Moela (SP), Santa Marta (SC) e Rio Grande (RS). As ERDGPS permitem a cobertura com correções DGPS numa área com raio de cerca de 200 milhas náuticas em torno dos Radiofaróis onde estão instaladas. Assim, a rede DGPS da costa do Brasil proporciona a cobertura mostrada nas figuras 37.19 e 37.19a.

Figura 37.19 - Cobertura da Rede DGPS da Costa do Brasil

(NÃO REPRESENTADA A COBERTURA TERRESTRE)



37.7 PRECISÃO, POSSIBILIDADES E APLICAÇÕES DO GPS DIFERENCIAL (DGPS)

A precisão do DGPS depende do afastamento fixo-móvel, ou seja, depende da distância entre o navio e a estação de referência DGPS.

A U. S. Coast Guard estudou com detalhes todas as possibilidades e limitações do sistema GPS e produziu o quadro abaixo (incluído no Plano Federal de Radionavegação dos EUA):

SERVIÇOS GPS	REQUISITOS	NAVEGAÇÃO DE APROXIMAÇÃO E EM ÁGUAS RESTRITAS	SERVÍCIOS DE SINALIZAÇÃO NÁUTICA E CONTROLE DE TRÁFEGO DE PORTO	OPERACÕES DE DRAGAGEM	LEVANTAMENTOS HIDROGRÁFICOS, OCEANOGRÁFICOS E GEOFÍSICOS
	PRECISÃO (metros, 2 drms)	8 – 20	10	6	15
SERVIÇO PADRÃO DE POSICIONAMENTO COM DEGRADAÇÃO (SPS WITH S/A)	100	NÃO SATISFAZ	NÃO SATISFAZ	NÃO SATISFAZ	NÃO SATISFAZ
SERVIÇO PADRÃO DE POSICIONAMENTO SEM DEGRADAÇÃO (SPS WITHOUT S/A)	30	NÃO SATISFAZ	NÃO SATISFAZ	NÃO SATISFAZ	NÃO SATISFAZ
SERVIÇO DE POSICIONAMENTO PRECISO (PPS)	15 – 21	NÃO SATISFAZ	NÃO SATISFAZ	NÃO SATISFAZ	NÃO SATISFAZ
GPS DIFERENCIAL (DGPS)	3	SIM (SATISFAZ)	SIM (SATISFAZ)	SIM (SATISFAZ)	SIM (SATISFAZ)

Então, conclui-se que:

- Mesmo o Serviço de Posicionamento Preciso (PPS – “PRECISE POSITIONING SERVICE”) do GPS, disponível apenas para os utilizadores militares dos EUA/aliados da OTAN e agências governamentais autorizadas, não proporciona precisão suficiente para ser usado em navegação de aproximação e navegação em águas restritas, nem para emprego em atividades de sinalização náutica, dragagem ou levantamentos hidrográficos, oceanográficos e geofísicos.

- Como é óbvio, o Serviço Padrão de Posicionamento (SPS – “STANDARD POSITIONING SERVICE”), com ou sem a Degradação Intencional, ou Disponibilidade Seletiva (SA – “SELECTIVE AVAILABILITY”), também não proporciona precisão suficiente para uso nas atividades acima citadas.

- Contudo, o DGPS, com uma precisão de posicionamento da ordem de 3 metros (2 drms, ou 95% de probabilidade), para distâncias até 200–250 milhas da estação de referência, tem precisão suficiente para utilização em:

- navegação de aproximação e navegação em águas restritas (no interior de portos, baías, enseadas e canais);
- atividades de sinalização náutica (posicionamento de sinais fixos e flutuantes e verificação periódica da posição de sinais flutuantes);

- posicionamento em operação de dragagem e outras atividades no mar que exijam grande precisão (inclusive operações com plataformas de exploração e exploração de petróleo no mar); e
- posicionamento de navios de pesquisa em levantamentos hidrográficos, oceanográficos e geofísicos, em áreas costeiras ou “offshore”.

37.8 OBSERVAÇÕES FINAIS SOBRE O SISTEMA GPS

O sistema GPS, por sua integridade, disponibilidade e precisão, tornou obsoletos praticamente todos os outros sistemas de Navegação Eletrônica de médio e longo alcances, inclusive seu antecessor na navegação por satélites (o sistema TRANSIT). Suas vantagens e possibilidades são imensas, especialmente com a aplicação da Técnica Diferencial (DGPS).

Além das aplicações na navegação oceânica e na navegação costeira, ou, sob a forma Diferencial (DGPS), na navegação em águas restritas (no acesso e no interior de portos, baías e canais); em operações de sinalização náutica, controle de tráfego de porto e dragagem; e em levantamentos hidrográficos, oceanográficos e geofísicos, o sistema tem, ainda, outros importantes empregos, como em fainas de homem ao mar e em operações de socorro, busca e salvamento.

Entretanto, não se deve esquecer que o GPS está sob total controle estrangeiro e, até mesmo sob a forma Diferencial (DGPS), pode ter sua precisão degradada intencionalmente, sem que nada possamos fazer.

Embora a IMO (Organização Marítima Internacional) e a IALA (Associação Internacional de Sinalização Náutica) estejam estudando a implantação de um sistema global de navegação por satélites de controle civil internacional (preliminarmente designado GNSS – “GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM”), cujos componentes seriam compatíveis com os atuais GPS americano e GLONASS (sistema russo de navegação por satélites semelhante ao GPS), o navegante prudente, mesmo assim, não deve confiar apenas nessas fontes para determinar sua posição e dirigir e controlar os movimentos de seu navio, ou embarcação. Além disso, para aqueles equipamentos GPS que incorporam cartas náuticas digitilizadas e “plotters”, não se deve esquecer que tais cartas são disponibilizadas em cartuchos tipo “caixa preta”, que não podem ser atualizados por Avisos aos Navegantes, que divulgam as alterações ocorridas afetando a segurança da navegação. Desta forma, as posições GPS têm que ser periodicamente plotadas em Cartas Náuticas atualizadas, onde a navegação deve, realmente, ser conduzida.

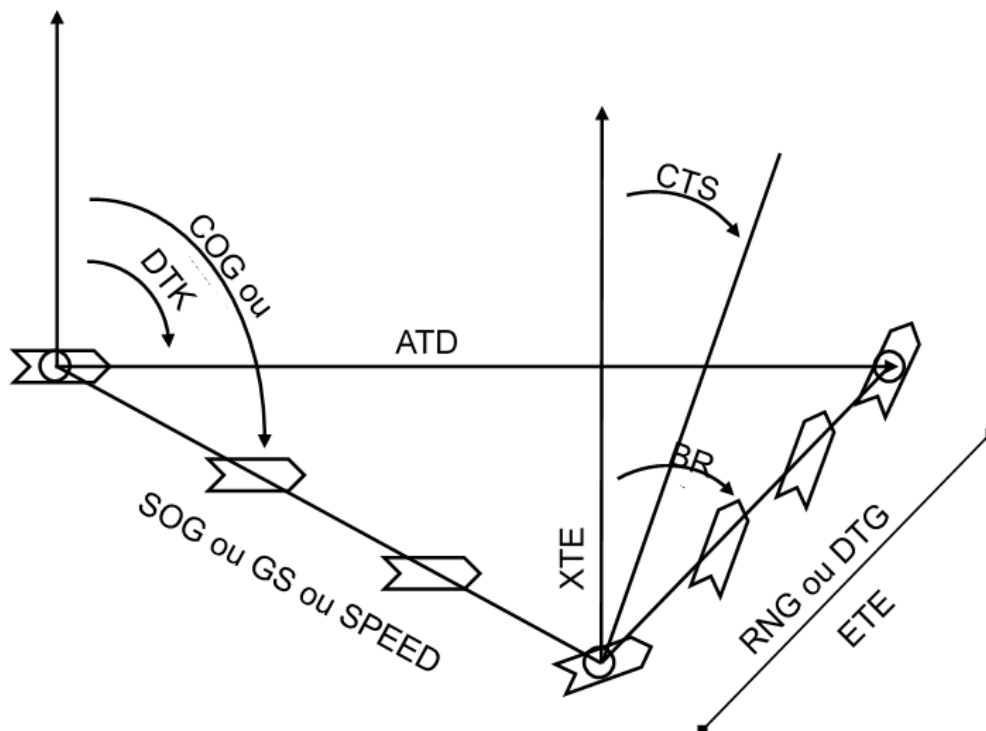
37.9 GLOSSÁRIO DE TERMOS ASSOCIADOS AO GPS

- ALMANAQUE – efemérides contidas no sinal do satélite; dados que definem as órbitas e as condições operacionais de todos os satélites GPS.
- BRG – marcação de um ponto da derrota (“bearing”).

C/A CODE	– código de aquisição inicial e navegação do GPS (“coarse/acquisition code”), acessível a todos os usuários.
CHANNEL	– um canal de um receptor GPS; consiste nos circuitos necessários para sintonizar e receber os sinais de um satélite da constelação GPS.
COG	– rumo no fundo (“course over the ground”).
CONTROL SEGMENT	– rede de estações de controle e monitoramento, situadas em diversos locais da Terra, que asseguram a precisão das posições dos satélites GPS e de seus relógios.
DGPS	– GPS Diferencial; com esta técnica, consegue-se aumentar muito a precisão do GPS padrão.
DOP	– diluição da precisão da posição.
EFEMÉRIDES	– dados de posição dos satélites e correções de tempo correspondentes, além de outras informações relativas ao desempenho dos satélites e dados para modelagem dos efeitos ionosféricos, que são transmitidos para os usuários nas mensagens de navegação.
ETA	– hora estimada de chegada (“estimated time of arrival”).
GDOP	– diluição da precisão geométrica da posição GPS.
GLONASS	– sistema russo de navegação por satélites semelhante ao GPS.
GNSS	– Global Navigation Satellite System (em projeto).
GPS	– Sistema de Posicionamento Global (“Global Positioning System”).
HDOP	– diluição da precisão horizontal ou planimétrica (Latitude/Longitude) da posição GPS.
MENSAGEM DE NAVEGAÇÃO	– mensagem incluída no sinal GPS que informa a posição do satélite, as correções de tempo e a condição de operação do satélite, além de informações sobre os outros satélites da constelação GPS; também denominada de mensagem de dados do sistema (“system data message”).
MHz	– Megahertz (10^6 Hertz); unidade de medida das frequências utilizadas no sistema GPS.
MOB	– função especial para homem ao mar (“man overboard”) do equipamento GPS.
MSK	– modulação por deslocamento de pulsos (“minimum shift keying”).
NAVSTAR	– Sistema de Navegação por Tempo e Distância (“Navigation System by Time and Ranging”), que é o princípio utilizado pelo GPS.
P-CODE	– Código de Precisão ou Código Protegido do GPS, somente acessível a usuários autorizados.

PDOP	– diluição da precisão da posição GPS (“position dilution of precision”).
POSIÇÃO 2D	– posição planimétrica, em duas dimensões (Latitude e Longitude).
POSIÇÃO 3D	– posição plano-altimétrica, em três dimensões (Latitude, Longitude e altitude).
PPS	– Serviço de Posicionamento Preciso (“Precise Positioning Service”) do GPS, baseado no Código P e, assim, somente acessível a usuários autorizados.
PSEUDORANGE	– pseudo-distância, ou distância aparente, aos satélites, medida pelos receptores GPS, que não foi corrigida dos erros na sincronização entre o relógio do satélite e o relógio do receptor GPS.
RECEPTOR MONOCANAL	– receptor GPS que acompanha um satélite de cada vez e mede as distâncias seqüencialmente, proporcionando menor precisão que um receptor GPS multicanal.
RECEPTOR MULTICANAL	– receptor GPS que pode acompanhar e medir as distâncias simultaneamente para vários satélites GPS (tantos quantos forem os canais disponíveis).
S/A	– Disponibilidade Seletiva (“Selective Availability”) ou Degradação Intencional da precisão do GPS, introduzida pelo Ministério da Defesa dos EUA, para reduzir a precisão do GPS padrão, acessível a qualquer usuário.
SOA	– velocidade de avanço (“speed of advance”) resultante na derrota.
SOG	– velocidade no fundo (“speed over the ground”), ou seja, velocidade verdadeira do navio, com relação à superfície da Terra, e não com relação à massa d’água em movimento.
SPACE SEGMENT	– segmento espacial do GPS constituído pela constelação de satélites do sistema e seus veículos de lançamento.
SPS	– Serviço Padrão de Posicionamento (“Standard Positioning Service”), acessível a qualquer usuário, com a degradação intencional introduzida no sistema.
UHF	– Frequência Ultra-Alta (“Ultra High Frequency”); o GPS utiliza frequências da banda L (designadas L1 e L2) da faixa de UHF.
VDOP	– diluição da precisão vertical (altitude) do GPS.
WAYPOINT	– ponto de derrota.
WGS-84	– Sistema Geodésico Mundial – 1984 (“World Geodetic System – 1984”); elipsóide e “datum” utilizados como referência para todos os cálculos e posições do sistema GPS.

Glossário de Termos Relacionados ao GPS – Verão para Prova de Capitão

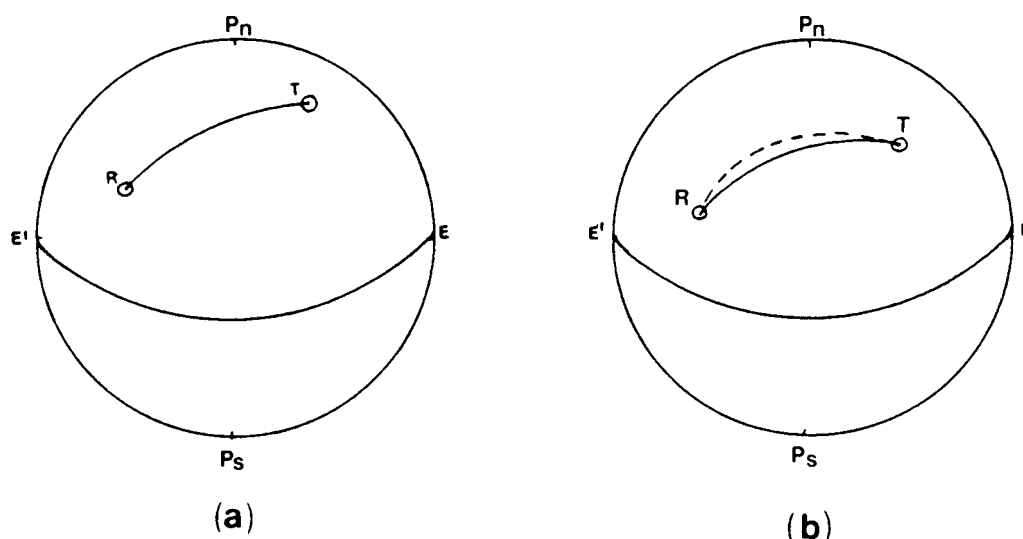


- **DTK** – Desired Track - Rota Desejada
- **COG** – Course Over Ground - Rumo no Fundo
- **TRK** – Track - Percurso
- **CTS** – Course to Steer (True Course) - Curso a ser Seguido
- **BRG** – Bearing - Direção
- **RNG** – Range - Distância
- **DTG** – Distance-to-go - Distância
- **ATD** – Actual Time of Departure - Hora real de saída
- **ETE** – Estimated Time En route - Tempo Estimado Em rota (Tempo de Navegação)
- **ETA** – Estimated Time of Arrival - Hora Estimada de Chegada
- **XTE** – Cross Track Error - Erro de Desvio de Rota (O mesmo que **XTK** - Perpendicular to Ground Track)
- **SOA** – Speed of Advance - Velocidade de Avanço
- **SOG** – Speed over Ground - Velocidade no Fundo
- **GS** – Ground Speed - Velocidade no Fundo
- **WPT** – Waypoint - Ponto de Derrota
- **DOP** – Dilution of Position – Diluição da posição
- **AS** – Selective Availability – Disponibilidade Seletiva
- **MOB** – Man over Board – Homem ao mar

35.2 PERCURSO DAS ONDAS RADIOELÉTRICAS ENTRE O TRANSMISSOR E O RECEPTOR. DESVIOS DO RADIOGONIÔMETRO

As ondas radioelétricas, ao se propagarem do **transmissor (T)** para o **receptor (R)**, percorrem o arco de círculo máximo entre os dois pontos, que é a menor distância entre eles (figura 35.14a). Contudo, às vezes, devido a fatores abordados no capítulo anterior (efeitos da **refração da costa**, **efeito noturno** ou **perturbação atmosférica**), o percurso da onda de rádio é alterado e o sinal alcança o receptor por outro caminho, diferente da ortodrômica, conforme indicado na figura 35.14b, por uma linha tracejada. Quando isso ocorre, há um desvio da marcação radiogoniométrica, representado pelo ângulo formado entre as duas direções traçadas na figura 35.14b.

Figura 35.14 - Percurso das Ondas de Rádio entre o Transmissor e o Receptor

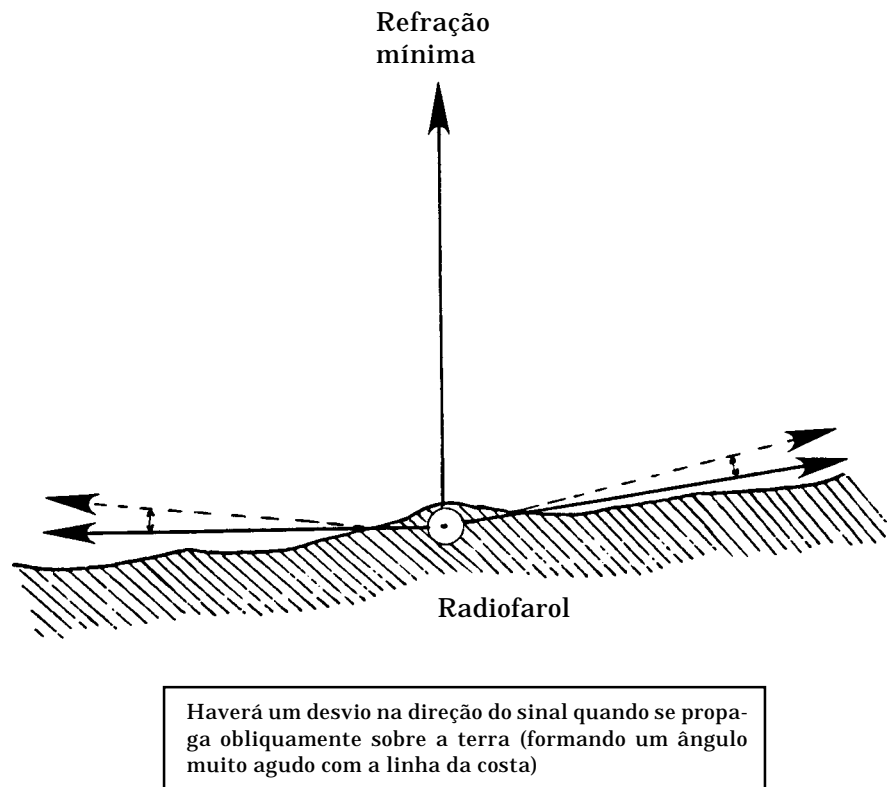


Este desvio, devido a causas externas, não pode ser determinado. O que se pode fazer é evitar tomar marcações radiogoniométricas quando seus efeitos estiverem presentes.

A **refração da costa**, ou **efeito terrestre**, estudada no capítulo anterior, ocorre quando a onda de rádio cruza obliquamente a linha limite entre a terra e o mar (figura 35.15). A refração resultante introduz um desvio na direção da onda radioelétrica, que pode alcançar 4° a 5°. A refração da costa aumenta com a diminuição do ângulo entre o trajeto da onda de rádio e a linha de costa, além de crescer, também, com o aumento da frequência. O efeito terrestre é mínimo quando o trajeto da onda de rádio é perpendicular à linha de costa. A **refração da costa** é minimizada para os radiofaróis marítimos, que, quase sempre, estão situados muito próximos do litoral.

Para evitar o **efeito terrestre**, não se devem tomar marcações que formem ângulos muito agudos com a linha de costa. Sempre que possível, esse ângulo deve ser maior que 20°. Além disso, deve-se evitar marcar radiofaróis muito interiorizados, tais como alguns radiofaróis aeronáuticos que, embora constem da Lista de Auxílios-Rádio, estão relativamente afastados da linha de costa.

Figura 35.15 - Refração da Costa



O **efeito noturno** deve-se às rápidas alterações que ocorrem na ionosfera, nas faixas E e F, especialmente por ocasião dos crepúsculos, mas, também, durante a noite (embora em menor escala).

Assim, o **efeito noturno**, apesar do nome, é mais marcante nos crepúsculos vespertino e matutino. Devido a ele, nesses períodos as ondas radioelétricas são menos precisas no que se refere à sua direcionalidade. Sendo causado por variações ionosféricas, o **efeito noturno** está relacionado às **ondas celestes**, ou **ondas refletidas**, não ocorrendo dentro da **distância de silêncio**, onde só chegam ao receptor **ondas terrestres**. Os principais sintomas do **efeito noturno** são:

1. O mínimo de sinal (que indica a direção da estação transmissora) muda constantemente de posição na rosa de marcação do radiogoniômetro;
2. o mínimo de sinal apresenta-se bem definido, porém deslocado da verdadeira direção;
3. o mínimo apresenta-se indefinido, cobrindo uma faixa muito larga, que pode alcançar 20°; e
4. há excesso de ruído na recepção e grande variação da intensidade do sinal, que, por vezes, se desvanece completamente.

Para evitar o **efeito noturno**, não se devem fazer marcações radiogoniométricas nos períodos de cerca de 1 hora em torno do ocaso e do nascer do Sol (de meia hora antes a meia hora depois desses fenômenos) e, durante a noite, só tomar marcações usando ondas terrestres, ou seja, estando o navio, no máximo, de 25 a 30 milhas da estação transmissora.

35.5 USO DO RADIOGONIÔMETRO NA ATERRAGEM (“HOMING”)

Uma das maiores utilidades do **radiogoniômetro** na navegação refere-se ao seu emprego na **aterragem (“homing”)**, técnica que consiste em manter a estação marcada diretamente pela proa. Nas aterragens, o navio marca o radiofarol e aproa ao mesmo. Então, as ondas de rádio passam a ser recebidas diretamente pela proa (marcação relativa igual a zero). Mantendo sempre esta marcação relativa, o navio aterrará no ponto desejado, mesmo não tendo sua posição perfeitamente conhecida.

A técnica de **“homing”** deve ser aplicada com precaução, pois, não havendo qualquer informação de distância ao ponto de aterragem, dele poderemos nos aproximar de forma súbita e perigosa.

A técnica de **“homing”** é, também, muito importante em operações de busca e salvamento – SAR (“search and rescue”). Se a embarcação sinistrada dispuser de um transmissor, navios ou aeronaves de busca e salvamento, equipados com radiogoniômetro, poderão rumar para o local do incidente utilizando esta técnica.

35.6 RADIOFARÓIS E ESTAÇÕES RADIOGONIOMÉTRICAS

a. RADIOFARÓIS

Radiofaróis são estações transmissoras de sinais-rádio especiais, cujas emissões se destinam a permitir a obtenção de sua direção (marcação) a bordo de uma estação móvel (navio, embarcação ou aeronave) equipada com radiogoniômetro.

Os **radiofaróis** são classificados em três tipos:

– **radiofaróis direcionais**, que transmitem sinais-rádio dentro de um setor, normalmente entre 15° e 30° , destinados a fornecer um rumo de governo definido. O navegante, conhecendo o setor dentro do qual são irradiados os sinais, tem a certeza de estar rumando para o radiofarol, desde que se mantenha na faixa de recepção do sinal. Os radiofaróis deste tipo são usados principalmente na **navegação aérea** e não existem no Brasil destinados à **navegação marítima**;

– **radiofaróis rotativos**, que transmitem um feixe direcional de onda-rádio, com movimento rotativo uniforme, de maneira semelhante ao feixe luminoso emitido por certos faróis. Pode-se considerar o radiofarol como tendo uma linha de intensidade mínima, girando com velocidade uniforme, de 000° a 360° , no tempo dado pelas características da estação, de maneira que, no início de cada período, esta linha esteja dirigida para o Norte verdadeiro. A marcação do sinal é determinada por meio de um receptor comum e um cronógrafo. Desde que o navegante possa marcar o tempo decorrido entre a passagem da linha de intensidade mínima pelo meridiano e o instante em que, com um receptor comum, ouvir o som com a menor intensidade, fica em condições de obter a marcação (a determinação do instante em que a linha de intensidade mínima passa pelo meridiano é feita com o conhecimento das características do radiofarol rotativo que estiver sendo marcado). Os radiofaróis deste tipo não existem no Brasil, para a **navegação marítima**; e

– **radiofaróis circulares**, que transmitem sinais-rádio com a mesma intensidade, em todas as direções, permitindo aos navios obterem suas marcações por meio do radiogoniômetro. Este é o tipo mais comum de radiofarol e a ele pertencem todos os **radiofaróis** destinados à **navegação marítima** instalados no Brasil.

Os **radiofaróis para a navegação marítima** operam na faixa de frequências de 283,5 kHz a 330 kHz. A União Internacional de Telecomunicações (UIT) destina esta faixa, com exclusividade, para os **radiofaróis marítimos**, a fim de evitar interferências de outras emissões.

Os radiofaróis para navegação marítima instalados no Brasil estão sob a responsabilidade e fiscalização da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), sendo relacionados na publicação DH8 – Lista de Auxílios-Rádio (Capítulo 2), que apresenta as seguintes informações sobre cada estação:

- identificação do radiofarol (número de referência e nome);
- posição (Latitude e Longitude);
- frequência do sinal transmitido;
- tipo de emissão;
- potência;
- alcance em milhas náuticas;
- características do sinal; e
- estação GPS diferencial (DGPS), quando houver.

EXEMPLO:

2480. São Tomé (SK)
 Latitude $22^\circ 02,52' S$, Longitude $041^\circ 03,22' W$
 Frequência: 300 kHz. Emissão: A2A. Potência: 0,2 kw.
 Alcance: 300 M.
 Características do sinal: SK (... –.), com intervalo de 7,5 segundos.
 Equipado com DGPS.

Todos os radiofaróis para a navegação marítima localizados na costa do Brasil são radiofaróis circulares e têm horário de funcionamento contínuo.

Além disso, a Lista de Auxílios-Rádio também informa as características dos seguintes tipos de estação:

- Radiofaróis para a navegação aérea no Brasil, localizados próximo à costa;
- Radiofaróis para a navegação marítima e aérea localizados em países da América Latina e Caribe, em áreas abrangidas pelas Cartas Náuticas brasileiras; e
- Estações de radiodifusão comercial localizadas próximo do litoral, que, eventualmente, possam ser utilizadas para fins de radiogoniometria.

Os radiofaróis são representados nas cartas náuticas publicadas pela DHN, da seguinte maneira:

- cartas com escalas entre 1:50.000 e 1:150.000, pelo símbolo de radiofarol constante na publicação nº 12000 (Int. 1) da DHN, com informações adicionais de frequência, prefixo (em letras e código Morse), horário de funcionamento e estação GPS diferencial (quando houver); e
- cartas em outras escalas, apenas pelo símbolo e abreviatura de radiofarol circular (RC).

38.8 NAVEGAÇÃO BATIMÉTRICA

A **Navegação Batimétrica** pode ser definida como o ramo da navegação que utiliza a topografia submarina para obter dados de posicionamento do navio, a partir do retorno de ecos sônicos ou ultra-sônicos refletidos pelo fundo do mar, mesmo em grandes profundidades.

Embora muito útil também para navios de superfície, a **Navegação Batimétrica** é empregada especialmente por submarinos, que, quando submersos em profundidades maiores que a cota periscópica, ficam virtualmente impedidos de receber informações de navegação transmitidas por ondas eletromagnéticas, que quase não penetram no meio aquoso (como vimos, apenas as ondas de ELF e VLF, utilizando potências muito elevadas, conseguem penetrar nas camadas superficiais do mar). Nesta situação, a **Navegação Batimétrica**, usando ondas acústicas, que se propagam vantajosamente no oceano, constitui um método de navegação de valor inestimável, capaz de fornecer um meio de posicionamento baseado nas feições do fundo do mar.

Para a prática da **Navegação Batimétrica** são produzidas **Cartas Batimétricas** especiais. Essas cartas são, essencialmente, cartas de relevo submarino e se assemelham às cartas topográficas terrestres, onde as isóbatas, ou isobatimétricas, correspondem às curvas de nível do relevo, dando uma noção precisa da topografia do fundo e das cotas do relevo submarino. A Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) publica uma série de **Cartas Batimétricas** especiais, de uso controlado, restrito aos nossos submarinos.

O navegante deve ser capaz de identificar nas **Cartas Batimétricas** as marcas principais do relevo submarino que possam ser usadas na navegação, tais como montanhas submarinas, escarpas, bancos oceânicos, “canyons” submarinos, picos submersos, fendas e fossas, além de outras feições importantes da topografia do fundo, como a plataforma continental, o talude continental e a margem continental (figura 38.20). Estes acidentes podem ser identificados através das informações do ecobatímetro, proporcionando excelentes elementos para auxiliar no posicionamento do navio.

A figura 38.21 mostra, na ilustração (a), o trecho de uma **Carta Batimétrica**, onde as isóbatas, traçadas a intervalos de 100 metros, correspondem às curvas de nível da topografia do fundo e indicam as cotas do relevo submarino. Na ilustração (b), é apresentada uma vista de perfil da seção indicada em (a), onde pode ser visto o cume de um monte submarino (ou banco oceânico) e um “canyon” a ele adjacente. A figura 38.22 mostra o Canyon de Salvador.

As **Cartas Batimétricas** apresentam, através das isóbatas, a topografia do fundo com um elevado grau de detalhe, o que as distingue das **Cartas Náuticas** convencionais, que proporcionam apenas uma visão geral do relevo submarino, pelo uso de isóbatas bastante espaçadas. Na figura 38.23, por exemplo, é apresentado um banco oceânico com 130 metros de profundidade; na ilustração (a), é mostrada a representação do banco em uma **Carta Náutica** convencional, onde estão traçadas apenas as isóbatas de 500 metros e 250 metros, além de indicado o cume do banco, a 130 metros de profundidade. Na ilustração (b), está mostrado o mesmo acidente, representado em uma **Carta Batimétrica**, onde estão traçadas as isóbatas com intervalo de 50 metros. A figura apresentada nessa carta mostra, de forma muito mais evidente, a configuração do mesmo acidente submarino, representando-o de maneira mais propícia para a **Navegação Batimétrica**.

A figura 38.24 mostra um trecho de uma **Carta Batimétrica** na qual o intervalo entre as isóbatas traçadas é de 1 metro. Note-se que a topografia do fundo é apresentada com uma grande riqueza de detalhes.

Figura 38.20 - Feições Principais do Relevo Submarino

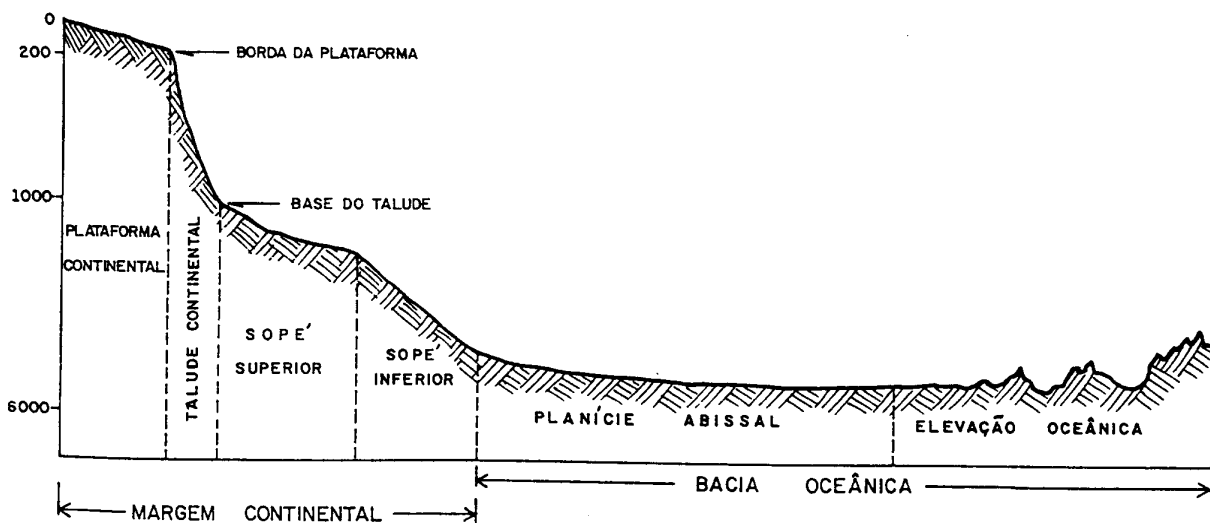
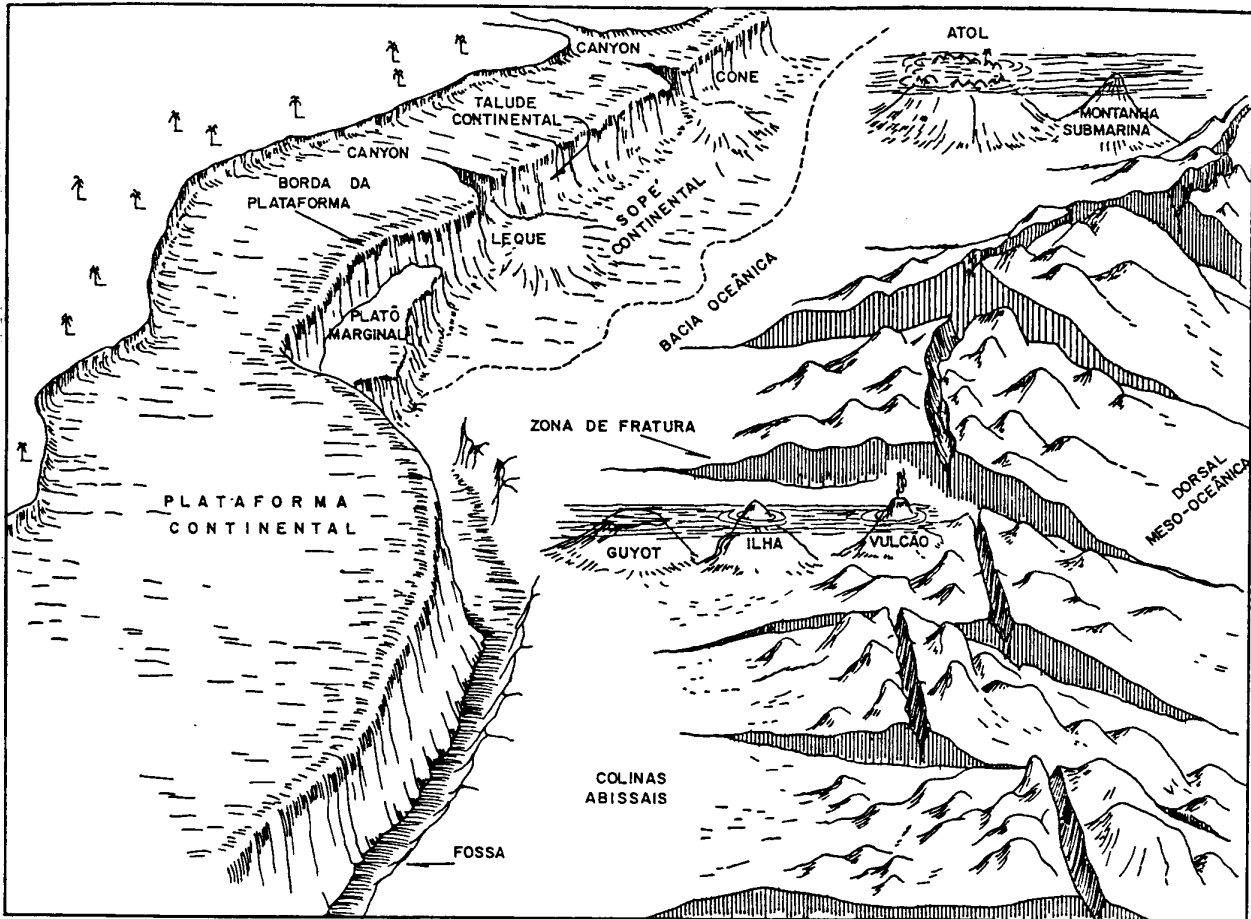
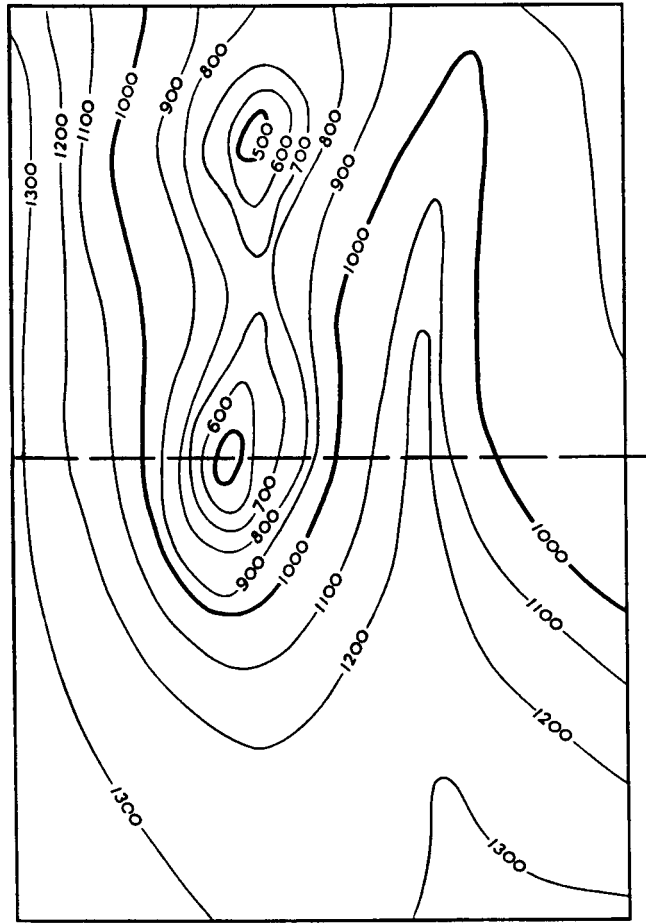
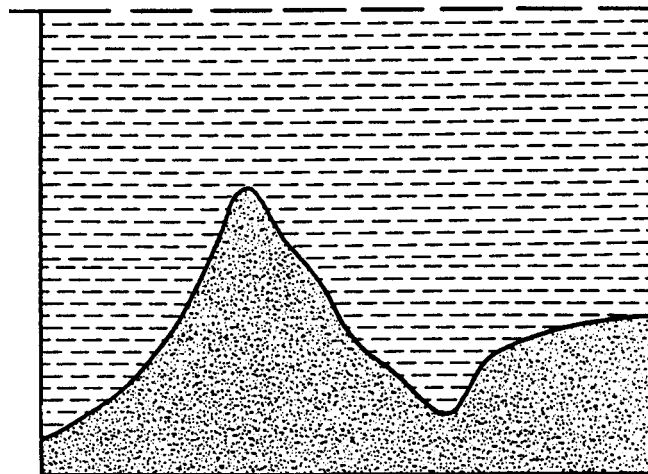


Figura 38.21 - Trecho de Carta Batimétrica e Perfil da Seção Indicada



(a)



(b)

Figura 38.22 - Canyon de Salvador

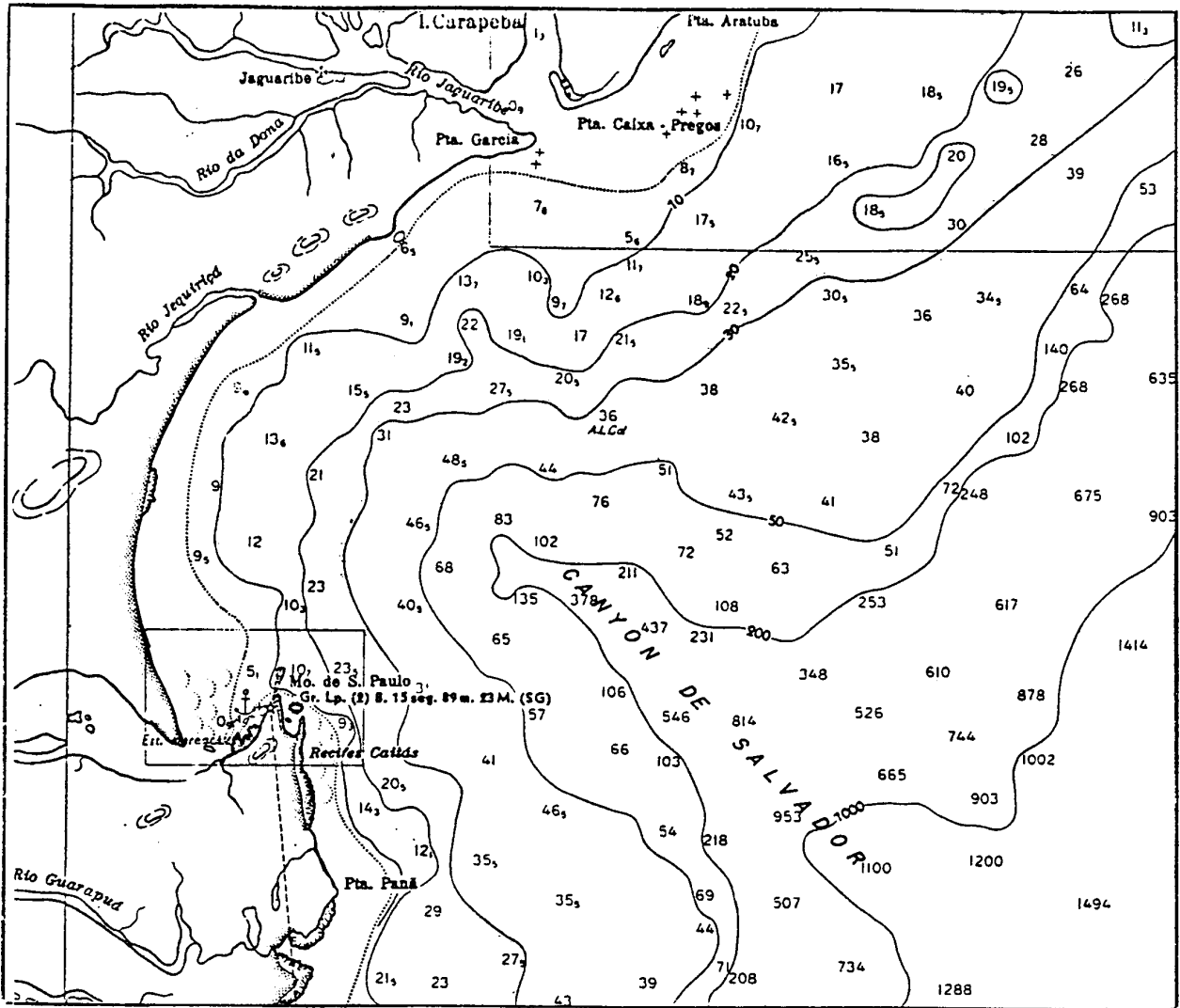
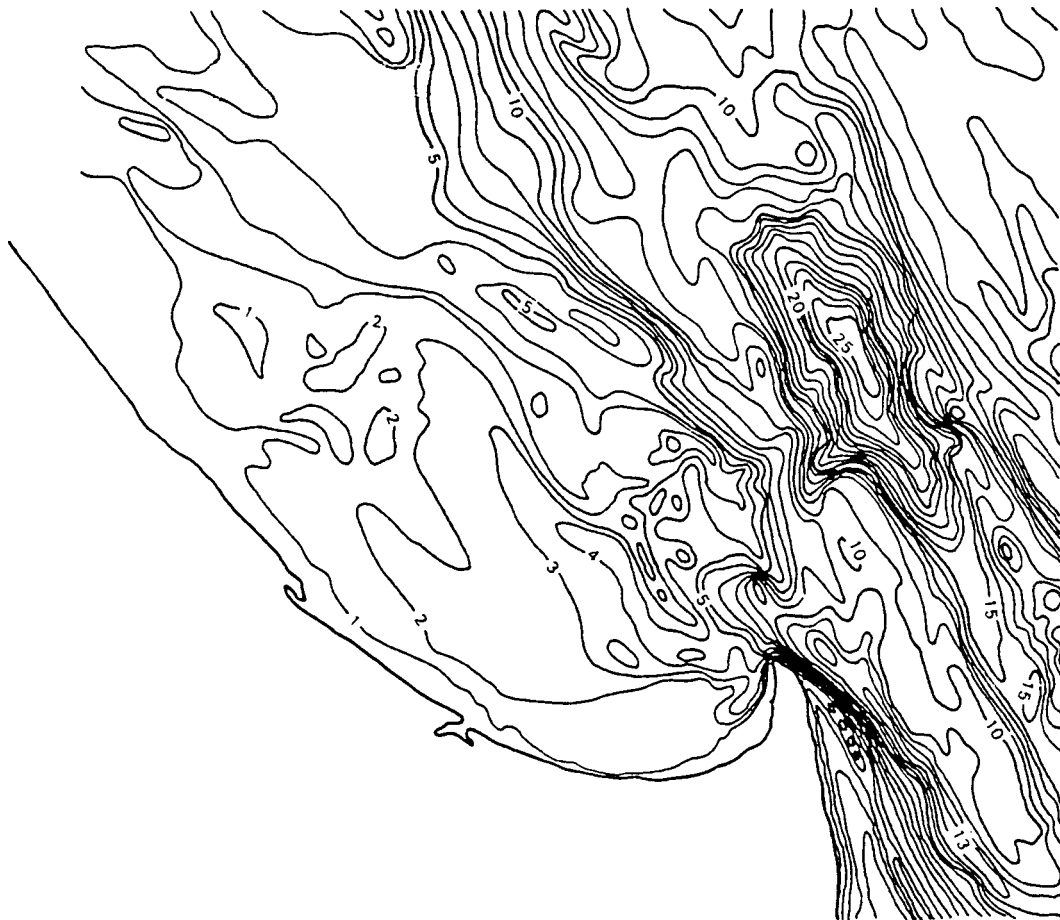


Figura 38.23 - Representação de um Acidente Submarino em uma Carta Náutica Convencional e em uma Carta Batimétrica



Figura 38.24 - Seção de uma Carta Batimétrica (Intervalo entre Isóbatas: 1 Metro)

38.9 NOÇÕES SOBRE INTERPRETAÇÃO DAS INFORMAÇÕES DO ECOBATÍMETRO

Desde tempos imemoriais, uma das maiores preocupações do navegante tem sido evitar o encalhe do seu navio, ou embarcação. O prumo de mão é, provavelmente, o mais antigo instrumento de navegação. Com o passar dos anos, o prumo de mão evoluiu para a máquina de sondar, que podia ser usada em profundidades maiores. A base do prumo de mão ou do peso da máquina de sondar era côncava, de modo que pudesse ser “armada” com sebo ou sabão, proporcionando, assim, além da profundidade, uma amostra do sedimento do fundo, o que constituía mais uma informação para auxiliar na determinação da posição, ou para o fundeio (tensa = qualidade do fundo). Mesmo assim, as sondagens só podiam ser obtidas nas vizinhanças ou sobre a plataforma continental e a intervalos comparativamente longos, em virtude do tempo consumido para arriar e içar o prumo mecânico. Hoje, com o emprego do ecobatímetro, o navegante pode obter continuamente a sondagem, que pode ser apresentada graficamente, mostrando o perfil do fundo sobre o qual o navio se desloca (figura 38.25).

O prumo de mão, a máquina de sondar e o ecobatímetro foram apresentados com detalhes no Volume I deste Manual (Capítulo 11). Em resumo, o ecobatímetro gera uma onda acústica submarina e mede o intervalo de tempo entre a transmissão do sinal e a

recepção do eco refletido pelo fundo; conhecendo-se a velocidade de propagação do som na água do mar, este intervalo de tempo é convertido em uma leitura de profundidade, por meio da fórmula:

$$\text{prof} = C \cdot \frac{t}{2}$$

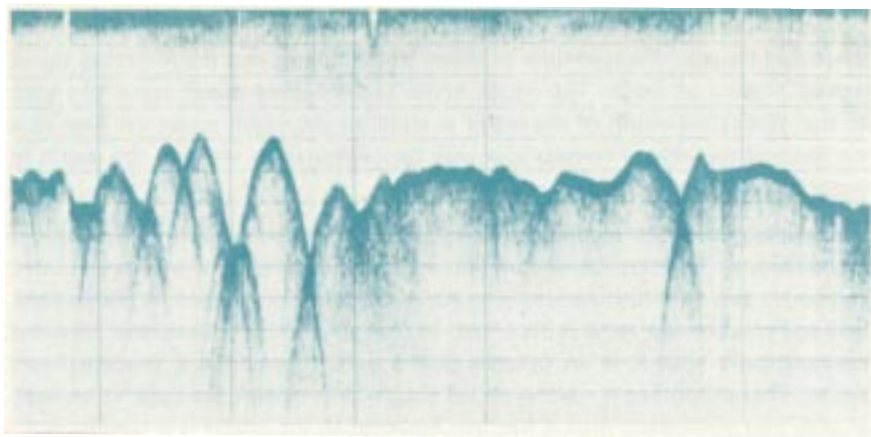
Onde:

C = velocidade de propagação do som na água do mar;

t = intervalo de tempo entre a transmissão do sinal acústico e a recepção do eco refletido no fundo; e

prof = profundidade do local.

Figura 38.25 - Registro do Ecobatímetro (Perfil do Fundo)



Na figura 38.26, por exemplo, o sinal acústico é transmitido quando o mostrador rotativo do ecobatímetro indica zero. O equipamento, então, mede o intervalo de tempo decorrido entre a transmissão do sinal e a recepção do eco refletido pelo fundo, obtendo: $t = 53.333$ ms. Sabendo-se que a velocidade de propagação do som na água do mar é 1.500 m/s, o ecobatímetro calcula a profundidade local:

$$\text{prof} = 1.500 \times \frac{0,053333}{2} = 40 \text{ m}$$

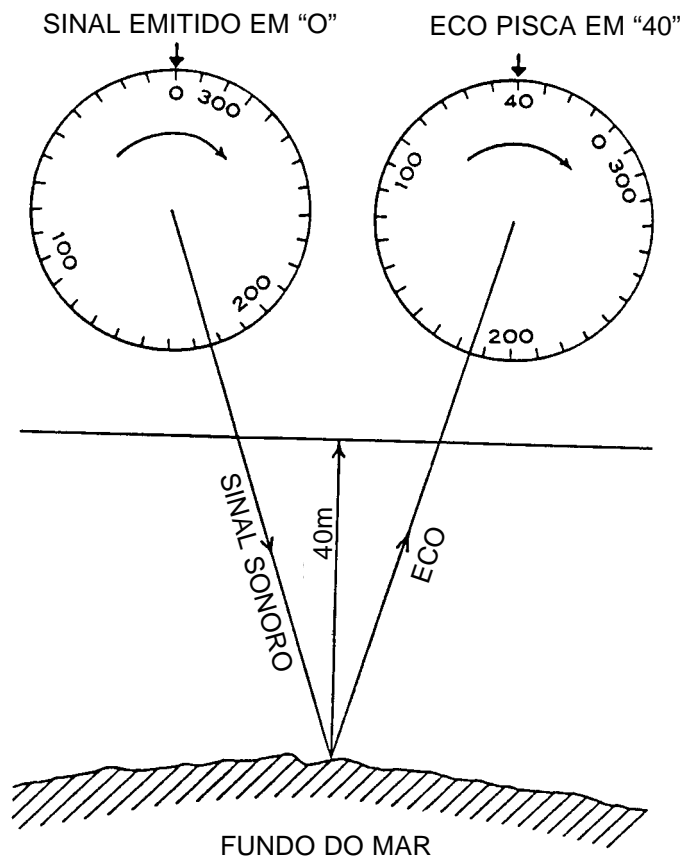
Assim, o mostrador piscará na graduação 40, indicando a profundidade local.

Na realidade, a velocidade do som na água varia com a temperatura, salinidade e pressão (profundidade). Esta variação, entretanto, não é muito grande e os ecobatímetros, em sua maioria, são calibrados para uma velocidade do som de 4.800 pés/s (≈ 1.463 m/s). No mar, a velocidade de propagação do som é quase sempre maior que este valor calibrado e o erro introduzido na indicação do ecobatímetro proporciona maior segurança ao navegante (ou seja, o equipamento indicará profundidades ligeiramente menores que as verdadeiras), exceto no caso de água doce ou extremamente fria.

Alguns ecobatímetros operam na faixa audível do espectro sonoro (de cerca de 20 a 20.000 Hz). Entretanto, a tendência é usar frequências mais altas, da faixa ultra-sonora, de modo a reduzir as interferências causadas pelos ruídos do navio.

O transdutor, localizado no fundo do navio, próximo da quilha, transmite o sinal acústico quando eletricamente excitado. A energia sonora usada para determinar a profundidade é projetada sob a forma de um cone. A maioria dos ecobatímetros de navegação gera um cone com um abertura de cerca de 60°; a área do fundo coberta pelo cone sonoro é função da profundidade e, em águas profundas, pode ser bastante grande. O eco, refletido pelo fundo, é recebido pelo transdutor, convertido em energia elétrica e amplificado. O intervalo de tempo medido entre a emissão do pulso e a recepção do eco é, então, transformado em profundidade e apresentado visualmente. Em geral, o ecobatímetro indica a profundidade abaixo da quilha, de modo que a profundidade real será igual à profundidade medida somada ao calado do navio. Alternativamente, o equipamento pode ser calibrado de maneira a fornecer a profundidade medida desde a superfície da água, pela introdução automática do calado do navio na altura do ponto onde está instalado o transdutor.

Figura 38.26 - Determinação da Profundidade pelo Ecobatímetro



A indicação da profundidade pode ser analógica (por meio de um neon que pisca na graduação do mostrador correspondente ao fundo medido), digital, através de registro gráfico em papel (figura 38.27), ou utilizando uma tela de cristal líquido (LCD). Os ecobatímetros equipados com registrador gráfico ou com tela de cristal líquido são muito úteis na navegação, pois fornecem o perfil do fundo na área onde trafega o navio. Um perfil de fundo típico foi mostrado na figura 38.25.

Em teoria, os ecos são refletidos pelo fundo de todos os pontos varridos pelo cone sonoro; na realidade, entretanto, os primeiros ecos que retornam tendem a mascarar os ecos posteriores. O navegante deve estar ciente que o primeiro retorno virá da porção do

fundo que estiver mais próxima e que esta porção não está sempre diretamente abaixo do navio. Quando isto ocorre, o fenômeno é denominado **eco lateral**. Na figura 38.28, por exemplo, a profundidade indicada pelo ecobatímetro (abertura do cone de emissão = 60°), que não corresponderia ao ponto diretamente abaixo do transdutor, seria de 462m, enquanto que a profundidade do cume da montanha submarina é de 400 metros. Neste caso, o ecobatímetro está indicando um **eco lateral**.

Em águas rasas, podem ocorrer **retornos múltiplos** quando o fundo é um bom refletor sonoro (fundo duro). O primeiro eco retorna do fundo e é registrado como profundidade, mas, além disso, o eco reflete-se novamente para baixo, a partir da superfície da água, torna a refletir-se no fundo e retorna ao equipamento. A figura 38.29 mostra um exemplo de dupla reflexão: o traço superior representa o fundo verdadeiro, enquanto o inferior, indicando o dobro da profundidade, é causado pelo retorno múltiplo. A redução do ganho do equipamento normalmente elimina as indicações de eco múltiplo.

Outro fenômeno que pode dificultar a interpretação das informações do ecobatímetro é o surgimento de um fundo falso, suspenso na água, entre a superfície e o fundo verdadeiro (figura 38.30). Isto é causado por ecos refletidos pela camada de dispersão profunda ("**deep scattering layer**"), formada por zooplânctons e outros minúsculos organismos marinhos. Durante o dia, a camada de dispersão profunda, também denominada de fundo fantasma ("**phantom bottom**"), é encontrada em profundidades de cerca de 400 metros; à noite, normalmente, ela se aproxima da superfície. Às vezes a camada é tão densa que chega a mascarar os ecos do fundo verdadeiro.

Cardumes de peixes também refletem o sinal sonoro, tornando os ecobatímetros (em especial os que usam frequências mais altas) particularmente úteis na pesca. Uma descontinuidade marcante no meio líquido pode causar a reflexão do som; assim, um ecobatímetro pode, muitas vezes, detectar o limite entre uma camada de água doce que se sobrepõe à água salgada mais pesada.

Um fundo rochoso reflete quase todo o sinal acústico, enquanto fundo de lama tende a absorver a energia sonora, refletindo, assim, um eco mais fraco. Uma camada de lama ou silte sobre um fundo rochoso normalmente proporciona dois ecos. Na figura 38.31, por exemplo, verifica-se, no registro do ecobatímetro, o fundo de lama e, mais abaixo, o fundo duro, no canal de acesso a Florianópolis.

O ar é refletor perfeito das ondas sonoras. Por isso, com o navio operando máquinas a ré, o ecobatímetro muitas vezes perde a indicação, em virtude das bolhas de ar que passam por baixo do transdutor.

Uma outra possível fonte de erro na indicação do ecobatímetro é o balanço e, em menor extensão, o caturro do navio. A instalação do transdutor, na maioria dos casos, é fixa (não estabilizada), causando a inclinação do cone de transmissão, com relação à vertical, conforme o navio se movimenta. Este efeito também deve ser levado em conta pelo navegante, como mostrado na figura 38.32. Somente um ecobatímetro com transdutor estabilizado continuará emitindo na vertical, mesmo com o balanço e o caturro do navio, como pode ser visto na ilustração da direita dessa figura.

Em virtude da emissão do sinal acústico em um feixe cônico, com uma determinada largura (abertura), os acidentes do relevo submarino em grandes profundidades serão

representados com uma forma “hiperbólica” e assim, nessa situação, o perfil registrado pelo ecobatímetro pode diferir um pouco do perfil real do fundo, conforme mostrado na figura 38.33. Se o fundo é bastante irregular, poderá aparecer no registro do ecobatímetro um padrão de diversas “hipérboles” superpostas umas às outras, como ilustrado na figura 38.34. A forma “hiperbólica” é função da largura do feixe emitido, da profundidade local e da velocidade da embarcação. As múltiplas “hipérboles” são devidas, em grande parte, aos **ecos laterais** produzidos pelo cone sonoro. O efeito torna-se ainda mais acentuado com o balanço da embarcação.

Quando interpretando o registro do ecobatímetro, o navegante deve lembrar que as profundidades mínimas indicadas no topo de cada “hipérbole” podem não ser aquelas diretamente abaixo da quilha e que, portanto, o perfil registrado pode não corresponder exatamente ao perfil do fundo sobre o qual se desloca o navio.

Os ecos hiperbólicos, entretanto, ocorrem apenas em grandes profundidades. A figura 38.35 mostra o registro do ecobatímetro indicando fundos irregulares nas proximidades da borda da plataforma continental a sudeste de Cabo Frio (na posição Latitude 23° 43,7' S e Longitude 041° 38,3' W). Note-se a ausência de ecos hiperbólicos.

Figura 38.27 – Ecobatímetro com Registro Gráfico

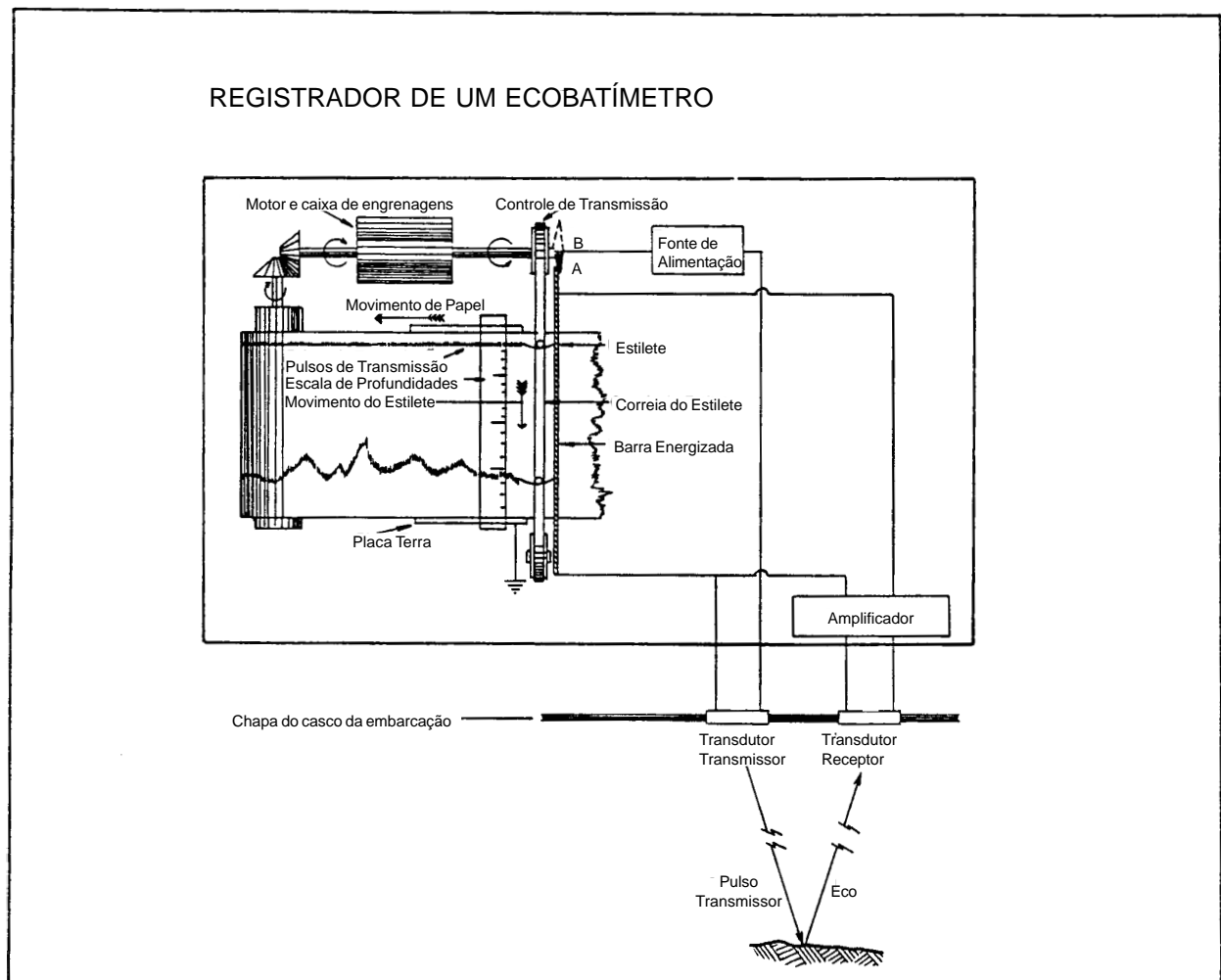


Figura 38.28 - Eco Lateral

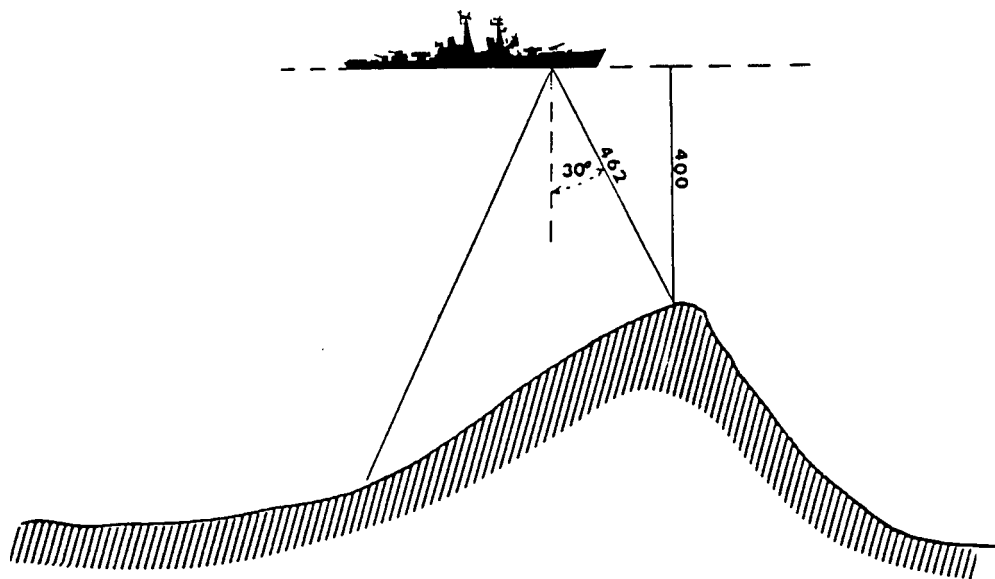


Figura 38.29 - Eco Duplo Indicado no Registrador do Ecobatímetro

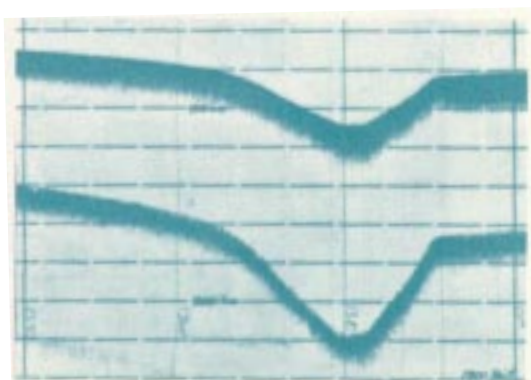


Figura 38.30 - Registro do Ecobatímetro Mostrando "Deep Scattering Layer" (DSL) entre o Fundo e a Superfície do Mar

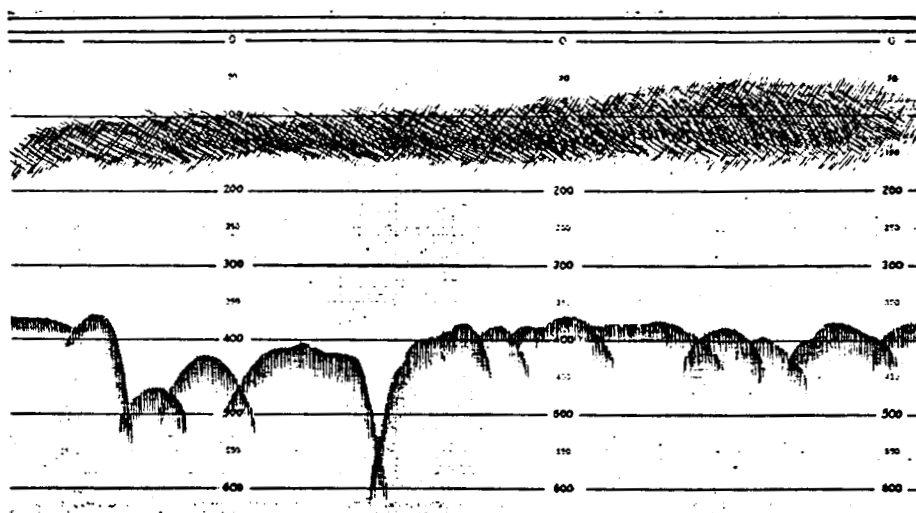


Figura 38.31 - Registro do Ecobatímetro Mostrando Fundo de Lama e, mais Abaixo, Fundo Duro (Canal de Acesso a Florianópolis)

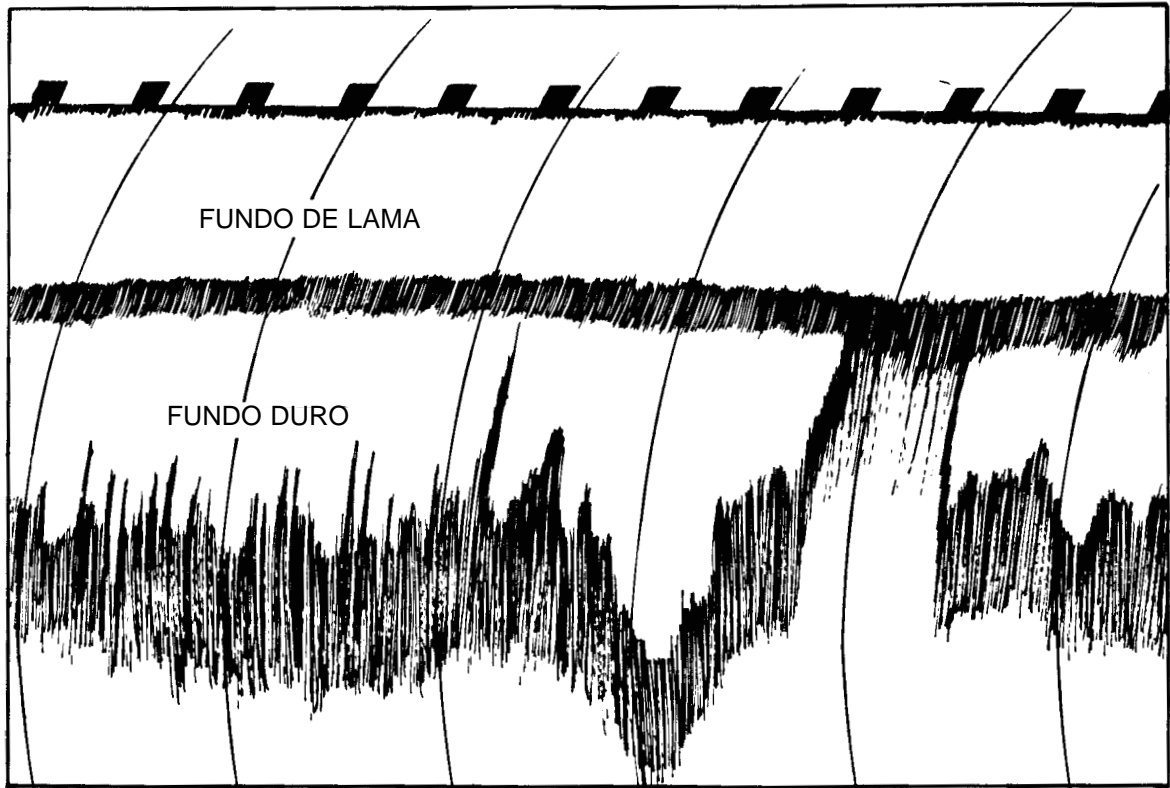


Figura 38.32 - Efeitos do Balanço e do Caturro do Navio sobre as Indicações do Ecobatímetro

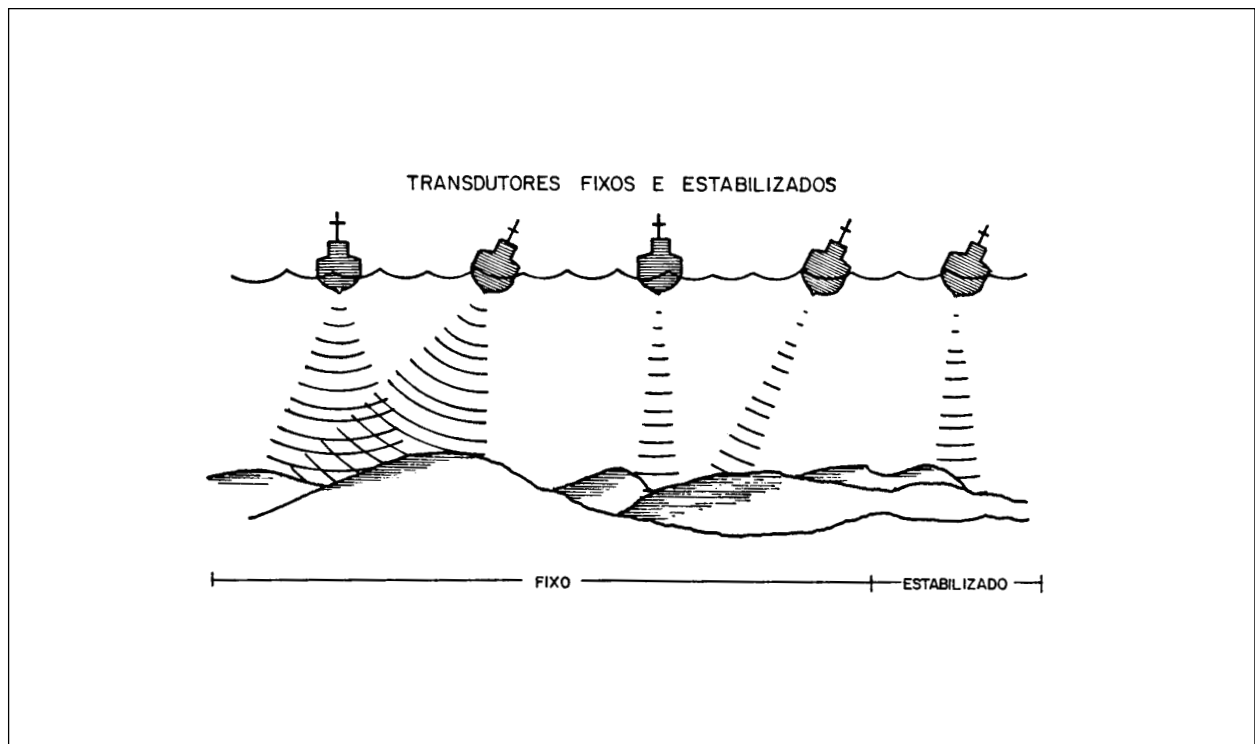
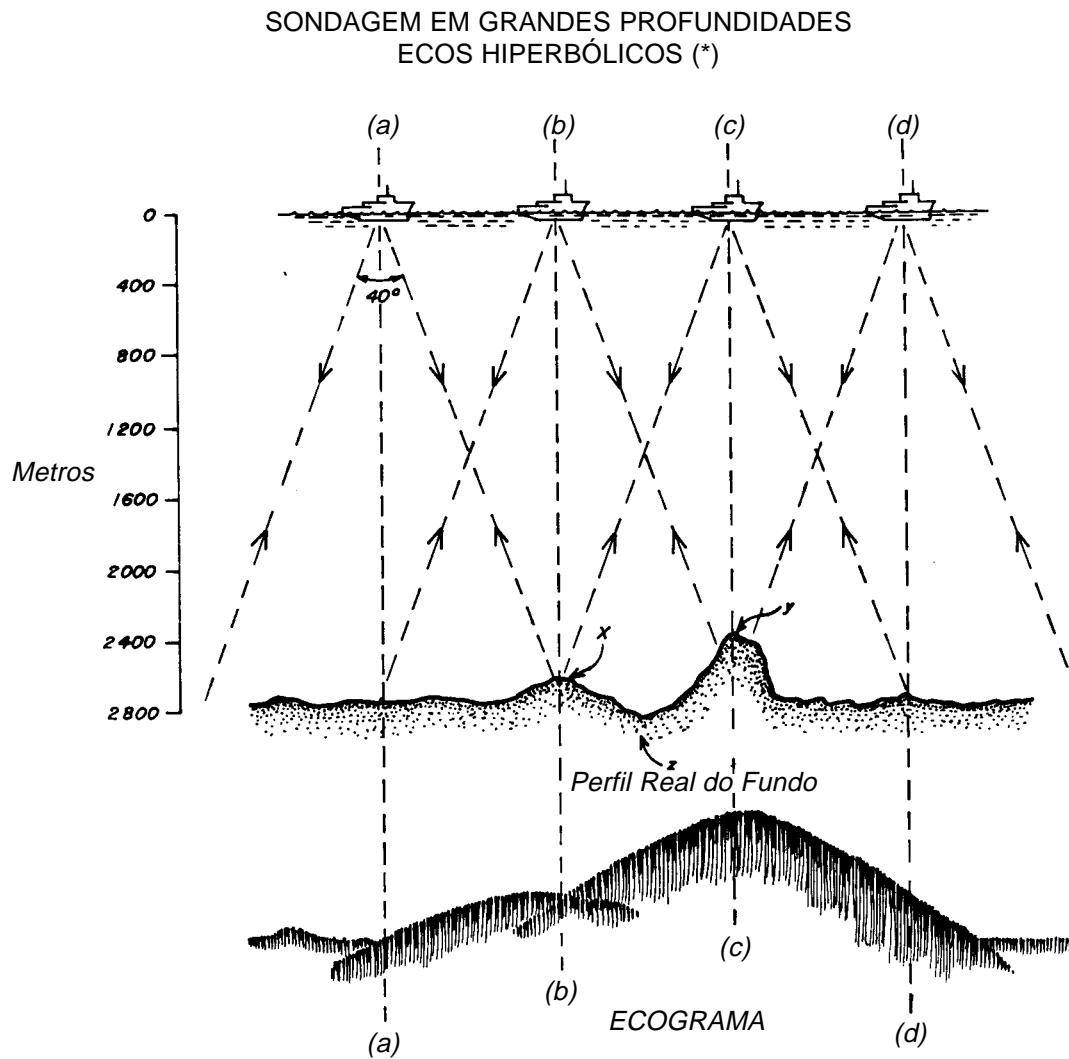
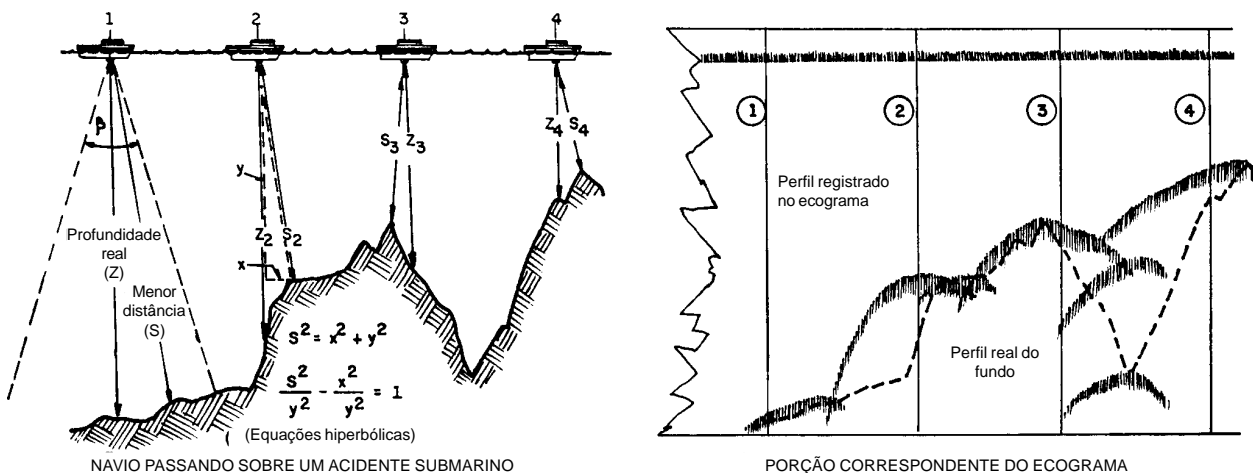


Figura 38.33 - Ecos Hiperbólicos (Grandes Profundidades)



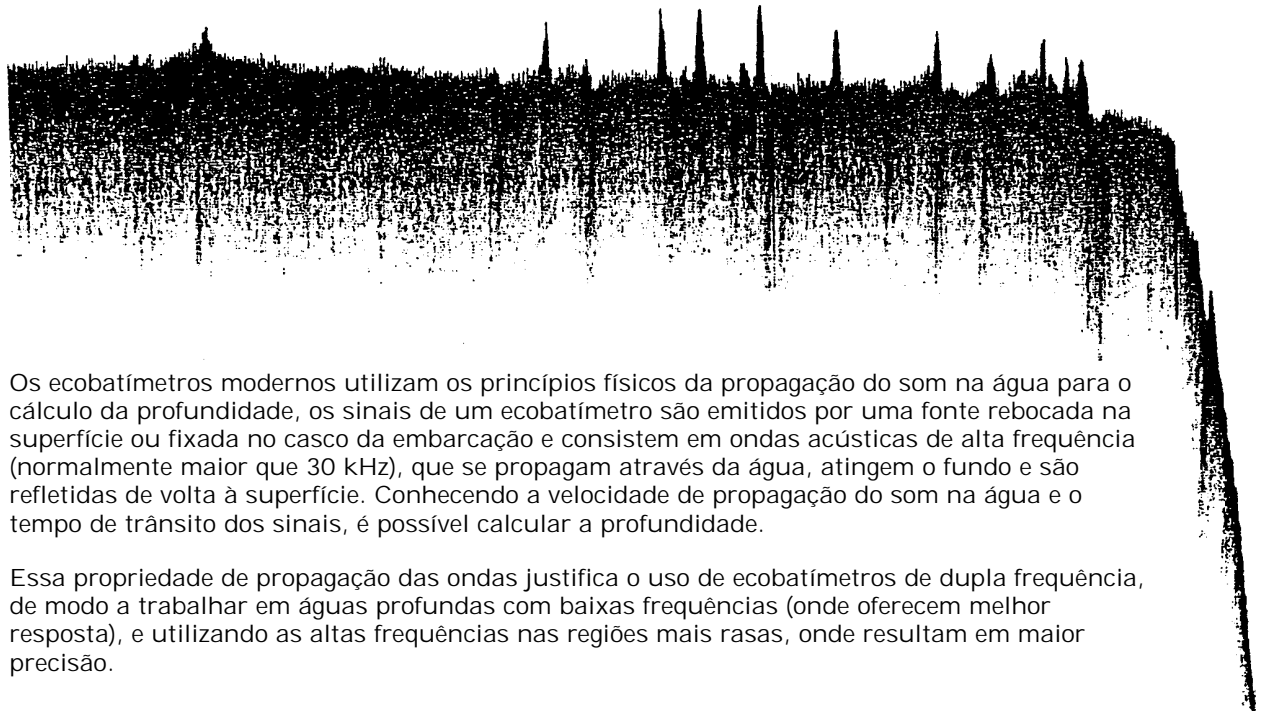
(*) OS ECOS RECEBIDOS SÃO VERDADEIRAS HIPÉRBOLES APENAS EM TEORIA.
NA PRÁTICA, ENTRETANTO, SUA FORMA É UMA CURVA SEM REPRESENTAÇÃO MATEMÁTICA.

Figura 38.34 - Registro Oriundo de um Fundo Irregular (Grandes Profundidades)



O EFEITO DA LARGURA DO FEIXE DE EMISSÃO DO TRANSDUTOR NO REGISTRO DO ECOBATÍMETRO

Figura 38.35 – Fundos Irregulares nas Proximidades da Borda da Plataforma a SE de Cabo frio



Os ecobatímetros modernos utilizam os princípios físicos da propagação do som na água para o cálculo da profundidade, os sinais de um ecobatímetro são emitidos por uma fonte rebocada na superfície ou fixada no casco da embarcação e consistem em ondas acústicas de alta frequência (normalmente maior que 30 kHz), que se propagam através da água, atingem o fundo e são refletidas de volta à superfície. Conhecendo a velocidade de propagação do som na água e o tempo de trânsito dos sinais, é possível calcular a profundidade.

Essa propriedade de propagação das ondas justifica o uso de ecobatímetros de dupla frequência, de modo a trabalhar em águas profundas com baixas frequências (onde oferecem melhor resposta), e utilizando as altas frequências nas regiões mais rasas, onde resultam em maior precisão.

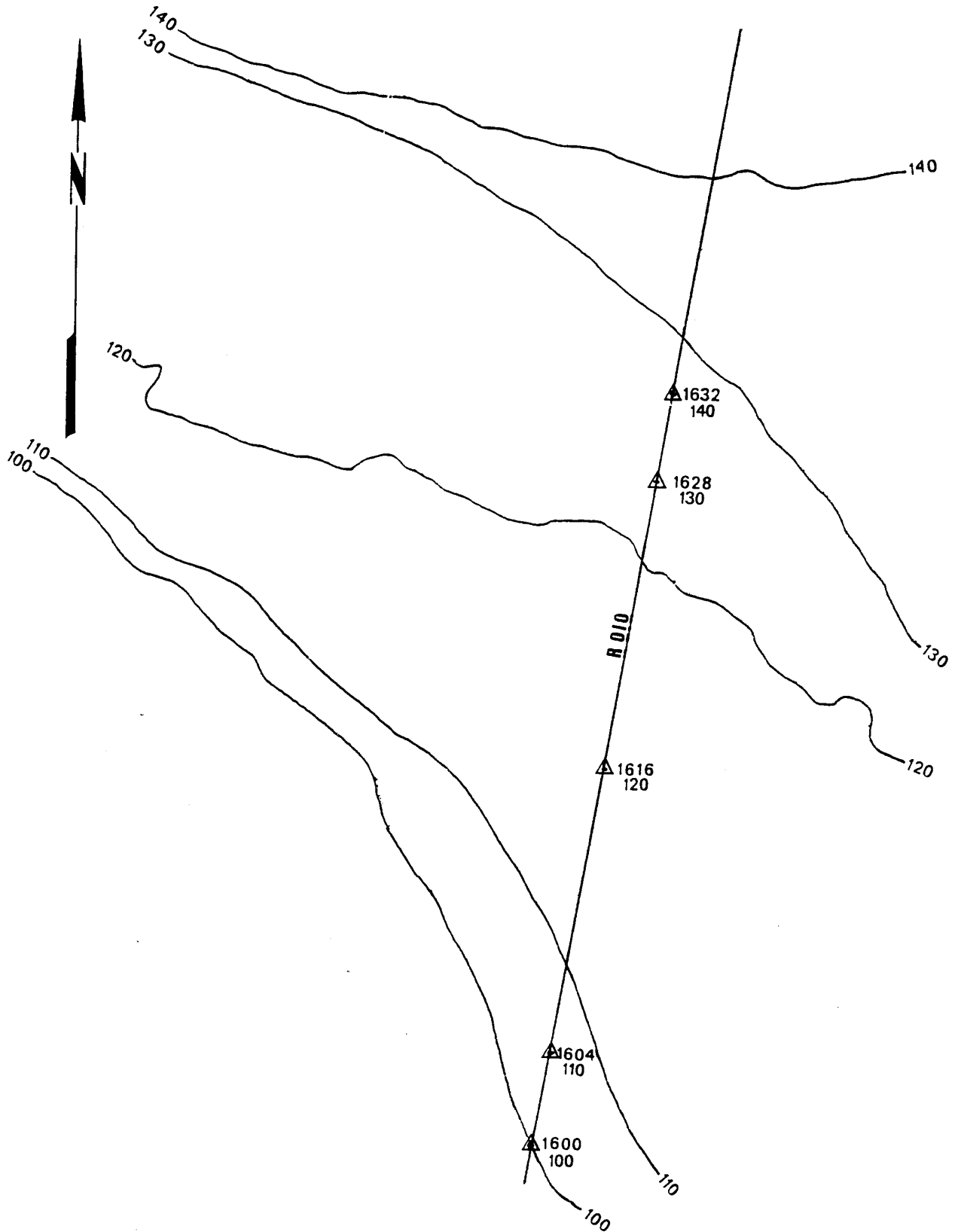
38.10 TÉCNICAS DE NAVEGAÇÃO BATIMÉTRICA

Existem várias técnicas para controle dos movimentos e determinação da posição do navio na **Navegação Batimétrica**. A mais simples é a denominada “correr uma isóbata” ou “correr uma linha de sondagem” (“running a sounding”), que consiste em seguir uma isóbata representada na Carta Náutica. No extrato de carta mostrado na figura 38.35a está ilustrado como uma isobatimétrica (ou linha de sondagem) pode ser seguida para conduzir o navio com segurança na direção desejada, principalmente sob visibilidade restrita ou quando o único equipamento de navegação disponível é o ecobatímetro. Neste exemplo, o navegante decidiu seguir a isóbata de 50 metros para navegar das proximidades do Rio de Janeiro até o través da Ponta de Saquarema. Ao alcançar a profundidade de 50 metros (lida no ecobatímetro e devidamente corrigida, se for o caso), o navio governará no rumo geral ENE; se a profundidade diminuir, o rumo será corrigido para BE; se aumentar, a correção será para BB, de modo que se navegue mantendo a profundidade constante em 50 metros, ou seja, “correndo a isobatimétrica de 50 metros”. Quando se usa este método de navegação em visibilidade restrita, é prudente reduzir a velocidade, para dar tempo de reagir a uma mudança rápida de profundidade que ocorrer inesperadamente; além disso, em baixa velocidade aumenta-se a razão de obtenção de profundidades e reduzem-se os ecos espúrios, facilitando a manobra de seguir a isóbata escolhida.

Outra técnica bastante empregada é a do transporte das isóbatas, que requer, para sua aplicação, uma folha de papel vegetal ou plástico transparente.

Na figura 38.36, por exemplo, temos uma representação do relevo do fundo do mar, com as isóbatas de 100, 110, 120, 130 e 140 metros traçadas na carta sobre a qual está sendo conduzida a navegação. A linha de rumo do navio também é apresentada.

Figura 38.36 - Trecho da Carta, com as Isóbatas Traçadas de 10 em 10 Metros, Indicando a Topografia do Fundo



Para determinar a posição por transporte de isóbatas, o navegante registra os instantes em que o ecobatímetro indica sondagens de valores iguais às isóbatas traçadas na carta. Neste caso:

HORA	PROFUNDIDADE
1600	100 m
1604	110 m
1616	120 m
1628	130 m
1632	140 m

A primeira posição estimada (1600 horas) é marcada sobre a isóbata de 100 metros. Após isso, o navegante plota sobre a linha de rumo os pontos estimados das sondagens seguintes (1604, 1616, 1628 e 1632 horas), conforme mostrado na figura 38.36.

Copiam-se, então, as isóbatas na folha de papel vegetal ou plástico transparente. Em seguida, a primeira isóbata (100 m) é transportada da distância navegada entre 1600 horas e 1632 horas, sobre a linha de rumo; a segunda (110 m) é transportada da distância navegada entre 1604 e 1632 horas, e assim por diante. O ponto de cruzamento das isóbatas transportadas com a isóbata de 140 m será a posição do navio às 1632 horas, como indicado na figura 38.37.

Com duas isóbatas teremos, quase sempre, cruzamentos em mais de um ponto. Com três isóbatas consegue-se, na maioria dos casos, um triângulo de incerteza. Uma quarta isóbata confirmaria a posição. No exemplo, foram usadas cinco isóbatas.

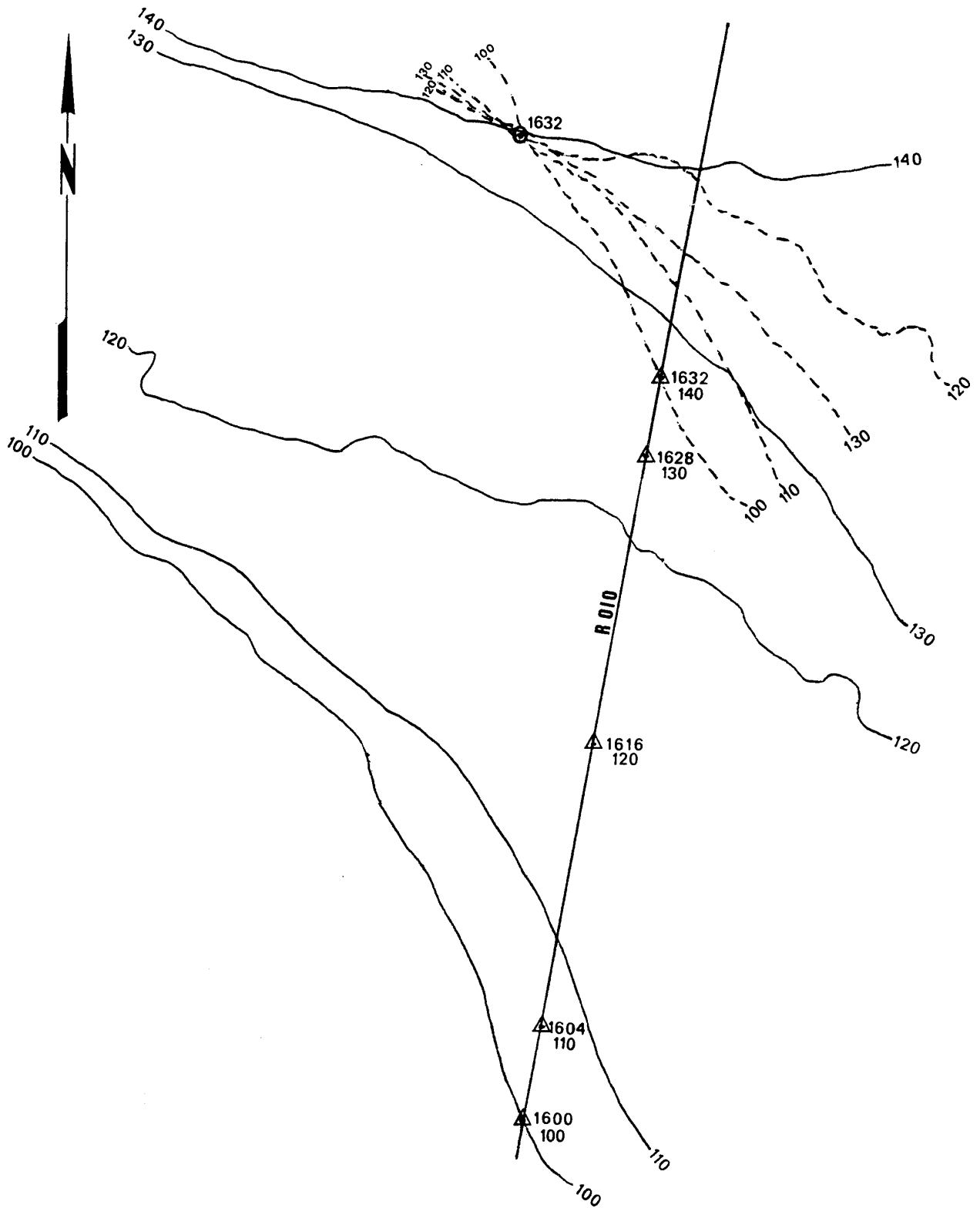
Para o traçado das isóbatas transportadas, elas são primeiramente copiadas em papel vegetal ou plástico transparente. Depois, avançadas da distância navegada, sobre a linha de rumo, paralelamente a si mesmas. Calcando um pouco o lápis sobre o “overlay” transparente, consegue-se transferir para a carta o trecho de isóbata que vai cruzar com a última isóbata usada (no exemplo, a de 140 m às 1632 horas).

Uma variante desta técnica consiste em, após registrar os instantes em que o ecobatímetro indica sondagens de valores iguais às isóbatas traçadas na carta, plotar, em uma folha de papel vegetal ou plástico transparente, uma linha na direção do rumo do navio e, sobre ela, marcar as posições estimadas correspondentes aos instantes obtidos (levando em conta a velocidade em que se navega), anotando ao lado de cada ponto a profundidade e a hora correspondentes. Após terminado este processo, o “overlay” transparente é colocado sobre a carta, na vizinhança da posição estimada do navio, com a linha de rumo orientada na direção apropriada. Move-se, então, o “overlay” sobre a carta, paralelamente a si mesmo (isto é, com a linha de rumo sempre orientada na direção correta), até que as posições plotadas no papel coincidam com as isóbatas correspondentes traçadas na carta. Desta maneira, a posição do navio ao cruzar a última isóbata considerada pode, normalmente, ser determinada com boa precisão.

Tanto esta técnica quanto a anterior não devem ser usadas quando a direção do deslocamento é paralela às isóbatas, ou quando o relevo submarino é pouco acidentado e apresenta uma declividade uniforme (ou seja, quando as isóbatas são mais ou menos paralelas entre si e espaçadas de forma aproximadamente igual).

O cume de um monte submarino isolado, localizado por meio do ecobatímetro, também pode ser usado para determinar a posição do navio.

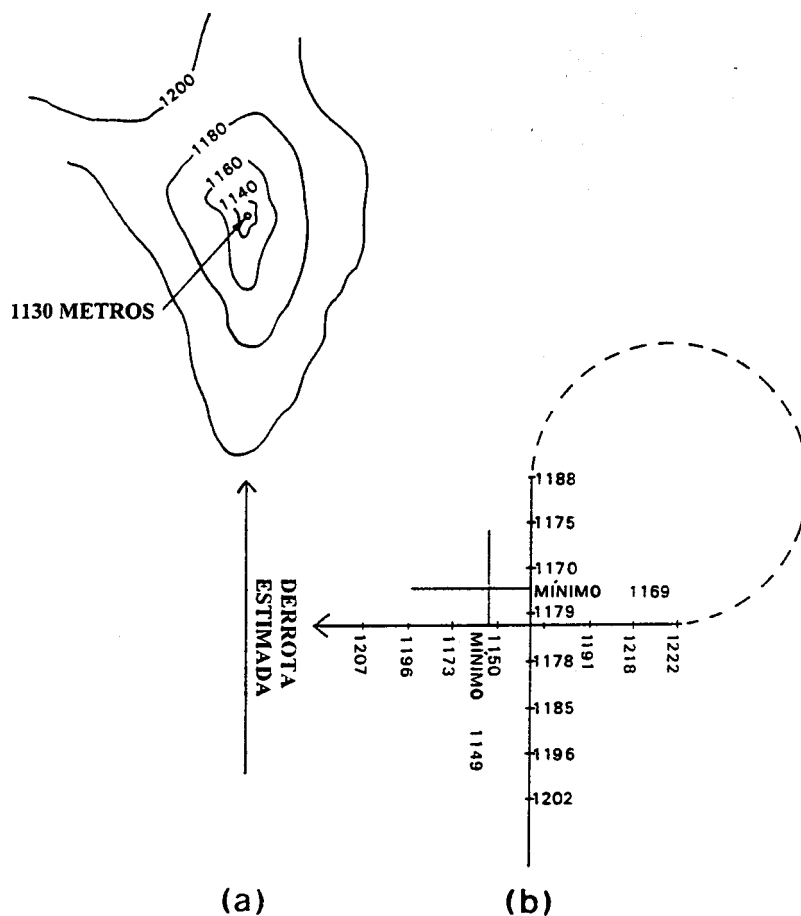
Figura 38.37 - Ponto por Transporte de Linhas de Igual Profundidade



Quando não se passa diretamente sobre o tope do acidente, pode ser usada a técnica ilustrada na figura 38.38. Quando o navio se aproxima do monte submarino isolado, determina-se, com a melhor precisão possível, uma posição e, então, ruma-se direto para o cume do banco. A figura 38.38a mostra as isóbatas traçadas em torno do cume de um monte submarino, cuja menor profundidade é 1.130 metros. O navio determinou sua posição ao Sul do banco e desfechou o rumo 000°, dirigindo-se diretamente para o tope do acidente. No entanto, como mostrado na figura 38.38b, conforme o navio se aproxima do monte submarino, registrando as sondagens a cada minuto, a menor profundidade obtida foi 1.169 metros. Da posição correspondente à sondagem mínima traça-se uma perpendicular ao rumo do navio (ver a figura 38.38b). À medida que as profundidades passam a aumentar, fica óbvio que o navio já passou do cume do banco; guina-se, então, de 90° com relação ao rumo original, assumindo-se, neste exemplo, o rumo de 270°, cruzando novamente sobre o acidente, de modo a passar o mais próximo possível da posição do cume. As sondagens são, de novo, anotadas a cada minuto. No segundo rumo, a sondagem mínima obtida foi 1.149 metros. Da posição correspondente, traça-se uma outra perpendicular ao rumo.

A interseção das duas perpendiculares traçadas pelas profundidades mínimas determina a posição do cume do monte submarino relativa às plotagens feitas, ou seja, com referência à navegação estimada do navio. A direção e a distância que separam esta interseção da posição do cume plotada na carta representa o deslocamento da derrota estimada. Assim, a derrota pode ser ajustada e a posição do navio determinada. Este método de localização do cume de um monte submarino pode ser usado com um cone sonoro de qualquer abertura. Essa técnica é muito pouco usada em comparação com as anteriormente apresentadas e seu uso se prende mais à verificação de acidentes isolados.

Figura 38.38 - Determinação da Posição pelo Cume de um Monte Submarino



Questões fundamentais de **ÉCOBATIMETROS** para o exame de capitão amador

1- A instalação da **agulha eletrônica** (“FLUX GATE COMPASS”) a bordo é simples, a apresentação do rumo é geralmente digital e não existem partes móveis na agulha. Além disso, uma **agulha eletrônica** pode ser usada em latitudes mais elevadas que uma bússola convencional.

IMPORTÂNCIA DO CONHECIMENTO DA PROFUNDIDADE

2- A **profundidade** é um dado de fundamental importância para a segurança do navio, ou embarcação, na **navegação costeira** e, especialmente, quando se trafega em **águas restritas**.

3- A Carta Náutica registra as profundidades na área representada e apresenta diversas linhas **isobáticas** (**isóbatas** ou **isobatimétricas**), que interligam pontos de mesma profundidade e permitem visualizar a topografia submarina.

4- Tanto as **profundidades**, como as **curvas isobatimétricas**, constituem informações muito valiosas para o navegante.

Basicamente, o navegante determina a **profundidade** da posição em que se encontra com um ou mais dos seguintes propósitos:

- avaliar se a **profundidade** medida oferece perigo, tendo em vista o calado do seu navio, ou embarcação;
- comparar a **profundidade** medida com a registrada na Carta Náutica para a posição por ele determinada, como um meio de verificar essa posição; e
- obter uma **linha de posição**, pois, conforme visto em Capítulos anteriores, a **profundidade** é uma LDP de que se lança mão na **navegação costeira**, em condições especiais.

5- Para determinar profundidades, o navegante, normalmente, dispõe dos seguintes meios:

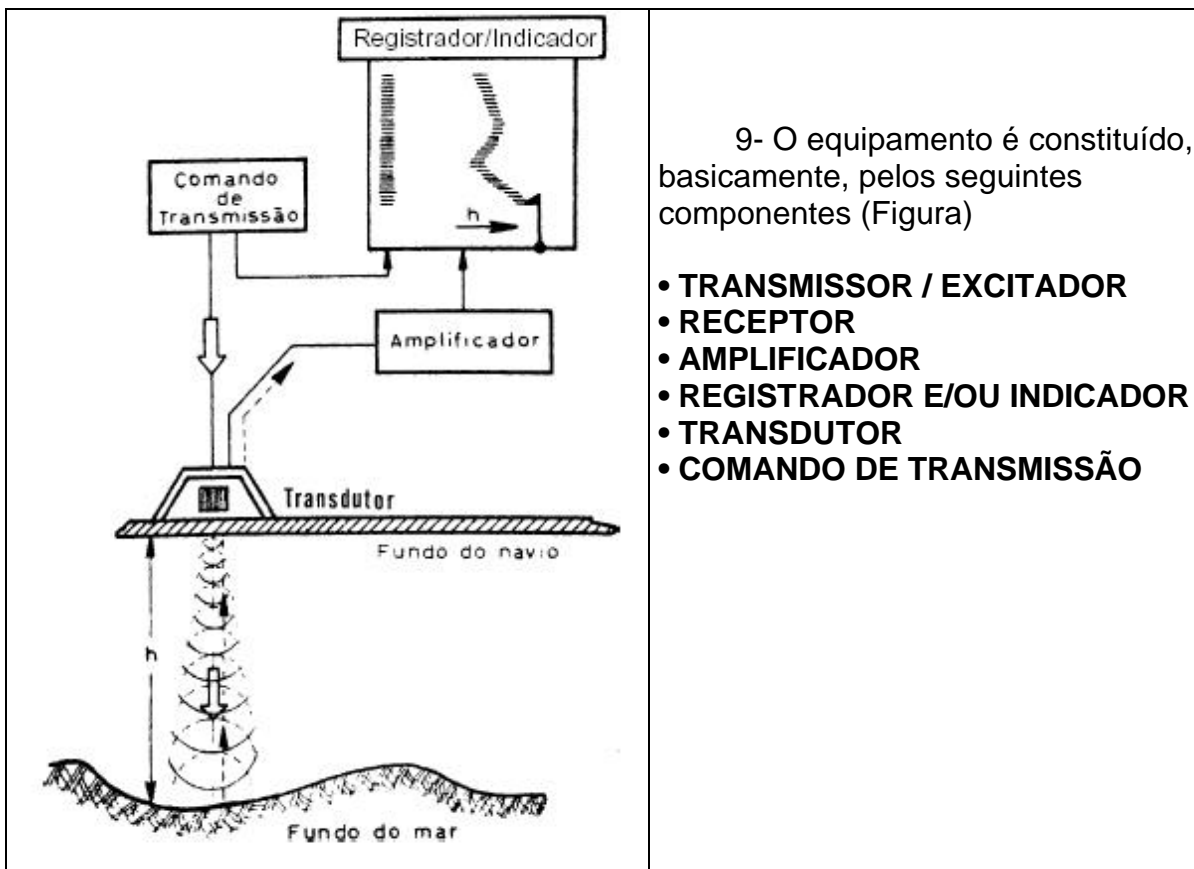
- prumo de mão;
- máquina de sondar; e
- ecobatímetro.

ECOBATÍMETROS

6- Um feixe de ondas sonoras ou ultra-sonoras é transmitido verticalmente por um emissor instalado no casco do navio; tal feixe atravessa o meio líquido até o fundo e aí se reflete, voltando à superfície, onde é detectado por um receptor.

7- O tempo decorrido entre a emissão do sinal e a recepção do eco refletido do fundo é convertido em profundidade, pois a velocidade do som na água é conhecida (1500 metros por segundo).

8- Os **Ecobatímetros** podem ser **sonoros** (frequência menor que 18 kHz) ou **ultrasonoros** (frequência maior que 18 kHz).



10- O **comando de transmissão** envia, a intervalos de tempo constantes, um pulso ao **excitador / transmissor**, que, recebendo esse sinal, envia um pulso de energia elétrica de potência muito maior que a recebida, ao **transdutor**.

11- O **transdutor de emissão** é um dispositivo que transforma energia elétrica em sonora. O eco refletido pelo fundo do mar impressiona o **transdutor de recepção**, que transforma a energia sonora em energia elétrica, que é, por sua vez, enviada ao medidor de intervalo de tempo.

12- No medidor, é medido o intervalo entre a emissão do pulso e a recepção do eco, que é transformado diretamente em profundidade e apresentado, visual ou graficamente, no **registrador / indicador**.

13- Quando o pulso sonoro é transmitido, inicia-se a contagem do tempo, a partir do instante da transmissão. Ao ser recebido o eco refletido no fundo, é feita a medida do intervalo de tempo decorrido entre o instante da transmissão e o instante da recepção do eco.

Assim, a profundidade do local será igual à velocidade do som multiplicada pela metade do intervalo de tempo acima descrito.

14- A indicação de profundidade pode ser:

- DIGITAL
- ANALÓGICA
- através de registro em uma ESCALA GRÁFICA.

15- O **registro gráfico** das profundidades tem a vantagem de proporcionar uma boa visualização do relevo submarino da área onde se navega.

Modernamente, em vez do tradicional registro em papel, muitos ecobatímetros apresentam o relevo submarino em telas de LCD de alta resolução.

16- Os **transdutores** são instalados no fundo do casco do navio, próximo da quilha e emitem um feixe sonoro (ou ultra-sonoro) em forma de cone, com um ângulo de abertura que varia de equipamento para equipamento.

17- Para transformar energia elétrica em pulso sonoro e vice-versa, os **transdutores** utilizam o princípio da magnetostrição ou da piezo-eletricidade.

18- Os fundos duros são melhores refletores que os fundos macios, produzindo, assim, um eco mais forte.

19- Quando no limite da escala de um ecobatímetro, pode-se ter dificuldades de leitura se o fundo for de lama macia, devido a pouca intensidade do eco produzido.

20- Atualmente, os **ecobatímetros** possuem diversos recursos, entre os quais sobressaem o alarme de baixa profundidade e o alarme de alta profundidade.

21- O **alarme de baixa profundidade** pode ser ajustado para alertar o navegante quando o navio atinge uma profundidade considerada como limite de segurança para a navegação.

22- Ambos os alarmes, desde que convenientemente ajustados, podem dar ao navegante uma boa indicação de que o navio está garrando, quando fundeado ou amarrado à bóia.

23- Portanto, para obter a profundidade do local no instante da sondagem é necessário somar à leitura do **ecobatímetro** o valor do **calado** do navio, ou embarcação, pois:

PROFUNDIDADE REAL = PROFUNDIDADE ABAIXO DA QUILHA + CALADO

24- As **profundidades** representadas nas Cartas Náuticas têm como origem o **Nível de Redução**, que, para as nossas cartas, é definido como a **média das baixamares de sizígia**.

25- Desta forma, para comparar com precisão a **profundidade medida** com a **sondagem** representada na carta, é preciso considerar a **altura da maré** no instante da medição, subtraindo-a (no caso de altura da maré positiva) ou, eventualmente, somando-a (no caso relativamente raro de altura negativa da maré, ou seja, de nível atual do mar abaixo do Nível de Redução).

26- O instrumento de propagação sonora mais simples e mais utilizado é o ecobatímetro.

27- A topografia submarina e a natureza do fundo exercem importante influência sobre o desempenho de um ecobatímetro.

Os fundos de lama, por exemplo, refletem muito mal o som, enquanto os fundos de areia absorvem muito pouco a onda sonora, constituindo-se em ótimos elementos de reflexão.

28- Em um mar muito agitado, a propagação também se efetuará de forma deficiente, não se podendo tirar partido de todas as possibilidades do aparelho.

A energia sonora emitida por um ecobatímetro chegará ao fundo e nele estará sujeita à absorção e à difusão.

29- Embora atenuada, a energia refletir-se-á no fundo, como eco, daí retornando à superfície, para refratar-se novamente para baixo.

30- Os transdutores dos ecobatímetros emitem o som em uma freqüência controlada, através dos efeitos de piezoelectricidade ou de magnetostricção.

31- Considerando exclusivamente a eficiência da transmissão, é evidente que, quanto **mais baixa a freqüência**, melhor, pois o coeficiente de absorção também será pequeno.

32- No entanto, às vezes é necessário concentrar a energia acústica em um feixe estreito, que permita uma recepção com maior discriminação, facilitando a obtenção de um **contorno submarino mais definido**.

33- O **transdutor** executa as duas funções: transforma energia elétrica em energia sonora, que é transmitida através da água, e converte o eco recebido em energia elétrica.

34- O nível de ruído (NL – “noise level”) cresce muito com a velocidade do navio, aumentando com a 3ª potência do crescimento da velocidade.

35- Os efeitos que afetam a propagação das ondas acústicas e interessam diretamente ao desempenho dos sistemas e sensores utilizados em navegação são:

- **Dispersão;**
- **absorção;**
- **reflexão;** e
- **refração.**

Dependendo da natureza e das fronteiras do meio e da frequência da onda, alguns desses fenômenos predominam sobre os outros.

36- A atenuação da propagação de uma onda se processa de duas formas: por **dispersão** e por absorção. A energia disponível para a obtenção de um eco decresce com a distância, porque o impulso se **dispersa** à medida que se afasta da fonte..

37- Se considerarmos que a energia refletida que produz um eco percorre a distância nos **dois sentidos**, vemos que a intensidade do sinal varia na **razão inversa da quarta potência da distância**.

Assim, a intensidade do som é rapidamente atenuada na água.

Por isso, usam-se feixes direcionais nos ecobatímetros e sonares.

38- A propagação de ondas através de qualquer meio diferente do vácuo é sempre acompanhada de perdas causadas pela **absorção de potência pelas partículas do meio**.

39- Embora vários fatores, como a salinidade e o espalhamento, influenciem a absorção das ondas sonoras ao se propagarem no mar, o fator predominante é a frequência.

40- Quanto menor a frequência, menor a absorção e o ecobatímetro, ou sonar, de navegação que opera em baixa frequência terá maior alcance.

41- A reflexão das ondas acústicas é fator indispensável para o funcionamento dos sensores ativos, como o ecobatímetro e o sonar “doppler”.

42- A parcela da energia sonora espalhada que retorna à fonte toma o nome de **reverberação**.

A reverberação decorrente da reflexão das ondas sonoras nesses corpos estranhos ao meio é a chamada **reverberação de volume ou de meio**.

43- A reverberação de fundo assume importância quando operando em águas rasas (menos de 200 metros). Um fundo de pedra, coral ou conchas é uma fonte potencial de reverberação, ao passo que a areia funciona como um bom refletor, permitindo que a maior parte da energia siga a sua trajetória.

44- Um fundo de lama não causará reverberação digna de nota, porém atuará como absorvente de energia sonora.

45- Outros obstáculos são os peixes, pois suas bexigas natatórias, cheias de ar, refletem as ondas sonoras.

Entretanto, geralmente, mesmo com a presença de cardumes pode-se identificar o eco do fundo.

46- A causa da refração é a variação da velocidade de propagação.

A velocidade do som é função da temperatura, salinidade e pressão da água do mar, guardando proporção direta com a variação de qualquer desses fatores.

47-As maiores variações de temperatura ocorrem nas profundidades menores, até cerca de 1.000 metros. Nesta faixa, a velocidade do som varia quase proporcionalmente à temperatura. Abaixo dessa profundidade, a temperatura é quase constante, e as variações são causadas, principalmente, pela pressão.

48- A **Navegação Batimétrica** pode ser definida como o ramo da navegação que utiliza a topografia submarina para obter dados de posicionamento do navio, a partir do retorno de ecos sônicos ou ultra-sônicos refletidos pelo fundo do mar, mesmo em grandes profundidades.

49- Para a prática da **Navegação Batimétrica** são produzidas **Cartas Batimétricas** especiais. Essas cartas são, essencialmente, cartas de relevo submarino e se assemelham às cartas topográficas terrestres, onde as isóbatas, ou isobatimétricas, correspondem às curvas de nível do relevo, dando uma noção precisa da topografia do fundo e das cotas do relevo submarino. A

Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) publica uma série de **Cartas Batimétricas** especiais, de uso controlado, restrito aos nossos submarinos.

50- As **Cartas Batimétricas** apresentam, através das isóbatas, a topografia do fundo com um elevado grau de detalhe, o que as distingue das **Cartas Náuticas** convencionais, que proporcionam apenas uma visão geral do relevo submarino, pelo uso de isóbatas bastante espaçadas.

51- Na realidade, a velocidade do som na água varia com a temperatura, salinidade e pressão (profundidade). Esta variação, entretanto, não é muito grande e os ecobatímetros, em sua maioria, são calibrados para uma velocidade do som de 4.800 pés/s (1.463 m/s).

52- No mar, a velocidade de propagação do som é quase sempre maior que este valor calibrado e o erro introduzido na indicação do ecobatímetro proporciona maior segurança ao navegante (ou seja, o equipamento indicará profundidades ligeiramente menores que as verdadeiras), exceto no caso de água doce ou extremamente fria.

53- Alguns ecobatímetros operam na faixa audível do espectro sonoro (de cerca de 20 a 20.000 Hz). Entretanto, a tendência é usar frequências mais altas, da faixa ultra-sonora, de modo a reduzir as interferências causadas pelos ruídos do navio.

54- Em geral, o ecobatímetro indica a profundidade abaixo da quilha, de modo que a profundidade real será igual à profundidade medida somada ao calado do navio. Alternativamente, o equipamento pode ser calibrado de maneira a fornecer a profundidade medida desde a superfície da água, pela introdução automática do calado do navio na altura do ponto onde está instalado o transdutor.

55- Em águas rasas, podem ocorrer **retornos múltiplos** quando o fundo é um bom refletor sonoro (fundo duro). O primeiro eco retorna do fundo e é registrado como profundidade, mas, além disso, o eco reflete-se novamente para baixo, a partir da superfície da água, torna a refletir-se no fundo e retorna ao equipamento.

A redução do ganho do equipamento normalmente elimina as indicações de eco múltiplo.

56- O ar é refletor perfeito das ondas sonoras. Por isso, com o navio operando máquinas a ré, o ecobatímetro muitas vezes perde a indicação, em virtude das bolhas de ar que passam por baixo do transdutor.

57- Existem várias técnicas para controle dos movimentos e determinação da posição do navio na **Navegação Batimétrica**. A mais simples é a denominada “correr uma isóbata” ou “correr uma linha de sondagem” (“running a sounding”), que consiste em seguir uma isóbata representada na Carta Náutica.

58- Outra técnica bastante empregada é a do transporte das isóbatas, que requer, para sua aplicação, uma folha de papel vegetal ou plástico transparente.

59- Quando não se passa diretamente sobre o tope do acidente, pode ser usada a técnica ilustrada na figura 38.38. Quando o navio se aproxima do monte submarino isolado, determina-se, com a melhor precisão possível, uma posição e, então, ruma-se direto para o cume do banco.

2.4 Acoustic parameters

The characteristics of an echo sounder are determined by the transducers, namely the directivity, beam width, beam steering and side lobes level. In this subsection each of these parameters is analyzed.

2.4.1 Frequency

The echo sounder's acoustic frequency is the parameter which determines the range and the sound penetration of sediments. The attenuation of the acoustic signal in the water is proportional to the frequency. The higher the frequency is, the higher the attenuation will be and, consequently, the lower the range and the penetration into the seafloor.

The beam width is dependent on the acoustic wave length and on the size of the transducer. For the same beam width a lower frequency will require a larger transducer.

The frequencies of bathymetric echo sounders are typically:

- Waters shallower than 100 metres: frequencies higher than 200 kHz;
- Waters shallower than 1500 metres: frequencies from 50 to 200 kHz;
- Waters deeper than 1500 metres: frequencies from 12 to 50 kHz;

The frequencies for sediment echo sounders are below 8 kHz.

2.4.2 Band width

Taking f_0 as the frequency of maximum power transmission (resonance frequency) and f_1 and f_2 as the frequencies corresponding to one half of that power, the band width is the frequency interval between these frequencies (Figure 3.6), i.e. $W = f_2 - f_1$

The transducer's quality factor, Q , is given by,

$$Q = \frac{f_0}{W} \quad (3.20)$$

From the definitions above one can see that Q and W have reciprocal variation. Hence, to optimize the transmission power, the transducer should transmit close to the resonance frequency and therefore have a small band width, i.e. a high quality factor value.

During reception it is necessary to have good echo discrimination from any other signal. Although, it must be well defined in the frequency range, the transducer band width should satisfy $W \geq 1/\tau$, where τ is the pulse duration.

The optimized solution is to have a transmission transducer with high Q and a reception transducer operating in the same frequency of resonance but with a low Q .

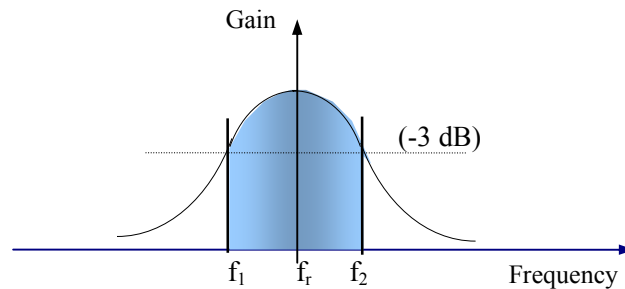


Fig. 3.6 "Transducer band width"

2.4.3 Pulse length

The pulse length determines the energy transmitted into the water; for the same power, the longer the pulse length, the higher the energy put into the water will be and thus the greater the range that can be achieved with the echo sounder.

To take advantage of the transducer resonant frequency, the pulse duration should be at least half its natural period. The drawback of longer pulses is the decrease in vertical resolution of two adjacent features (Figure 3.7).

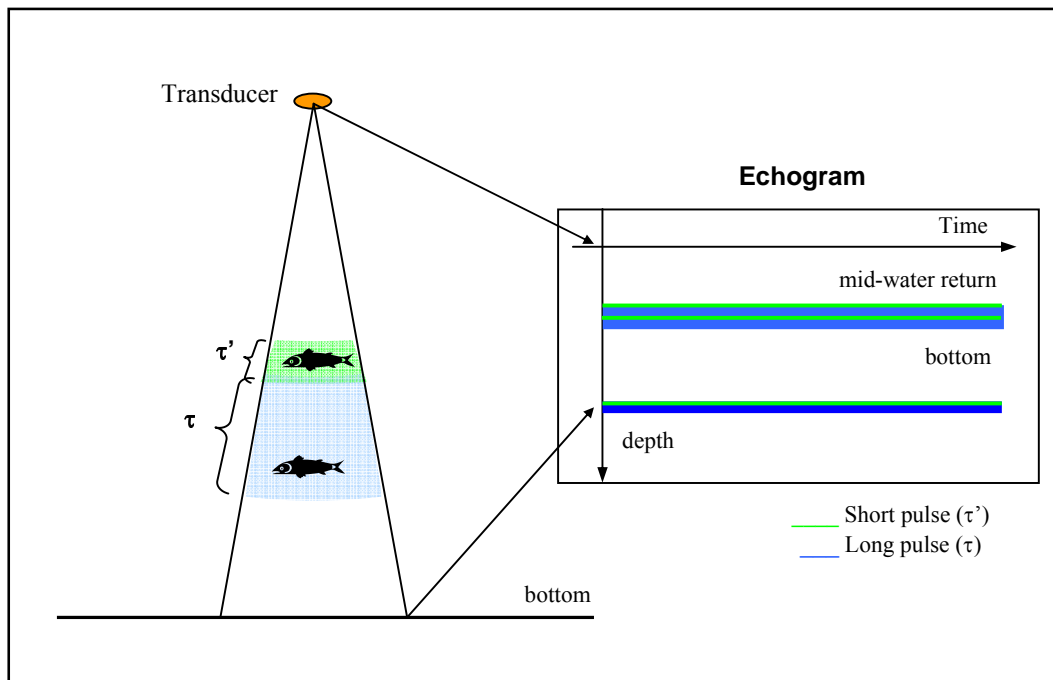


Fig. 3.7 "Resolution as a function of pulse length"