

4

A POSIÇÃO NO MAR; NAVEGAÇÃO COSTEIRA

4.1 PLANEJAMENTO E TRAÇADO DA DERROTA

Normalmente, não se suspende para uma viagem sem antes proceder-se a um detalhado estudo da área em que se vai navegar. Neste estudo, denominado **Planejamento da Derrota**, utilizam-se, entre outros documentos, os seguintes:

1. **Cartas Náuticas** (de **Escalas** variadas, desde **Cartas Gerais**, em pequena escala e cobrindo grandes áreas, até Cartas de **Pequenos Trechos**, em **escalas grandes**, destinadas à **navegação costeira**, ou **Cartas Particulares**, de portos ou aproximações);
2. **Roteiros, Lista de Faróis e Lista de Auxílios-Rádio;**
3. Tábuas de Marés, Cartas ou Tábuas de Correntes de Marés;
4. Cartas-piloto;
5. Cartas Especiais (Cartas de Derrotas, Cartas para Navegação Ortodrômica – para grandes travessias);
6. Tábuas de Distâncias;
7. Almanaque Náutico e outras Tábuas Astronômicas;
8. Catálogos de Cartas e Publicações;
9. Avisos aos Navegantes;
10. Manuais de Navegação, etc.

Todas estas Publicações Náuticas (ou Publicações de Auxílio à Navegação) serão estudadas detalhadamente no Capítulo 12.

Definida a **Derrota**, esta é, então, traçada nas **Cartas Náuticas** (tanto nas Cartas de **pequena escala**, como nas de **grande escala**). Após o **Traçado da Derrota**, registram-se os valores dos **Rumos Verdadeiros** e **Distâncias** a navegar, entre os pontos de inflexão

da Derrota. Ademais, é conveniente anotar, ao lado de cada ponto, o ETD / ETA (“ESTIMATED TIME OF DEPARTURE / ESTIMATED TIME OF ARRIVAL”) previsto, calculado com base na **velocidade de avanço**, ou SOA (“SPEED OF ADVANCE”), estabelecida na fase de **Planejamento da Derrota**. Com isto, pode-se verificar, durante a **execução da derrota**, se o navio está adiantado ou atrasado em relação ao planejamento.

Além disso, o Encarregado de Navegação deve preparar uma Tabela com os dados da derrota planejada (coordenadas dos pontos da derrota, rumos e distâncias, ETD / ETA, duração das singraduras e outras observações relevantes) e submetê-la à aprovação do Comandante, juntamente com as Cartas Náuticas mostrando o traçado da Derrota.

As Figuras 4.1 e 4.2 apresentam o traçado (na Carta de Grande Trecho, ao lado) e a tabela com os dados de uma derrota costeira, do Rio de Janeiro a Natal.

Figura 4.1 -

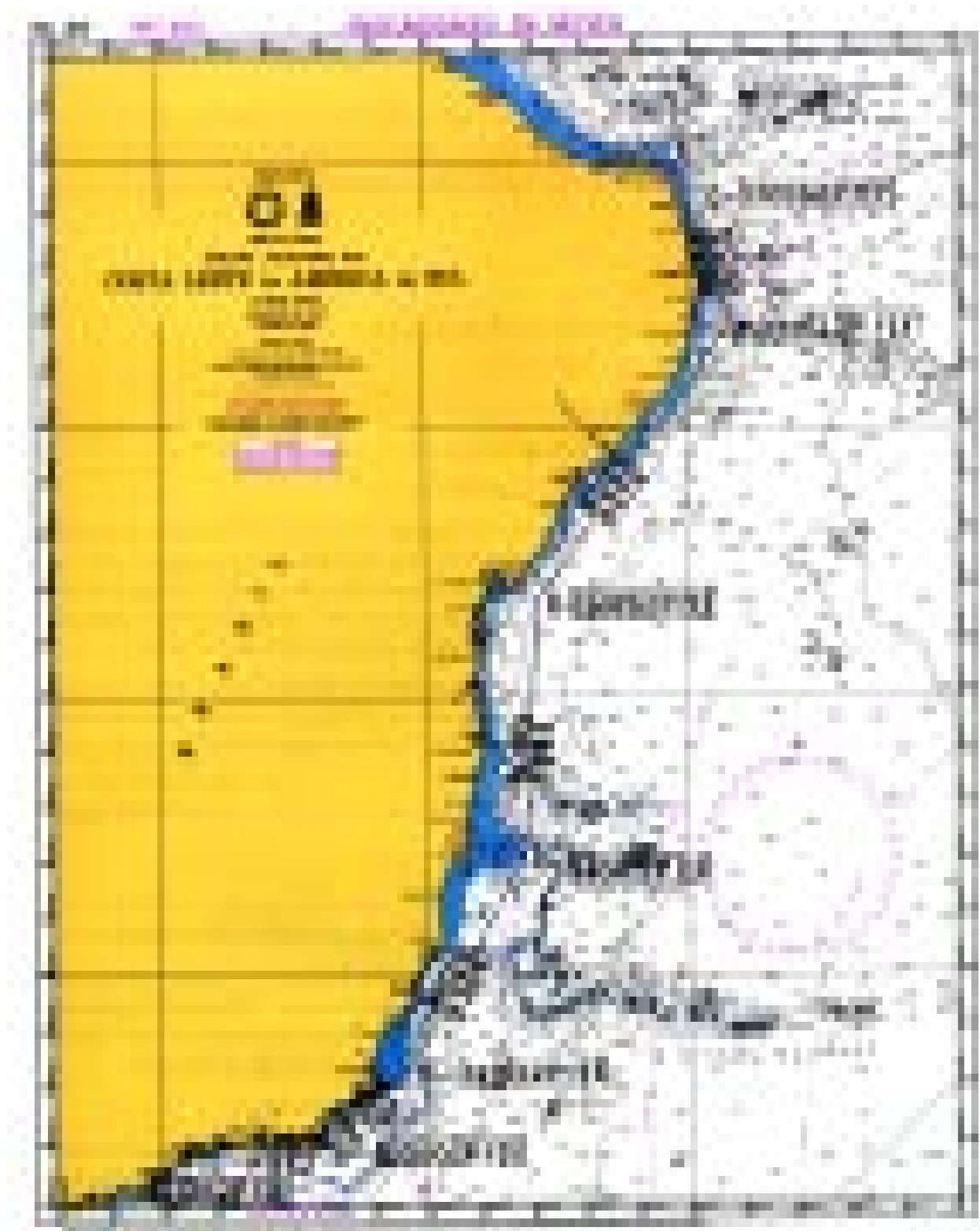
DERROTA DE: RIO DE JANEIRO					PARA: NATAL		SOA: 12 NÓS	
PONTO	COORDENADAS		P/PROX. PONTO		ETD/ETA	ETE (DURAÇÃO DO TRAJETO)	OBSERVAÇÕES	
	LAT. (S)	LONG. (W)	RUMO	DIST.				
RIO	xxx	xxx	RP	17.2'	121600P FEV	02h 52m	SOA = 6 NÓS	
ALFA	23° 10.0'	043° 06.0'	090°	62.0'	121852P FEV	05h 10m	PARTIDA	
BRAVO	23° 10.0'	041° 58.0'	048°	124.0'	130002P FEV	10h 20m	TRAVÉS CABO FRIO	
CHARLIE	21° 45.0'	040° 19.0'	029°	263.0'	131022P FEV	21h 55m	NORTE SÃO TOMÉ	
DELTA	17° 55.0'	038° 06.0'	003°	283.0'	140817P FEV	23h 35m	TRAVÉS ABROLHOS	
ECHO	13° 16.0'	037° 51.0'	035°	378.0'	150752P FEV	31h 30m	PROX. SALVADOR	
FOXTROT	08° 14.0'	034° 13.0'	348°	150.0'	161522P FEV	12h 30m	PROX. RECIFE	
GOLF	05° 43.0'	034° 45.0'	RP	20.0'	170352P FEV	03h 20m	SOA = 6 NÓS	
NATAL	xxx	xxx	xxx	xxx	170712P FEV	xxx	xxx	
				TOTAL: 1297.2	TOTAL:	111h 12m	04d 15h 12m	

- NOTA:
1. ETE = “ESTIMATED TIME ENROUTE”(DURAÇÃO DO TRAJETO)
 2. SOA = “SPEED OF ADVANCE” (VELOCIDADE DE AVANÇO)
 3. RP = RUMOS PRÁTICOS

4.2 CONCEITO DE LINHA DE POSIÇÃO (LDP); LDP UTILIZADAS NA NAVEGAÇÃO COSTEIRA E NA NAVEGAÇÃO EM ÁGUAS RESTRITAS

Durante a execução da derrota, o navegante está constantemente fazendo-se as seguintes perguntas: “qual é minha posição atual? Para onde estou indo? Qual será minha posição num determinado tempo futuro?”. A determinação de sua posição e a plotagem desta na Carta Náutica constituem, normalmente, os principais problemas do navegante,

Figura 4.2 -



advindo daí uma série de raciocínios e cálculos, que dizem respeito ao caminho percorrido ou a percorrer pelo navio e à decisão sobre os rumos e velocidades a adotar.

Para **determinar** a sua posição, o navegante recorre ao emprego das **Linhas de Posição**.

Chama-se **Linha de Posição** (LDP) ao lugar geométrico de todas as posições que o navio pode ocupar, tendo efetuado uma certa observação, em um determinado instante.

As LDP são denominadas de acordo com o tipo de observação que as originam. Sendo assim, podem ser:

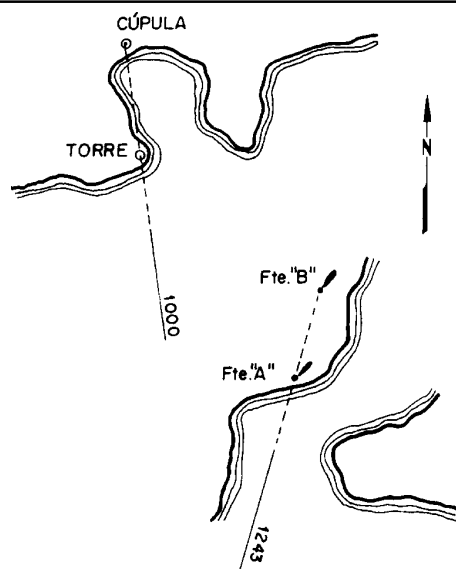
- RETAS DE MARCAÇÃO;
- RETAS DE ALINHAMENTO;
- RETAS DE ALTURA (OBSERVAÇÃO ASTRONÔMICA);
- CIRCUNFERÊNCIA DE IGUAL DISTÂNCIA;
- CIRCUNFERÊNCIA DO SEGMENTO CAPAZ;
- LINHAS DE IGUAL PROFUNDIDADE (ISOBATIMÉTRICAS); e
- HIPÉRBOLES DE POSIÇÃO (LDP ELETRÔNICA).

Uma só **Linha de Posição** indicará ao navegante o lugar geométrico das múltiplas posições que o navio poderá assumir em um determinado instante, fruto da observação que efetuou, mas não a sua posição. Por exemplo, se for observado que, às 10:32, o navio está à distância de 5 milhas de uma certa ilha, o navegante saberá que, nesse instante, o navio se encontra em algum ponto da circunferência com centro na ilha e raio de 5 milhas.

As LDP têm formas geométricas diferentes, de acordo com as observações que lhes deram origem. À exceção das isobatimétricas, que podem assumir as curvas mais caprichosas, as LDP habituais têm, geralmente, as formas de retas ou circunferências, o que torna o seu traçado sobre a carta rápido e simples.

São as seguintes as principais LDP utilizadas na navegação costeira e em águas restritas:

Figura 4.3 - Linha de posição - alinhamento



a. LDP ALINHAMENTO (Figura 4.3).

É a LDP de maior precisão e não necessita de qualquer instrumento para ser obtida, sendo determinada por observação visual direta, a olho nu.

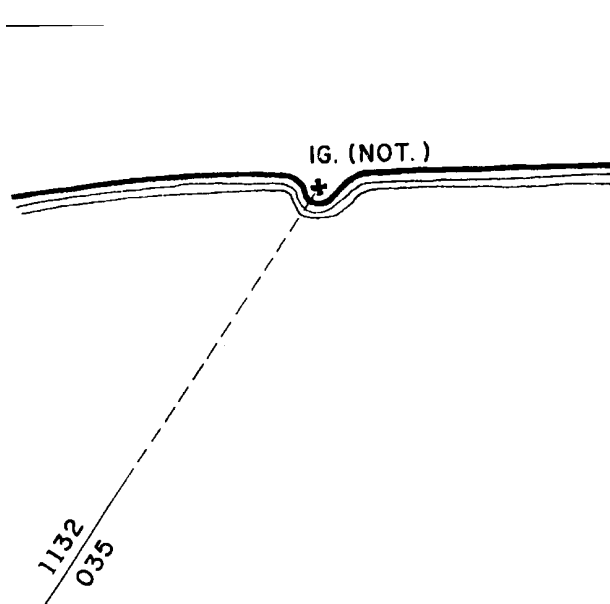
Condições essenciais:

- os dois pontos que materializam o **alinhamento** devem ser bem definidos, corretamente identificados e estar representados na Carta Náutica; e
- a altitude do ponto posterior deve ser maior que a do ponto anterior.

Além do seu uso normal na navegação, os alinhamentos são muito utilizados em sinalização náutica, para indicar ao navegante onde governar, mantendo-se safo dos perigos, especialmente em canais estreitos.

Na Figura 4.3, às 10:00 o navegante observou visualmente que está no alinhamento TORRE – CÚPULA. Pode-se, então, plotar na Carta a LINHA DE POSIÇÃO correspondente e, também, afirmar que o navio, naquele instante, estará sobre a LDP traçada (prolongamento da reta que une os dois pontos). Da mesma forma, observado às 12:43 o alinhamento FAROLETE “A” – FAROLETE “B”, pode-se traçar na Carta a LDP mostrada na Figura, sobre a qual estará o navio no momento da observação.

Figura 4.4 - Linha de posição - reta de marcação



b. **LDP MARCAÇÃO VISUAL** (Figura 4.4)

- É, talvez, a **LDP** mais utilizada em navegação costeira e em águas restritas.
- **Precaução:** só se traçam na Carta **marcações verdadeiras**. Como as marcações são observadas através do uso de **Agulhas**, é necessário considerar sempre o **Desvio da Agulha** e a **Declinação Magnética**, no caso de ser utilizada **Agulha Magnética**, ou o **Desvio da Giro**, quando as marcações são obtidas na repetidora da **Agulha Giroscópica**.
- Traça-se a **Reta de Marcação** apenas nas proximidades da **Posição Estimada** do navio (ou embarcação), para poupar a **Carta Náutica**. Se todas as marcações observadas fossem prolongadas até o objeto marcado, a Carta ficaria logo suja e o trecho em torno de um objeto notável provavelmente inutilizado (Figura 4.5)

Figura 4.5 (a) - Exemplo de lançamento de LDP na carta (incorreto)

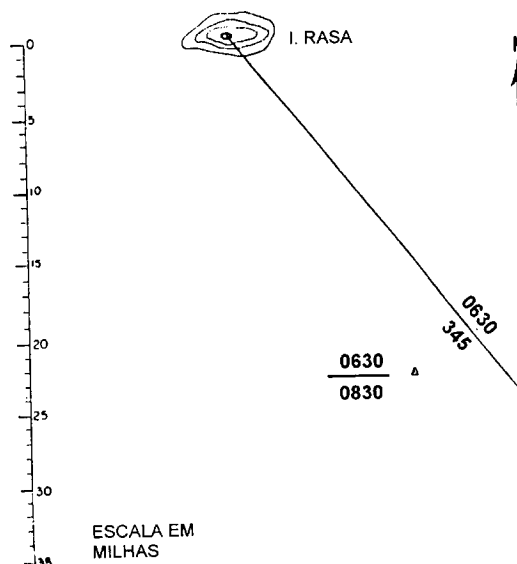


Figura 4.5 (b) - Exemplo de lançamento de LDP na carta (correto)

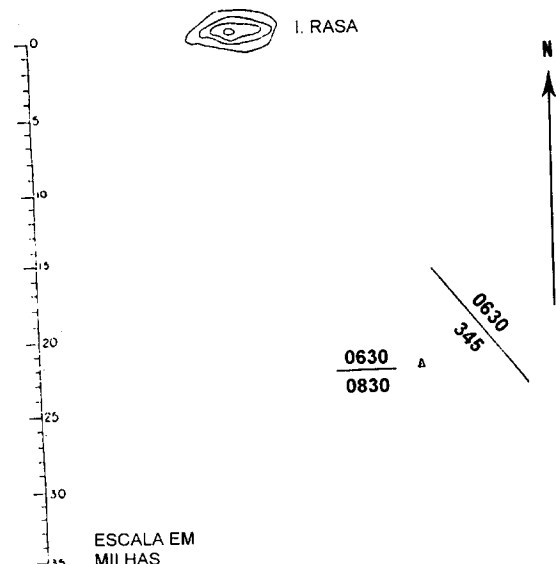
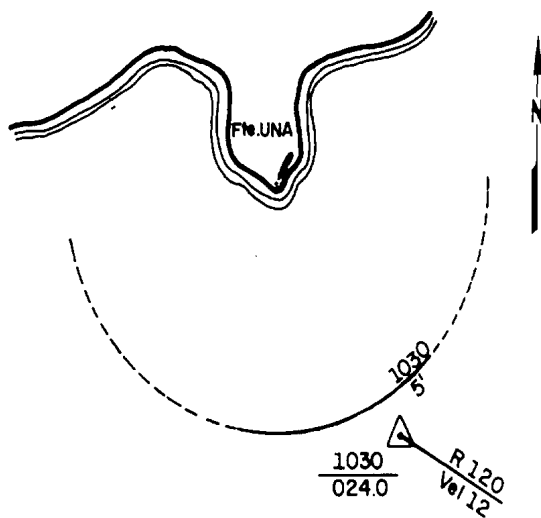


Figura 4.6 - Linha de posição - distância



HORA	OBJETO	LDP	ODÔMETRO
1030	Fte. UNA	Dist= 5'	0240

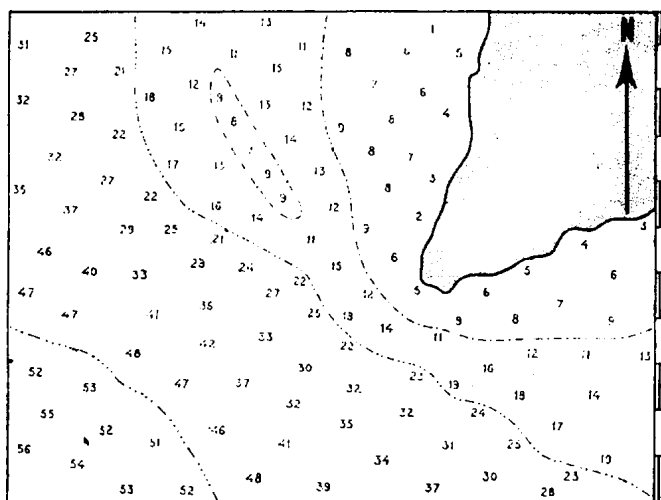
c. **LDP CIRCUNFERÊNCIA DE IGUAL DISTÂNCIA** (Figura 4.6)

- Traça-se na Carta a LDP **Distância** com o compasso (ajustado na **Escala de Latitudes** da Carta, com uma abertura igual à distância medida), com centro no objeto para o qual se determinou a distância.
- Tal como no caso da **Reta de Marcação**, normalmente traça-se apenas o trecho da **Circunferência de Igual Distância** situado nas proximidades da **Posição Estimada** do navio (ou embarcação).

d. **LDP LINHA DE IGUAL PROFUNDIDADE (ISOBATIMÉTRICA OU ISOBÁTICA)**

- Quando é medida uma profundidade a bordo, fica definida uma LINHA DE POSIÇÃO, pois pode-se dizer que o navio estará em algum ponto da **ISOBATIMÉTRICA** (LINHA DE IGUAL PROFUNDIDADE) correspondente à profundidade obtida.
- A **ISOBATIMÉTRICA** é uma LDP aproximada, mas que tem grande emprego como **LDP DE SEGURANÇA**, para se evitar áreas perigosas (a profundidade limite pode, inclusive, ser ajustada no alarme do ecobatímetro).
- O emprego da **ISOBATIMÉTRICA** como LDP só tem valor real em áreas onde o relevo submarino é bem definido e apresenta variação regular.

Figura 4.7 -



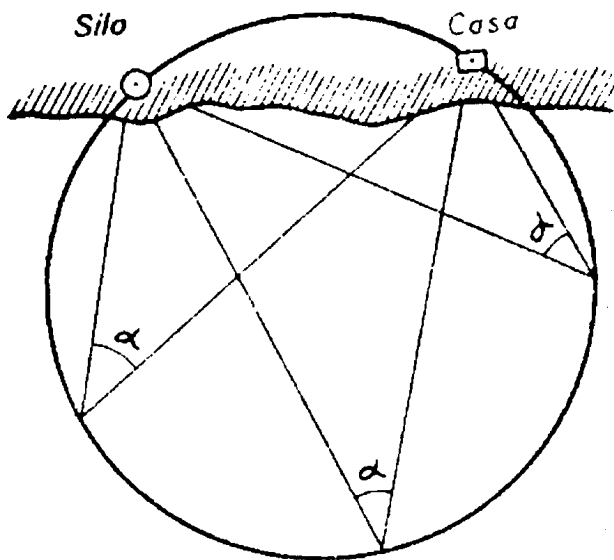
Na Figura 4.7, por exemplo, se o navio sondou 20 metros em um determinado instante, ele está, nesse instante, sobre a **ISOBATIMÉTRICA DE 20 METROS**, representada na Carta Náutica da área.

Quando se utiliza uma **LINHA DE IGUAL PROFUNDIDADE** como LDP, convém usar sempre uma que conste da Carta Náutica na qual se navega.

Além disso, ao utilizar **ISOBATIMÉTRICAS** é indispensável ter em mente que:

- Os ecobatímetros indicam, muitas vezes, o fundo abaixo da quilha; para obter a profundidade real, nesse caso, é necessário somar o calado do navio ao valor indicado pelo equipamento; e
- Quando se desejar maior precisão, será necessário reduzir a profundidade obtida ao Nível de Redução da Carta, subtraindo da mesma a altura da maré no instante da medição da profundidade (ver Capítulo 10 – MARÉS E CORRENTES DE MARÉ).

Figura 4.8 -



e. LDP SEGMENTO CAPAZ (Figura 4.8)

A observação do **ÂNGULO HORIZONTAL** entre dois pontos notáveis, representados na Carta, permite o traçado de uma LDP, que será uma circunferência (SEGMENTO CAPAZ) que passa pelos dois pontos e sobre a qual se acha o navio (ou embarcação).

O traçado do SEGMENTO CAPAZ e a determinação e plotagem da **posição por segmentos capazes** serão estudados adiante, neste mesmo Capítulo.

4.3 DETERMINAÇÃO DA POSIÇÃO NO MAR

Uma só **Linha de Posição** contém a posição do navio, porém não a define. Para **determinar a posição**, é necessário cruzar duas ou mais linhas de posição, do mesmo tipo ou de naturezas diferentes.

As duas ou mais LDP podem ser obtidas de observações simultâneas de dois ou mais pontos de terra bem definidos na Carta, ou de observações sucessivas de um mesmo ponto, ou de pontos distintos (conforme explicado no Capítulo 6).

A bordo, as observações são feitas, geralmente, por um só observador. Desse modo, observações de dois ou mais pontos não podem, teoricamente, ser consideradas simultâneas. Contudo, na prática, tais observações são aceitas como simultâneas e, por isso, todo esforço deve ser feito para que o intervalo de tempo entre elas seja o mínimo possível.

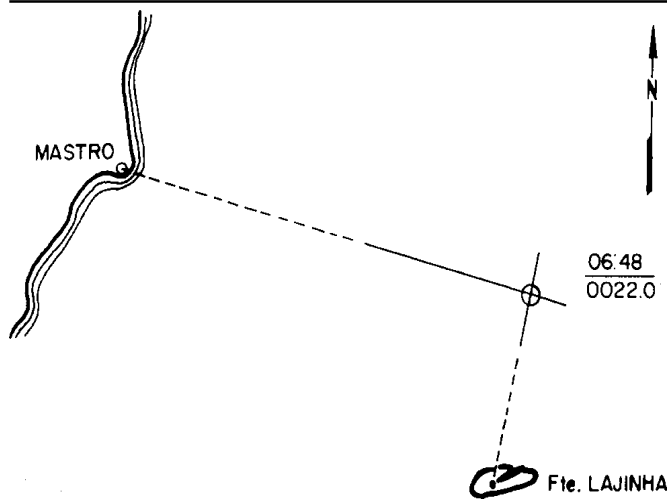
O posicionamento do navio (ou embarcação) em navegação costeira ou em águas restritas é normalmente obtido por um dos métodos indicados a seguir. A escolha do método mais conveniente depende, entre outros, dos seguintes fatores:

- meios de que o navio (ou embarcação) dispõe;
- precisão requerida (que depende, por sua vez, da distância da costa ou do perigo mais próximo); e
- número de pontos notáveis disponíveis (e representados na Carta) para observação visual ou identificáveis pelo radar.

4.3.1 MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DA POSIÇÃO

a. POSIÇÃO POR DUAS MARCAÇÕES VISUAIS (SIMULTÂNEAS)

Figura 4.9 - Posição determinada por duas marcações visuais



Mesmo que seja apenas um observador determinando as duas LDP, elas poderão ser consideradas “simultâneas”, desde que o intervalo de tempo entre as observações seja o mínimo possível.

Quando uma posição é determinada por LDP simultâneas, as Linhas de Posição não necessitam ser individualmente identificadas, rotulando-se apenas a posição, com a hora e o odômetro correspondentes, conforme mostrado na Figura 4.9.

HORA	ODÔMETRO	OBJETO VISADO	MARCAÇÃO
06:48	0022.0	MASTRO	286°
		Fte. LAJINHA	194°

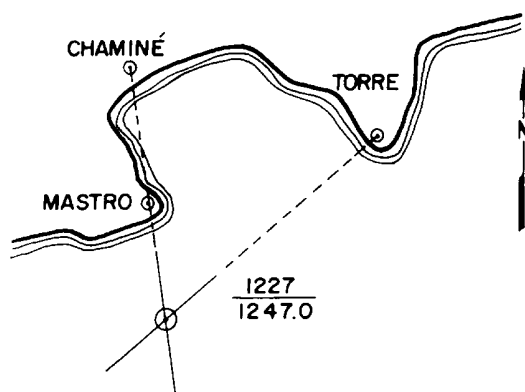
b. POSIÇÃO DETERMINADA POR ALINHAMENTO E MARCAÇÃO VISUAL (Figura 4.10)

Figura 4.10 - Posição determinada por alinhamento e marcação visual

HORA	ODÔMETRO	OBJETO OBSERVADO	MARCAÇÃO
1227	1247.0	ALINHAMENTO MASTRO-CHAMINÉ	-
		TORRE	047°

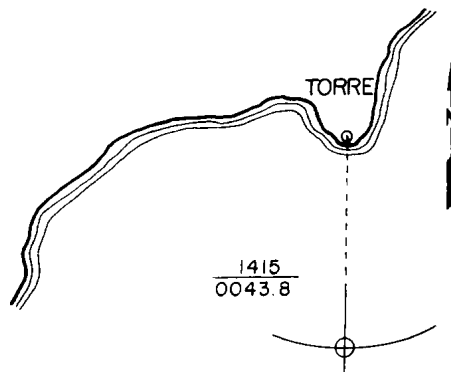
É, também, uma combinação de LDP bastante empregada na prática da navegação costeira ou em águas restritas.

Oferece algumas vantagens especiais, tais como boa precisão e o fato de o alinhamento não necessitar de qualquer instrumento para sua observação. O navegante deve estudar a Carta Náutica e o Roteiro da região, buscando identificar os alinhamentos que podem ser utilizados para o posicionamento do seu navio.



c. POSIÇÃO DETERMINADA POR MARCAÇÃO E DISTÂNCIA DE UM MESMO OBJETO (Figura 4.11)

Figura 4.11 - Posição determinada por marcação e distância de um mesmo objeto

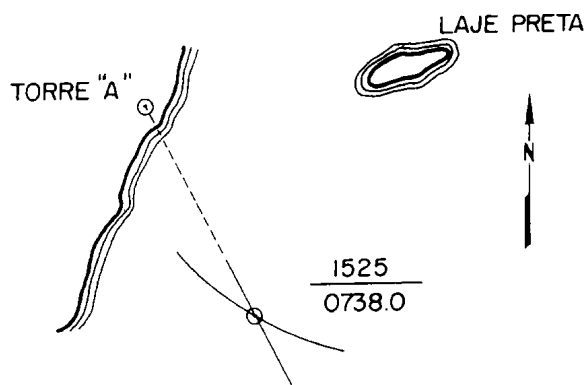


HORA	ODÔMETRO	OBJETO VISADO	M e DISTÂNCIA
14:15	0043.8	TORRE	M = 000° Dist. = 2.3 M

Método que produz bons resultados, pois as duas LDP cortam-se num ângulo de 90°, o que constitui condição favorável. É especialmente indicado quando se combinam uma **marcação visual** e uma **distância radar** a um mesmo objeto, pois ambos tipos de LDP apresentam boa precisão.

d. POSIÇÃO DETERMINADA POR MARCAÇÃO DE UM OBJETO E DISTÂNCIA DE OUTRO (Figura 4.12)

Figura 4.12 - Posição determinada por marcação de um objeto e distância de outro



HORA	ODÔMETRO	OBJETO VISADO	LDP
1525	0738.0	LAJE PRETA TORRE "A"	Dist = 2.3 M M = 351°

Método empregado quando não é possível obter a **marcação** e a **distância** de um mesmo objeto. Na Figura 4.12, por exemplo, a TORRE "A", embora notável e bem definida para uma **marcação visual**, está interiorizada e situada em um local que não produziria uma boa **distância radar**, o que se obtém, então, da Laje Preta.

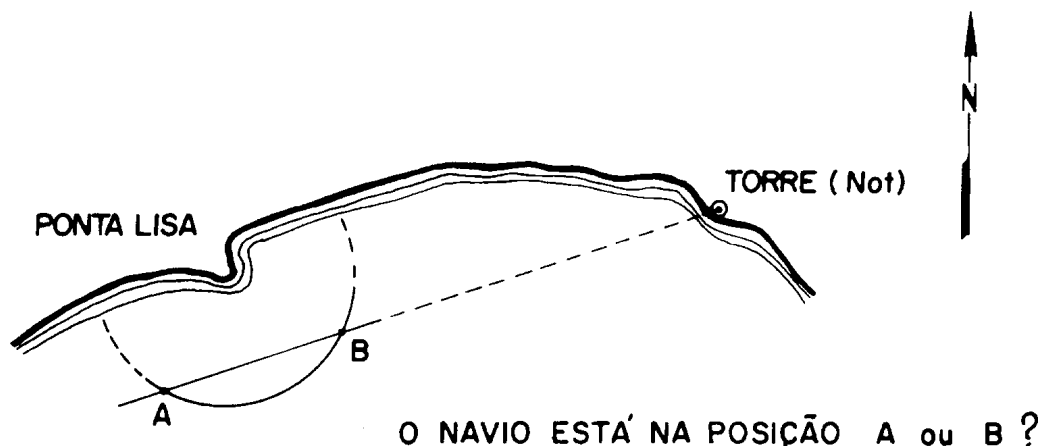
O ponto obtido por marcação de um objeto e distância de outro tem menor consistência que a posição por marcação e distância de um mesmo objeto, pois as LDP não são perpendiculares.

4.3.2 POSIÇÃO POR DUAS LDP – POSSIBILIDADE DE AMBIGÜIDADE

A posição determinada por apenas duas LDP pode conduzir a uma ambigüidade (ver Figura 4.13). Por isso, sempre que possível, é conveniente obter uma terceira LDP, que eliminará qualquer possibilidade de ambigüidade, como mostrado nas Figuras 4.14 e 4.15.

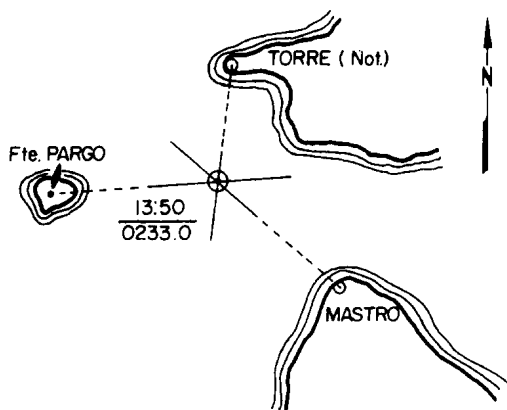
Conforme citado, nas posições determinadas por interseções de LDP consideradas simultâneas, as Linhas de Posição não são individualmente rotuladas, identificando-se apenas a **posição**, com a **hora** e o **odômetro** correspondentes (ver Figuras 4.14 e 4.15).

Figura 4.13 - Posição por interseção de duas LDP - possibilidade de ambigüidade



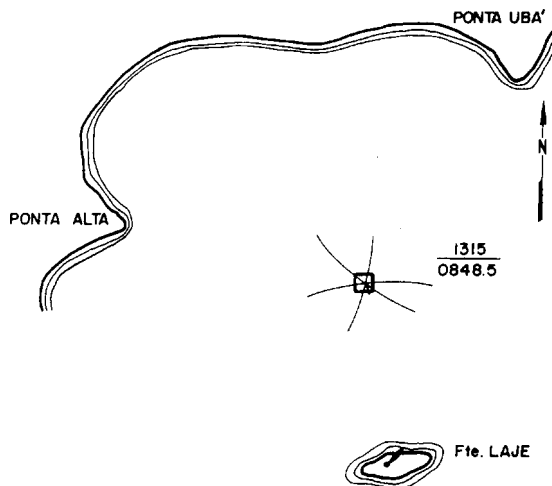
HORA	ODÔMETRO	OBJETO VISADO	LDP
0845	0004.5	TORRE NOTÁVEL	M = 070°
		PONTA LISA	Dist = 1.8 M

Figura 4.14 - Posição determinada por três marcações visuais



HORA	ODÔMETRO	OBJETO OBSERVADO	MARCAÇÃO
1350	0233.0	TORRE	005
		MASTRO	130
		Fte. PARGO	265

Figura 4.15 - Determinação da posição por três distâncias



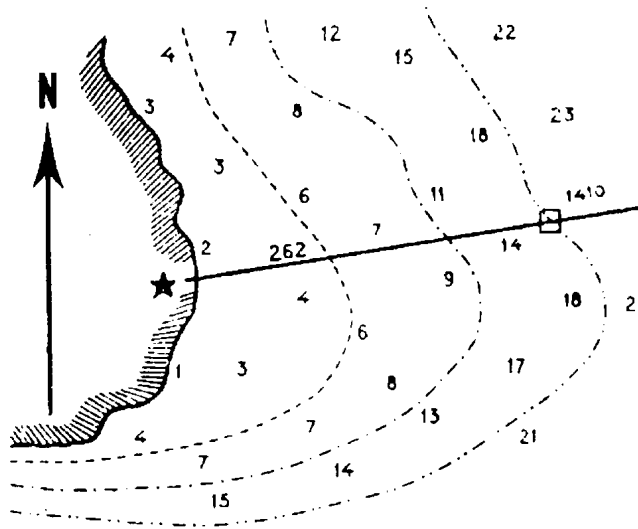
HORA	ODÔMETRO	OBJETO OBSERVADO	DISTÂNCIA
1315	0848.5	Fte. LAJE	2.3 M
		PONTA UBA'	3.1 M
		PONTA ALTA	3.1 M

4.3.3 OUTROS MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DE POSIÇÃO

Além dos métodos anteriores, mais comuns, outros podem ser utilizados para determinação da posição em **navegação costeira** ou, alguns deles, até mesmo em **navegação em águas restritas**, tais como:

a. POSIÇÃO POR MARCAÇÃO E PROFUNDIDADE (Figura 4.16)

Figura 4.16 - Posição por marcação e profundidade



Embora pouco preciso, pode fornecer um ponto razoável, na falta de outras alternativas. É conveniente escolher uma profundidade correspondente a uma das isobatismétricas representadas na Carta. Além disso, melhores resultados são obtidos quando a marcação corta a isobatimétrica o mais perpendicularmente possível.

Na Figura 4.16, o navio marcou o farol aos 262° e, simultaneamente, sondeou 20 metros com o ecobatímetro. A posição estará na interseção da reta de marcação com a isobatimétrica de 20 metros, representada na Carta.

b. POSICIONAMENTO ELETRÔNICO

Há diversos **sistemas de posicionamento eletrônico** capazes de fornecer ao navegante o rigor e a rapidez exigidos pela **navegação costeira**. Entre eles citam-se o LORAN C, o DECCA e o SISTEMA DE NAVEGAÇÃO POR SATÉLITE GPS ("GLOBAL POSITIONING SYSTEM") que, especialmente na sua forma Diferencial (DGPS), pode proporcionar a precisão requerida até mesmo para **navegação em águas restritas**. Tais sistemas serão estudados no VOLUME II deste Manual.

c. POSIÇÃO POR SEGMENTOS CAPAZES

Método bastante preciso, que será estudado a seguir.

4.4 POSIÇÃO POR SEGMENTOS CAPAZES: USO DO SEXTANTE NA NAVEGAÇÃO COSTEIRA

4.4.1 OBSERVAÇÃO E TRAÇADO DA LDP SEGMENTO CAPAZ

Observando-se com o sextante o **ângulo horizontal** (α) entre dois pontos (**M** e **F** na Figura 4.17), fica definida uma LDP que é o lugar geométrico dos pontos que observam o segmento MF segundo o ângulo α . Tal LDP é o **segmento capaz** desse ângulo, ou seja, a circunferência de centro **O**, situado na perpendicular a meio de MF e de raio OF, de modo que o ângulo MOF seja igual a 2α .

Assim, se, num determinado instante, o navegante observar o **ângulo horizontal** α entre os pontos **M** e **F** (bem definidos e representados na Carta Náutica), o navio poderá ocupar qualquer posição sobre o **segmento capaz** determinado (por exemplo: **A**, **B** ou **C** na Figura 4.17).

Figura 4.17 - LDP Segmento Capaz

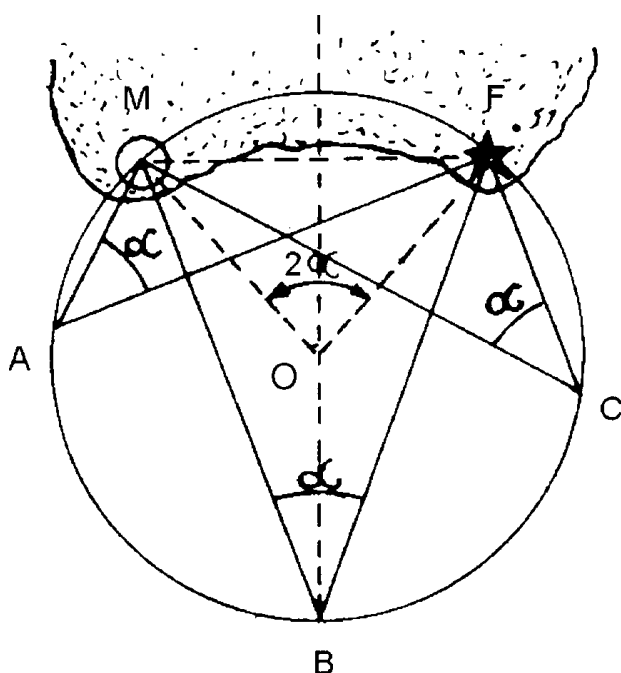
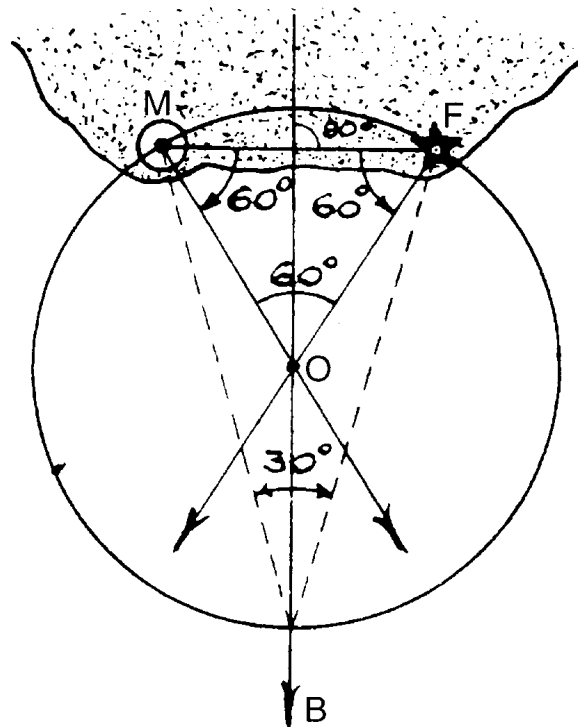


Figura 4.18 - Traçado do Segmento Capaz



O traçado de um **segmento capaz** é relativamente simples. Suponha-se que foi observado um ângulo de 30° entre os pontos **M** e **F** (Figura 4.18). Para traçar a LDP (segmento capaz) segue-se o procedimento abaixo:

- Traçar a perpendicular a meio, entre **M** e **F**;
- Marcar, com um transferidor, a partir de **M** (ou de **F**), um ângulo de 60° ($90^\circ - \alpha$) e prolongar a linha obtida até interceptar a perpendicular a meio de **MF**. Se o ângulo medido fosse maior que 90° , o ângulo marcado a partir de **M** (ou de **F**) seria $\alpha - 90^\circ$;
- O ponto **O**, assim obtido, será o centro do **segmento capaz** de 30° e a circunferência do segmento capaz poderá ser traçada na Carta.

O **segmento capaz** é uma LDP muito rigorosa, desde que sejam guardados certos cuidados na observação, quais sejam:

- Os pontos visados devem ser próximos ao horizonte (baixa altitude) e não deve existir diferença de altitude apreciável entre eles.

Na realidade, o que se mede com o sextante não é o **ângulo horizontal**, mas sim a **distância angular (ângulo inclinado)** entre os pontos (Figura 4.19). Entretanto, a plotagem na Carta é feita como se o ângulo medido tivesse sido o ângulo horizontal. Se os pontos visados forem de grande altitude, ou se diferirem muito em altitude, a diferença entre o **ângulo inclinado** e o **ângulo horizontal** será relevante, introduzindo um erro significativo na LDP plotada (ver Figura 4.20).

- O ângulo medido não deve ser inferior a 30° . Ângulos menores conduzem a erros (na plotagem da LDP), que são tanto maiores quanto menor for o ângulo medido. Como regra, não se deve observar ângulos horizontais a uma distância superior a cerca de 2,5 vezes a distância entre os pontos visados. Se esta regra for seguida, o ângulo não será inferior a 30° .

Figura 4.19 - Medição de Segmento Capaz – erro causado pela diferença de altitude dos pontos

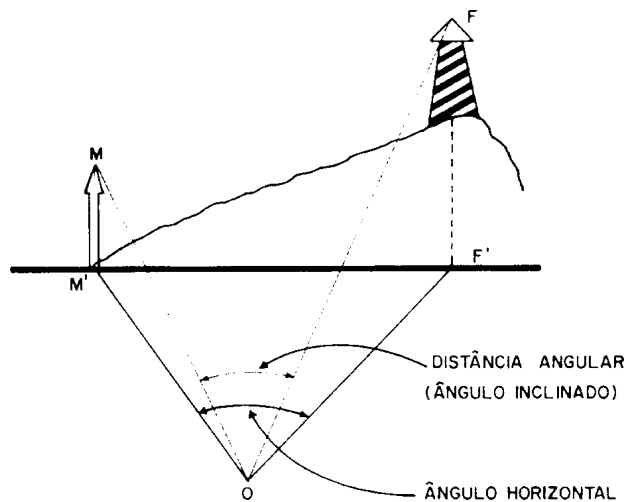
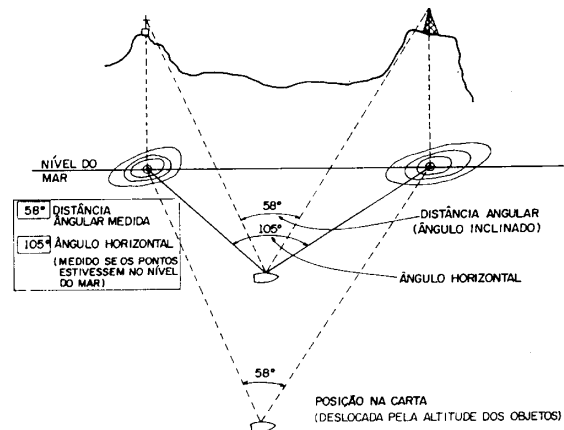


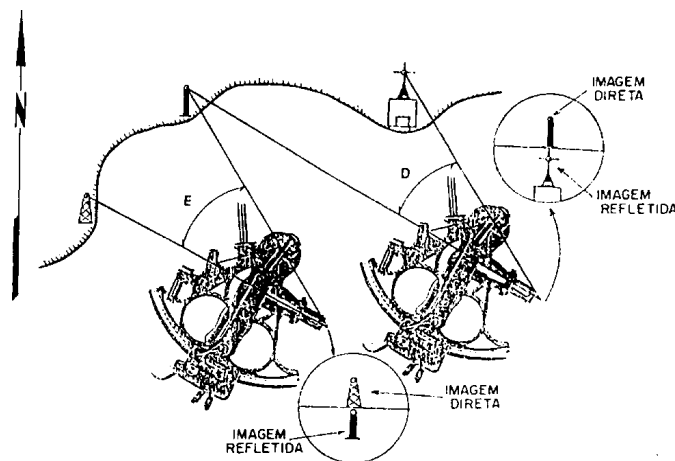
Figura 4.20 - Medição de Segmento Capaz – erro causado pela altitude dos pontos



3. O erro instrumental do sextante deve ser aplicado às leituras obtidas (ver Capítulo 23, VOLUME II).

4.4.2 DETERMINAÇÃO E PLOTAGEM DA POSIÇÃO POR SEGMENTOS CAPAZES

Figura 4.21 - Uso do sextante na medição dos Segmentos Capazes



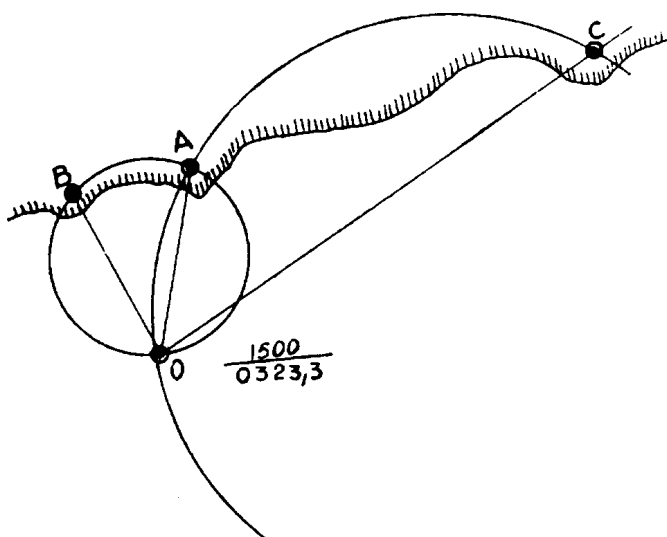
A combinação de dois **segmentos capazes**, medidos entre três pontos, sendo um deles (**ponto central**) comum aos dois ângulos observados, fornece a posição do navio com elevado grau de precisão.

A técnica é a seguinte: a bordo, do mesmo **ponto no navio**, devem ser medidos (simultaneamente ou, na impossibilidade de fazê-lo, com o menor intervalo de tempo possível entre as observações) dois **ângulos horizontais** (com o **sextante**), entre três pontos, sendo o **ponto central** comum aos dois ângulos observados (ver Figura 4.21).

Ficam, então, definidos **2 segmentos capazes**, que se cruzam no **ponto central** e em outro ponto, que define a posição do navio (ou embarcação), conforme mostrado na Figura 4.22.

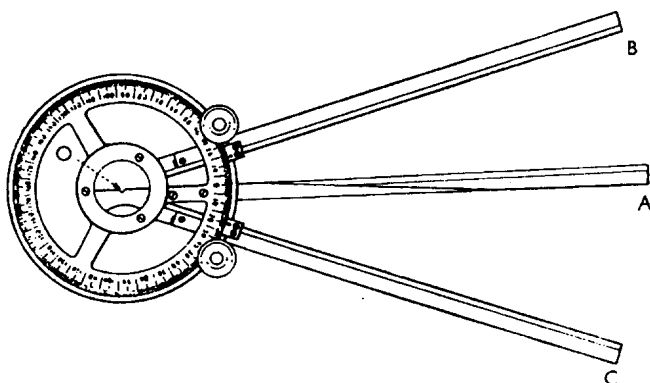
Para plotagem da **posição por segmentos capazes** podem ser utilizados três processos. O primeiro deles, muito pouco empregado, consiste em traçar os segmentos capazes pelo método gráfico anteriormente exposto.

Figura 4.22 - Posição por Segmentos Capazes



O segundo processo, mais rápido e normalmente o preferido a bordo, utiliza o **estaciógrafo**, instrumento específico para esta finalidade.

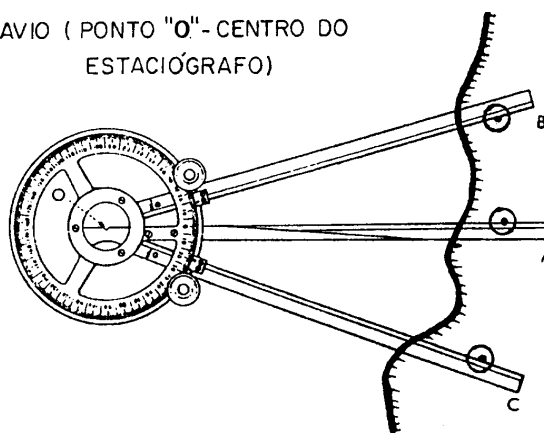
Figura 4.23 - Estaciógrafo



O **estaciógrafo**, como mostra a Figura 4.23, consiste, sucintamente, de um círculo graduado que dispõe de três réguas irradiando do centro. A régua central é fixa, determina o centro do círculo e passa pelo zero da graduação do mesmo que, geralmente, é marcado de $\frac{1}{2}$ em $\frac{1}{2}$ grau, de 0 a 180° para cada lado dessa régua. As outras duas réguas são móveis, dispõem de botões de pressão para travá-las em qualquer graduação do círculo e são munidas, ainda, de verniers ou parafusos micrométricos.

Figura 4.24 - Plotagem com Estaciógrafo de Tambor

POSIÇÃO DO NAVIO (PONTO "O" - CENTRO DO ESTACIÓGRAFO)



Introduzidos os ângulos medidos, coloca-se o instrumento sobre a carta e, por tentativas, procura-se tangenciar, com as réguas, os pontos A, B e C, como mostra a Figura 4.24. Feito isso, marca-se com um lápis, no centro do círculo, ponto O, que representa a posição do navio.

A plotagem com outro tipo de estaciógrafo (de plástico) é mostrada na Figura 4.25.

Figura 4.25 - Plotagem com Estaciógrafo

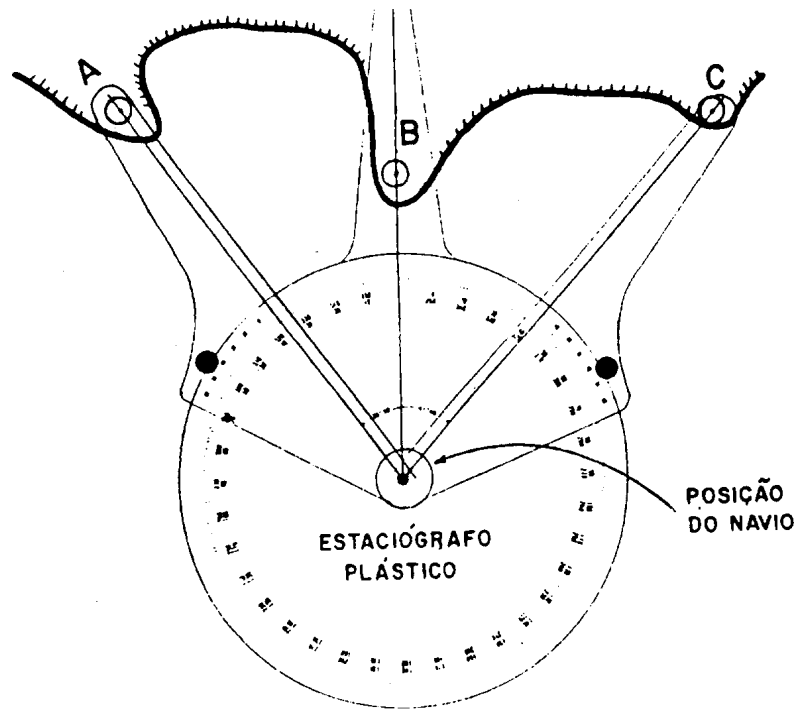
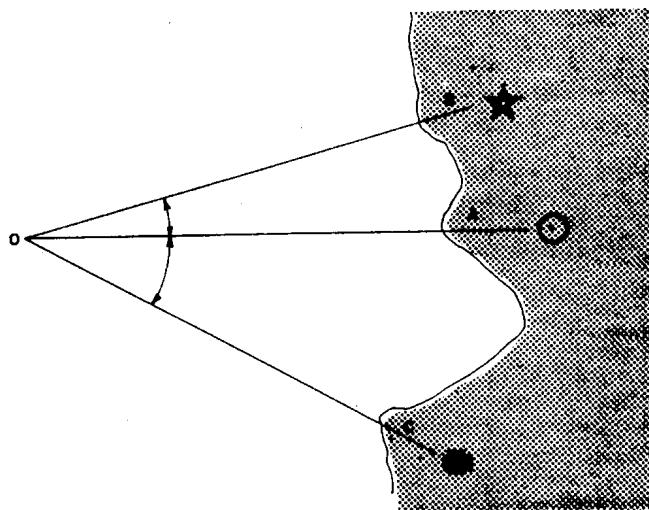


Figura 4.26 - Estaciógrafo de Fortuna



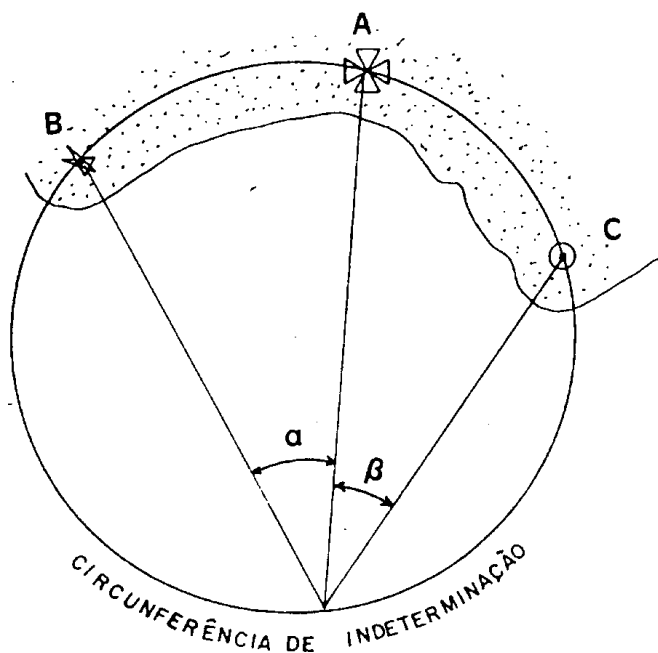
O terceiro processo, adotado quando não se dispõe de um estaciógrafo e não se deseja usar o método gráfico, é improvisar o chamado ESTACIÓGRAFO DE FORTUNA, que consiste de uma folha de papel transparente onde se traçam os dois ângulos medidos (com um transferidor ou usando a rosa de rumos da Carta) e, colocando-se a folha transparente com os dois ângulos traçados sobre a Carta, procura-se fazer a coincidência das três visadas com os três objetos observados, à semelhança do que é feito com o estaciógrafo propriamente dito. A posição do navio

estará no vértice comum aos dois ângulos traçados (ponto "O", na Figura 4.26).

4.4.3 CUIDADOS NA ESCOLHA DOS OBJETOS VISADOS

Ao selecionar quais os objetos que serão visados, o navegante deve precaver-se para evitar a escolha de três pontos que estejam sobre uma circunferência que passe também pela posição do navio, pois, nesse caso, a posição será indeterminada, isto é, qualquer ponto da circunferência atenderá aos dois ângulos observados (Figura 4.27).

Figura 4.27 - Circunferência de indeterminação



As condições favoráveis para evitar que isto aconteça são:

- a. os três pontos estarem em **linha reta** ou próximo disso (Figura 4.28); nesse caso, a **circunferência de indeterminação** tem raio infinito e as posições são sempre definidas.

Figura 4.28 - Três pontos em linha reta

Figura 4.28 - Três pontos em linha reta

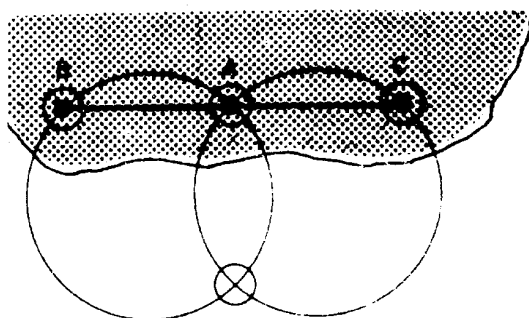
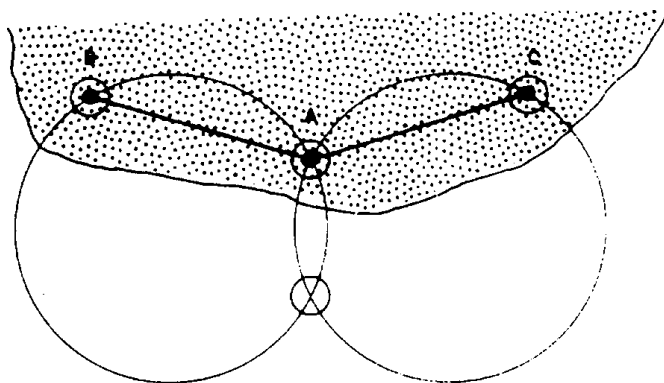
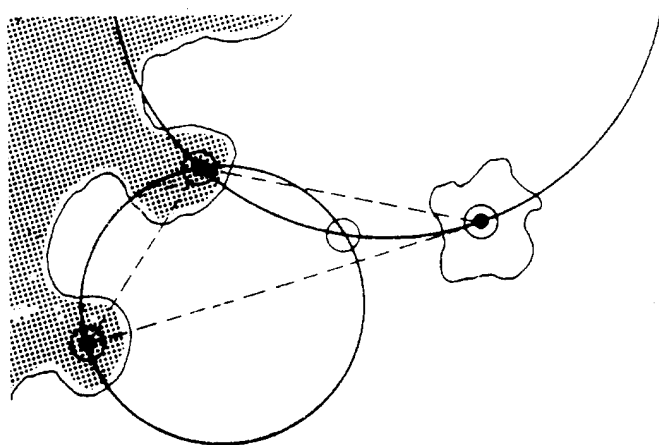


Figura 4.29 - Circunferência de indeterminação com a convexidade para o observador



- b. o **ponto central** estar mais próximo ao navio que os demais (Figura 4.29); nesse caso, a **circunferência de indeterminação** fica com a convexidade voltada para a área em que se navega e as posições também serão sempre bem definidas.

Figura 4.30 - Observador no interior do triângulo formado pelos três pontos



- c. o navio estar no interior do triângulo formado pelos três pontos (Figura 4.30); as posições também serão bem definidas, pois estarão distantes da **circunferência de indeterminação**.

4.4.4 OBSERVAÇÕES FINAIS SOBRE NAVEGAÇÃO POR SEGMENTOS CAPAZES

A combinação de dois segmentos capazes fornece a posição mais precisa que se pode obter por processos visuais e possui, ainda, a vantagem de prescindir de agulhas, dispensando, então, os subsequentes cuidados quanto a desvios, declinação magnética, etc.

Em virtude de sua precisão, a posição por segmentos capazes é amplamente empregada no posicionamento de sinais de auxílio à navegação, em levantamentos hidrográficos, em minagem e varredura e em quaisquer outros serviços onde se pretenda o máximo rigor na posição observada.

Em contrapartida, com o navio em movimento o método exige dois observadores (para obter a perfeita simultaneidade na medição dos ângulos), a plotagem da posição requer alguma prática e necessita sempre de três objetos dispostos dentro das condições essenciais acima enumeradas (além de serem bem definidos e estarem representados na Carta Náutica da área). Estes inconvenientes tornam a **navegação por segmentos capazes** pouco utilizada na prática.

Entretanto, o método de **segmentos capazes** tem algumas aplicações especiais na navegação costeira e em águas restritas que merecem ser citadas:

- pode ser usado com o navio fundeado, para obter a posição rigorosa (independente do uso de agulhas) e assim servir como base para determinação dos desvios da agulha, calibragem do radar ou outras verificações instrumentais;
- pode ser usado para posicionar novos perigos visíveis ainda não cartografados (como, por exemplo, cascos-soçobrados ou outros obstáculos à navegação), conforme mostrado nas Figuras 4.31 e 4.32, ou pontos notáveis à navegação ainda não representados nas Cartas Náuticas; e

Figura 4.31 - Uso de Segmentos Capazes para determinar a posição de objetos não cartografados

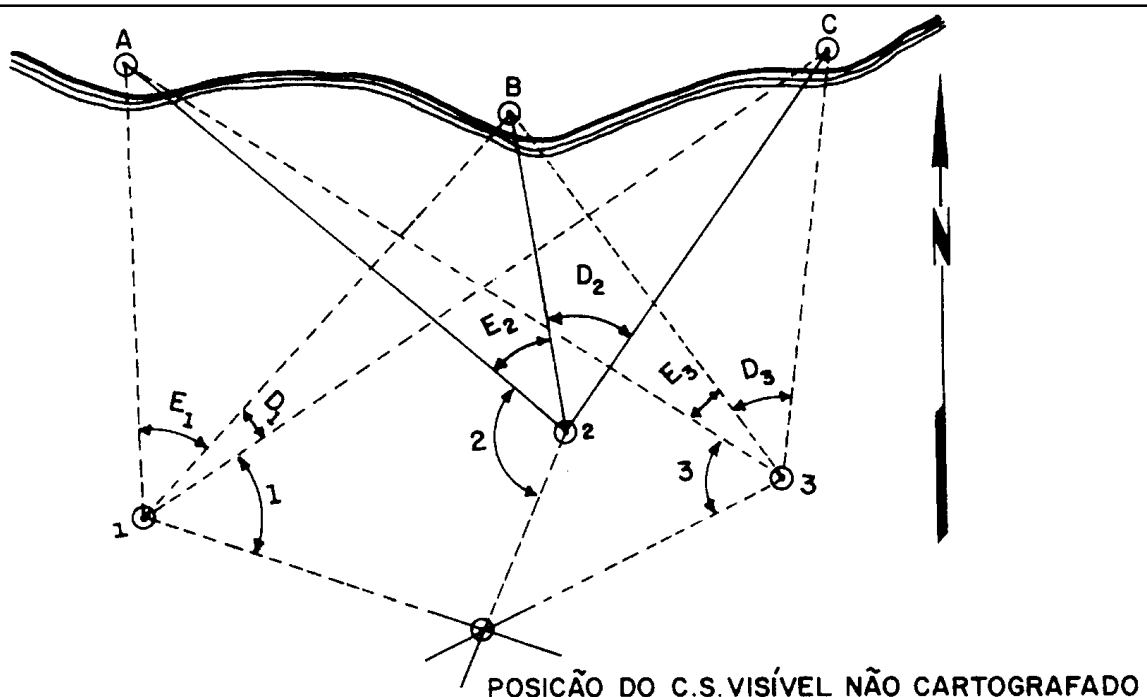
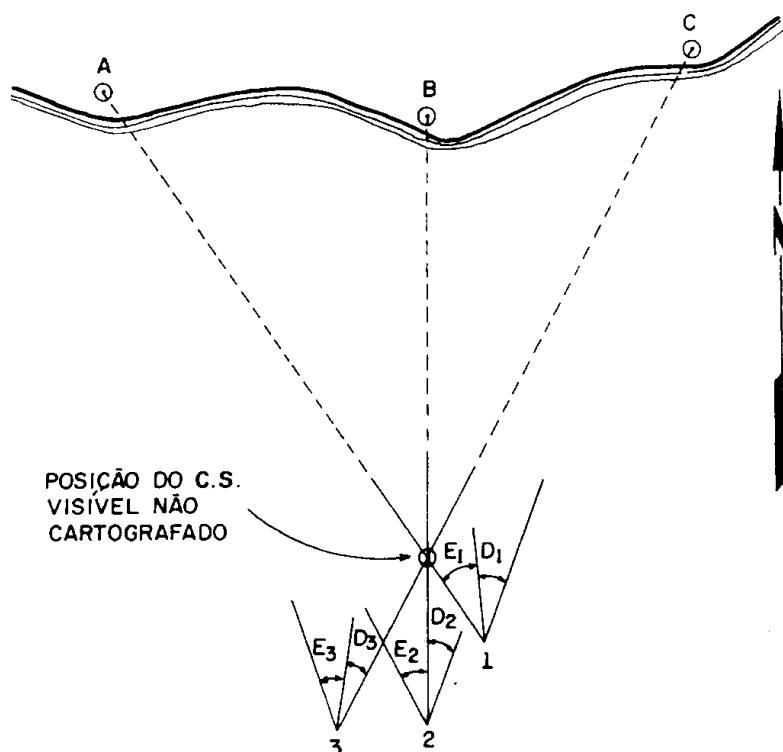


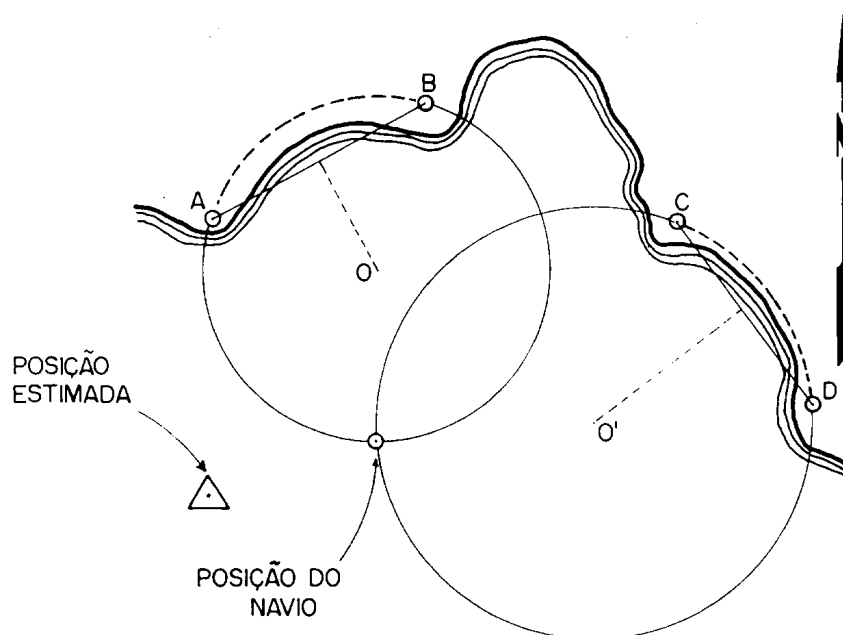
Figura 4.32 - Uso de Segmentos Capazes e Alinhamentos para determinar a posição de objetos não cartografados



- pode ser usado em **navegação de segurança**, na definição de **ângulos horizontais de segurança**, assunto que será estudado no Capítulo 7.

Finalmente, restam mencionar dois empregos particulares do conceito de segmentos capazes. O primeiro deles consiste na determinação da posição por segmentos capazes quando há impossibilidade de estabelecer um **ponto central** comum. Nesse caso, ilustrado na Figura 4.33, visam-se 4 pontos, medindo-se 2 ângulos horizontais não adjacentes. Ao traçar os segmentos capazes pelo método gráfico, estes se cruzarão em 2 pontos. O navio estará na interseção mais próxima de sua posição estimada, conforme mostrado na Figura.

Figura 4.33 - Posição por Segmentos Capazes sem um ponto central comum, utilizando quatro pontos



O outro emprego do conceito de posicionamento por segmentos capazes é útil quando não se conhece o valor real do **desvio da agulha**. Nessa situação, podem ser tomadas as **marcações da agulha** de três pontos adjacentes. Em seguida, diminuem-se os seus valores, dois a dois, para obter os **ângulos horizontais** entre os pontos. Desta forma, fica eliminado o **desvio da agulha** desconhecido. Então, introduzem-se os valores dos **ângulos horizontais** no **estaciógrafo** e plota-se a posição, como se esta fosse obtida por segmentos capazes.

4.5 TÉCNICAS DA NAVEGAÇÃO COSTEIRA

4.5.1 SEQÜÊNCIA DE OPERAÇÕES DA NAVEGAÇÃO COSTEIRA

1. PLANEJAMENTO E TRAÇADO DA DERROTA (ESTUDO DA VIAGEM)

Este trabalho deve ser feito no **porto**, onde o **tempo disponível** e a **facilidade de obter qualquer tipo de informação** são muito maiores que no mar.

Nos navios de guerra, sujeitos, muitas vezes, a mudanças de derrotas em viagem, o estudo e o preparo da derrota assumem grande importância, pois proporcionam tempo e condições, no mar, para fazer face a qualquer imprevisto.

O planejamento da derrota consiste, basicamente, em:

- a. Seleção das Cartas Náuticas e publicações de segurança da navegação necessárias.
- b. Seleção das Cartas Piloto necessárias.
- c. Verificar, pelos “Avisos aos Navegantes”, se as Cartas Náuticas estão atualizadas, assim como as Publicações de Auxílio à Navegação.
- d. Estudo detalhado da área em que se vai navegar, enfocando, principalmente:
 - recursos e auxílios à navegação disponíveis (balizamento, auxílios eletrônicos à navegação, pontos notáveis).
 - perigos à navegação existentes.
 - correntes marítimas e condições meteorológicas prováveis.
 - marés e correntes de marés predominantes.
 - estudo do porto de destino e dos portos e abrigos alternativos, para uma possível arribada (obter Cartas Náuticas de todos estes locais).
- e. Traçado da derrota nas Cartas Gerais ou de Grandes Trechos e transferência, por pontos (por marcação e distância de pontos de terra), para as Cartas de Maior Escala, onde será conduzida a navegação.
- f. Determinar e registrar nas Cartas os Rumos, Distâncias, Velocidades de Avanço e ETA (hora estimada de chegada) relativos aos diversos pontos de inflexão da derrota.

- g. Calcular as horas do nascer e do por do Sol e as horas do nascer e do por da Lua, para as noites em que deverá ser avistada terra ou navegar costeiro (a Lua às vezes ajuda, outras vezes prejudica a visibilidade).
- h. Ponderar o afastamento da costa, o qual, quando muito reduzido, aumenta demasiadamente os riscos para o pequeno lucro que proporciona e, quando grande demais, além de denotar falta de confiança, redundando em aumento da singradura e, conseqüentemente, maior gasto de combustível e dispêndio de tempo.

2. EXECUÇÃO DA DERROTA COSTEIRA

Determinação periódica da posição do navio, a intervalos de tempo pequenos (de 10 a 30 minutos, em média).

- a. Posições obtidas por interseção de duas ou mais LDP obtidas por sistemas visuais ou eletrônicos.
- b. No caso de sistemas visuais, as LDP mais comuns serão os **alinhamentos**, as **marcações visuais** (obtidas normalmente através do uso de Repetidora da Giro ou de Agulha Magnética/Bússola), **distâncias por ângulo vertical** (obtidas pelo uso do sextante ou estadímetro) e a **navegação por segmentos capazes** (ângulos horizontais).
- c. No caso de sistemas eletrônicos, usam-se principalmente na navegação costeira as **distâncias** e **marcações-radar** e sistemas de radiolocalização de precisão (**LORAN "C"** e **DECCA**), além de sistemas de navegação por satélite GPS.
- d. As posições podem ser determinadas por LDP simultâneas ou sucessivas.
- e. Uso eventual da LDP "profundidade", obtida através do ecobatímetro.

Previsão da posição futura do navio, recorrendo às técnicas da navegação estimada, seguindo as "regras para navegação estimada" (ver Capítulo 5).

Nova determinação da posição do navio.

Confronto do Ponto Observado e do Ponto Estimado para um mesmo instante, a fim de:

- a. Determinar os elementos da corrente (rumo e velocidade).
- b. Corrigir o Rumo, e a velocidade, para seguir a derrota previamente estabelecida, com a velocidade de avanço planejada, compensando a corrente.

Repetição das operações anteriores com a freqüência necessária à segurança da navegação.

4.5.2 ESCOLHA DAS CARTAS NÁUTICAS PARA A NAVEGAÇÃO COSTEIRA

Diretamente associada à condução da navegação costeira, está a escolha das respectivas Cartas Náuticas. Dada a importância desta seleção na segurança da navegação, é oportuno recordar que não se devem utilizar neste tipo de navegação **Cartas Gerais** ou de **Grandes Trechos**, uma vez que elas não contêm a riqueza de informação indispensável à obtenção precisa de posições e à condução da derrota, tais como detalhes sobre a topografia do fundo, perigos, auxílios à navegação, contornos da costa, pontos notáveis, etc. Assim, como norma, **devem utilizar-se sempre as Cartas de maior escala existentes**, na medida em que elas estão sujeitas a deformações menos expressivas e apresentam a riqueza de detalhes essencial para a **Navegação Costeira**.

Ademais, é necessário lembrar que a interpretação das Cartas Costeiras deve ser sempre complementada com a leitura do Roteiro, bem como de outras publicações náuticas, como a Carta 12.000 – INT1 SÍMBOLOS E ABREVIATURAS, Cartas Piloto, Cartas de Correntes de Maré, Lista de Faróis, Lista de Auxílios-Rádio e Tábuas das Marés.

4.5.3 SELEÇÃO DOS PONTOS DE APOIO À NAVEGAÇÃO COSTEIRA

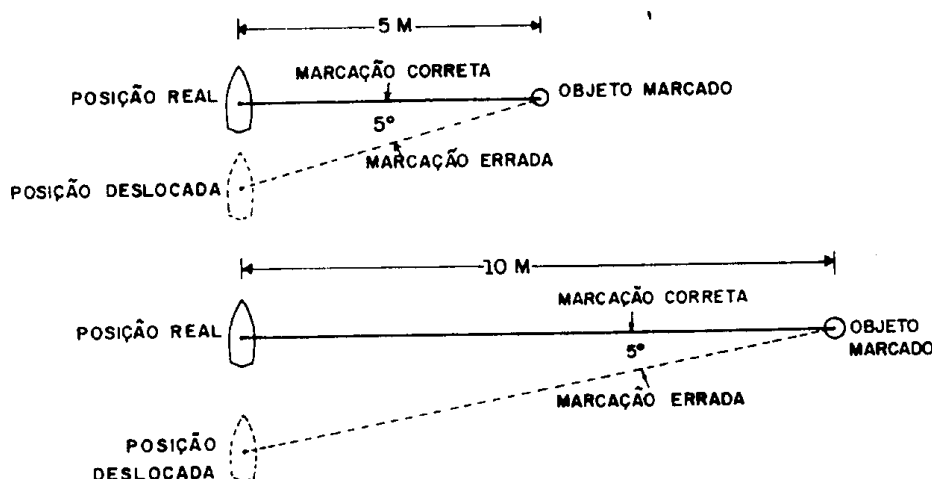
Ao ser obtida uma **Posição** pelo cruzamento de **LDP** (marcações, alinhamentos ou distâncias), é necessário que o navegante avalie a **Precisão e Confiança** que pode depositar no **Ponto Observado**. Para garantir bons resultados, deverá, entre outras precauções, tomar alguns cuidados na escolha dos pontos de apoio à navegação utilizados.

São os seguintes os principais cuidados a serem observados:

1. Identificação correta dos pontos visados, tanto no terreno como na Carta. É necessário cuidado, principalmente, com construções recentes, que, apesar de notáveis à navegação e constituírem excelentes marcas, podem não ter sido, ainda, incluídas na Carta.
2. Evitar pontos muito distantes, em face do aumento do erro linear em função do erro angular. Realmente, deve-se dar preferência a pontos mais próximos, a fim de minimizar os efeitos de erros nas LDP, conforme mostrado na Figura 4.34. Um mesmo erro de observação, por exemplo, irá provocar um erro na posição tanto maior quanto mais distante estiver o objeto marcado.

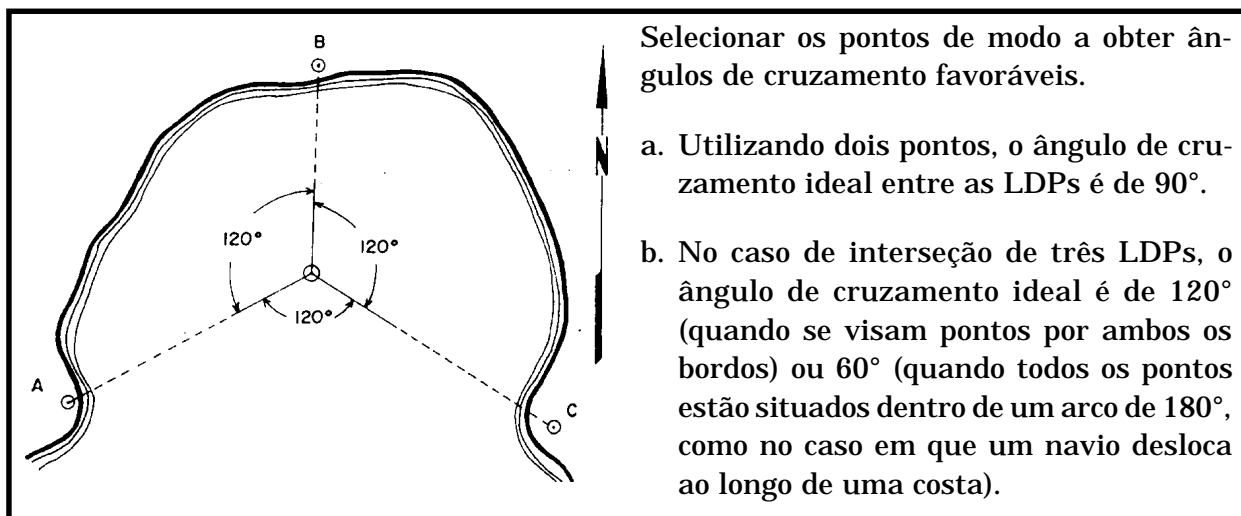
Figura 4.34 - Técnica da navegação costeira – cuidados na escolha dos pontos

1. Identificação perfeita dos pontos, tanto no terreno como na carta
2. Evitar marcas demasiadamente distantes, se dispuser de outras mais próximas, afim de minizar os efeitos de erros nas linhas de posição.



3. Selecionar os pontos de modo a obter um ângulo de cruzamento favorável entre as LDP (Figura 4.35). De fato, a precisão do ponto depende diretamente do ângulo de cruzamento das LDP. De modo geral, pode-se afirmar que o ângulo de cruzamento ideal das retas deve ser de $180^\circ/n$, sendo n o número de Linhas de Posição (ou de pontos visados, quando as LDP são retas de marcação ou alinhamentos).

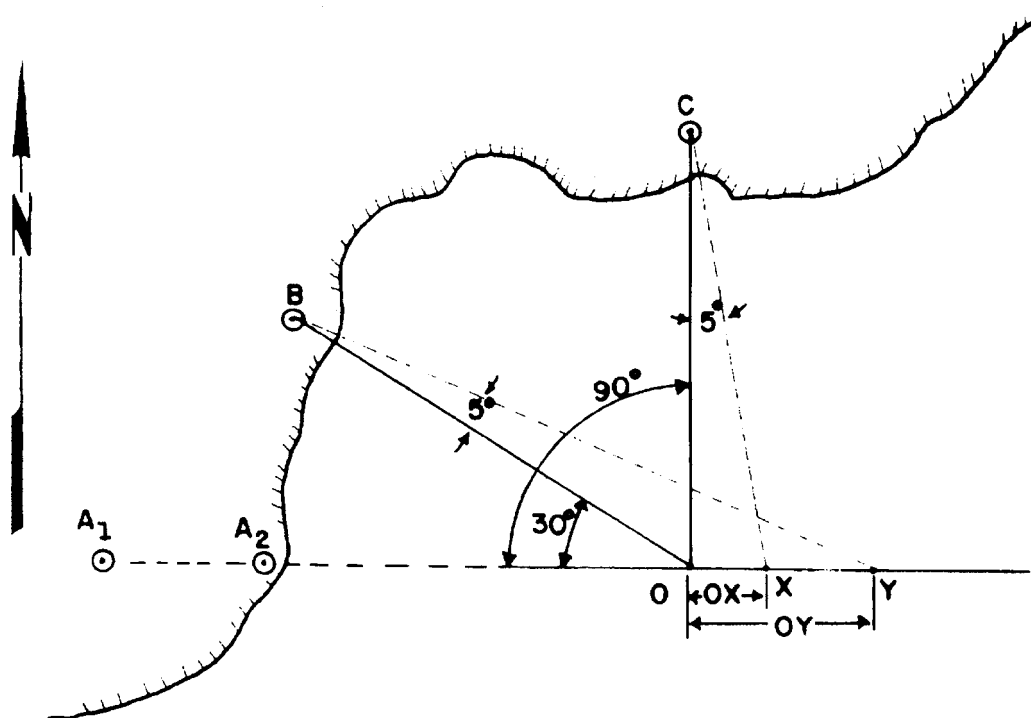
Figura 4.35 - Cuidados na escolha dos pontos



O efeito do ângulo de cruzamento das LDP na precisão da posição está ilustrado na Figura 4.36 (a). Nessa Figura, o navio encontra-se sobre o ALINHAMENTO $A_1 - A_2$ (portanto, não há erro nesta LDP, que não necessita de qualquer instrumento para observação) e sua posição real é o ponto O . Se, para determinar a posição, o navegante marca o ponto B , 30° defasado do alinhamento, e se existe um erro não detectado de -5° na marcação, a posição do navio será deslocada para Y e o erro da posição será igual a OY . Se, entretanto, o navegante marcar o ponto C , 90° defasado do alinhamento, e cometer o mesmo erro de -5° na marcação, a posição do navio será deslocada de O para X e o erro resultante será OX , bem menor que OY .

Figura 4-36 (a) - Posição por interseção de duas LDP

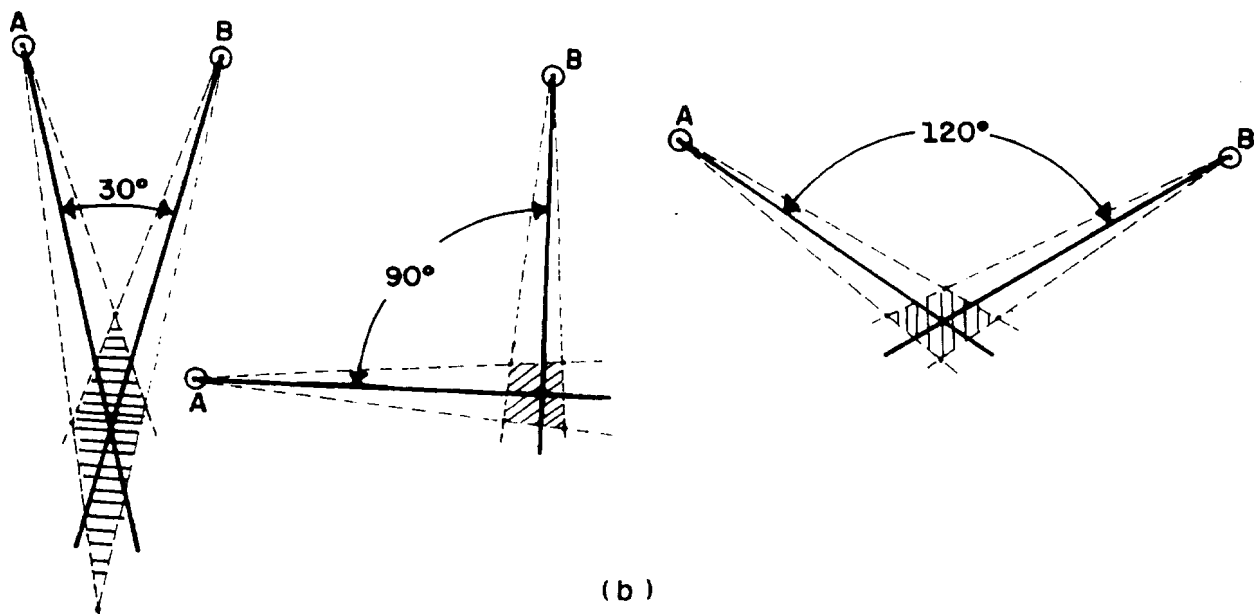
EFEITOS DE UM ERRO NÃO DETECTADO DE -5° NA MARCAÇÃO DE DOIS OBJETOS COM UM ÂNGULO DE CRUZAMENTO DE 30° E 90°



Na Figura 4.36 (b), observa-se que a **área de incerteza** da posição torna-se maior à medida que o **ângulo de cruzamento** entre as LDP cresce ou decresce em relação ao **ângulo ótimo** de 90° . Com um **ângulo de cruzamento** de 90° , o efeito de um erro de 5° nas LDP é minimizado. Em termos numéricos, pode-se afirmar que, quando se determina a posição por interseção de duas LDP, devem ser evitados ângulos de cruzamento menores que 30° ou maiores que 150° .

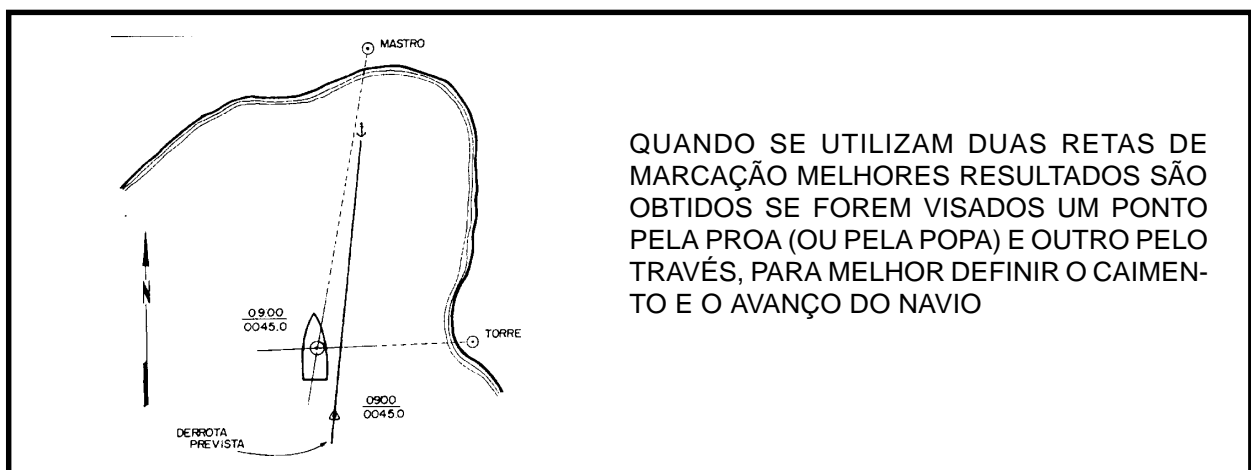
Figura 4.36 (b) - Área de incerteza da posição

EFEITOS DE UM POSSÍVEL ERRO DE $\pm 5^\circ$ NAS MARCAÇÕES DE DOIS
OBJETOS COM ÂNGULOS DE CRUZAMENTO DE 30° , 90° E 120°



- Quando se utilizam duas retas de marcação, devem ser visados, sempre que possível, um ponto pela proa (ou pela popa) e outro pelo través, para melhor definir o **caimento** e o **avanço** (ou **atraso**), conforme mostrado na Figura 4.37, onde o navio está adiantado (isto é, com **avanço**) e com **caimento para bombordo**, em relação à derrota prevista e à navegação estimada.

Figura 4.37 - Posição por interseção de duas retas de marcação - definição de caimento e avanço (ou atraso)



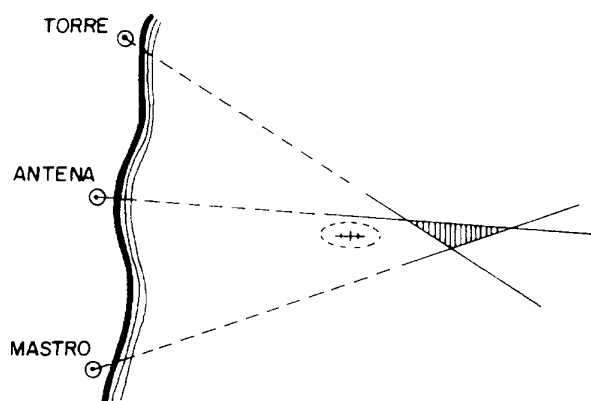
5. Para evitar **erros de identificação**, sempre que um novo ponto começar a ser utilizado, deverá ser cruzado com outros dois pontos já anteriormente marcados. Caso não haja outros dois pontos para a verificação, deve ser observado se o caminho percorrido na Carta (entre a posição anterior e a posição obtida com o novo ponto) corresponde efetivamente à distância navegada entre as posições (procurando detectar saltos ou recuos).
6. Conforme visto, um cruzamento de apenas **duas LDP** dificilmente denuncia um erro cometido e, assim, não inspira muita confiança. Então, sempre que possível, devem ser cruzadas, pelo menos, **três LDP**, que indicam, visualmente, a precisão obtida na posição.

4.5.4 TRIÂNGULO DE INCERTEZA

Quando se tomam três retas, elas nem sempre se cruzam em um ponto, podendo gerar um **triângulo de incerteza** (Figura 4.38), cujas principais causas são:

1. Não simultaneidade das marcações;
2. Erros na observação de uma ou mais marcações;
3. Desvio da giro ou da agulha não detectado ou de valor errado;
4. Erro na identificação dos objetos marcados;
5. Erros de plotagem; ou
6. Erro na Carta (erro na representação cartográfica: pontos mal posicionados).

Figura 4.38 - Posição pela interseção de três Linhas de Posição - Triângulo de Incerteza



SE TRÊS LDPs SÃO UTILIZADAS E NÃO SE CRUZAM EM UM PONTO, FICA FORMADO UM TRIÂNGULO DE INCERTEZA.

TRIÂNGULO DE INCERTEZA

- a. SE O TRIÂNGULO FOR PEQUENO: ADOTA-SE O SEU CENTRO PARA A POSIÇÃO DO NAVIO.
- b. SE PRÓXIMO DE UM PERIGO: ADOTA-SE PARA A POSIÇÃO DO NAVIO A INTERSEÇÃO (VÉRTICE DO TRIÂNGULO) MAIS PRÓXIMA DO PERIGO E OBTÉM-SE OUTRA POSIÇÃO IMEDIATAMENTE PARA CONFIRMAÇÃO.

NOTAS:

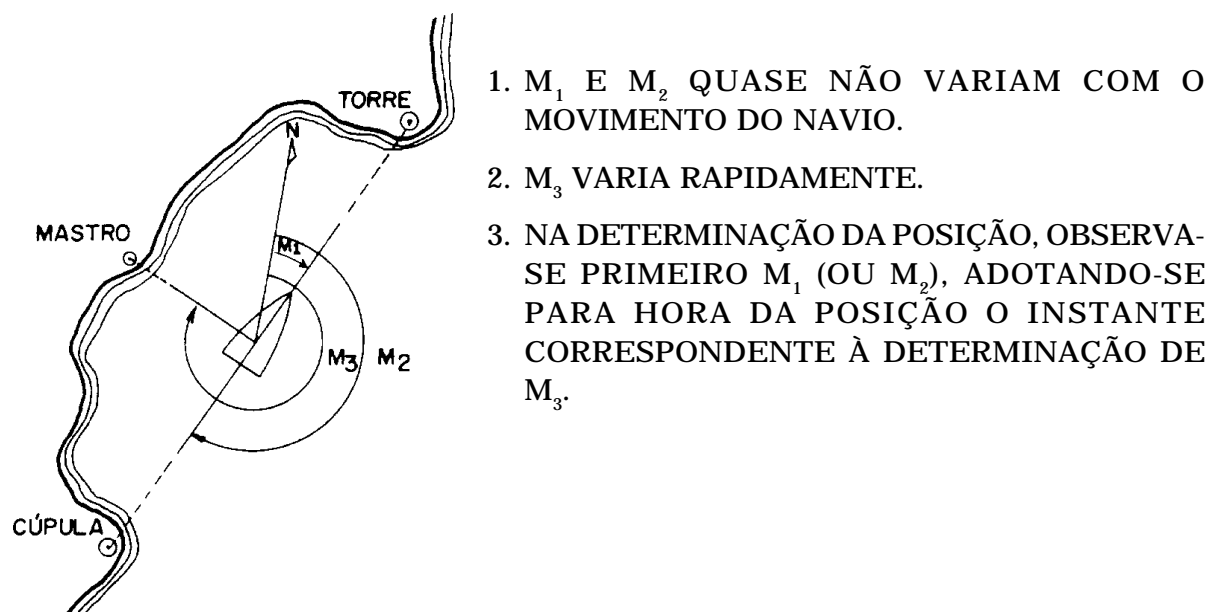
1. SE O TRIÂNGULO FOR GRANDE, ABANDONA-SE A POSIÇÃO E DETERMINA-SE OUTRA IMEDIATAMENTE.
2. SE A POSIÇÃO FOR OBTIDA POR INTERSEÇÃO DE 4 LDPs, PODERÁ SER GERADO UM QUADRILÁTERO DE INCERTEZA, E O PROCEDIMENTO ADOTADO DEVE SER IDÊNTICO AO ACIMA DESCRITO.

4.5.5 SEQÜÊNCIA DE OBSERVAÇÃO DE MARCAÇÕES E DISTÂNCIAS NA NAVEGAÇÃO COSTEIRA

Para que as LDP possam ser consideradas **simultâneas**, é essencial que seja mínimo o **intervalo de tempo** decorrido entre as observações.

Ademais, é necessário que seja obedecida uma **seqüência adequada de obtenção de marcações**. A mais usual recomenda observar-se, primeiramente, os pontos próximos da proa ou da popa, e, por último, os próximos do través, cujos valores das marcações variam mais rapidamente. Neste caso, a hora da observação deve corresponder ao instante da última visada, tal como ilustrado na Figura 4.39 (a).

Figura 4.39 (a) - Seqüência de Observação de Marcações



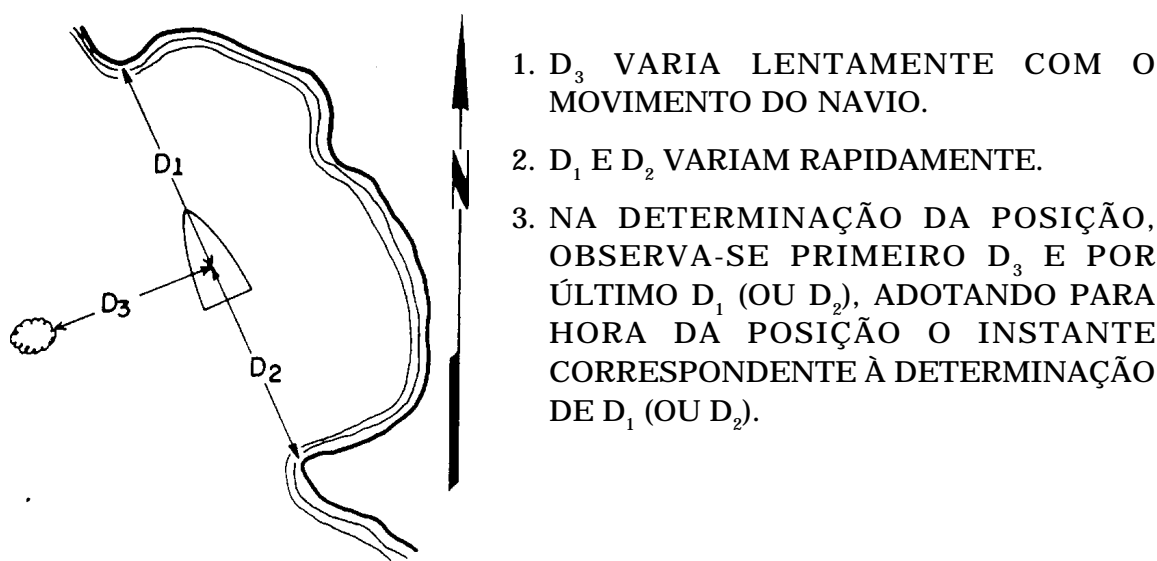
Entretanto, pode-se, também, observar primeiro as marcas pelo través, e, por último, as próximas à proa e popa. Neste caso, adota-se para a posição a hora da primeira observação. Ou seja, a hora da posição deve corresponder ao instante da observação da LDP que varia mais rapidamente.

Quando o instante de determinação da posição não for comandado pelo indivíduo que obtém as marcações, o procedimento correto é, no momento do “top”, marcar primeiro os objetos ou pontos notáveis próximos ao través (pois suas marcações variam mais rapidamente) e depois os objetos ou pontos mais próximos à proa ou popa (cujas marcações variam mais lentamente), adotando-se para a posição e hora e o odômetro correspondentes à primeira marcação. Isto é o que ocorre quando opera a Equipe de Navegação (ver Capítulo 9).

No caso de determinação da posição por interseção de distâncias, é necessário observar que as distâncias a objetos ou pontos situados próximos à proa ou popa variam mais rapidamente que as distâncias a pontos situados próximos ao través. Desta forma, dois procedimentos podem ser adotados:

- determinar primeiro as distâncias a pontos situados próximos ao través (que variam mais lentamente) e depois as distâncias a pontos na proa ou popa, adotando para a posição a **hora** e o **odômetro** correspondentes à última determinação, conforme mostrado na Figura 4.39 (b).

Figura 4.39 (b) - Sequência de observação de distâncias



- determinar primeiro as distâncias a pontos situados próximo da proa (ou popa) e depois as distâncias para pontos próximos ao través, adotando para a posição a **hora** e o **odômetro** correspondentes à primeira distância medida.

Como regra geral, a **hora** e o **odômetro** adotados para a posição devem corresponder à LDP que varia mais rapidamente.

4.5.6 REGISTRO DAS OBSERVAÇÕES

Todas as LDP observadas devem ser cuidadosamente anotadas, para permitir uma plotagem correta das posições na carta e, até mesmo, uma avaliação posterior da navegação realizada.

Na Marinha, as observações que originam LDP e outras informações relativas à navegação são registradas em um modelo apropriado (FOLHA N—2), mostrado na Figura 4.40). Estes registros constituem um documento legal do navio.

Figura 4.40 -

REGISTRO DE OCORRÊNCIAS DA NAVEGAÇÃO												
DIA		RUMOS				Od.	Objeto marcado ou observado	Marcação ou azimute verdadeiro	Dist. ou Δq	COORDENADAS	Sondagem Tenes	OBS:
MÊS	HORA	Verd.	Giro	Pad.	Gov.							
10/3	1900	280	281	301	297	0940.0	ALINHAMENTO ★ RASA-PAÇUCAR	35.4			100 m	
	2030	280	281	301	297	0962.5	I. REDONDA (TOPE) I. RASA GUARATIBA		15.7'			
	2233	261	262	282	279	0985.5	★ CASTELHANOS ★ LAJE MARAMBAIA ★ RASA GUARATIBA	279 323 052				
	2327	236	237	257	255	1000.8	★ LAJE MARAMBAIA ★ CASTELHANOS	031 294				
11/3	0002	236	237	257	255	1007.9	★ CASTELHANOS	326			ψ=23° 23,0 S	
	0028	236	237	257	255	1012.5	★ CASTELHANOS	353			λ=044° 08,3 W	

DHN-0622

ERROS DA POSIÇÃO OBSERVAÇÃO

1. INTRODUÇÃO

O navegante, para determinar a posição, recorre a observações, que lhe permitirão traçar na Carta as respectivas LDP e, a partir do cruzamento das mesmas, plotar a posição do navio.

Todas estas LDP são obtidas, normalmente, recorrendo-se a instrumentos ou equipamentos que possuem os seus erros próprios. Por outro lado, a própria leitura desses instrumentos, efetuada pelo navegante, contém os erros inerentes a observação. **Assim, qualquer LDP vira eivada dos erros provenientes não só da observação, como, ainda, instrumentais.**

Tal circunstância é inevitável. Na realidade, **da forma como é habitualmente praticada, a Navegação está longe de ser uma ciência exata.** As limitações impostas pela exigüidade de espaço e pela instabilidade da plataforma em que o navegante atua, juntam-se as que provêm de razões econômicas, que não tem permitido o uso de instrumentos muito dispendiosos e, sobretudo, a escassez do tempo disponível para determinar a posição do navio.

De fato, é preferível, em alto mar, despende, por exemplo, 10 minutos e determinar uma posição com um erro provável de 2 milhas, do que saber com muito maior rigor o local onde se estava há algumas horas atrás. Junto da costa, a urgência é ainda muito maior, dada a proximidade imediata de perigos, e mais se acentua, então, a necessidade de não exagerar em rigor, com sacrifício do tempo despendido para o conseguir.

Desta forma, ao enfrentar o conflito entre o desejo de maior precisão e a exigüidade do tempo necessário para conseguí-la, tendo, ainda, em conta as limitações dos próprios instrumentos ao seu dispor, o navegante geralmente simplifica os procedimentos e utiliza aproximações que seriam inaceitáveis em outros gêneros de trabalho.

Assim, selecionando alguns exemplos que poderiam ser apresentados, quando se usa a escala das latitudes da Carta de Mercator como uma escala de milhas, ou se calculam o rumo e a distância ortodrômicos, admite-se que a Terra é uma esfera, procedimento inteiramente inaceitável ao efetuar levantamentos geodésicos. Quando o navegante traça uma marcação visual ou um alinhamento na Carta de Mercator usa a loxodromia para representar um círculo máximo. Quando se efetuam interpolações, admite-se, quase sempre, uma variação linear entre os valores tabulados, o que, geralmente, não corresponde a realidade. Quando se medem distâncias pelo radar ou profundidades com o ecobatímetro, admite-se que as ondas eletromagnéticas e acústicas se propagam com a mesma velocidade em quaisquer circunstâncias, etc.

É, porém, essencial que o navegante tenha plena consciência da grandeza dos erros que possa ter cometido, pois, dessa forma, estará alerta para tomar as precauções que as circunstâncias exigirem. O que é realmente perigoso é ignorar as limitações ou supervalorizar a confiança que uma posição possa inspirar.

A seguir serão analisados os erros presentes nas observações que conduzem às LDP isoladas e, logo após, os aspectos de precisão relativos ao aproveitamento dessas Linhas de Posição tomadas em conjunto, para definir a posição. Nos dois casos o assunto será tratado enfocando apenas sua aplicação prática.

2. ERROS NAS LINHAS DE POSIÇÃO

Quando se determina o valor de uma grandeza, cometem-se inevitavelmente **erros**.

Chama-se **ERRO VERDADEIRO** ou, simplesmente, ERRO, à diferença entre o valor correto (ou real) de uma grandeza e o valor obtido em uma determinada medição.

De acordo com as causas que os determinam, os erros podem dividir-se em três tipos fundamentais:

ERROS SISTEMÁTICOS, que se reproduzem identicamente toda vez que uma observação é repetida nas mesmas circunstâncias.

Estes erros podem ser motivados, por exemplo, por defeitos particulares de um instrumento, condições atmosféricas especiais, imperfeições de uma tabela ou tendência de um observador (equação pessoal do observador).

A calibragem dos instrumentos conduz a determinação dos seus erros sistemáticos e, portanto, *h* sua anulação ou a sua consideração nos cálculos.

É o caso, por exemplo, da determinação dos erros instrumentais dos sextantes e radares. O erro sistemático do observador consegue-se normalmente anular recorrendo a técnicas adequadas de observação.

LAPSOS, que não são mais que ENGANOS do observador (leituras erradas dos instrumentos, entradas erradas em tábuas, inversões de sinais, erros nas operações, etc.) ou AVARIAS eventuais dos instrumentos. Os lapsos grosseiros são facilmente detetáveis, pelo absurdo dos resultados a que conduzem, mas os pequenos são, por vezes, de muito difícil detecção. O conhecimento da existência deste tipo de erros impõe ao navegante CUIDADO nas observações ou cálculos que efetue e espírito crítico na análise dos resultados obtidos.

ERROS ACIDENTAIS, que são erros de grandeza e sinal imprevisíveis, sempre presentes em qualquer observação. Estes erros são erros de acaso, que não se podem evitar, mas cujas leis são razoavelmente conhecidas e das quais passaremos a nos ocupar. Os **erros acidentais** são normalmente indetectáveis, mas a análise estatística das medições efetuadas pode indicar o grau de probabilidade de não excederem determinados valores. Além disso, os efeitos dos **erros acidentais** podem ser reduzidos efetuando várias medições nas mesmas condições e adotando para o valor da grandeza a média entre as medidas efetuadas.

3. ERROS ACIDENTAIS

3.1 ERRO MÉDIO QUADRÁTICO

Definimos atrás **erro** como sendo a diferença entre o valor real de uma grandeza e o seu valor obtido em uma determinada observação.

Pondo de parte os erros sistemáticos e os lapsos, poderemos dizer que o verdadeiro valor do erro será, em geral, impossível de determinar, uma vez que não haverá, normalmente, conhecimento do valor real da grandeza medida. O único elemento que, na realidade, se dispõe é a **comparação entre cada medição realizada e o valor adotado para a grandeza medida**. A diferença entre esses dois valores chama-se ERRO APARENTE, RESIDUO ou DESVIO.

Suponhamos, por exemplo, que se pretende medir, com o Radar, a distância do nosso navio a um ponto da costa. O navio está fundeado e sabe-se que o erro instrumental é zero. Como se pretende rigor na medição indicada, efetuou-se a seguinte série de observações:

D1 = 1.5 milha

D2 = 1.3 milha

D3 = 1.0 milha

D4 = 1.7 milha

D5 = 1.5 milha

O **valor mais provável** da distância medida é a média aritmética dos vários valores obtidos, isto é:

$$D = \frac{\sum D_n}{n} = \frac{1.5+1.3+1.0+1.7+1.5}{5} = \frac{7.0}{5} = 1.4 \text{ milhas}$$

Podemos, então, construir o seguinte quadro elucidativo:

Observação	Valor Medido	Valor adotado (Média arit.)	Desvio	Quadrado dos desvios
1	1.5	1.4	+ 0.1	0.01
2	1.3	1.4	- 0.1	0.01
3	1.0	1.4	- 0.4	0.16
4	1.7	1.4	+ 0.3	0.09
5	1.5	1.4	+ 0.1	0.01
		SOMA DOS DESVIOS ($\sum \Delta^2$)	0.0	0.28
		SOMA DOS QUADRADOS DOS DESVIOS ($\sum \Delta^2$)		

Adotando o critério da média aritmética, verifica-se que:

A soma algébrica dos desvios é nula.

Logo:

A soma dos quadrados dos desvios é mínima.

Sendo a soma dos quadrados dos resíduos um mínimo para o valor mais provável da grandeza a medir, é natural servirmo-nos dessa soma para avaliar a precisão de uma medição.

Assim, chama-se ERRO MÉDIO QUADRÁTICO, a grandeza definida por:

$$e = \pm \sqrt{\frac{\sum \Delta^2}{n-1}}$$

em que **n** é o numero de observações efetuadas.

No caso do nosso exemplo, teríamos um erro médio quadrático de:

$$e = \pm \sqrt{\frac{0.28}{4}} = \pm \sqrt{0.07} = \pm 0.26 \text{ milha}$$

Assim, o erro médio quadrático mostra-nos que a precisão de uma medição feita, aplicando a lei das médias (procedimento normalmente adotado na pratica da navegação), cresce proporcionalmente a raiz quadrada do número de observações e não proporcionalmente ao numero dessas observações. Pode-se demonstrar que o **erro médio quadrático** tem 67% de probabilidade de não ser excedido.

4. ERRO PROVÁVEL

Chama-se ERRO PROVÁVEL de uma observação aquele cuja probabilidade de ocorrer é 50%. Em outras palavras, se fizermos uma nova observação nas mesmas condições em que realizamos as anteriores, existe igual probabilidade que o erro desta nova observação seja maior ou menor do que o erro provável.

Pode-se demonstrar que o erro provável (E) é aproximadamente igual a 2/3 do erro médio quadrático, isto é:

$$E = 2/3 e = \pm 2/3 \sqrt{\frac{\sum \Delta^2}{n-1}}$$

No caso do exemplo anterior, a adoção do valor de 1.4 milha conduz a um erro provável de:

$$E = \pm (2/3 \times 0.26) = \pm 0.17 \text{ milha}$$

Assim, teríamos uma probabilidade de 50% de que o erro cometido na medição não excedesse 0.17 milha.

Na prática da navegação, pretende-se conhecer com maior segurança a grandeza do erro cometido em uma observação. Ou melhor, deseja-se saber que, para a LDP adotada, existe uma probabilidade elevada de não se exceder um determinado erro. Nestas circunstâncias, é evidente que a margem de 50% é pequena, pretendendo-se, em regra, uma margem de 95%.

Pode-se demonstrar que, caso só existam erros acidentais, a probabilidade de, na execução de uma observação, não ocorrer um erro superior a um determinado valor é, aproximadamente, dada pela seguinte tabela:

Valor do erro		Probabilidade de não ser excedido
(erro provável)	E	50%
(erro médio quadrático)	3/2 E	67%
(dobro do erro médio quadrático)	3 E	95%
	4 E	99%

Voltando ao nosso exemplo, pode-se, então, afirmar que, ausentes os erros sistemáticos e os lapsos, a medição efetuada tem 95% de probabilidade de não exceder um erro de:

$$E_{95\%} = 3E_{50\%} = 3E = 3 \times 0.17 = 0.51 \text{ milha}$$

No caso de uma medição ser influenciada por erros de mais de uma espécie, demonstra-se que o erro provável total é dado pela raiz quadrada da soma dos quadrados dos erros prováveis de cada espécie, isto é:

$$E_t = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + E_3^2 + \dots + E_n^2}$$

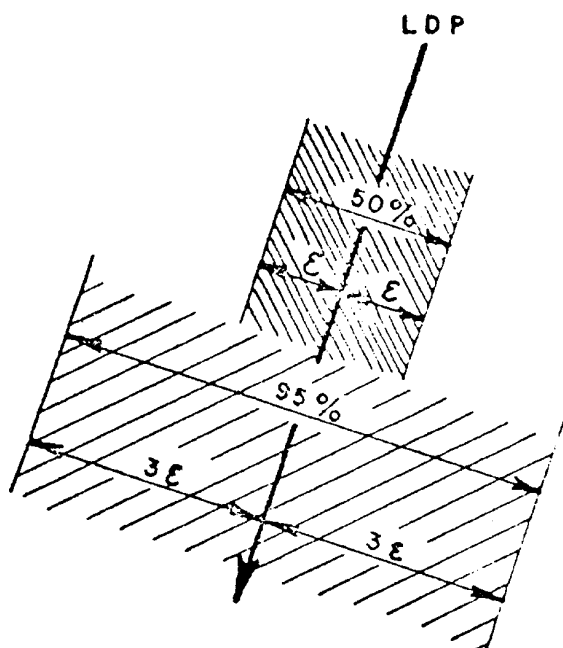
Por exemplo, quando o navegante determina uma marcação com uma Agulha Magnética, a LDP correspondente vem eivada dos seguintes erros:

- 1 – Erro acidental cometido pelo navegador durante a observação.
- 2 – Erro da agulha proveniente da diferença entre o valor do desvio calculado e o seu valor real nesse local e nessa proa.
- 3 – Erro resultante da aproximação cometida na avaliação da declinação magnética.

O erro provável total será, então:

$$E_t = \pm \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + E_3^2}$$

Figura A4.1 -



Nestas circunstâncias, deve ter sempre o navegante presente que a posição mais provável do navio é sobre a LDP observada (ver Figura A4.1), mas que o navio tem 50% de probabilidade de se encontrar numa faixa compreendida entre $(LDP + E)$ e $(LDP - E)$, denominada zona de confiança de 50% de probabilidade.

A zona de confiança de 95% de probabilidade será uma faixa centrada na LDP, mas com uma largura tripla da zona dos 50%.

5. ERROS NOS CRUZAMENTOS DE LINHAS DE POSIÇÃO

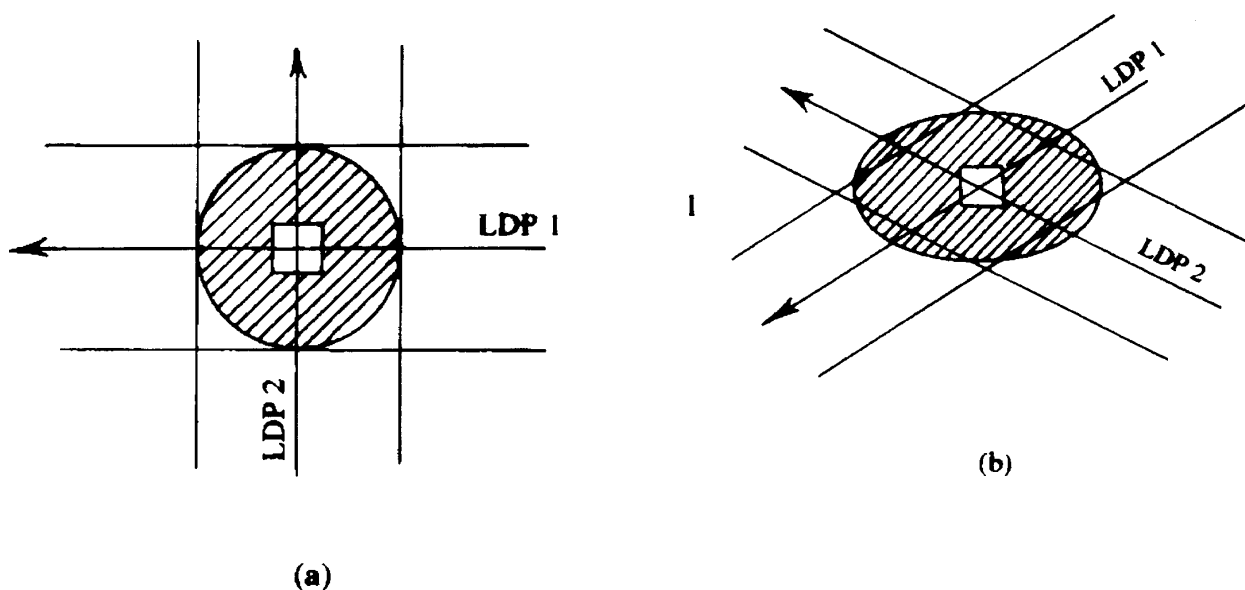
5.1 ZONAS DE CONFIANÇA. A ELIPSE DE ERRO

Conforme visto, a determinação da posição do navio resulta sempre do cruzamento de duas ou mais Linhas de Posição.

No caso do cruzamento de duas LDP, a posição mais provável do navio é o ponto de interseção dessas linhas, uma vez que cada uma delas representa, por seu turno, o lugar geométrico das posições mais prováveis do navio a hora da observação.

Rigorosamente, porém, atendendo a que qualquer LDP esta sempre afetada por erros, o cruzamento de duas LDP vai definir uma área. Se, como a Figura A4.2(a) ilustra, for obtido um ponto por duas LDP perpendiculares e com erros prováveis iguais, essa área (zona de confiança de 50% de probabilidade) é um círculo. Se, mesmo no caso de as LDP serem perpendiculares, uma LDP é mais precisa do que a outra, a área é um elipse. Como se representa na Figura A4.2(b), a zona de confiança é também uma elipse se o erro provável de cada uma das linhas é igual, mas elas se cruzam obliquamente. É evidente que as dimensões da elipse dependem dos valores dos erros que se admita terem sido cometidos. Se ela for traçada tendo em consideração uma certa probabilidade de não ocorrer um erro superior a um determinado valor em cada uma das LDP, ela contornará uma área onde existe uma probabilidade bem definida de o navio se encontrar (zona de confiança correspondente a essa probabilidade). Assim, se para o seu traçado for considerado um erro $3E$ em cada uma das LDP (a que corresponde, como vimos, uma probabilidade de 95% de não ser excedido), a posição do navio terá 95% de probabilidade de se encontrar dentro dessa elipse.

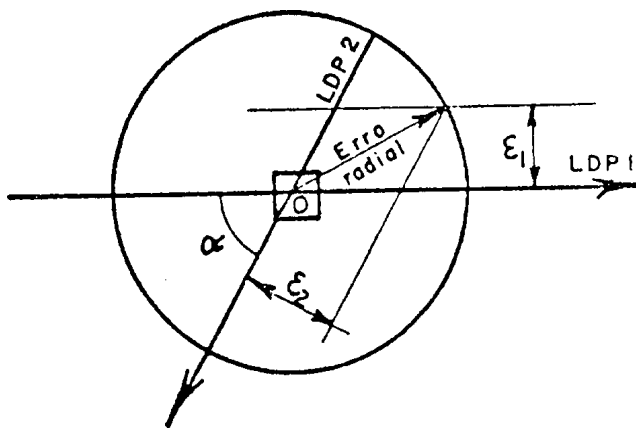
Figura A4.2 -



5.2 ERRO RADIAL

O traçado da elipse que define a zona de confiança é pouco cômodo. Além disso, torna-se conveniente definir essa zona de confiança como um círculo, com centro no ponto de interseção das LDP observadas e com um raio que exprima a grandeza do erro em jogo. Esse raio se chama ERRO RADIAL.

Figura A4.3 -



Pode-se demonstrar que o erro radial é dado pela expressão:

$$r = 3/2 \sqrt{E_1^2 + E_2^2} \cdot \operatorname{cosec} \alpha, \text{ em}$$

que E_1 e E_2 são os erros prováveis acidentais de cada uma das LDP consideradas e α o ângulo de cruzamento entre elas. A probabilidade que o navio tem de se encontrar dentro de um círculo de raio igual ao erro radial é cerca de 65 a 68%.

Apresentam-se abaixo valores dos raios dos círculos a que correspondem determinados valores de probabilidade:

RAIO DO CÍRCULO	PROBABILIDADE DA ZONA DE CONFIANÇA
0.8 r	50 a 55%
(Erro radial) r	65 a 68%
2 r	95 a 98%

Assim, pode-se afirmar, por exemplo, que um navio tem 95 a 98% de probabilidade de se encontrar dentro de um círculo de raio igual a $2r$, isto é:

$$E_{95\%} = 2 \times r = 2 \times 3/2 \sqrt{E_1^2 + E_2^2} \times \operatorname{cosec} \alpha$$

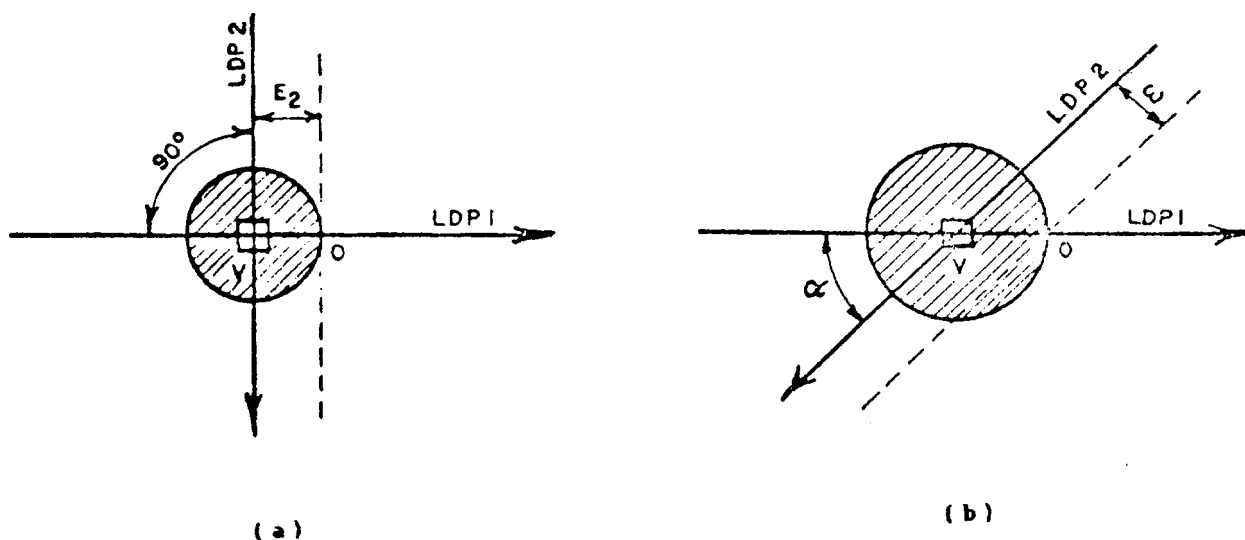
$$E_{95\%} = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} \times \operatorname{cosec} \alpha$$

As expressões anteriores levam-nos as conclusões lógicas de que a precisão do ponto resultante da interseção de duas LDP é tanto maior quanto:

- Menor for o erro cometido na determinação de cada uma das LDP.
- Mais próximo de 90° se encontrar o ângulo de interseção entre as LDP.

A figura A4.4 ilustra graficamente o que se disse. Assim, suponhamos, a título de exemplo, que a LDP1 esta isenta de erro ($E_1 = 0$) e que o erro provável da LDP2 tem o valor E_2 .

Se o ângulo entre elas é de 90° (Figura A4.4a), a diferença entre V (posição verdadeira) e O (posição resultante da interseção de LDP1 com a LDP2 afetada do erro E_2) é exatamente igual a E_2 .



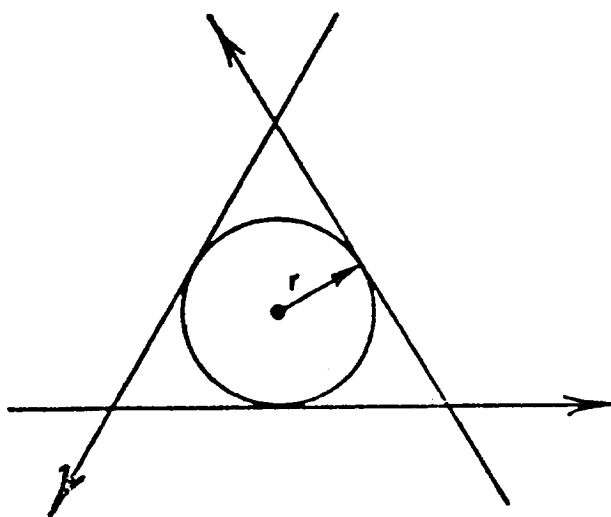
Se, porém, o ângulo entre a LDP1 e a LDP2 é diferente de 90° , a diferença VO (erro radial) é maior que o valor de E_2 , como se vê na Figura A4.4(b).

Na realidade, ela será tanto maior quanto menor for o valor do ângulo de cruzamento α .

5.3 CRUZAMENTO DE MAIS DE DUAS LINHAS DE POSIÇÃO

O ponto obtido por cruzamento de duas LDP não permite revelar graficamente, com rapidez, a grandeza do erro cometido. Conforme visto, por esta razão é de boa norma recorrer a observação de três objetos, procedimento que permite avaliar, imediatamente após o traçado, a ordem de grandeza do erro em jogo, pela dimensão do triângulo formado pelas três LDP (ver Figura A4.5).

Figura A4.5 -



Na realidade, quando se determinam 3 LDP, devido aos erros a que estão sujeitas, elas não concorrem geralmente em um ponto, definindo, pelo contrário, um pequeno triângulo (**triângulo de incerteza**).

Como se afirmou, a grande vantagem da introdução de uma terceira LDP consiste em permitir, pela análise do triângulo de erro, verificar a consistência das 3 observações.

As causas do triângulo de erro no ponto por cruzamento de três retas de marcações podem ser as seguintes:

- Erro na identificação de um objeto;
- Erro no traçado da linha de marcação;
- Falta de rigor nas observações, resultante de limitações da agulha ou das condições de observação;
- Erro da giro (ou desvio da agulha) desconhecido ou incorretamente aplicado;
- Intervalo de tempo excessivo entre as observações extremas; e
- Erros da própria carta, como, por exemplo, incorreta representação das marcas observadas.

Se o navegante constatar que o **triângulo de incerteza** tem dimensões excessivas, deverá analisar o seu trabalho, tendo em mente as causas de erro indicadas acima.

Quando o triângulo é de pequenas dimensões, toma-se, normalmente, como posição, o seu centro geométrico.

6. PRECISÃO E ACURÁCIA

A crescente modernização dos equipamentos e instrumentos de navegação cria a ilusão de que a tecnologia hodierna dispensa a aplicação dos princípios elementares do bom senso e espírito crítico, relegando ao esquecimento certas práticas caras ao navegante, tais como o cuidado, o capricho e a busca incessante da **acurácia**.

Cada procedimento que contenha qualquer modalidade de intervenção humana, por mais tênue que seja, está, por definição, sujeito a erros e omissões. Uma simples entrada de dados em um equipamento deve ser sempre feita com a maior atenção e, se possível, verificada por uma outra pessoa. A observância dos preceitos acima citados e o perfeito conhecimento dos requisitos de **acurácia**, dos princípios de funcionamento dos equipamentos, das suas limitações, **precisão** e capacidade de resolução tem sido os maiores aliados do navegante, em sua procura constante da segurança da navegação. Lembre-se que um equipamento, por mais sofisticado que seja, só fornecerá informações corretas (“output”) se os dados de entrada (“input”) tiverem sido corretamente introduzidos.

Além disso, é preciso manter em mente a relação **precisão/acurácia** e, sobretudo, a diferença entre **precisão** e **resolução**.

Precisão é a quantidade, o montante de valor, que uma medida desvia-se de sua média. É calculada por intermédio de comparações entre valores considerados rigorosamente corretos e aqueles obtidos nas observações.

Resolução é a maior definição da grandeza medida pelo equipamento, representada pela leitura direta de seu último dígito significativo, sem que haja necessidade de uma estimativa ou interpolação.

Acurácia é o grau de aproximação de uma variável de seu real valor. Traduz a exatidão da operação efetuada. Nenhum equipamento, a luz de determinados propósitos, nos dará, sem interpretação humana, a certeza sobre a acurácia colimada.

No caso de alguns instrumentos mais antigos, para se aumentar a precisão dos valores finais, várias medições são efetuadas e, por critérios estatísticos, chega-se a um valor mais provável da grandeza medida, que corresponderá a um desvio zero da sua média (maior precisão). Em seguida, são agregados diversos cuidados no manuseio e nos cálculos

onde este valor será empregado, visando a obtenção, no final, da **maior acurácia** possível da informação desejada. Por exemplo, a altura de um astro pode ser medida com grande **precisão**, mas, se for utilizada em um cálculo de posição que contenha erro, o resultado final (latitude e longitude do navio) não terá nenhuma **acurácia**, ou, na melhor das hipóteses, um grau de acurácia muito pequeno.

Os equipamentos modernos trazem embutidos processos que, velozmente, calculam um valor final de várias medidas e apresentam um **valor médio**, que estará bem próximo daquele que seria obtido, se fossem feitas mais repetições. Isto, aliado a melhores resoluções, induz a interpretação errônea sobre o grau de acurácia obtido, pois este será refém, dentre outros fatores, da vida útil de “chips” eletrônicos, dos cuidados no momento da coleta e do **grau de interferência humana** para se obter a informação desejada.

Em última instância, a garantia da segurança da navegação depende da **precisão** com que o navegante efetua suas observações e do grau de acurácia com que calcula e/ou plota as informações obtidas. Portanto, não há dúvidas quanto a necessidade de se manter na navegação a tradição de exercitar sempre o cuidado, atenção, controle, espírito crítico e bom senso, calcados na competência e forjados na experiência, a fim de assegurar a confiabilidade dos dados obtidos e, em conseqüência, a credibilidade e a segurança da navegação.