

Elementos de Navegação Costeira

Aníbal Marques



A ESFERA TERRESTRE

O EQUADOR e os MERIDIANOS são circunferências máximas cujo centro, comum a todas elas, é o próprio centro da Terra.

O plano do EQUADOR é perpendicular ao eixo da Terra.

Os planos dos MERIDIANOS contêm o eixo da Terra e, consequentemente, passam pelos pólos.

Os PARALELOS são circunferências menores, cujos planos são paralelos ao plano do Equador.

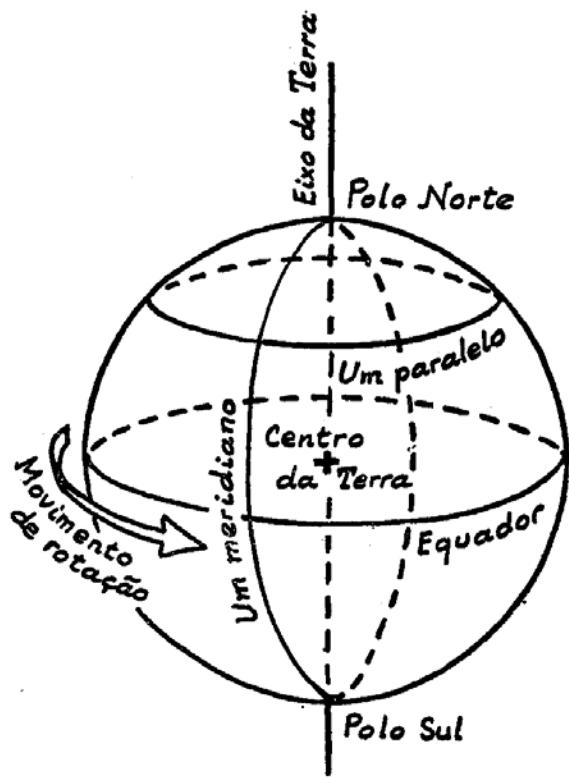


Figura 1.



OS PONTOS CARDEAIS E OUTRAS DIRECÇÕES

Os **MERIDIANOS** têm a orientação **NORTE - SUL**.

Os **PARALELOS** têm a orientação **LESTE - OESTE**.

O **MERIDIANO** e o **PARALELO** que passam em cada lugar cruzam-se em ângulo recto (90°).

Na navegação moderna, é usual indicar qualquer direcção pelo valor do ângulo (com o vértice no observador) **que ela forma com a direcção do NORTE** .

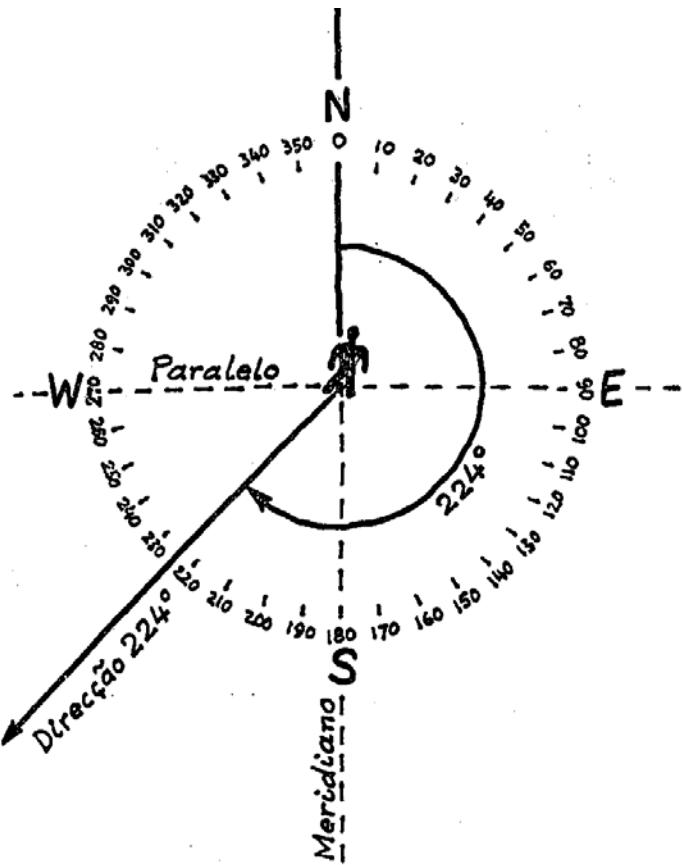


Figura 2.



LATITUDE E LONGITUDE (COORDENADAS GEOGRÁFICAS)

A **LATITUDE** é a distância angular entre o **Equador e o lugar**; conta-se de 0° (Equador) a 90° (Pólos) e é Norte (N) ou Sul (S), conforme o hemisfério em que o lugar se situa.

A **LONGITUDE** é a distância angular, **medida no Equador** entre o **meridiano de Greenwich** (Inglaterra) e o **meridiano de lugar**; conta-se de 0° a 180° para leste (E) ou para oeste (W) de Greenwich.

Medidas de arco: Graus e minutos

As coordenadas geográficas, como aliás outros arcos e ângulos usados na navegação, expressam-se em **graus ($^\circ$)** e **minutos ('')**.

A circunferência divide-se em 360 graus (360°), cada grau em 60' minutos (60') e cada minuto em 60 segundos (60').

A milha marítima

As distâncias no mar medem-se em **milhas marítimas (mi)**. ($1\text{ mi} = 1852\text{ m}$). A milha é o comprimento de **1 minuto de meridiano**, o que tem a vantagem de facilitar a medição de distâncias quando se utilizam cartas em que os meridianos aparecem graduados em graus e minutos de latitude.

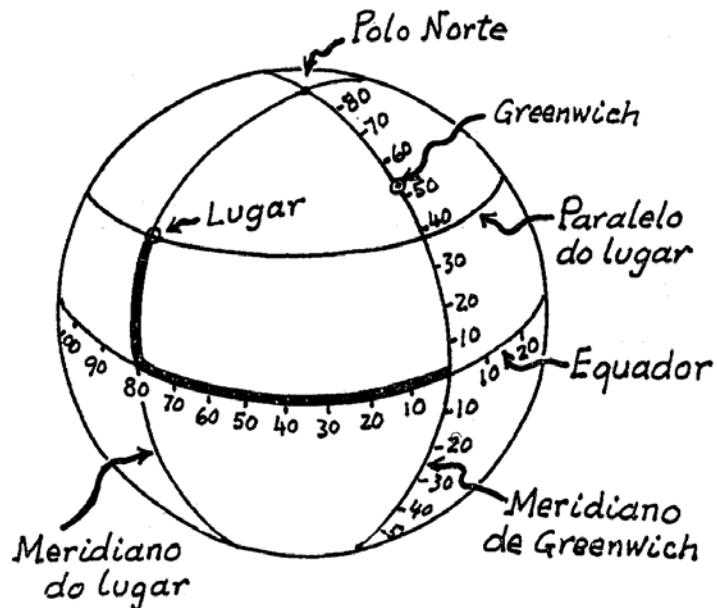


Figura 3.

Localização na Esfera Terrestre do lugar com as seguintes coordenadas:
Latitude (φ) 38° N - Longitude (L) 80° W



RUMO E LINHA DE RUMO

O **RUMO** é o ângulo compreendido entre o meridiano e a trajectória seguida pela embarcação, isto é:

O RUMO é a direcção em que a embarcação se desloca.

Indica-se em graus ($^{\circ}$), de 000° a 359° , a partir do Norte no sentido em que se movem os ponteiros do relógio.

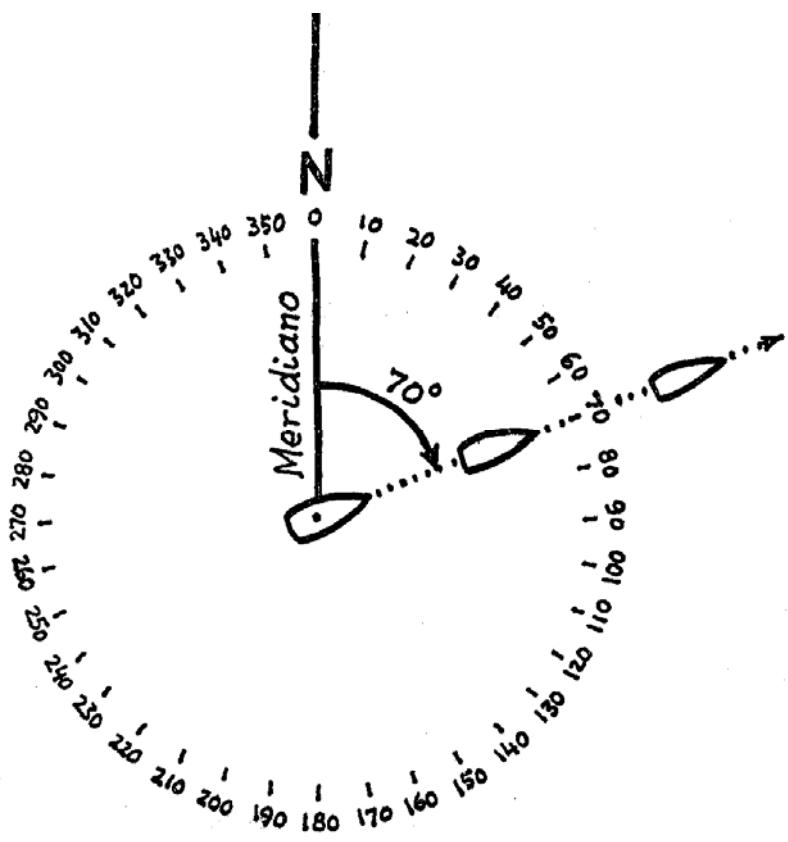


Figura 4.

Navegando ao Rumo (R) de 070°



LINHA DE RUMO OU LOXODRÓMIA

Uma embarcação que se mantenha a navegar sempre ao mesmo rumo, isto é, cortando sucessivamente os vários meridianos segundo o mesmo ângulo, descreve à superfície da esfera terrestre uma curva denominada **Linha de Rumo ou Loxodrómia**.

**Se o rumo for Norte (000°) ou Sul (180°)
a linha de rumo será um meridiano.**

E será um paralelo se o rumo for Leste (090°) ou Oeste (270°).

Em todos os outros casos, a linha de rumo é uma espécie de espiral que se aproxima cada vez mais de um dos pólos da Terra, sem jamais o atingir.

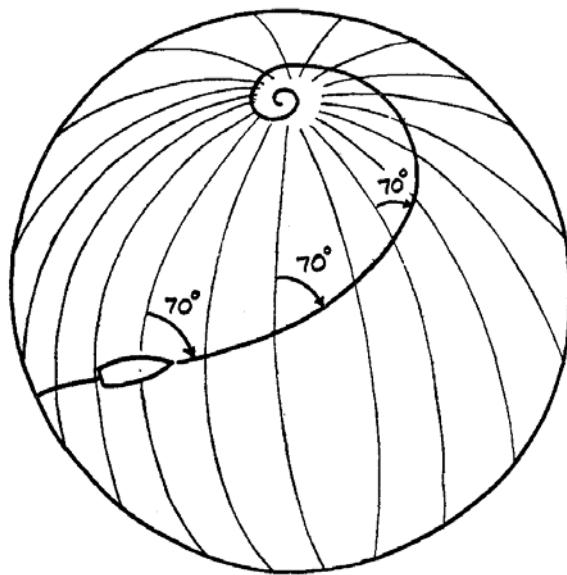


Figura 5.

Loxodrómia descrita, navegando ao Rumo (R) de 070° .



REPRESENTAÇÃO DOS MERIDIANOS NA CARTA DE MERCATOR

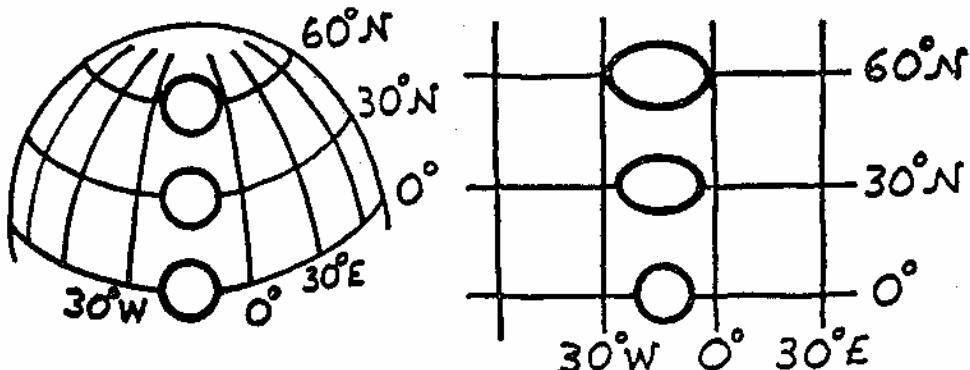


Figura 6.

Três zonas circulares (*iguais entre si, à superfície da Esfera Terrestre*) sofrem, ao passar para a carta, deformações, tanto mais acentuadas quanto mais elevada é a Latitude.

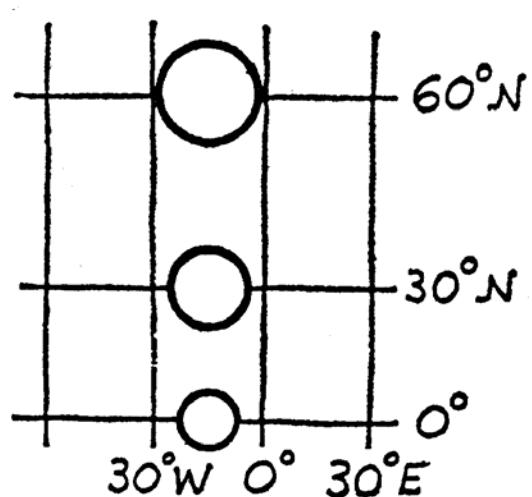


Figura 6 a.

Na carta de Mercator, os contornos das várias zonas mantêm a forma que têm na superfície da Esfera Terrestre, e as direcções ou rumos de uns lugares para os outros não sofrem alteração.

Porém, à medida que a latitude aumenta, as ditas zonas aparecem cada vez mais ampliadas, o mesmo sucedendo aos intervalos entre os paralelos.



MEDIÇÃO DE DISTÂNCIAS

Na carta de Mercator, a distância entre dois pontos mede-se em minutos de meridiano, **sendo cada minuto equivalente a uma milha marítima.**

**O minuto de paralelo não serve para este efeito,
pois o seu valor é inferior a 1 milha marítima.**

Devido à ampliação do “terreno”, só é lícito, tomar como milhas, em cada região da carta, os minutos de meridiano representados ao lado dessa região; isto é, aproximadamente na mesma latitude.

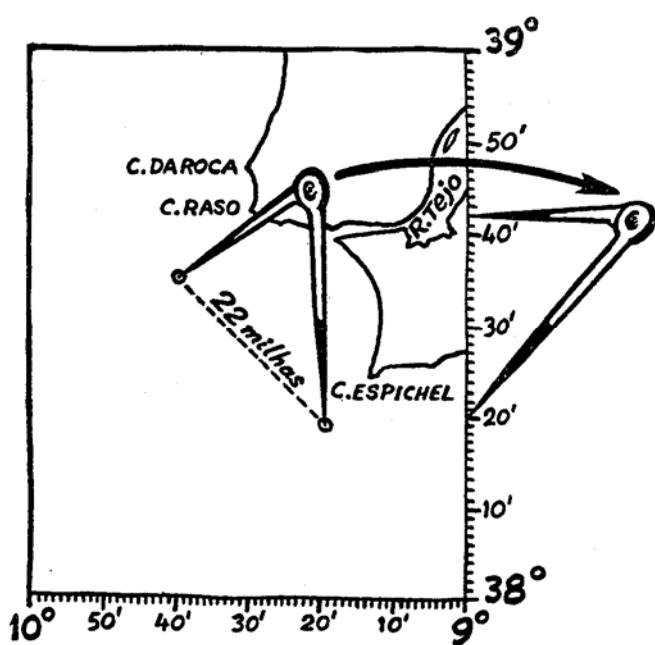


Figura 7.

Medindo a distância de 22 milhas



MATERIAL PARA TRABALHO NA CARTA

Lápis e Borracha macios
compasso de pontas e compasso de lápis
Régua e Esquadro – transferidor “Plath”.

As cartas marítimas são impressas em papel forte, para resistirem ao trabalho da borracha e poderem ser utilizadas muitas vezes.

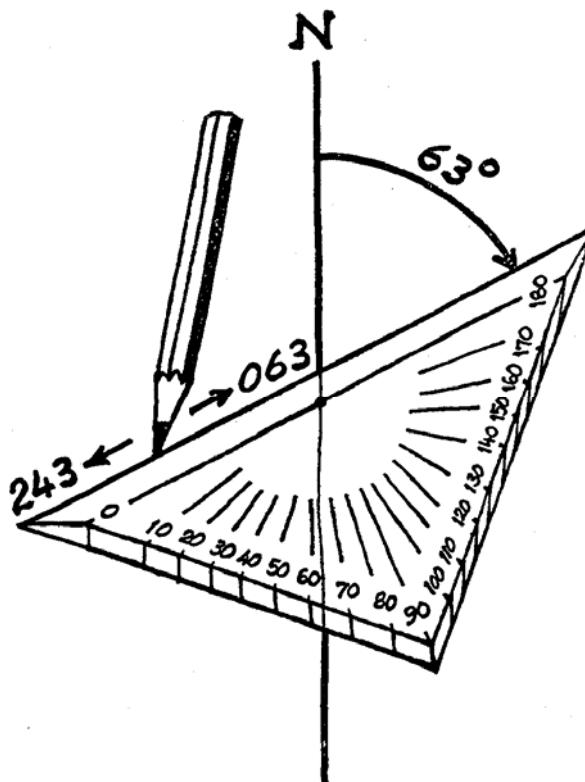


Figura 8.

Utilização do Esquadro-Transferidor “Plath”



LER AS COORDENADAS DE UM PONTO

1. Com centro no ponto, dá-se ao compasso a abertura necessária para tangenciar o paralelo mais próximo do ponto, a Norte ou a Sul deste.
2. Mantendo a abertura, lê-se na escala o valor das Latitude.
3. Para ler a Longitude, procede-se de modo análogo, isto é, com centro no ponto faz-se o compasso tangenciar o meridiano mais próximo, a Este ou a Oeste do ponto.
4. Mantendo a abertura, lê-se na escala o valor da Longitude.

Deve-se examinar cuidadosamente o modo como estão graduadas as escalas da Latitude e Longitude o qual varia de umas cartas para outras.

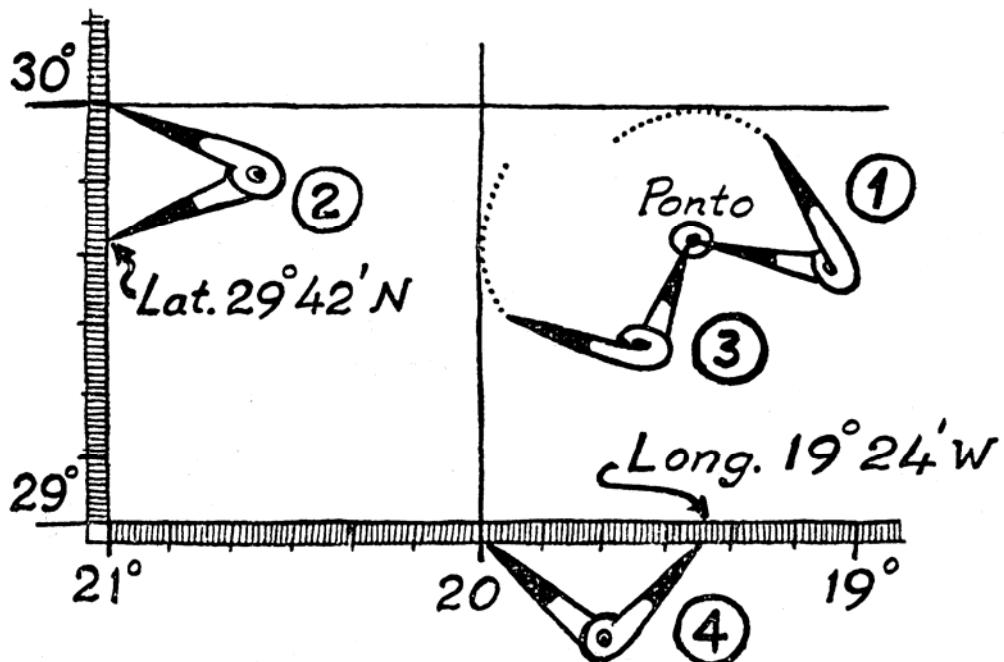


Figura 9.

Enquanto numa Carta Oceânica as margens poderão aparecer graduadas de Grau em Grau em fracções de cinco minutos (5'), numa zona Costeira as margens poderão vir graduadas de 10' em 10' e a fração mínima ser de 0,1'.



COLOCAR UM PONTO NA CARTA DADAS AS SUAS COORDENADAS

1. Na escala das Latitudes, abre-se o compasso desde a latitude do ponto até ao paralelo mais próximo a Norte ou a Sul do ponto.
Analogamente, na escala das Longitudes dá-se ao compasso a abertura correspondente ao intervalo entre a longitude do ponto e o meridiano mais próximo a Este ou a Oeste do ponto.
2. Mantendo a abertura do compasso, faz-se a transferência a partir do mesmo paralelo e meridiano.
3. Com centro no cruzamento do meridiano e do paralelo marca-se a longitude dada.
4. Com a abertura obtida em "1.", faz-se cruzar com o arco da longitude, obtendo-se assim o ponto das coordenadas geográficas dadas.

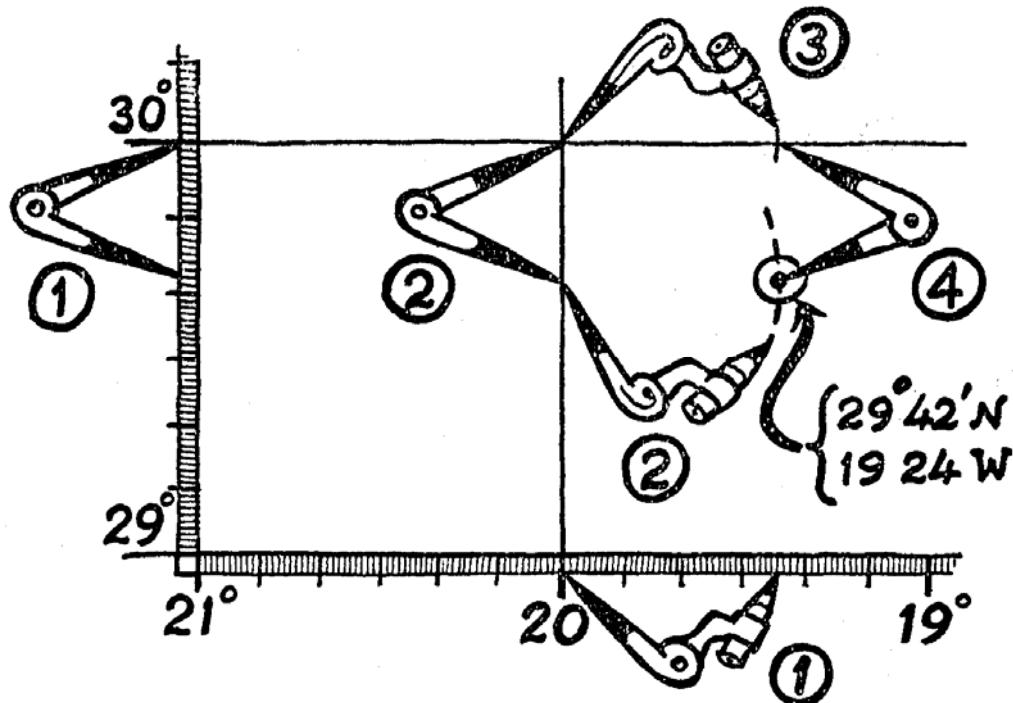


Figura 10.

*Esta operação também se pode efectuar utilizando um só compasso, um esquadro e uma régua etc.,
Os processos são vários e ao jeito de cada navegador.*



MEDIR A DISTÂNCIA ENTRE DOIS PONTOS

Na carta de Mercator o “terreno” nela representado, sofre do Equador para os pólos, uma ampliação tanto mais acentuada, quanto maior é a latitude.

Sendo assim, em cada região da carta terá de utilizar-se, para representar a milha, o segmento que, na latitude dessa região corresponde a um minuto ($1'$) de meridiano.

Tratando-se de medir a distância entre dois pontos relativamente afastados, devem utilizar-se como milhas os minutos de meridiano que, na escala das latitudes se situam aproximadamente a meio, entre as latitudes dos dois pontos.

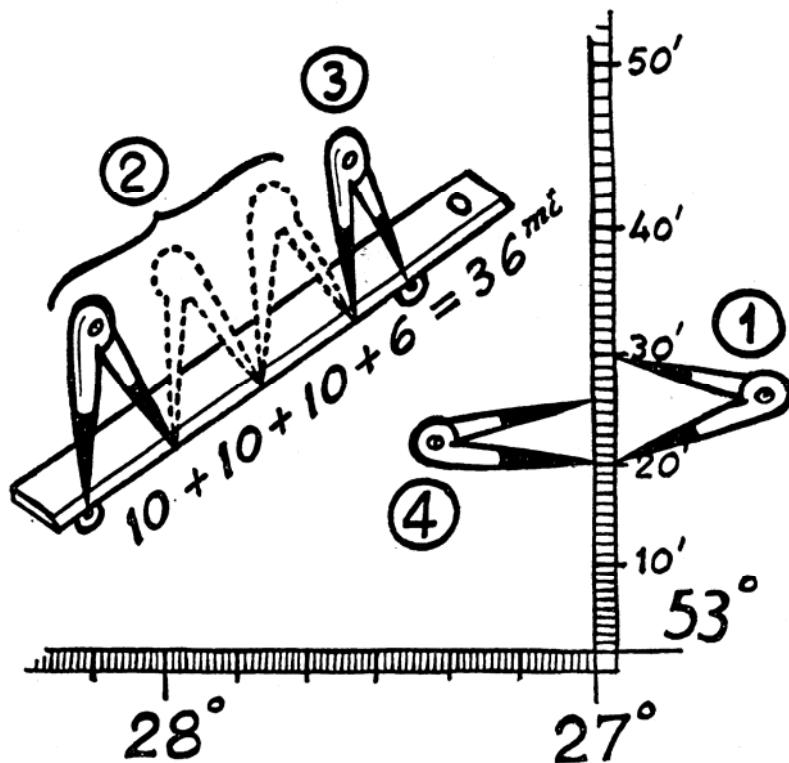


Figura 11.

Medição da distância entre dois pontos



TRAÇAR UMA LINHA DE RUMO

Querendo traçar na carta de Mercator uma linha de rumo a partir de um dado ponto, pode-se recorrer ao esquadro transferidor "Plath" e à régua, procedendo como se indica na figura.

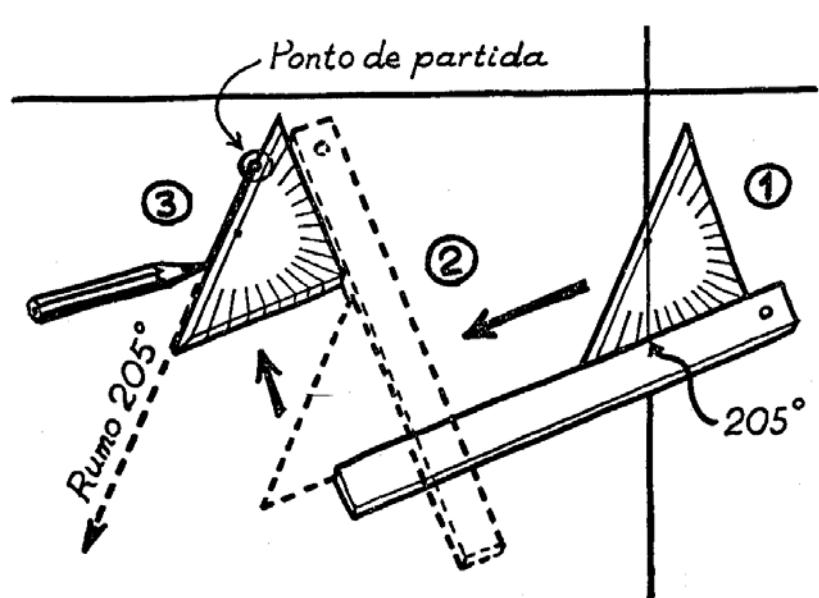


Figura 12.

Traçar o rumo 205°



LER O RUMO ENTRE DOIS PONTOS

Muitas vezes é necessário determinar na carta o rumo que a embarcação tem de seguir para, partindo de um ponto, alcançar outro.

Para executar esta operação, usam-se a régua e o esquadro-transferidor "Plath", actuando como é dado a observar na figura.

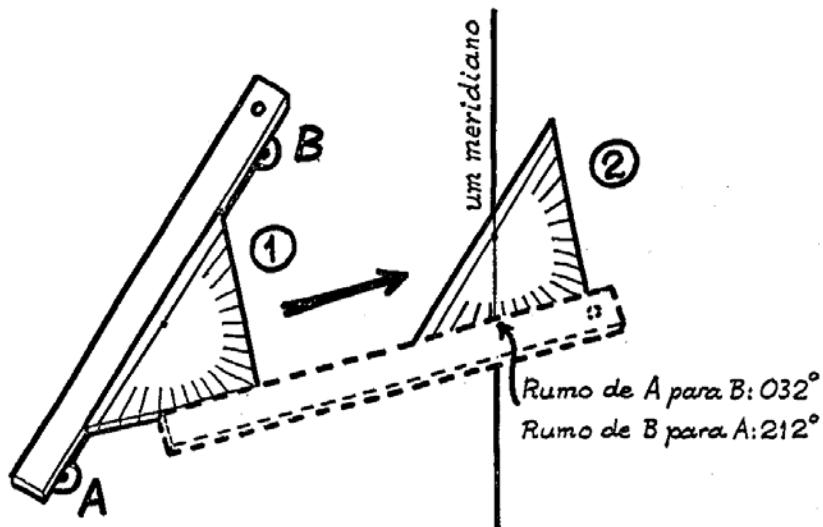


Figura 13.

Ler o rumo entre dois pontos



PROA E RUMO

O termo **PROA** serve para designar a extremidade de vante do barco.

Para o navegador a palavra **PROA** significa, ainda, a direcção em que a embarcação aponta.

A proa indica-se em graus, de **000º a 359º, a contar de Norte**, no sentido em que se movem os ponteiros de um relógio.

Não confundir **PROA com RUMO**. De facto, a quilha pode estar orientada numa direcção (proa) e a embarcação devido à acção do vento e da corrente, deslocar-se noutra direcção (rumo).

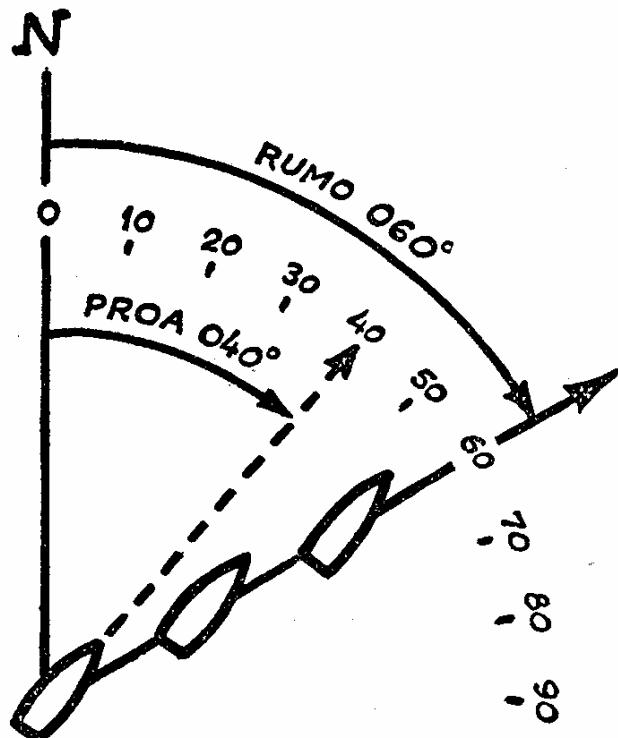


Figura 14.

O efeito do vento e da corrente provoca o abatimento.



A AGULHA MAGNÉTICA

A agulha magnética ou simplesmente **AGULHA** é a bússola usada a bordo.

Essencialmente é constituída por um feixe de barras magnéticas fixadas na face inferior de um disco leve denominado "**rosa**".

Para indicar as várias direcções, a periferia da rosa está graduada de 0° (Norte) a 359° , no sentido em que se movem os ponteiros de um relógio, e na própria caixa que a contém existe um traço representativo da orientação da proa da embarcação, denominado **LINHA DE FÉ**.

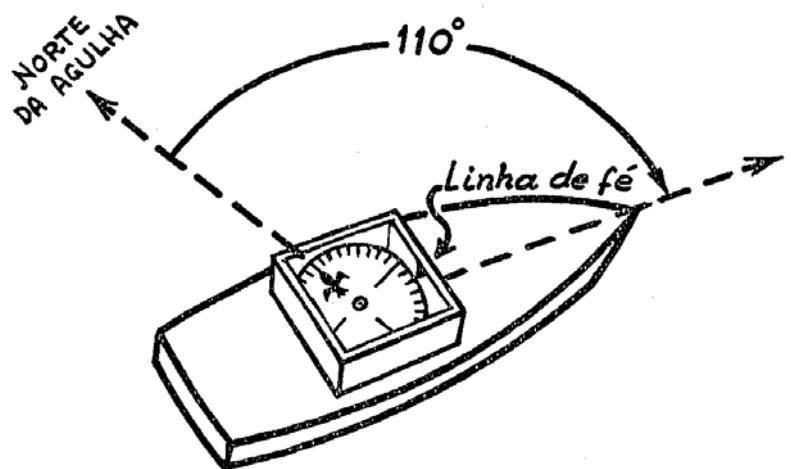


Figura 15.

Navegando à Proa da Agulha, $P_a=110^\circ$



OS TRÊS NORTES VERDADEIRO, MAGNÉTICO e da AGULHA

NORTE VERDADEIRO - Direcção do Polo Norte da Terra, indicada na carta pelos meridianos nela impressos.

NORTE MAGNÉTICO - Direcção que a agulha tomaria automaticamente, se estivesse influenciada apenas pelo magnetismo da Terra.

NORTE DA AGULHA - Direcção em que o zero da agulha aponta de facto, resultante das acções do magnetismo da Terra e do magnetismo de bordo.

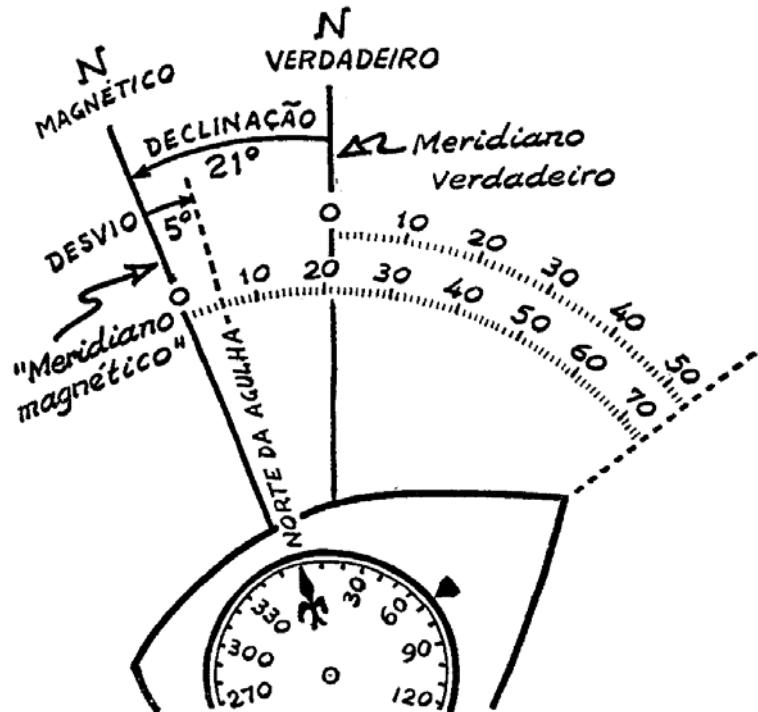


Figura 16.

Efeitos da DECLINAÇÃO (D) e do DESVIO (δ): neste exemplo, a proa verdadeira é 054° , a proa magnética é 075° e a proa da agulha 070°



A DECLINAÇÃO MAGNÉTICA

A Declinação Magnética é o ângulo formado pelo meridiano verdadeiro (orientado para o Norte Verdadeiro) e o meridiano magnético (orientado para o Norte Magnético).

Designa-se por Declinação Este ($D^{\circ}E$) ou Declinação Oeste($D^{\circ}W$).

No interior de cada rosa existe uma inscrição com:

- O valor da Declinação (D), com a indicação do ano a que se refere.
- A variação anual (aumento ou diminuição) desse valor em minutos (').

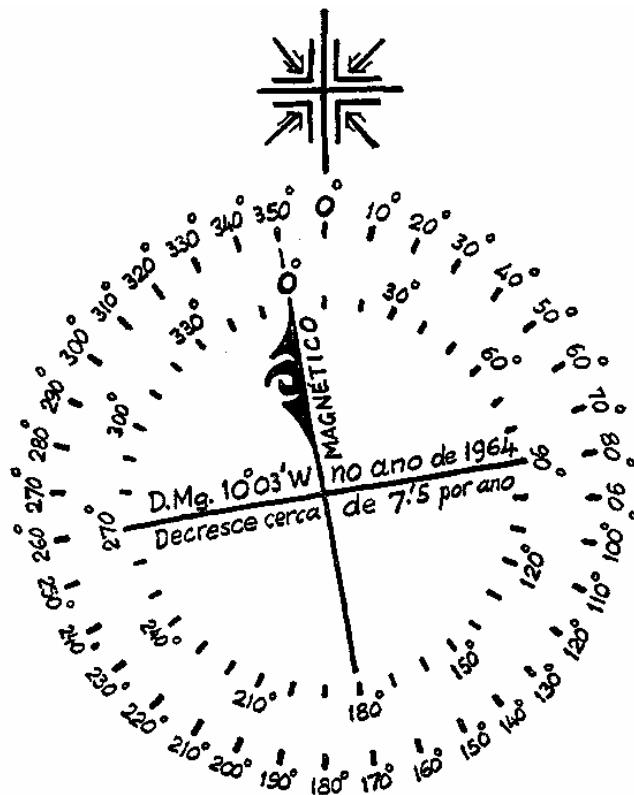


Figura 17.

Zona afectada pela declinação magnética do lugar
 $D\ 10^{\circ}\ 03'\ W\ 1964\ (7,5'\ E)$



O DESVIO

Os aços, com alto e baixo teor de carbono, existentes a bordo de uma embarcação influenciam a agulha magnética, desviando a rosa da sua orientação natural, isto é, da do meridiano magnético.

Assim, os campos magnéticos, criados por estes aços, vão originar um afastamento entre o Norte da Agulha (N_a) e o Norte Magnético (N_m).

Este ângulo denomina-se DESVIO (δ) e é, além da Declinação (D), outro erro com que o navegador tem de contar, e toma valores para Este ($\delta^{\circ}E$) e Oeste ($\delta^{\circ}W$).

Em qualquer agulha, o Desvio (δ) toma valores diferentes, conforme as proas (P_a) em que a embarcação se vai orientando.

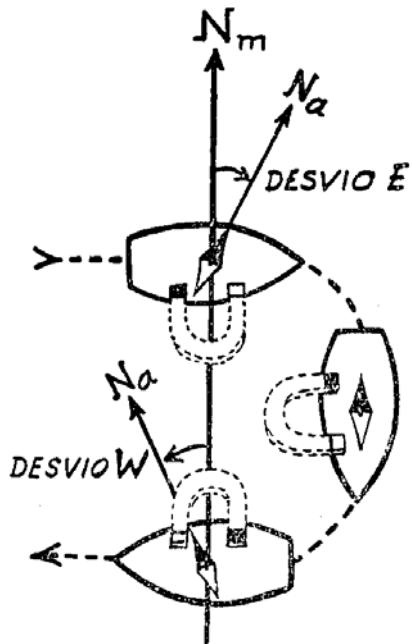


Figura 18.

Ao utilizar uma Agulha Magnética, o navegador precisa de “ter à mão” uma tabela ou gráfico que lhe forneça para cada proa a navegar, o valor do desvio da agulha .



TABELAS E CURVAS DE DESVIOS

Em pequenas etapas costeiras, **em boas condições de Tempo e Visibilidade**, não vale a pena, em geral, entrar em conta com o Desvio da Agulha se este for inferior a três graus (3°).

Mas isto não significa que o navegador possa ignorar o seu valor em cada caso, mesmo que seja para o desprezar conscientemente.

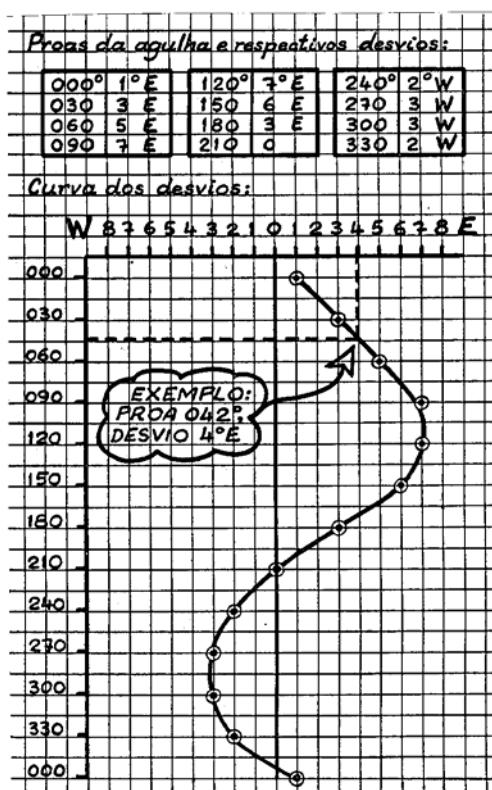


Figura 19.

Construção do gráfico de Desvios da Agulha.

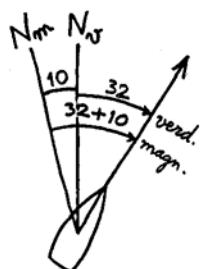


CONVERSÃO DE PROA VERDADEIRA EM PROA DA AGULHA

1. **Converte-se a Proa Verdadeira (P_v) em Proa Magnética (P_m), utilizando o valor da Declinação (D).**
2. **Converte-se a Proa Magnética (P_m) em Proa da Agulha (P_a), utilizando o valor do Desvio (δ).**

CONSIDEREMOS O EXEMPLO

Numa zona onde a $D=10^{\circ}W$ e sendo a curva de desvios da agulha a exemplificada na tabela anterior, pretende-se saber que proa da agulha (P_a) se deve ordenar ao timoneiro para que a embarcação siga à proa verdadeira $P_v=032^{\circ}$.

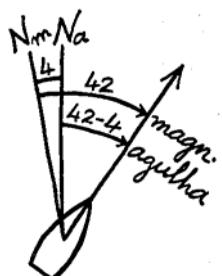


Conversão da “ P_v ” em “ P_m ” :

- Por convenção W tem valor (-) e E (+).

$$\begin{aligned} P_v &= P_m + D & \Rightarrow P_m &= P_v - D & \Rightarrow P_m &= P_v \\ &- (-W) & & & & \\ P_m &= P_v + W & \Rightarrow P_m &= 32^{\circ} + 10^{\circ} & \Rightarrow P_m &= 042^{\circ} \end{aligned}$$

Figura 20a.



Conversão da “ P_m ” em “ P_a ” :

$$\begin{aligned} P_m &= P_a + \delta & \Rightarrow P_a &= P_m - \delta & \Rightarrow P_a &= P_m - \\ &- (+E) & & & & \\ P_a &= P_m - E & \Rightarrow P_a &= 42^{\circ} - 4^{\circ} & \Rightarrow P_a &= 038^{\circ} \end{aligned}$$

Figura 20b.

Ou então, determinando a variação magnética:

$$\begin{aligned} V_{mg} &= D + \delta \Rightarrow V_{mg} = (-10^{\circ}) + (+4^{\circ}) \Rightarrow V_{mg} = -6^{\circ} \\ (6^{\circ}W) \quad & \\ P_v &= P_a + V_{mg} \Rightarrow P_a = P_v - V_{mg} \Rightarrow P_a = P_v \\ &- (-W) \\ P_a &= 32^{\circ} - (-6^{\circ}) \Rightarrow P_a = 32^{\circ} + 6^{\circ} \Rightarrow P_a = 38^{\circ} \end{aligned}$$



CONVERSÃO DE PROA DA AGULHA EM PROA VERDADEIRA

1. Converte-se a Proa da Agulha (P_a) em Proa Magnética (P_m), utilizando o valor do Desvio (δ).
2. Converte-se a Proa Magnética (P_m) em Proa Verdadeira (P_v) utilizando o valor da Declinação (D).

CONSIDEREMOS O EXEMPLO

Numa zona onde a $D=10^{\circ}W$ e sendo a curva de desvios da agulha exemplificada na tabela anterior, pretende-se saber a que P_v navega um barco à vela que segue à bolina cujo timoneiro para manter um bom andamento e ao mesmo tempo aproveitar para barlavento, tem de governar à $P_a=220^{\circ}$.

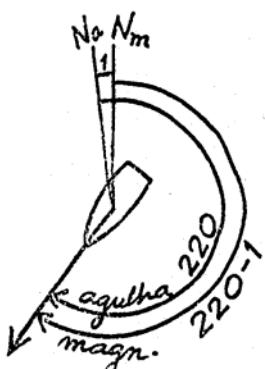


Figura 21a.

Conversão da “ P_a ” em “ P_m ”.

–Por convenção W tem valor (–), E (+), N (+) e S (–)

$$P_m = P_a + \delta$$

$$P_m = 220^{\circ} + (-1^{\circ}) \Rightarrow P_m = 220^{\circ} - 1^{\circ} \Rightarrow P_m = 219^{\circ}$$

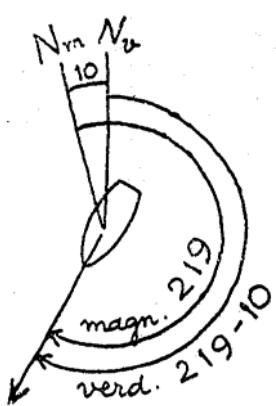


Figura 21b.

Conversão da “ P_m ” em “ P_v ”

$$P_v = P_m + D \Rightarrow P_v = P_m + (-W)$$

$$P_v = 219^{\circ} + (-10^{\circ}) \Rightarrow P_v = 219^{\circ} - 10^{\circ} \Rightarrow P_v = 209^{\circ}$$

Ou então, determinando a variação magnética:

$$V_{mg} = D + \delta \Rightarrow V_{mg} = (-10^{\circ}) + (-1^{\circ}) \Rightarrow V_{mg} = -11^{\circ} (11^{\circ}W)$$

$$P_v = P_a + V_{mg} \Rightarrow P_v = P_a + (-11^{\circ}) \Rightarrow P_v = 209^{\circ}$$



CASOS ESPECIAIS NA CONVERSÃO DE PROAS

É natural que o principiante sinta certa dificuldade em resolver problemas com proas próximas do Norte, isto é, na zona em que a graduação da agulha salta bruscamente de 360° para 000° .

Para efeitos de comparação de arcos, ao converter proas, é por vezes mais prático usar a diferença da proa de valor mais elevado, para 360° , do que considerar o próprio arco correspondente ao valor dessa proa.

Isto dá-se, quando a embarcação aponta numa direcção situada entre os dois Nortes que interessam ao problema.

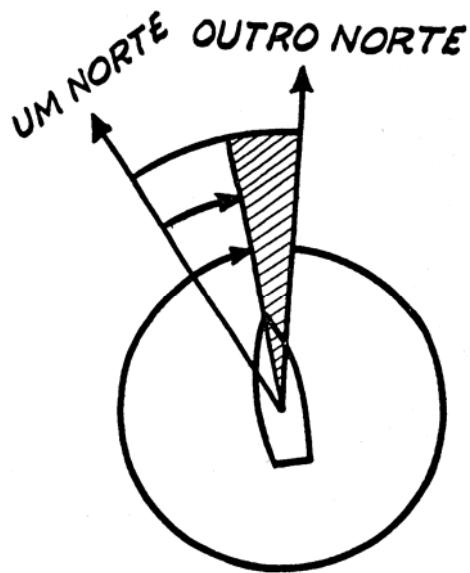


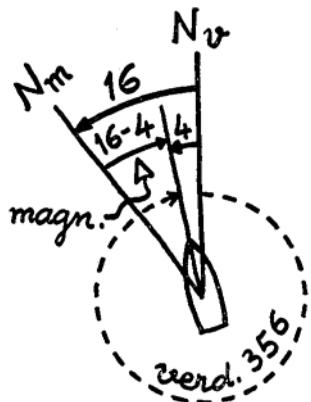
Figura 22.

Embarcação a navegar com o Norte da Agulha entre O Norte Verdadeiro e o Norte Magnético.



**ESQUEMA PARA CONVERSÃO
DE PROA VERDADEIRA PARA PROA MAGNÉTICA,
(COM A EMBARCAÇÃO APONTADA ENTRE O “ N_v ” E O “ N_m ”)
E O INVERSO
DE PROA MAGNÉTICA PARA PROA VERDADEIRA**

Supondo a $D=16^{\circ} W$ e que se pretende determinar a “ P_m ” correspondente à “ $P_v=356^{\circ}$.



1º. $360^{\circ} - 356^{\circ} = 004^{\circ}$ (No sentido contrário dos ponteiros do relógio “W”)

2º. Como a Declinação é “W” teremos:
 $16^{\circ} - 04^{\circ} = 12^{\circ}$.

Ou então:

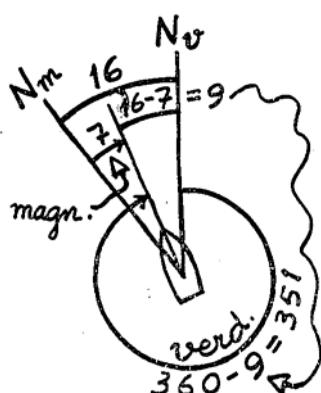
$$P_v = P_m + D \Rightarrow P_m = P_v - D$$

$$P_m = 356 - (-16) \Rightarrow P_m = 372^{\circ}$$

$$P_m = 372^{\circ} - 360^{\circ} \Rightarrow P_m = 012^{\circ}$$

Figura 23a.

Sendo $D=16^{\circ} W$ pretende-se saber qual é a “ P_v ” correspondente à “ $P_m=007^{\circ}$ ”.



1º. $P_v = P_m + D \Rightarrow P_v = 007^{\circ} - 16^{\circ} \Rightarrow P_v = -009^{\circ}$

2º. Como (-009°) é o sentido contrário ao dos ponteiros do relógio, então teremos a “ P_v ”:

$$P_v = 360^{\circ} - 009^{\circ} \Rightarrow P_v = 351^{\circ}$$

Figura 23b.



AGULHAS GRADUADAS POR QUADRANTES

A princípio, usou-se o sistema de dividir a meio os quadrantes formados pelas linhas N-S e E-W, dividir as metades dos quadrantes e assim, sucessivamente, até se chegar à divisão da rosa da agulha em 128 partes iguais.

A bissecriz de cada um dos quatro quadrantes delimitados pelas linhas N-S e E-W indica a direcção de um **ponto quadrantal**.

Assim, cada quadrante toma a designação do ponto quadrantal que contém:

Quadrante Nordeste (NE) compreendido entre N e E;
quadrante Sueste (SE), entre S e E;
quadrante Sudoeste (SW) entre S e W;
e quadrante Noroeste (NW), entre N e W.

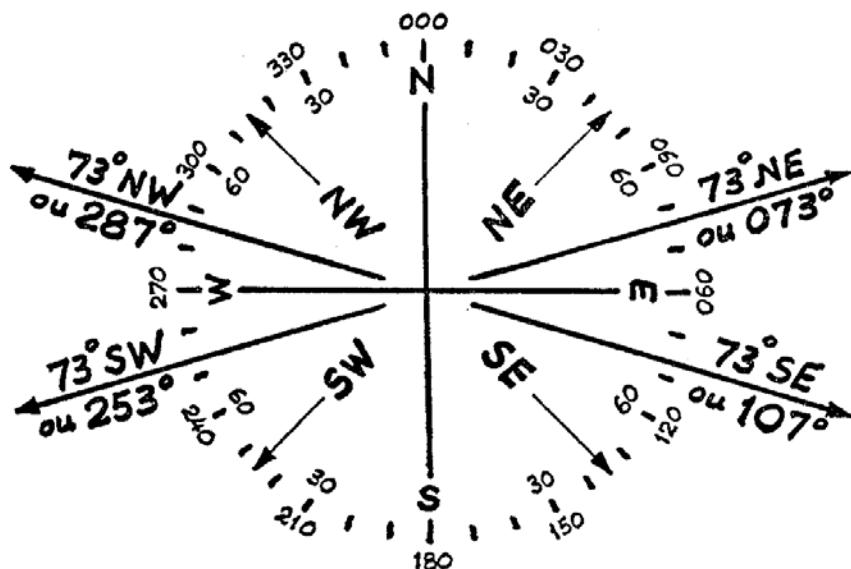


Figura 24.

A direcção $73^\circ SE$ é a que forma com a linha N-S um ângulo de 73° medidos a partir de Sul para Este.



VENTO, ABATIMENTO E RUMO

Quando o navegador se dispõe a traçar na carta uma linha de rumo seguida pela embarcação, começa por consultar o “Diário Náutico” para saber qual foi a proa da agulha mantida pelo timoneiro, aplica-lhe as correcções de desvio (δ) e declinação (D) e obtém a proa verdadeira.

No entanto o rumo da embarcação pode ainda ser afectado por vento e correntes marítimas.

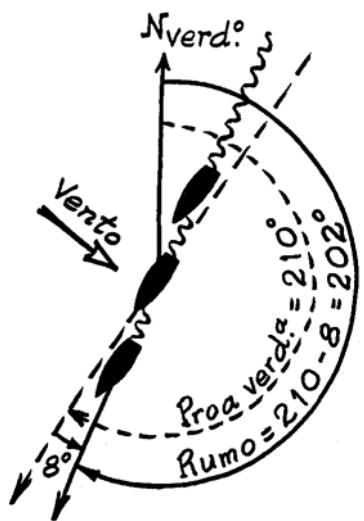


Figura 25.

Proa verdadeira, Abatimento e Rumo.



DETERMINAÇÃO DOS DESVIOS DA AGULHA DE GOVERNO POR MEIO DE UM TAXIMETRO IMPROVISADO

Quando se aponta a embarcação a um objecto cujo Azimute Magnético (Z_m) se conhece, a Proa Magnética (P_m) é precisamente igual àquele azimute.

Comparando-a com a Proa da Agulha (P_a) lida no momento, obtém-se o Desvio (δ).

Se a embarcação não estiver apropada, continua a ser possível determinar o desvio.

Por exemplo: Um Farol cujo azimute magnético se sabe ser 106° , apresenta-se 30° para estibordo da proa (30° EB; $+30^\circ$; ou 30° verde); é evidente que a proa magnética será:

$$Z = P + M \Rightarrow Z_m = P_m + M \Rightarrow P_m = Z_m - M \Rightarrow P_m = 106^\circ - 30^\circ = 76^\circ$$

Se nas condições deste mesmo exemplo, a linha de fé acusasse a proa da agulha 081° , existiria, nesta proa, um desvio de 5° W.

$$P_m = P_a + \delta \Rightarrow \delta = P_m - P_a \Rightarrow \delta = 76^\circ - 81^\circ \Rightarrow \delta = -5^\circ \text{ (5}^\circ \text{ W)}$$

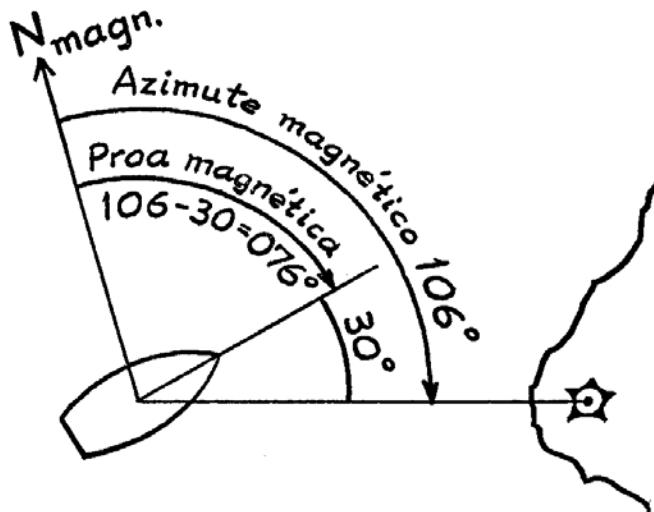


Figura 26.

Determinação do desvio da agulha, sendo conhecido o azimute a um ponto conspícuo



IMPROVISAÇÃO DE UM TAXIMETRO ESPECIALMENTE GRADUADO

Num quadrado de contraplacado, traça-se uma circunferência com cerca de 25 centímetros de raio e um diâmetro paralelo a um dos lados do quadrado, o qual representará a direcção Proa-Popa.

Divide-se a circunferência em 16 partes iguais e, utilizando essa divisão traçam-se as rectas indicativas de 16 direcções taximétricas, espaçadas portanto de $22,5^\circ$.

Perto da periferia do quadrado, espetam-se pregos, perpendiculares à face do contraplacado, que servirão de “pínculos” de “pontaria”.

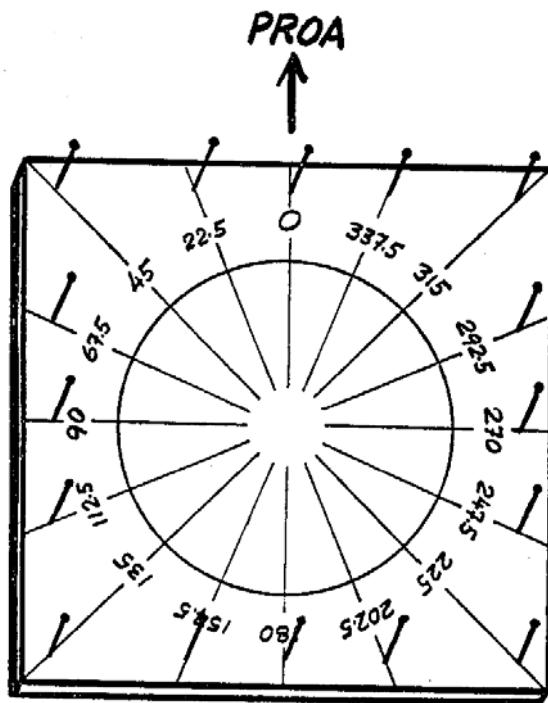


Figura 27.

Taxímetro improvisado.



DETERMINAÇÃO DOS DESVIOS

Convém fundear em local de águas calmas, num ponto rigorosamente determinado, por exemplo, um Enfiamento, constante de uma carta, longe de navios de ferro ou outras massas magnéticas importantes.

A rotação da embarcação pode principiar em qualquer das proas e fazer-se em qualquer sentido.

PROA MAGNÉTICA	PROA DA AGULHA	DESVIO AGULHA
Inicial : 111,0º	104,5º	6,5º E
Inicial + 022,5 = 133,5	128,5	5,0º E
Inicial + 045,0 = 156,0	153,0	3,0º E
Inicial + 067,5 = 178,5	179,0	0,5º W
Inicial + 090,0 = 201,0	203,5	2,5º W
Inicial + 112,5 = 223,5	227,5	4,0º W
Inicial + 135,0 = 246,0	249,5	3,5º W
Inicial + 157,5 = 268,5	271,5	3,0º W
Inicial + 180,0 = 291,0	294,0	3,0º W
Inicial + 202,5 = 313,5	316,0	2,5º W
Inicial + 225,0 = 336,0	337,5	1,5º W
Inicial + 247,5 = 358,5	354,5	4,0º E
Inicial + 270,0 = 021,0	015,5	5,5º E
Inicial + 292,5 = 043,5	036,0	7,5º E
Inicial + 315,0 = 066,0	058,0	8,0º E
Inicial + 337,5 = 088,5	081,0	7,5º E

Figura 28.

*Determinação dos Desvios da Agulha,
partindo da proa magnética 111º, e rodando 22,5º de cada vez.*



ELABORAÇÃO DA CURVA DE DESVIOS

Depois de terminadas as observações e completado o quadro de registo dos desvios, procede-se ao traçado da curva, à mão, convindo desempolá-la, sem, no entanto, a afastar demasiadamente dos pontos obtidos por meio das observações.

A figura exemplifica o traçado da curva de desvios duma agulha de governo.

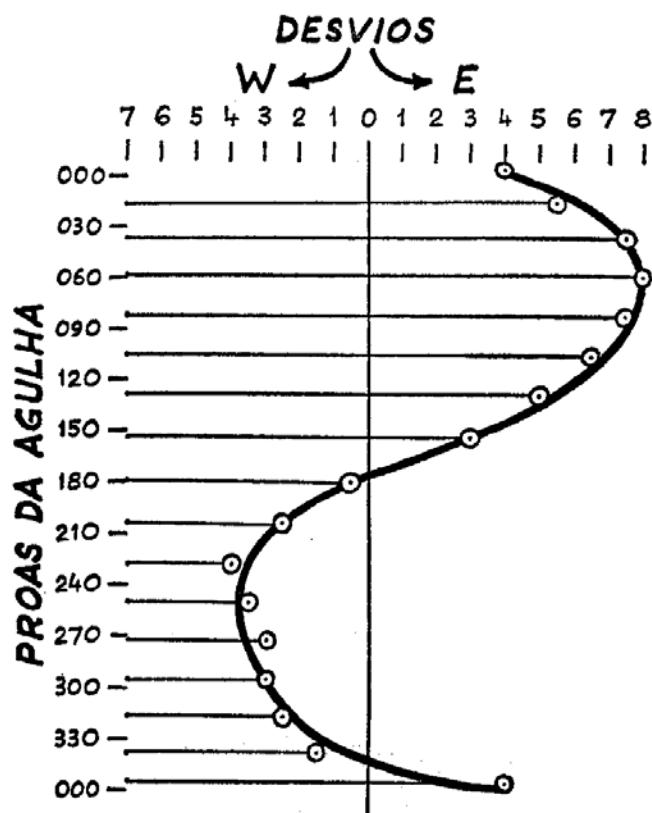


Figura 29.

Elaboração do gráfico dos desvios da agulha.



LINHAS DE POSIÇÃO

Linha de posição é qualquer linha susceptível de ser traçada na carta, e sobre a qual se sabe que a embarcação se encontra em determinado instante.

ENFIAMENTO - A melhor linha de posição.

Um exemplo de linha de posição é o Enfiamento de dois pontos notáveis situados em terra.

Nesse momento, o navegador sabe que a embarcação se situa algures na linha recta que passa pelos dois pontos considerados, linha essa que pode traçar na carta e que toma a designação de **Enfiamento**.

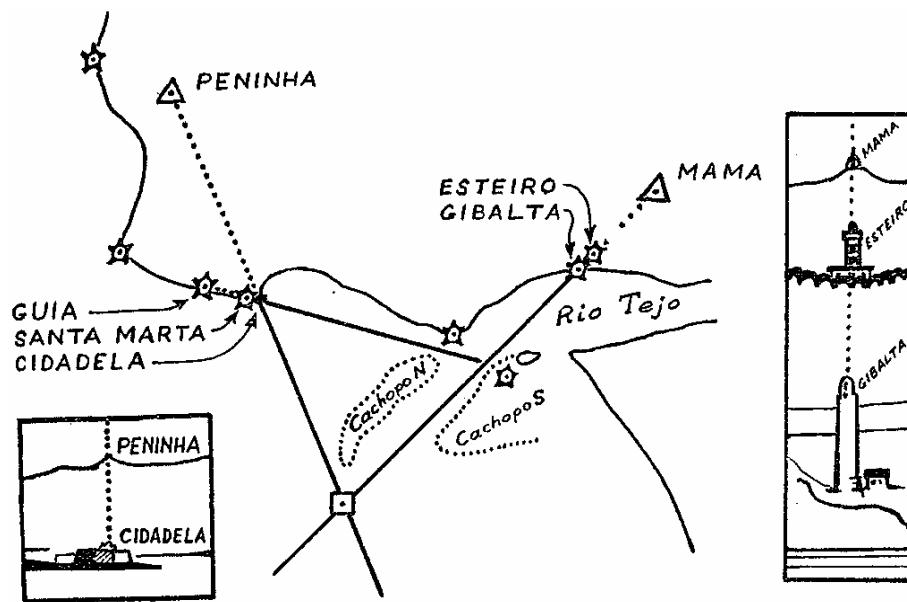


Figura 30.

Exemplo de utilização de Enfiamentos



LINHAS DE POSIÇÃO

ALINHAMENTO – Linha de posição de recurso.

Verifica-se quando o navegador se situa entre dois pontos, no segmento de recta que os une.

**O Alinhamento é pouco prático como linha de posição,
a menos que a navegação dispense certo rigor.**

Em certos casos, contudo, um alinhamento pode ser muito útil como linha de Resguardo, principalmente quando uma embarcação tiver de seguir um rumo mais ou menos paralelo ao alinhamento sem o cruzar para o outro lado.

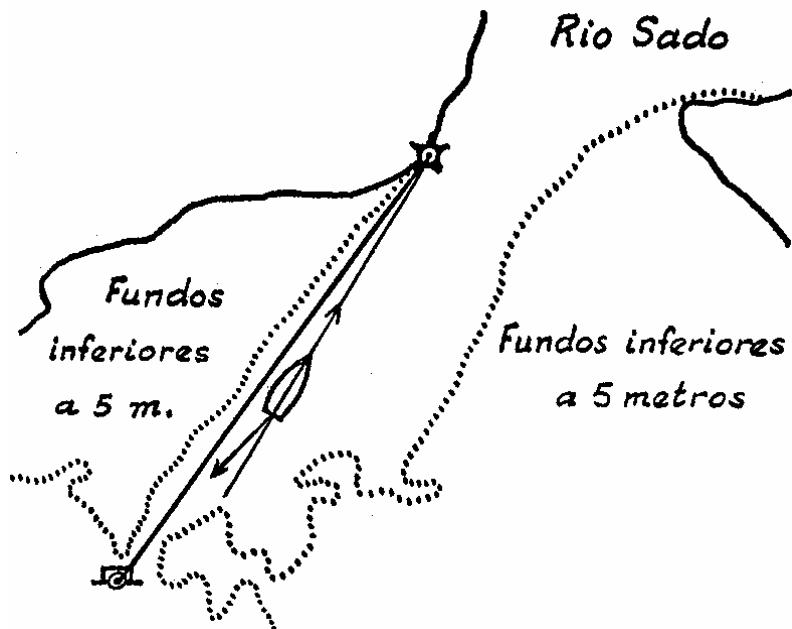


Figura 31.

*Utilizando o Alinhamento BÓIA DE ESPERA - SANATÓRIO DO OUTÃO
como linha de resguardo na entrada da Barra do Sado.*



LINHA DE POSIÇÃO

AZIMUTE – Direcção em que se avista esse objecto.

O Azimute dum objecto equivale ao rumo a que seria necessário seguir para o atingir.

O Azimute indica-se pelo ângulo compreendido entre a direcção Norte e o raio visual dirigido do navegador para o objecto.

É claro que o azimute obtido com a agulha terá de ser corrigido do desvio (δ) e da declinação (D) para se converter em azimute verdadeiro.

O azimute dum ponto assinalado na carta constitui uma das Linhas de Posição que o navegador utiliza frequentemente.

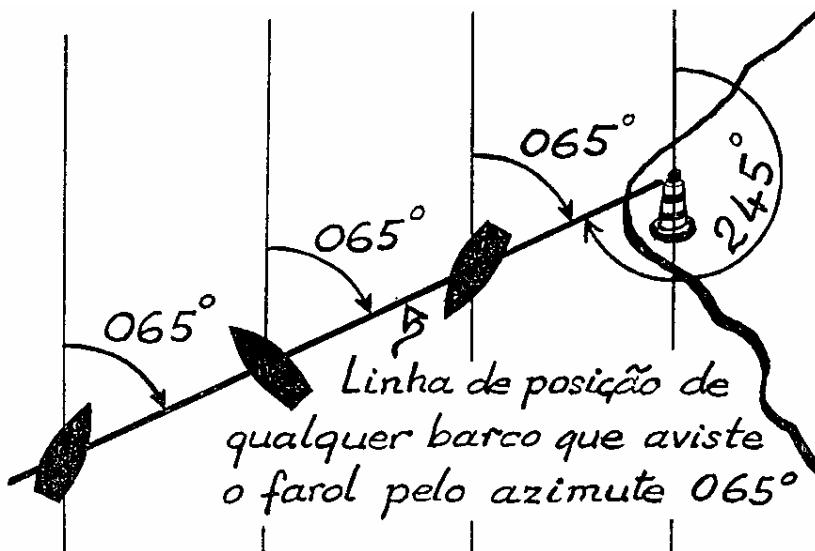


Figura 32.

Linha de posição definida pelo azimute dum ponto situado em terra



LINHA DE POSIÇÃO

A distância a um objecto fixo de altitude conhecida, a torre dum Farol, por exemplo, pode ser determinada por meio do Sextante.

Uma vez conhecida a distância a que a embarcação se encontra de qualquer ponto notável representado na carta, o navegador obtém facilmente uma Linha de Posição, a qual, neste caso, é a circunferência centrada naquele ponto e cujo raio é a própria distância.

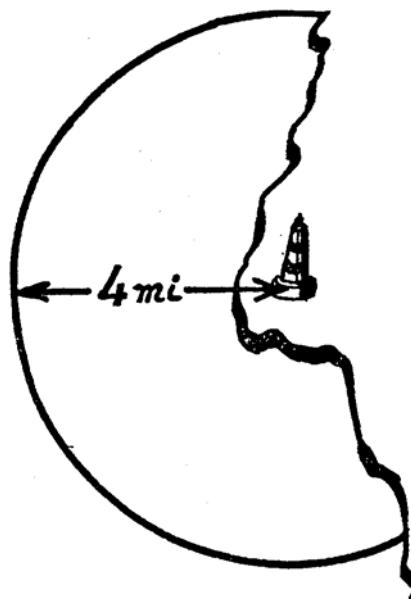


Figura 33.

O conhecimento da distância a um ponto em terra fornece uma circunferência de posição.

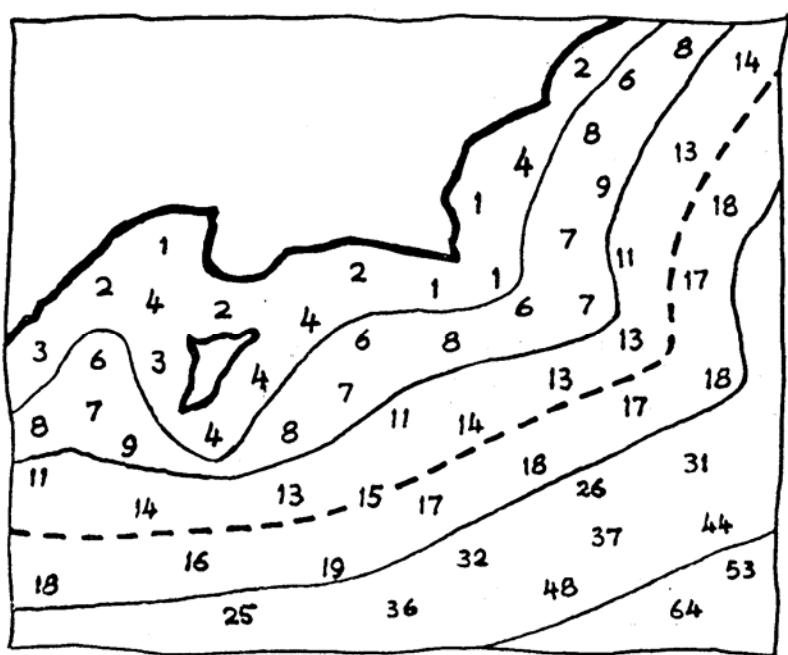
A distância a um farol, pode ser determinada utilizando o sextante para obtenção do ângulo formado com a cúpula do farol, e depois recorrendo à Tabela 3 das Tábuas Náuticas do Instituto Hidrográfico, ou calculando a distância pelas funções trigonométricas.



LINHA DE POSIÇÃO

BATIMÉTRICA - O relevo submarino é indicado nas cartas marítimas por meio de sondas (números indicativos da profundidade em metros, braças ou pés) em vários locais e por meio de Linhas Isobatimétricas, vulgarmente designadas por Batimétricas.

Nas zonas em que as profundidades aumentam regularmente a partir da costa e em que o declive do fundo é acentuado, as Batimétricas constituem excelentes Linhas de Posição, frequentemente usadas em tempo de nevoeiro pelas embarcações equipadas com sondas electrónicas, para se avaliar a profundidade da costa.





LINHAS DE POSIÇÃO SIMULTÂNEAS

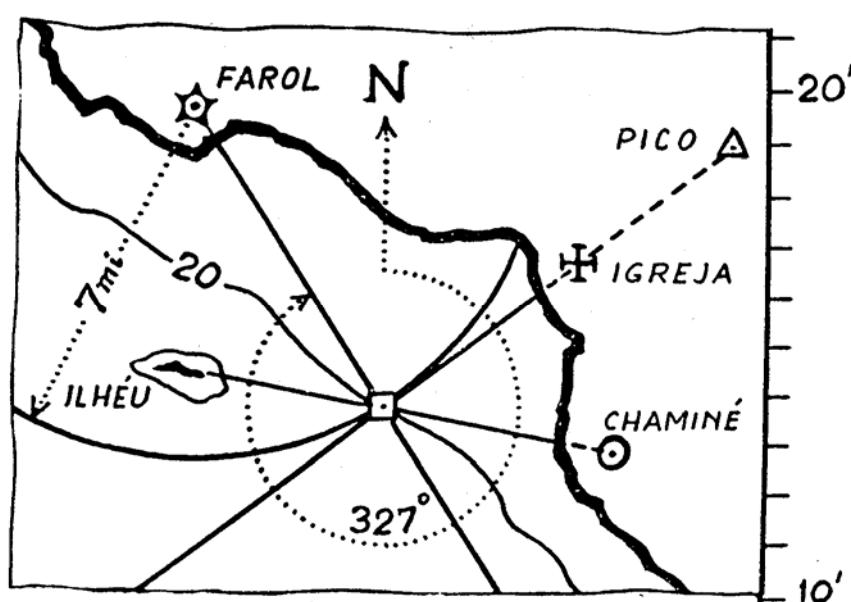
O cruzamento de duas ou mais linhas de posição, obtidas no mesmo instante, dá o “Ponto” ou a “Posição”, isto é, a localização do barco nesse momento.

Por exemplo, neste caso, utilizaram-se as seguintes linhas de posição:

ENFIAMENTO.....	Pico da Serra - Igreja
ALINHAMENTO.....	Ilhéu - Chaminé
AZIMUTE VERDADEIRO DO FAROL.....	327º
DISTÂNCIA AO FAROL.....	7'(milhas)
SONDA.....	20 metros

Tratando-se de três Linhas de Posição, é desejável que formem entre si ângulos de cerca de 60º.

Para duas Linhas de Posição, é conveniente que se cruzem cerca de 90º.



Teoricamente, bastam duas Linhas de Posição para fornecer o “Ponto”.

Existe, contudo, vantagem em utilizar três Linhas de Posição sempre que possível, pois deste modo o navegador pode avaliar facilmente o rigor conseguido nas observações.



LINHA DE POSIÇÃO ISOLADA

Muitas vezes, devido, por exemplo, à dificuldade de identificar marcas adequadas em terra (Faróis, montes, edifícios, etc) o navegador não consegue, em dado momento, determinar mais que uma única Linha de Posição.

Ora, uma linha de posição, só por si, não dá o “ponto” ou “posição”.

Sabe-se, apenas, que a embarcação se situa algures nessa linha.

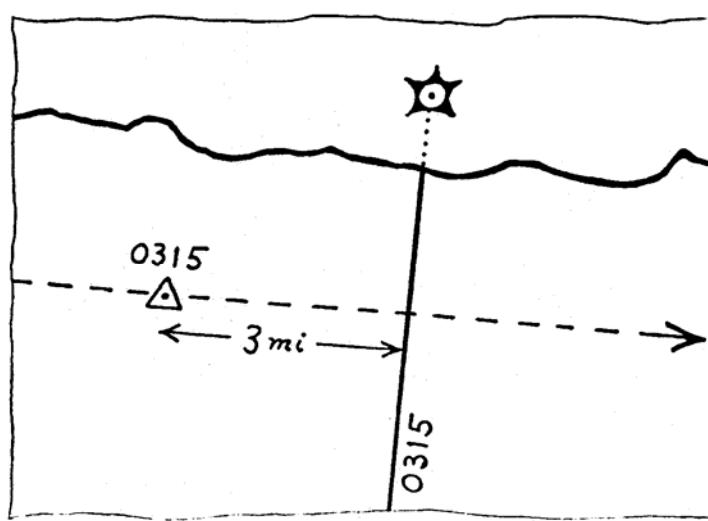


Figura 36.

Obteve-se um azimute (Z_v) do Farol quando este se apresentava pelo “Través”, e essa Linha de Posição indicou imediatamente que a embarcação se encontra adiantada em relação à “Estima”.

Em conclusão: ou o odômetro marca menos ou há correntes e/ou vento a favor.



LINHA DE POSIÇÃO PARALELA AO RUMO

Certas Linhas de Posição, mesmo tomadas isoladamente, fornecem imediatamente indicações preciosas para a condução da embarcação.

Por exemplo: Uma Linha de Posição sensivelmente paralela ao rumo, revela se a embarcação tem abatido ou sido arrastada pela corrente para um ou outro lado da “Derrota estimada”.

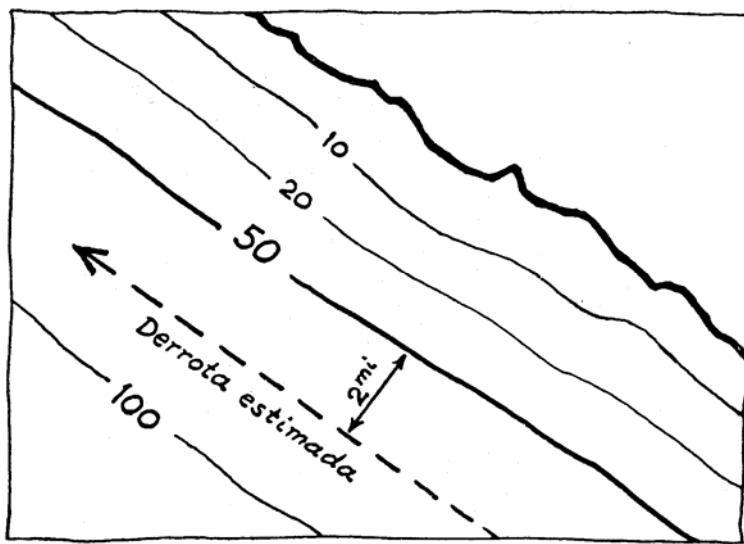


Figura 37.

Sondaram-se 50 metros: Neste caso, a batimétrica considerada como linha de posição, indica que a embarcação já abateu cerca de duas milhas (2') para a costa tornando-se aconselhável, nestas circunstâncias, alterar o rumo mais para fora.



TRANSPORTE DE UMA LINHA DE POSIÇÃO

Se considerarmos que é forçosamente sobre essa linha de posição que se encontra a embarcação no instante em que é obtida, é lícito fazê-la “deslizar” na carta, à medida que a embarcação vai avançando, pois deste modo se “transportam”, ao rumo seguido e conforme o caminho andado, todas as posições prováveis da embarcação.

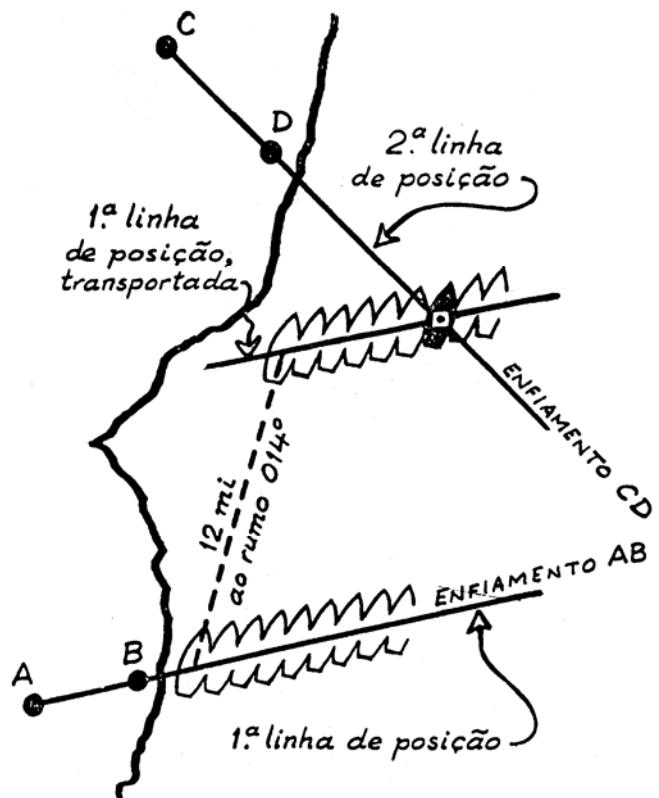


Figura 38.

Aproveitamento de uma linha de posição (enfiamento A-B) transportada paralelamente a si própria, segundo o rumo e a distância percorrida até ao momento em que se obteve segunda linha de posição (enfiamento C-D). O cruzamento da linha transportada com a segunda, fornece a posição da embarcação no momento em que esta última foi obtida.



MARCAÇÃO TAXIMÉTRICA

Marcar um objecto é determinar a direcção em que ela se encontra.

Se a direcção é definida em relação ao “Norte”
trata-se de uma “Marcação Azimutal” ou “Azimute” (Z).

Se é definida em relação à “Linha de Fé” (Proa - Popa) da embarcação,
trata-se de uma “Marcação Taximétrica” (M_{tx}).

As expressões tradicionais: “pela popa”, “pela amura”, “pelo través”, “pela alheta” ou “pela popa”, não são mais que marcações taximétricas de pouco rigor e determinadas “a olho”.

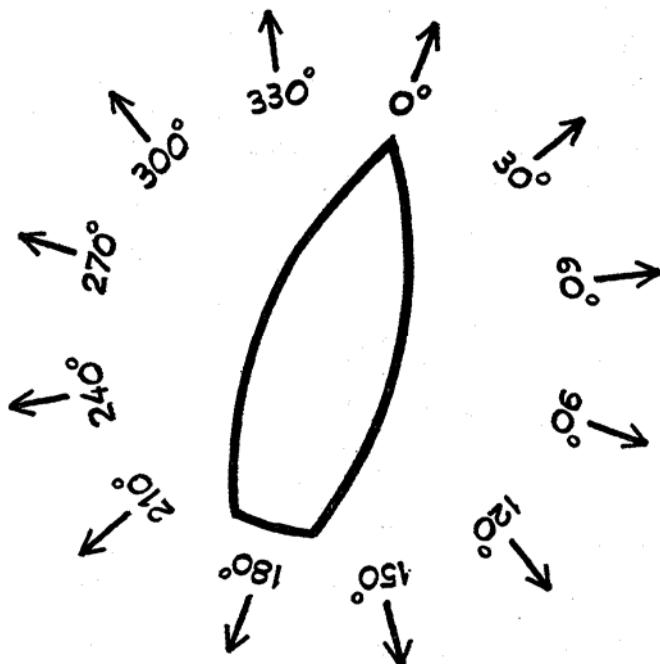


Figura 39.

A “Marcação Taximétrica” pode expressar-se em graus de 000° a 359° contados a partir da proa, no sentido em que se movem os ponteiros de um relógio, mas não é muito vulgar.



MARCAÇÕES (Continuação)

No entanto, é mais correcto e usual definir a “marcação” como sendo a direcção em que se observa um determinado objecto, medida em relação à proa da embarcação (linha proa / popa).

As marcações podem medir-se para EB e BB de 000° a 180° . Se forem para EB, dizem-se “verdes” (cor do farol de navegação de EB), ou “positivas”. Se forem para BB, dizem-se “vermelhas” (cor do farol de navegação de BB), ou “negativas”.

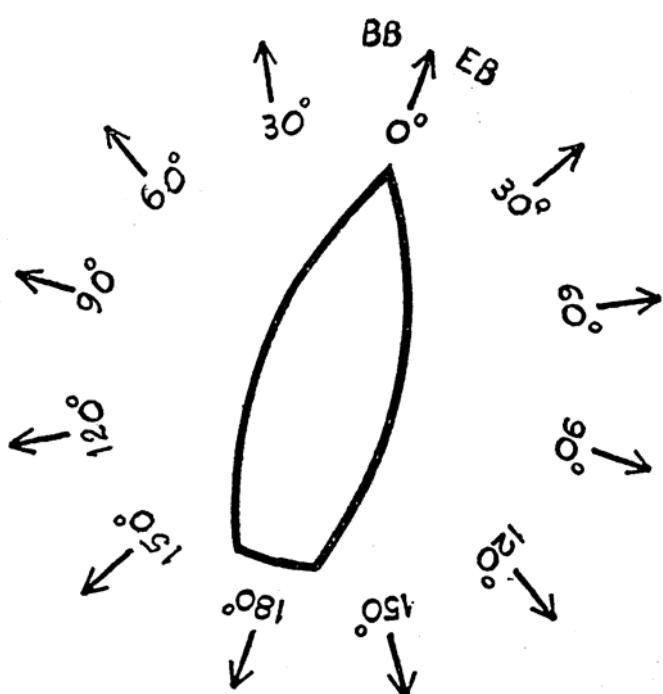


Figura 40.

“Marcação” expressa em graus de 000° a 180° contados a partir da proa, para EB e BB, no sentido em que se movem os ponteiros de um relógio.



MARCAÇÃO TAXIMÉTRICA, PROA E AZIMUTE

Quando não for possível observar o azimute de um objecto por meio de qualquer agulha de marcar, quer fixa, quer portátil, pode recorrer-se ao expediente de determinar simultaneamente a marcação taximétrica (M_{tx}) do objecto e a proa (P) indicada pela agulha de governo e, somando os dois valores – marcação taximétrica e proa – determinar o azimute do objecto.

$$\text{Azimute (Z)} = \text{Proa (P)} + \text{Marcação (M)}$$

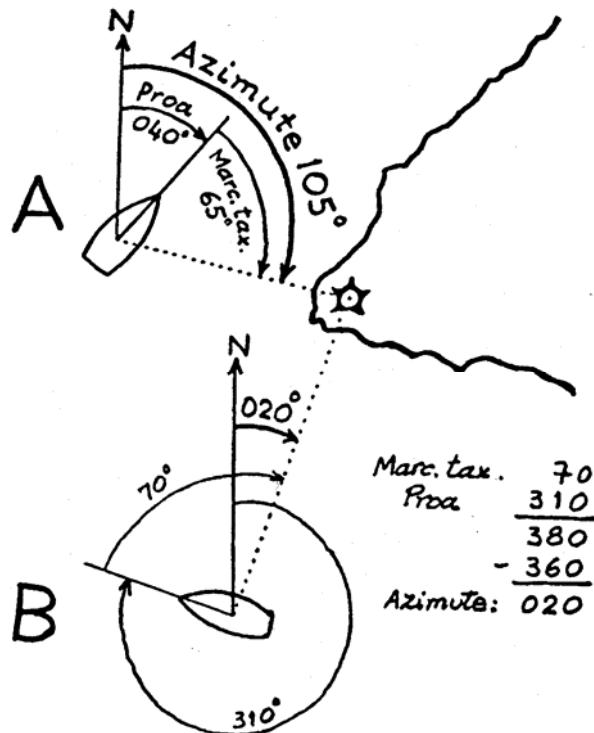
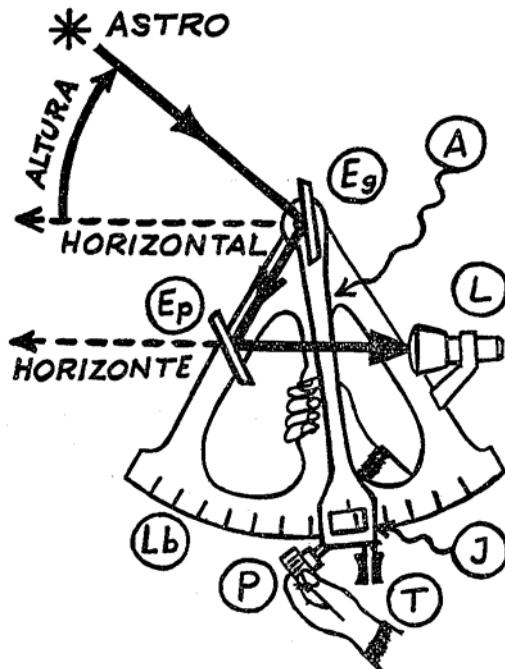


Figura 41.

Um único observador, estando ao leme, pode ainda determinar o azimute aproando ao objecto e lendo simultaneamente a proa da agulha (P_a), a qual, neste caso, será o próprio Azimute da agulha Z_a .



SEXTANTE
INSTRUMENTO PARA MEDIR ÂNGULOS
QUE TENHAM POR VÉRTICE O OLHO DO OBSERVADOR



L	Luneta.
L_b	Limbo graduado.
A	Alidade móvel.
J	Janela para leitura dos graus.
T	Travão para ajustamento grosso da posição da alidade.
P	Parafuso micrométrico para ajustamento rigoroso da posição da alidade e leitura dos minutos.
E_g	Espelho grande, fixado à alidade móvel, no local do respectivo centro de giro.
E_p	Espelho pequeno, fixo, com uma parte transparente para visão directa.

Figura 42.



DISTÂNCIA A UM FAROL, DE NOITE

É a soma da distância ao horizonte visual do “observador” com o alcance geográfico do “farol”. Uma e outro são fornecidos por tabelas.

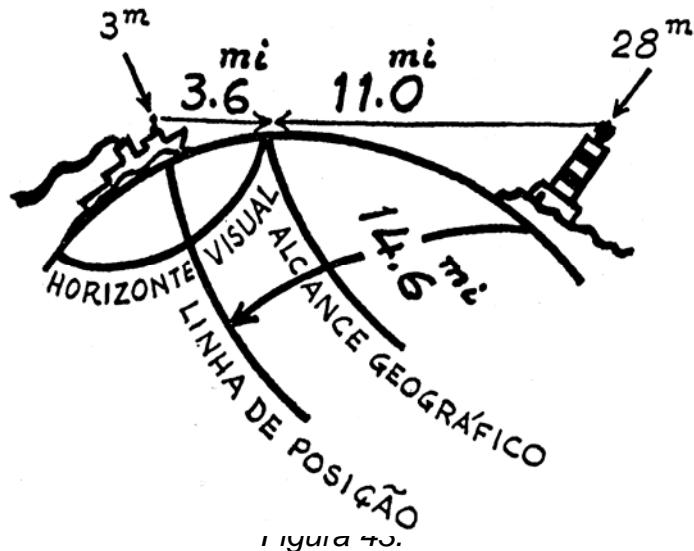
Alcance Geográfico

É a distância a que, devido à curvatura da Terra, a cúpula do farol pode ser avistada (fonte luminosa propriamente dita).

Tabela 4. – Tábuas Náuticas do Instituto Hidrográfico (reduzida).

Elev. (Metros)	Dist. (Milhas)	Elel. (Metros)	Dist. (Milhas)								
0,5	1,5	10,5	6,7	20,5	9,4	36	12,5	72	17,7	119	22,7
1,0	2,1	11,0	6,9	21,0	9,5	37	12,7	74	17,9	122	23,0
1,5	2,6	11,5	7,1	21,5	9,6	38	12,8	76	18,1	125	23,3
2,0	2,9	12,0	7,2	22,0	9,8	39	13,0	78	18,4	128	23,5
2,5	3,3	12,5	7,4	22,5	9,9	40	13,2	80	18,6	131	23,8
3,0	3,6	13,0	7,5	23,0	10,0	42	13,5	82	18,8	134	24,1
3,5	3,9	13,5	7,6	23,5	10,1	44	13,8	84	19,1	137	24,4
4,0	4,2	14,0	7,8	24,0	10,2	46	14,1	86	19,3	140	24,6
4,5	4,4	14,5	7,9	24,5	10,3	48	14,4	88	19,5	143	24,9
5,0	4,7	15,0	8,1	25,0	10,4	50	14,7	90	19,7	146	25,1
5,5	4,9	15,5	8,2	26,0	10,6	52	15,0	92	20,0	149	25,4
6,0	5,1	16,0	8,3	27,0	10,8	54	15,3	94	20,2	152	25,7
6,5	5,3	16,5	8,5	28,0	11,0	56	15,6	96	20,4	155	25,9
7,0	5,5	17,0	8,6	29,0	11,2	58	15,8	98	20,6	158	26,2
7,5	5,7	17,5	8,7	30,0	11,4	60	16,1	101	20,9	161	26,4
8,0	5,9	18,0	8,8	31,0	11,6	62	16,4	104	21,2	164	26,6
8,5	6,1	18,5	9,0	32,0	11,8	64	16,6	107	21,5	167	26,9
9,0	6,2	19,0	9,1	33,0	12,0	66	16,9	110	21,8	170	27,1
9,5	6,4	19,5	9,2	34,0	12,1	68	17,2	113	22,1	175	27,5
10,0	6,6	20,0	9,3	35,0	12,3	70	17,4	116	22,4	180	27,9

$$\text{Ou: } D_t = 2,08 (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) \Rightarrow D_t = 2,08 (\sqrt{3} + \sqrt{28}) \Rightarrow D_t = 14,6 \text{ mi}$$





DISTÂNCIA A UM FAROL, DE DIA Distância a Objectos Aquém Horizonte

Mede-se com o “sextante” o ângulo vertical entre a parte superior da cúpula do farol e a linha de costa (linha de encontro do mar com a terra), e calcula-se a distância, em milhas, multiplicando a altitude da cúpula, em metros, por 1,852 (valor da milha) e dividindo o produto obtido pelo valor, em minutos de arco, do ângulo medido.

EXEMPLO: Seja a altitude do farol 78 metros e o ângulo vertical $2^{\circ} 04'$ ($124'$).
A distância a terra será:

$$d_t = 1,852 \times 78 \text{ m} : 124' \Rightarrow d_t = 1,16 \text{ milha}$$

ou: $d_t = h : \operatorname{tg} \phi$ (ϕ é a medida do ângulo vertical em graus e minutos)
 $d_t = 78 : 0,036 \Rightarrow d_t = 2166,66 \text{ m} \Rightarrow d_t = 1,16 \text{ mi}$ ($2166,66 : 1852$)

Este resultado é aproximado, devido à maré ou ao nível médio do mar. E é precisamente para compensar o erro causado pela subida do mar, que se aconselha que o ângulo seja medido até ao cimo da cúpula, e não ao nível da lanterna.

Outro processo é recorrendo à **Tabela 3 das Tábuas Náuticas do IH**.

O MÉTODO EXPOSTO NÃO DEVE SER USADO QUANDO:

- A distância entre o barco e a costa for inferior à distância entre a costa e o farol.
- Quando o farol estiver além do horizonte visual.

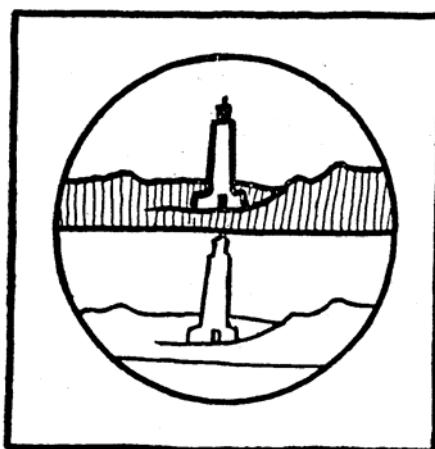


Figura 44.

Fazendo descer a cúpula até à linha de água (horizonte artificial) obtemos o ângulo vertical a que nos encontramos do farol.



RESGUARDOS, ÂNGULO VERTICAL DE SEGURANÇA

Se com centro num ponto “A” (farol ou ponto conspícuo da costa) traçarmos um círculo que abarque os perigos contíguos, esse raio representa a **distância de segurança** ao mencionado ponto “A”.

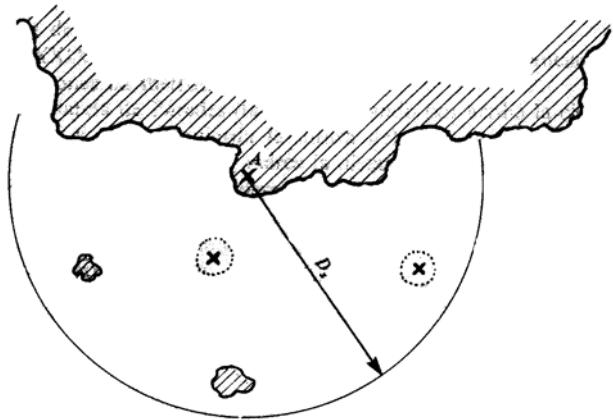


Figura 45a.

Se é um farol e conhecemos a sua elevação, o ângulo vertical, obtido com o sextante, **deve ser sempre menor** que o dado pela fórmula já definida:

$$\alpha \text{ (em minutos)} = h \times 1,852 : d_s$$

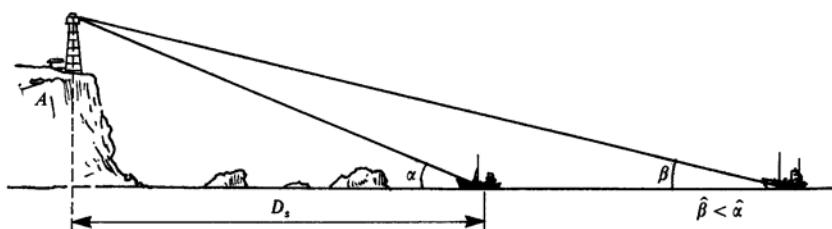
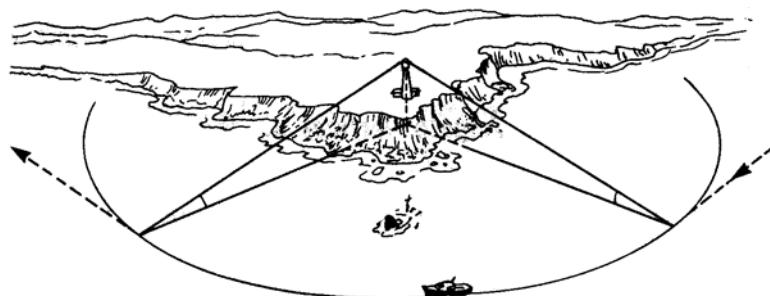


Figura 45b.



O PONTO DETERMINADO A “OLHO”

Existem dois casos em que o navegador pode marcar na carta a posição da embarcação sem ter de recorrer a instrumentos de observação.

O primeiro caso é o de “ponto por enfiamentos cruzados”.

O outro caso é o da passagem da embarcação junto de qualquer acidente geográfico, assinalado na carta, a distância tão pequena que se possa avaliar à vista, sem erro apreciável.

Além da “distância” ao objecto de referência (ponta, ilhéu, farol, bóia de balizagem, etc.) há que ter em conta o seu “azimute” (Z), isto é, a direcção em que se encontra.

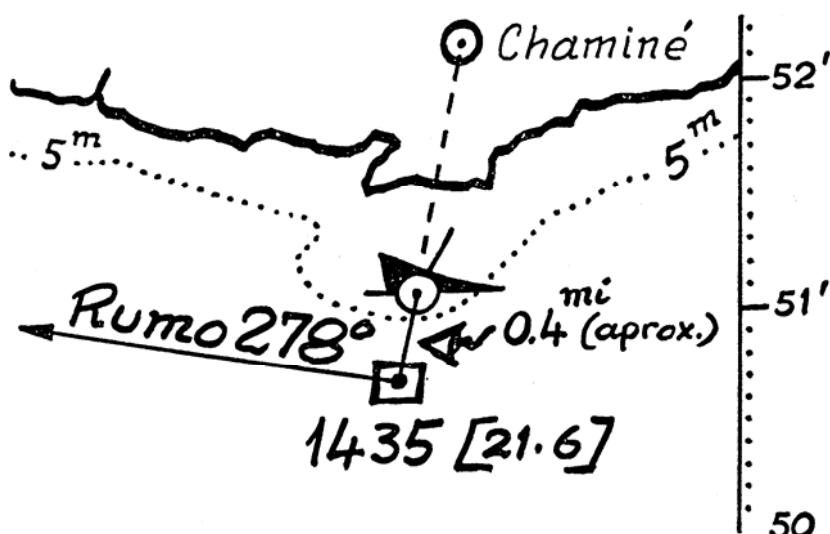


Figura 46.

Às 14:35 horas, marcando o odómetro 21,6 nós, obteve-se um ponto avaliando “a olho” a distância ao navio naufragado no momento em que se apresentava enfiado pela chaminé em terra.



PONTO POR CRUZAMENTO DE AZIMUTES SIMULTÂNEOS

Na carta, utilizam-se os azimutes verdadeiros (Z_v), calculados a partir dos azimutes obtidos com a agulha (Z_a).

Quando determinados simultaneamente, devem cruzar-se num ponto.

Na prática, devido a erros inevitáveis, aquelas linhas formam geralmente um pequeno polígono cujo centro se considera a posição da embarcação.

Sempre que possível devem escolher-se três objectos com diferenças de azimute próximas de 60° .

Só como recurso se devem usar apenas dois objectos ou marcações, convindo que difiram cerca de 90° e nunca menos de 30° .

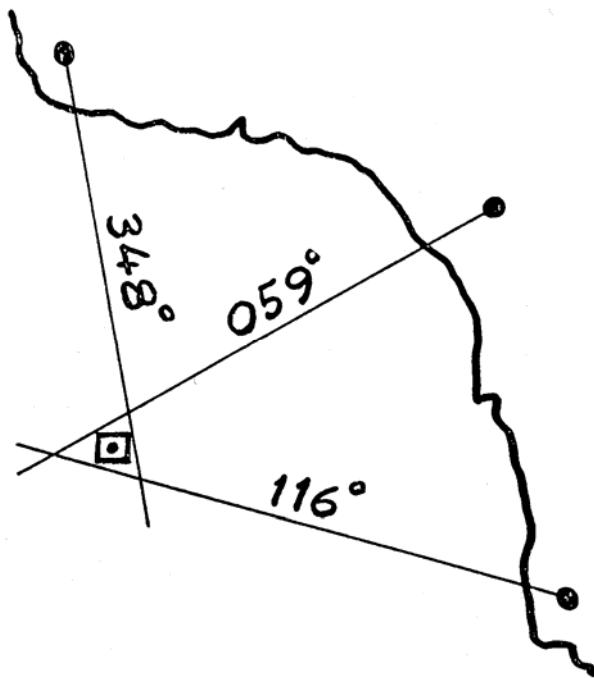


Figura 47.

Ponto por cruzamento de três azimutes simultâneos.



PONTO POR UM ENFIAMENTO E UM AZIMUTE SIMULTÂNEO

Dado que um enfiamento sensível fornece uma linha de posição de maior confiança, há que aproveitar as ocasiões em que dois pontos representados na carta se apresentem enfiados para se tentar obter, além do seu enfiamento, outra linha de posição, para que o cruzamento de uma com a outra forneça o “ponto” ou “posição”.

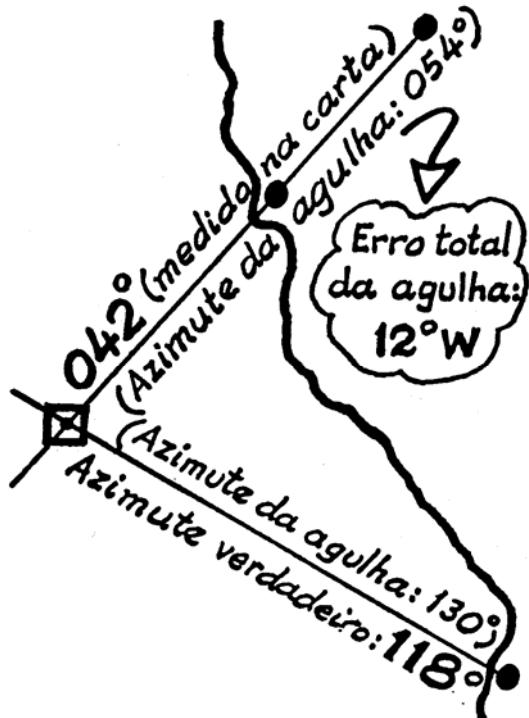


Figura 48.

O facto de também se ter marcado o enfiamento permitiu achar imediatamente o erro total da agulha, por comparação entre o azimute verdadeiro (Z_v), medido na carta, e o azimute da agulha (Z_a) observado.



PONTO POR ÂNGULOS HORIZONTAIS

Determina-se depois de seleccionados três pontos a utilizar. Medem-se com o sextante o ângulo entre o ponto da esquerda e o ponto central, e o ângulo entre este último e o da direita. Em seguida, com um compasso de três pontas, procura-se na carta a posição em que os traços de referência dos braços passam, cada um, pelo seu ponto. Conseguido isto, a posição da embarcação corresponde ao centro do instrumento, no qual existe um furo por onde se faz passar o bico do lápis, para marcar o “ponto” na carta.

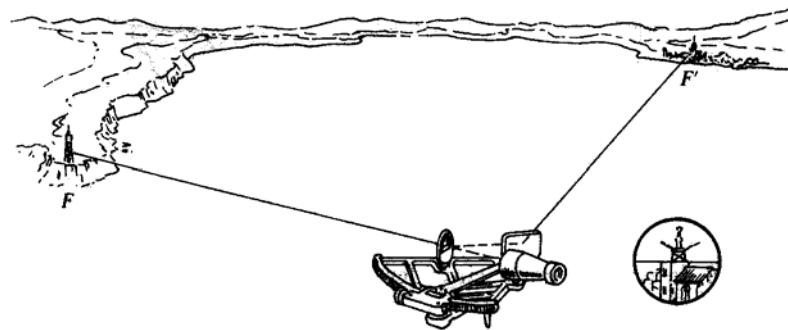


Figura 49a.

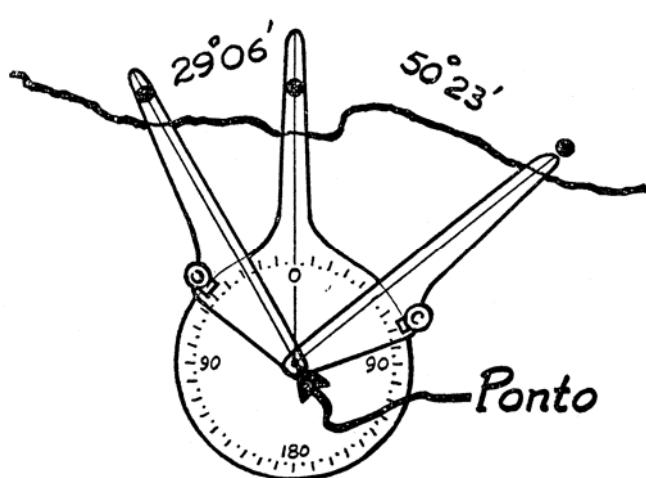


Figura 49b.

Colocação, na carta, de um ponto por ângulos horizontais, por meio do compasso de três pontas.



RESOLUÇÃO GRÁFICA

Primeiro caso: Ângulo Horizontal menor que 90° ($Ah < 90^\circ$)

O ângulo α para determinar o centro da circunferência na carta é:

$$\alpha = 90^\circ - Ah$$

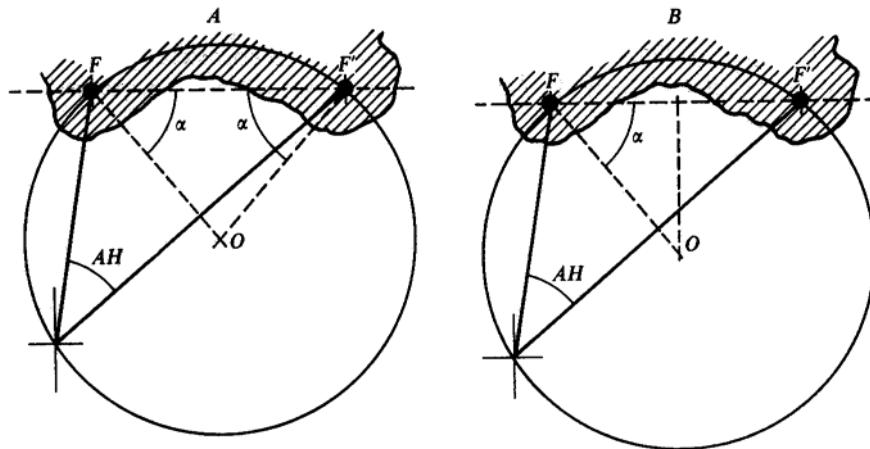


Figura 50a.

Segundo caso: Ângulo Horizontal maior que 90° ($Ah > 90^\circ$)

O ângulo β para determinar o centro da circunferência na carta é:

$$\beta = Ah - 90^\circ$$

E traça-se para o lado oposto donde se encontra a embarcação, em relação à linha que une os dois faróis ou pontos conspícuos que se observaram para determinar o ângulo horizontal.

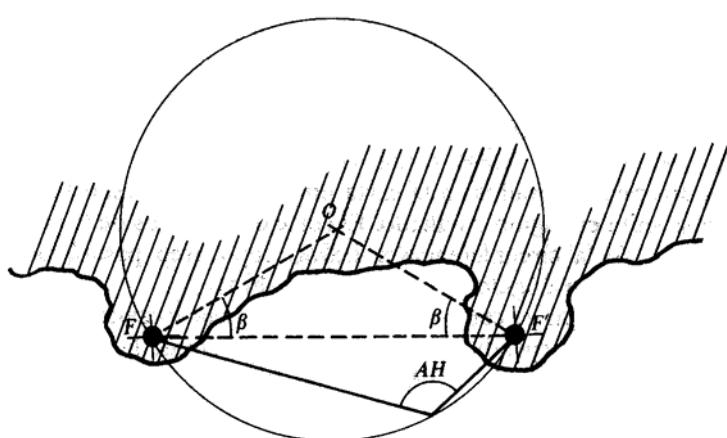


Figura 50b.



Terceiro caso: Ângulo Horizontal de 90° ($Ah = 90^\circ$)

Neste caso, o ponto **O**, centro do traçado da circunferência ou segmento capaz, encontra-se exactamente no ponto médio da linha que une os pontos visados **F** e **F'**.

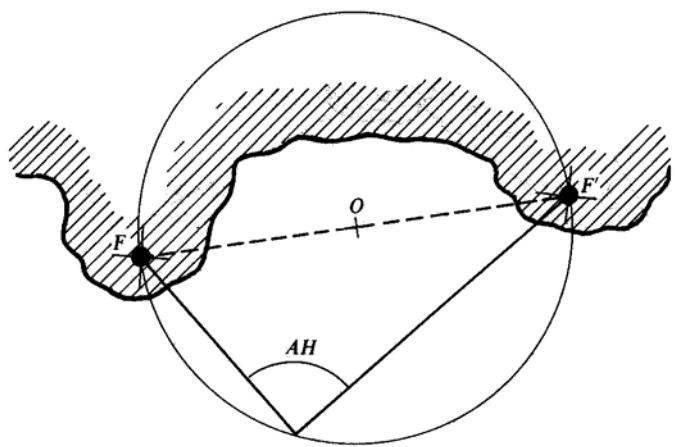


Figura 51a.

Exemplo: Determinação da posição da por ângulos horizontais.

Dados: Ah dos faróis A e B = $114,5^\circ$ $\beta = 114,5^\circ - 90^\circ$ $\beta = 24,5'$
 Ah dos faróis B e C = 060° $\alpha = 90^\circ - 60^\circ$ $\alpha = 30^\circ$

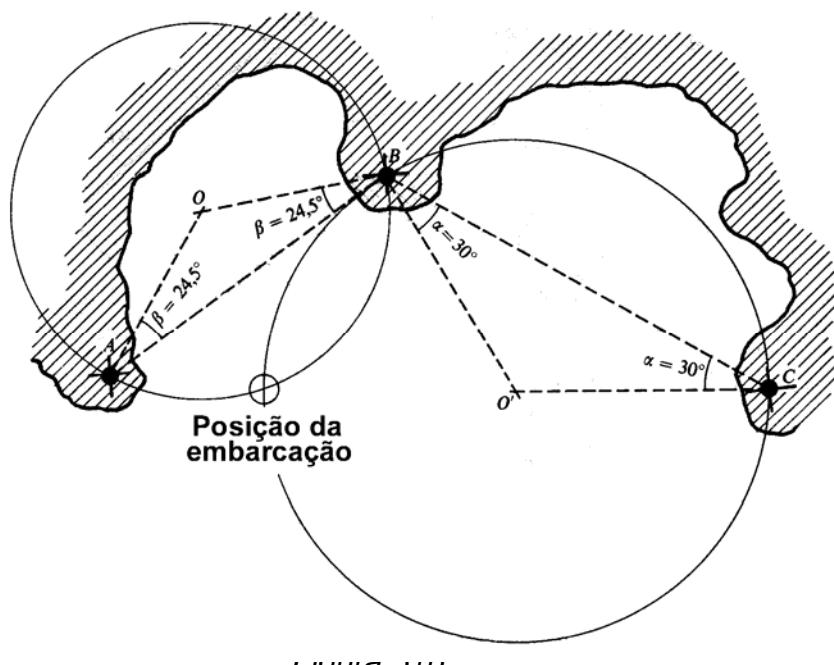


Figura 51b.



PONTO POR DISTÂNCIAS SIMULTÂNEAS

O ponto por distâncias simultâneas só tem aplicação prática nas embarcações equipadas com radar, mas é o melhor ponto que se pode obter com este equipamento.

Com efeito, enquanto que os azimutes determinados por meio do radar são um tanto imprecisos, as distâncias por ele fornecidas são, em geral, bastante rigorosas.

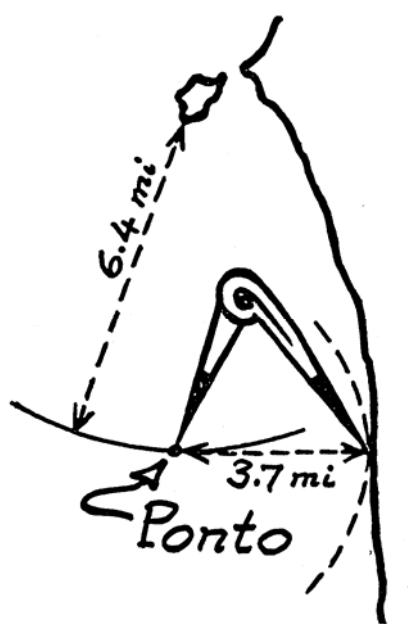


Figura 52.

É contudo necessário que, simultaneamente se obtenha a distância a um objecto identificado e situado em direcção favorável a um bom ângulo de cruzamento das linhas de posição.



MARCAR NAVEGAR E TORNAR A MARCAR

Na navegação costeira, o exemplo mais típico ocorre quando se navega ao longo de uma costa onde apenas se avista um único objecto assinalado na carta, em geral um farol, de noite.

- 1º - Marca-se o farol pela amura (azimute verdadeiro - Z_v), traça-se na carta e anota-se a hora e odómetro.
- 2º - Continua-se a navegar, anotando rumos verdadeiros (R) e espaços percorridos, até que o azimute do farol acuse uma diferença de mais de 30° .
- 3º - Torna-se a marcar o farol (azimute verdadeiro - Z_v), e traça-se na carta esta 2ª linha de posição, anotando-se a hora e leitura do odómetro.
- 4º - Desloca-se graficamente, na carta, a posição do farol, e traça-se uma recta paralela à primeira linha de posição.
- 5º - O cruzamento da primeira linha de posição transportada, com a segunda linha de posição, representa o ponto no momento desta última, cujo rigor depende do grau de certeza da estima efectuada.

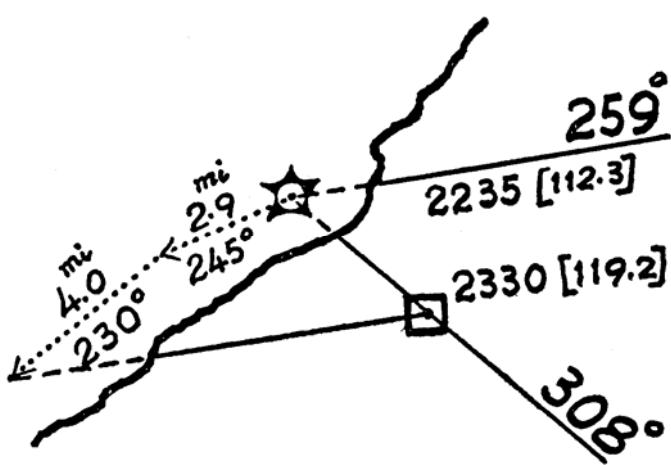


Figura 53.

*Navegação com mudança de proa:
2,9 milhas à proa de 245° , e 4,0 milhas à proa de 230° .*



NAVEGAÇÃO EM CANAL ESTREITO

O procedimento correcto de navegação em canal estreito, e no caso de nevoeiro consiste em avançar em “zigue-zague”, fazendo “bordos” limitados, em cada lado do rio ou canal, pela “batimétrica”, que, atendendo ao canal da embarcação, não convém ultrapassar.

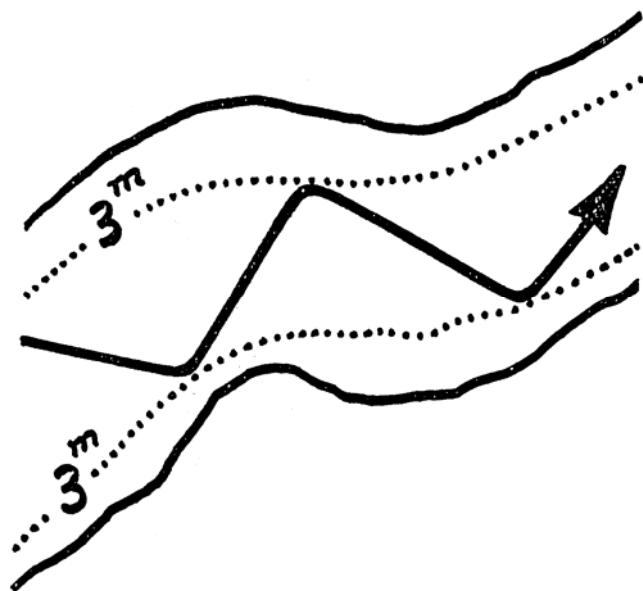


Figura 54.

Navegando num rio, pela sonda (e também pela agulha) em caso de nevoeiro



RESGUARDOS

O resguardo é a distância mínima a que o navegador julga prudente passar de um perigo ou obstáculo.

Os roteiros aconselham, em alguns casos, o resguardo a dar a certos trechos da costa, pontas, baixios, etc..

Em regra, os resguardos deverão ser maiores sempre que haja probabilidade de “ensacamento” mormente se se tratar de um barco à vela ou de uma embarcação provida de um único motor.

No caso da figura, o Farol da Guia emite, ainda, um feixe de luz vermelha, em direcção ao Farol de Santa Marta, pois o enfiamento destes dois faróis dá o eixo do “Corredor” ou “Barra Norte”.

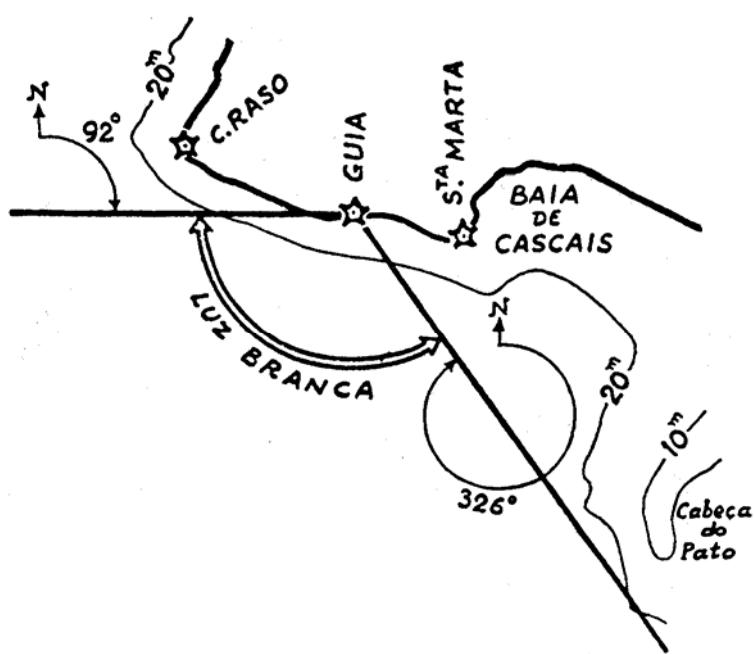


Figura 55.

Os azimutes de resguardo só devem ser usados se não houver outro recurso pois a agulha pode ter desvios anormais.