

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES  
Conselho Diretor do Fundo da Marinha  
Mercante – CDFMM

SINDARPA – Sindicato das Empresas de  
Navegação Fluvial e Lacustre e das  
Agências de Navegação no Estado do  
Pará

SINDARMA – Sindicato das Empresas de  
Navegação no Estado do Amazonas

---

# PROJETO DE EMBARCAÇÕES PARA O TRANSPORTE INTERIOR DE PASSAGEIROS E CARGAS

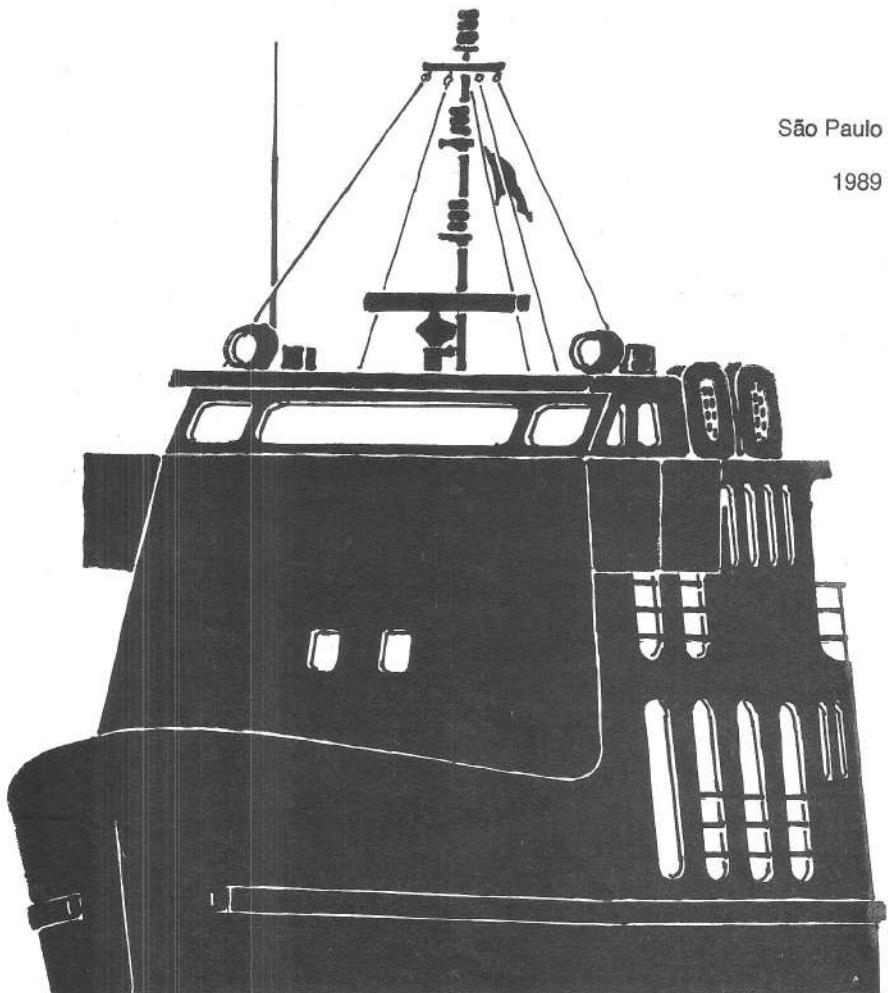
---

## METODOLOGIA E CRITÉRIOS

---

### MANUAL DO USUÁRIO

---



São Paulo

1989

IPT

Instituto de Pesquisas Tecnológicas

Divisão de Engenharia Naval e Oceânica  
Agrupamento de Projeto Naval

©1989, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S. A. - IPT  
Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira" - Butantã - CEP 05508 - São Paulo-SP  
Caixa Postal 7141 - CEP 01051 - Endereço Telegráfico: TECNINST - Telex: (011) 83144 INPT BR e  
(011) 80934 INPT BR - Telefone: (011) 268-2211 - Telefax: (011) 268-8140

Divisão de Engenharia Naval e Oceânica  
Antônio Takaiti Shinkawa, arquiteto  
Francisco Carlos Vasque de Garcia, eng. naval  
Kao Yung Ho, engenheiro naval  
Paulo Gomes Carvalheiro, eng. naval, mestre  
Rui Gelehrter da Costa Lopes, eng. naval, mestre

CRM - Publicações

Rubens Marini - Chefe

Coordenação editorial: Mirian Rejowski de Carvalho. Editoração: Otacília Rodrigues de Freitas e Teixeira França. Revisão: Ana Cristina Teixeira e Cristina Inui. Composição e montagem da arte-final: NAR Serviços Gráficos. Diagramação e Ilustração: Antônio Takaiti Shinkawa. Arte-final da capa: Myriam Behn Aguiar Miguel. Produção gráfica: Edson Policarpo Luz e Romualdo Teixeira Campos. Impressão: Gráfica do IPT.

**Dados de Catalogação na Publicação (CIP) Internacional  
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Projeto de embarcações para o transporte interior de passageiros e cargas : metodologia e critérios : manual do usuário. -- São Paulo : Instituto de Pesquisas Tecnológicas ; [Rio de Janeiro] : Ministério dos Transportes, Conselho Diretor do Fundo da Marinha Mercante, 1989.

ISBN 85-09-00049-2

1. Barcos - Construção - Projetos 2. Engenharia naval 3. Navegação interior

89-1133

CDD-623.81  
-623.8  
-386.3

**Índices para catálogo sistemático:**

1. Engenharia naval 623.8
2. Navegação interior : Comércio 386.3
3. Projetos: Construção naval : Engenharia 623.81
4. Projetos : Embarcações : Construção : Engenharia naval 623.81

"O homem que não sonha é um homem morto  
o homem que sonha mas não tenta realizar seus sonhos é um imotil."

# APRESENTAÇÃO

Este Manual de Projeto de Embarcações para o Transporte Interior de Passageiros e Cargas é o resultado de estudo desenvolvido pela Divisão de Engenharia Naval e Oceânica do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. - DINAV/IPT, sob orientação e apoio do Conselho Diretor do Fundo de Marinha Mercante do Ministério dos Transportes - CDFMM/MT.

Ao apoiar o trabalho, o CDFMM/MT busca oferecer aos armadores, construtores e órgãos financeiros, ligados ao transporte hidroviário interior, um elemento de auxílio ao Projeto de Embarcações, em linguagem simples, porém precisa, constituindo-se em fator de desenvolvimento tecnológico, facilitando a comunicação interna ao meio.

A divulgação deste Manual não encerra o trabalho. Ao contrário, inicia-se um processo de contínuo aprimoramento, fruto de sua utilização, discussão e crítica para que os objetivos finais sejam realmente alcançados.

"A vida,  
não passa de um instante.  
Mas basta esse instante  
para empreendermos  
causas eternas."

# SUMÁRIO

III

## APRESENTAÇÃO

---

INTRODUÇÃO	1
Objetivos	2
Definições e nomenclatura	3
Fluxograma	5
MÓDULO I – REQUISITOS DO ARMADOR	7
Rota	8
Capacidades	9
Velocidade	10
MÓDULO II – ARRANJO GERAL E DIMENSÕES PRINCIPAIS	13
Preliminares	14
Determinação do deslocamento	16
Dimensões principais	19
Arranjo Geral – Arranjos padrões	28
Arranjos padrões	29
Pesos e centros	39
MÓDULO III – PROPULSÃO	47
Preliminares	48
Roteiro de cálculo	51
Variação da potência de propulsão	59
MÓDULO IV – ESTABILIDADE INTACTA	63
Conceitos	64
Avaliação da estabilidade	68
MÓDULO V – DESEMPENHO ECONÔMICO	83
LISTA DE GRÁFICOS	87

---

# INTRODUÇÃO

Este Manual foi produzido visando, através de um processo iterativo entre o usuário e as entidades envolvidas, ser continuamente aprimorado, ou seja, constituir-se em base para avaliação das características técnicas e econômicas de alternativas de embarcações de passageiros e cargas a serem construídas para a rede hidroviária no interior da Amazônia.

Na verdade, este processo iterativo de discussão e aprimoramento não se encerra no período de elaboração deste Manual, mas permanece no sentido de sua atualização com a introdução de novas técnicas, segundo a evolução natural do estado da arte relativa ao projeto do navio.

Entendidos no devido contexto, os objetivos deste Manual são:

- fornecer metodologia de cálculo de projeto naval que permita ao armador, sem exigir recursos tecnológicos de monta, estabelecer, a um nível adequado, as características principais da embarcação desejada, partindo-se dos requisitos do armador;
- constituir-se, ademais, num elemento agregador das atividades referentes a escolha, construção e financiamento de embarcação através do estabelecimento de uma linguagem técnica comum entre armadores, construtores e agentes financeiros.

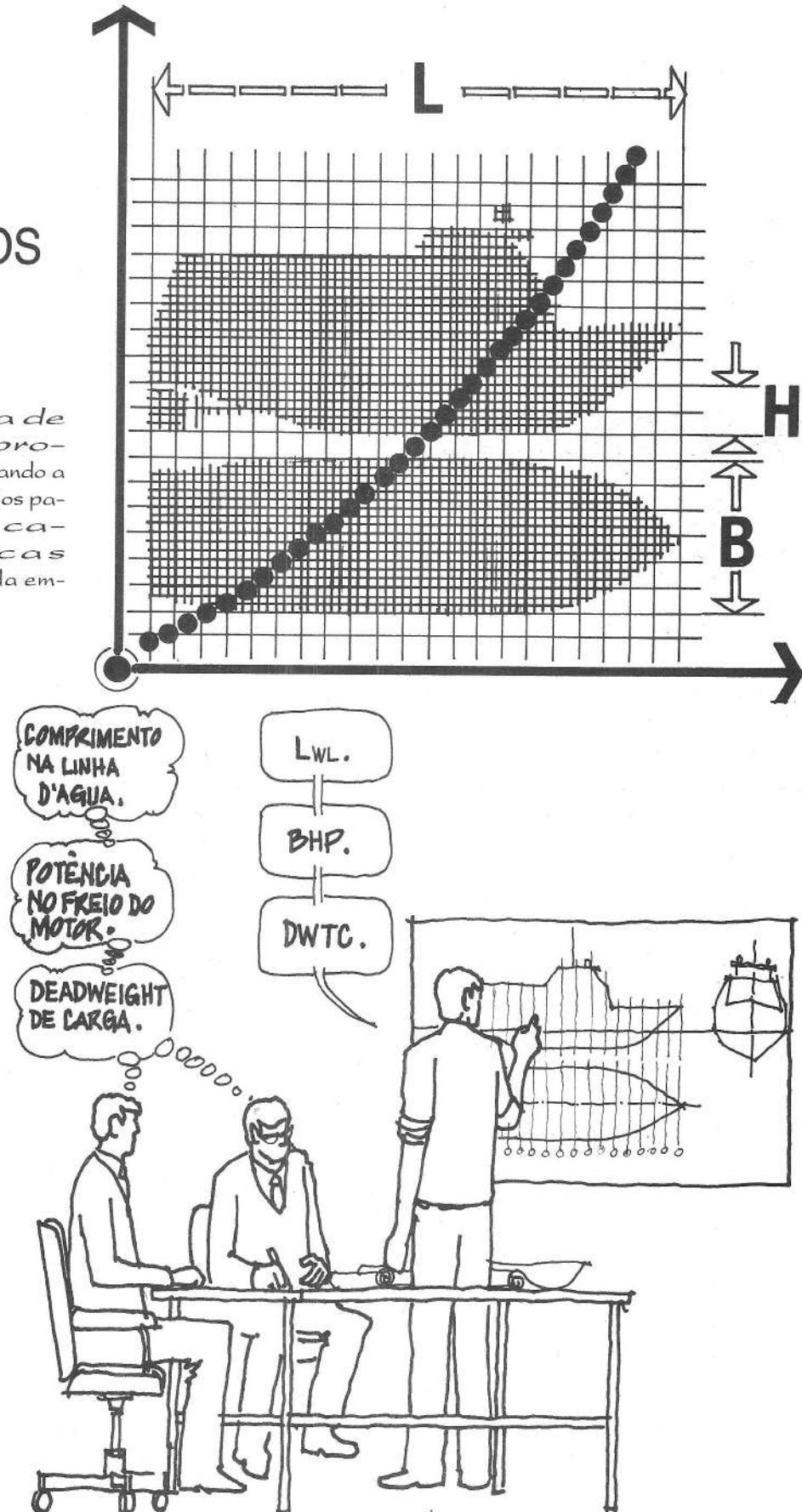
As definições, os símbolos e as unidades empregadas neste Manual baseiam-se na terminologia e nomenclatura de uso consagrado no projeto naval. Conceituações preliminares de alguns itens importantes de projeto, como deslocamento da embarcação, desempenho, pesos e centros, estão colocadas de forma bastante objetiva e simplificada, ao alcance do usuário pouco iniciado nos assuntos técnicos e teóricos de projeto naval.

Os gráficos, os índices e os coeficientes, que constituem meios de aplicação deste Manual, foram levantados a partir de dados extraídos da pesquisa de embarcações semelhantes, realizada na etapa que antecedeu a elaboração deste trabalho, bem como da base teórica necessária ao projeto de embarcações.

No fluxograma apresentado na página 5 está contida a forma de utilização deste Manual.

## OBJETIVOS

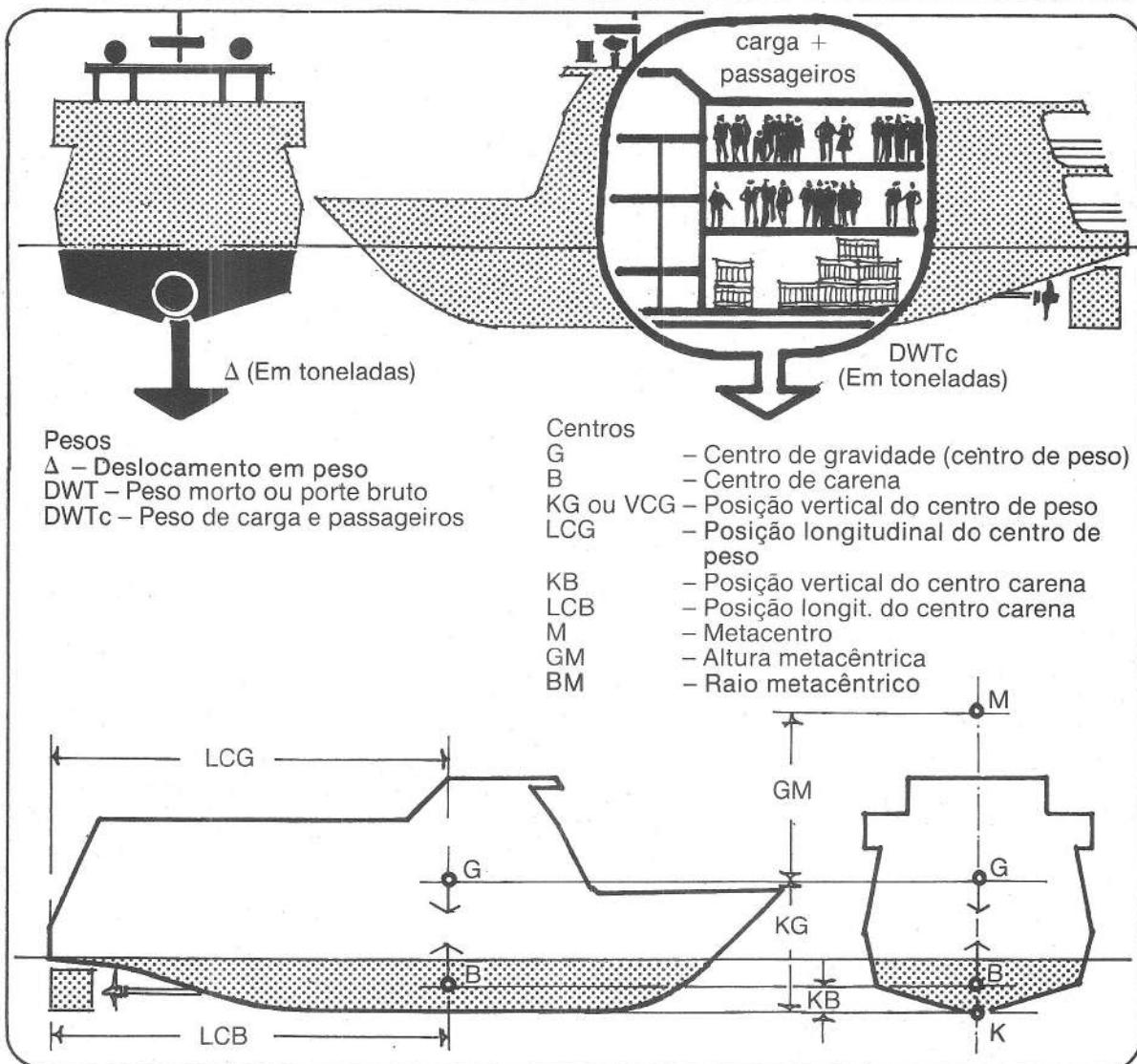
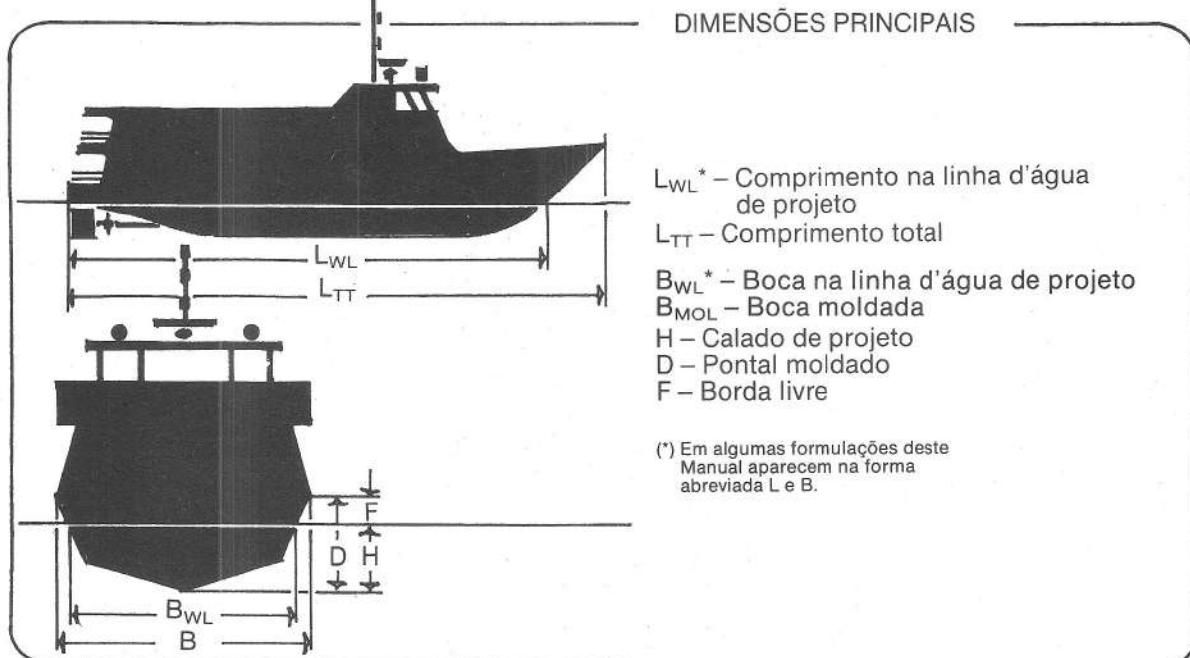
Metodologia de cálculo de projeto naval visando a simplificação de meios para estabelecer as características principais da embarcação desejada.



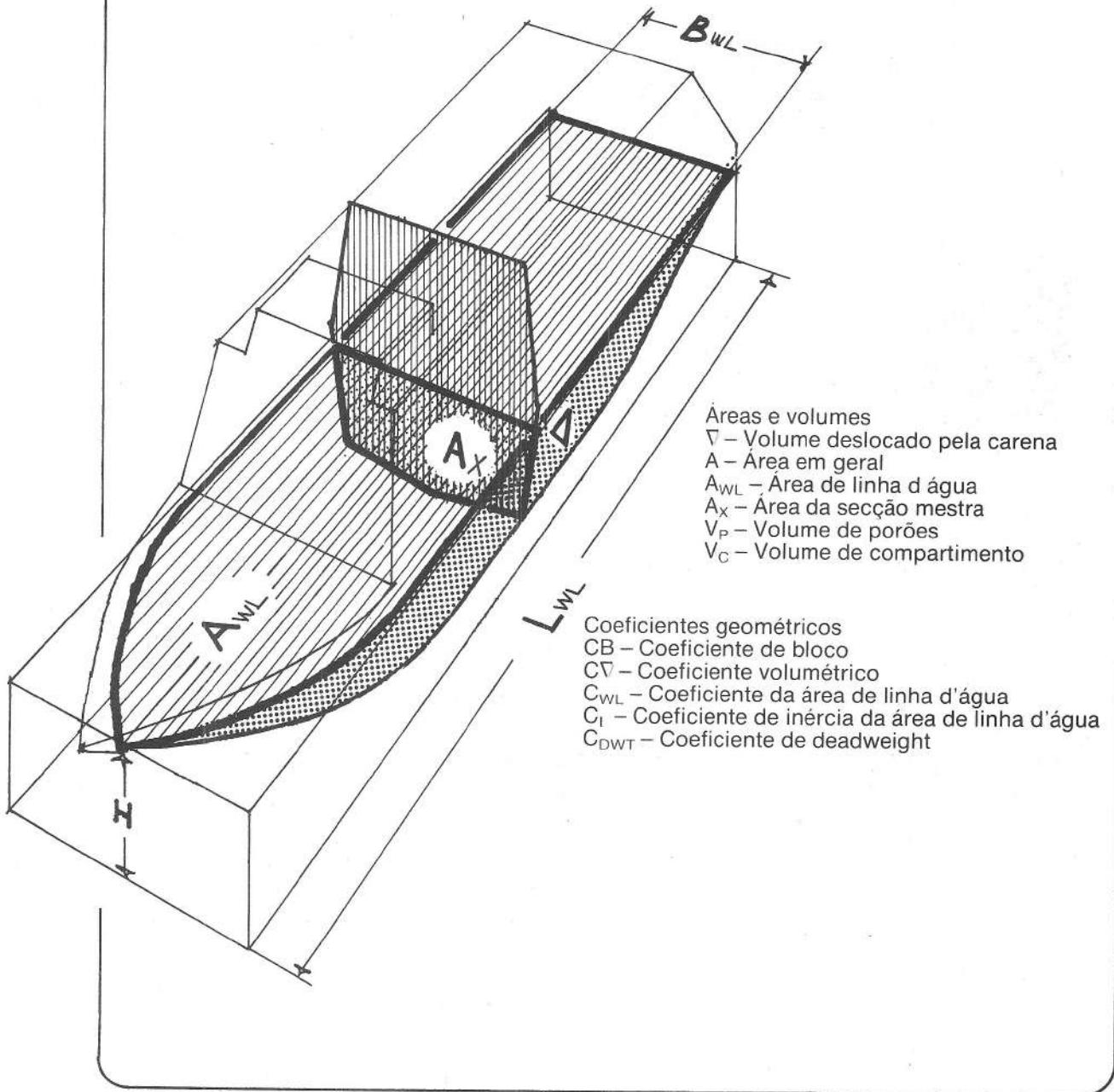
Linguagem técnica comum entre armador, construtores e agentes financiadores (escolha, construção e financiamento)

# DEFINIÇÕES E NOMENCLATURA

## DIMENSÕES PRINCIPAIS



## ÁREAS, VOLUMES E COEFICIENTES



## PROPULSÃO

L<sub>p</sub> – Comprimento da linha d'água em unidade inglesa (pés)

V<sub>s</sub>\* – Velocidade de serviço de embarcação

CTL – Coeficiente de resistência ao avanço

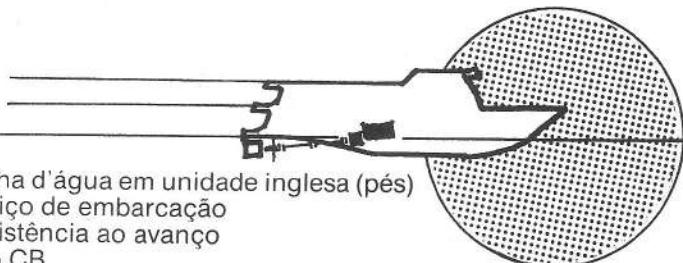
β – Fator de correção do CB

γ – Peso específico

BHP – Potência no freio do motor (potência total de serviço)

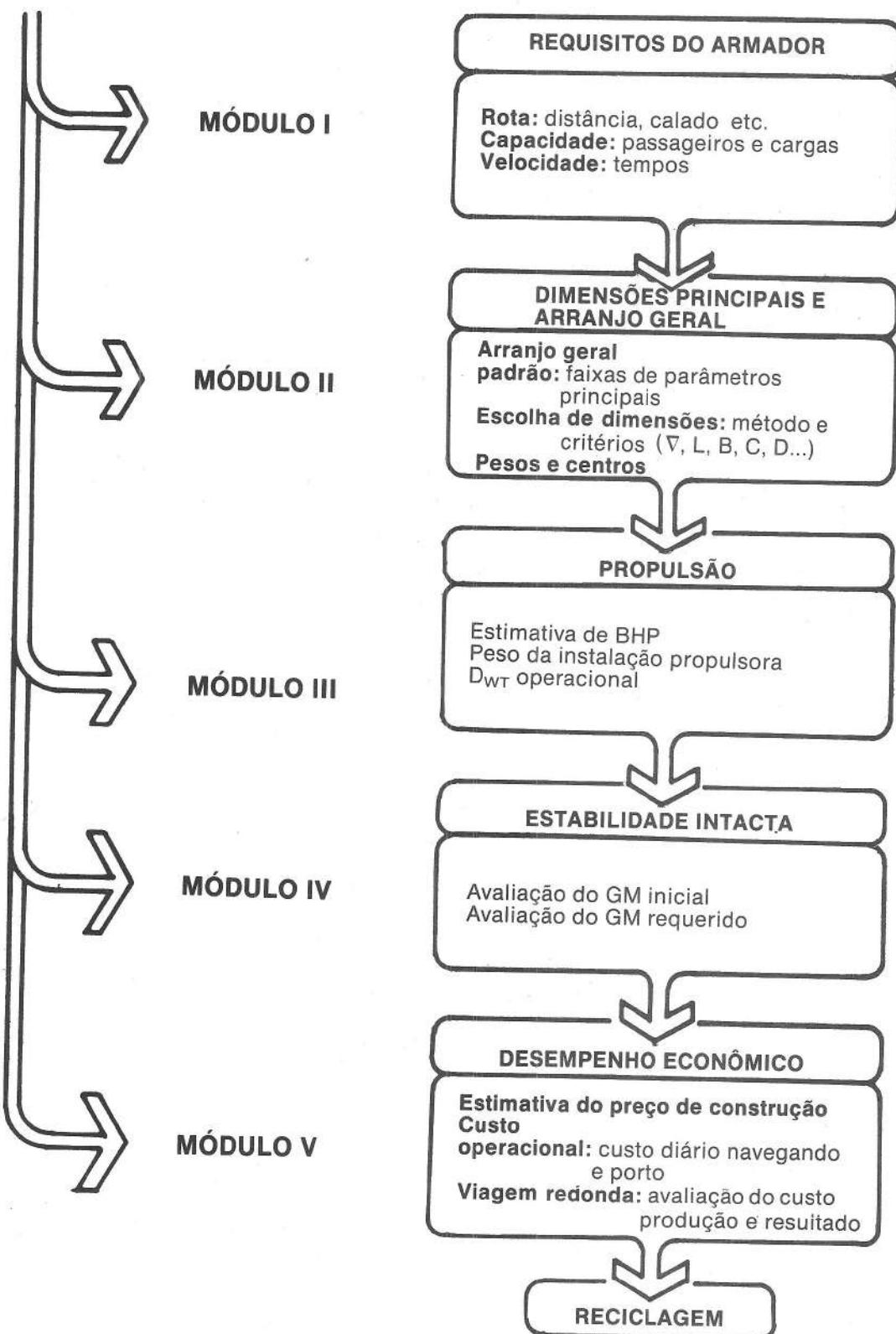
IHP – Potência instalada (potência nominal total)

(\*) Em algumas formulações deste Manual, aparece na forma abreviada V.



# FLUXOGRAMA

O conjunto de relações técnicas e econômicas, determinadas a partir de fundamentos teóricos e de pesquisa em embarcações semelhantes, é composto de cinco módulos que, utilizados segundo a sistemática estabelecida no Manual, permitem a geração das características prováveis da embarcação desejada. Embora o fluxograma tenha como ponto de partida os requisitos do armador, é possível consultar o Manual sem qualquer sequência de módulo, caso as etapas de definições estiverem adiantadas.





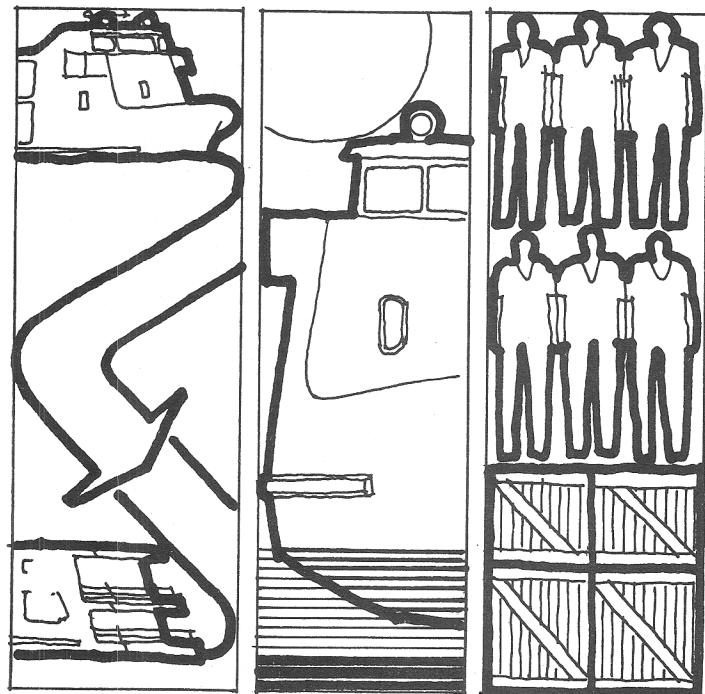
## MÓDULO I

# REQUISITOS DO ARMADOR

São requisitos que, por variadas razões, o armador tem como desejáveis e constituem-se nas informações iniciais para a escolha da embarcação.

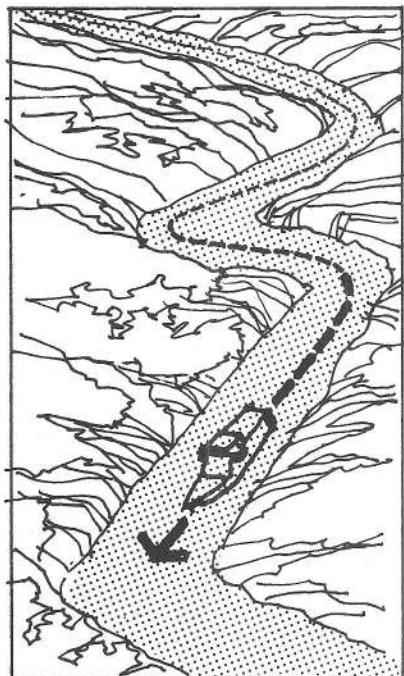
Esses requisitos são:

- rota;
- capacidade;
- velocidade.



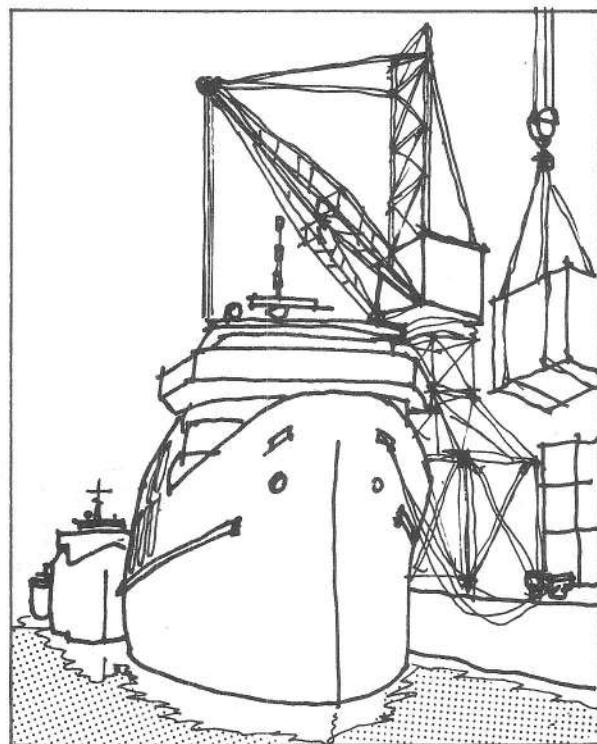
Requisitos do armador

## ROTA

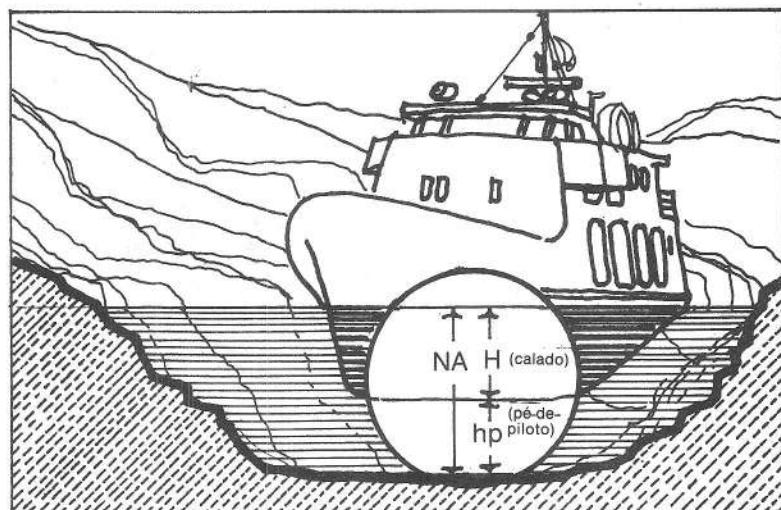


Distância

CMR: Calado Máximo Recomendado  $\rightarrow$  CMR =  $(P+M) \cdot [(P+M) \times F_s]$ , onde  
 P: Profundidade mínima;  
 M: altura de Maré no momento;  
 F<sub>s</sub>: Fator de Segurança, conf. solo do fundo, sendo 2,6%  $\Rightarrow$  lama macia  
 5,0%  $\Rightarrow$  areia  
 8,0%  $\Rightarrow$  pedra.  
 para M = 0 (sem maré): CMR = P  $\times$  (1-F<sub>s</sub>)



Portos a atender



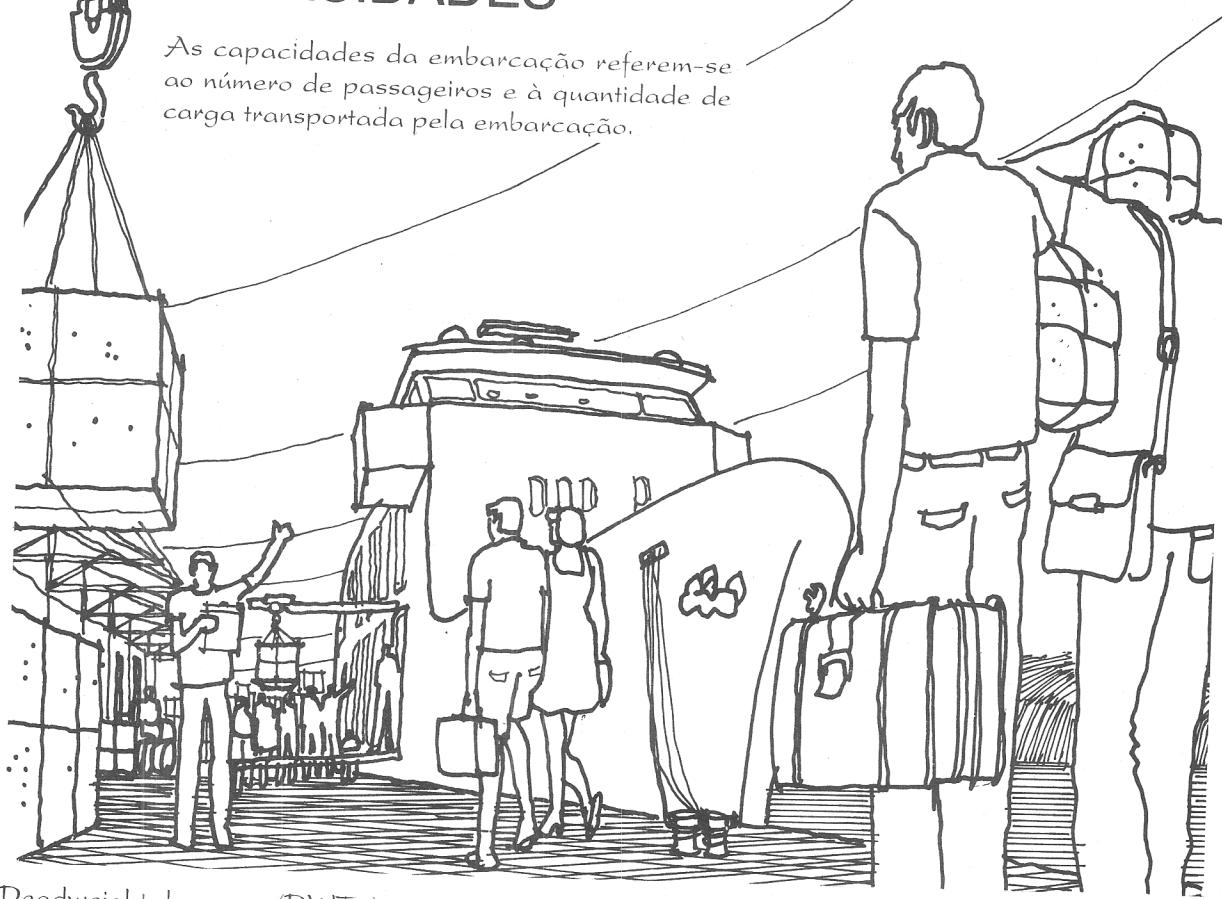
Restrições da rota

O calado  $H$  é a dimensão mais importante destas restrições. Na avaliação do máximo calado da embarcação para navegar na rota desejada, deve-se levar em conta o pé-de-piloto mínimo ( $h_{p\min}$ ) que permite a passagem do navio à velocidade reduzida no trecho crítico da rota na época da ocorrência do menor nível da lámina d'água ( $N_A\min$ ). O valor de  $h_{p\min}$  é de 0,5 m.

Exemplo:  $N_A\min = 2,10\text{ m}$      $h_{p\min} = 0,50$      $\left. \begin{array}{l} H = 2,10 - 0,50 = 1,60\text{ m} \end{array} \right\}$

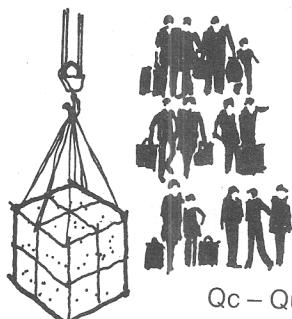
# CAPACIDADES

As capacidades da embarcação referem-se ao número de passageiros e à quantidade de carga transportada pela embarcação.



## Deadweight de carga ( $DWTC$ )

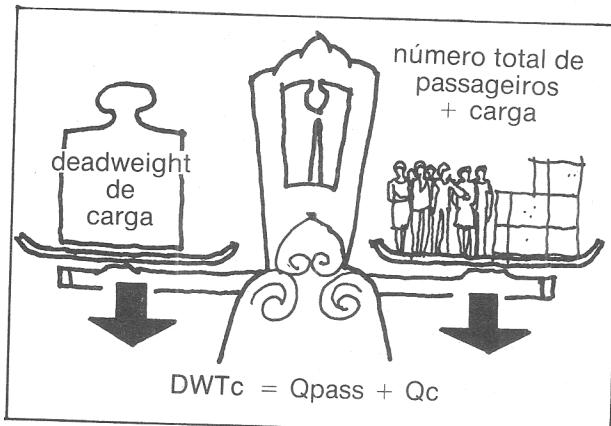
Constituído pela soma dos pesos da quantidade de carga e do número total de passageiros a transportar. Representa o porte útil ou peso morto útil, que será rentável ao armador.



$$Q_{pass} = N_{pass} \times q$$

N<sub>pass</sub> – Número de passageiros  
q – Peso por passageiro, inclusive sua bagagem

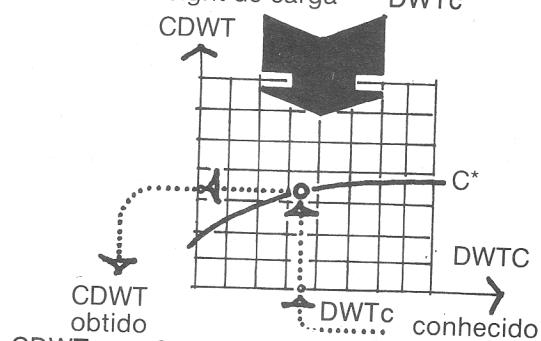
$Q_c$  – Quantidade de carga



A relação entre deadweight de carga ( $DWTC$ ) e a quantidade de carga ( $Q_c$ ), representada por  $C^*$ , constitui parâmetro de referência no gráfico 1 (p. 17).

Este gráfico, conforme será visto no Módulo II – Arranjo geral e dimensões principais (p. 13) permitirá estimar o deslocamento em peso ( $\Delta$ ) da embarcação.

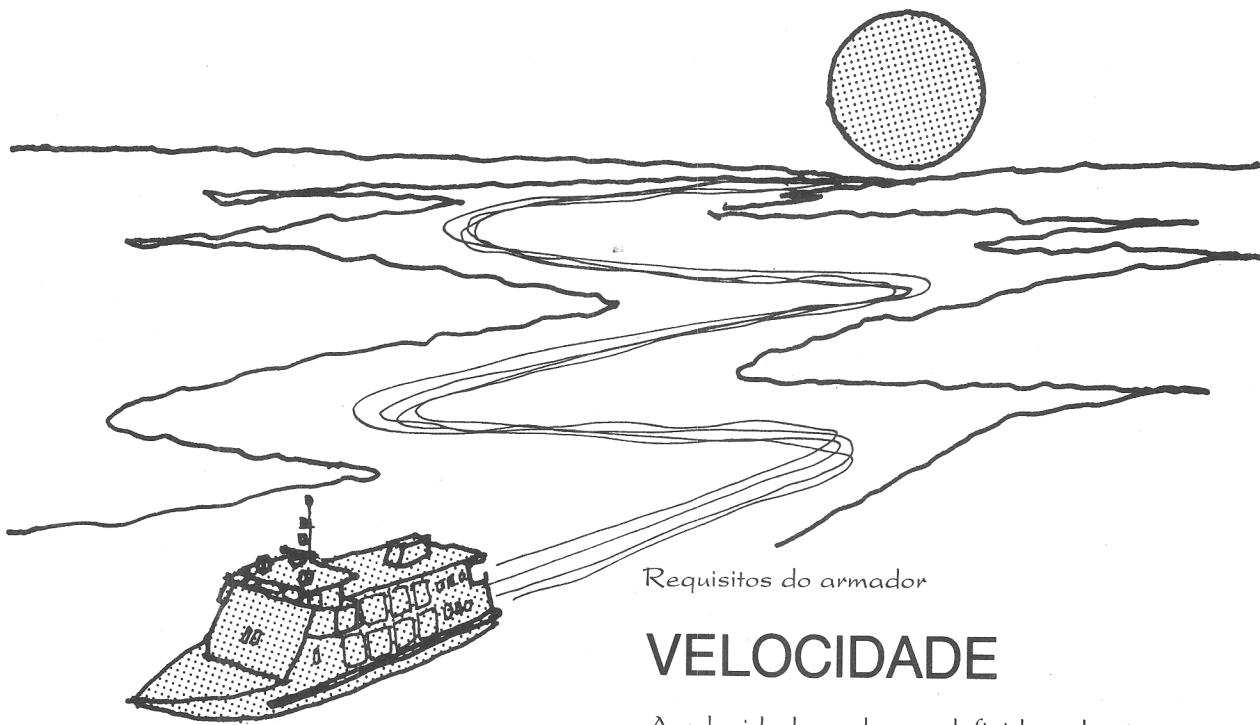
$$\frac{\text{Quantidade de carga}}{\text{Deadweight de carga}} = \frac{Q_c}{DWTC} = C^*$$



CDWT → Coeficiente de deadweight  
Por definição:  $CDWT = \frac{DWTC}{\Delta} \left( \frac{DWT \text{ de carga}}{\text{deslocamento}} \right)$   
Portanto:

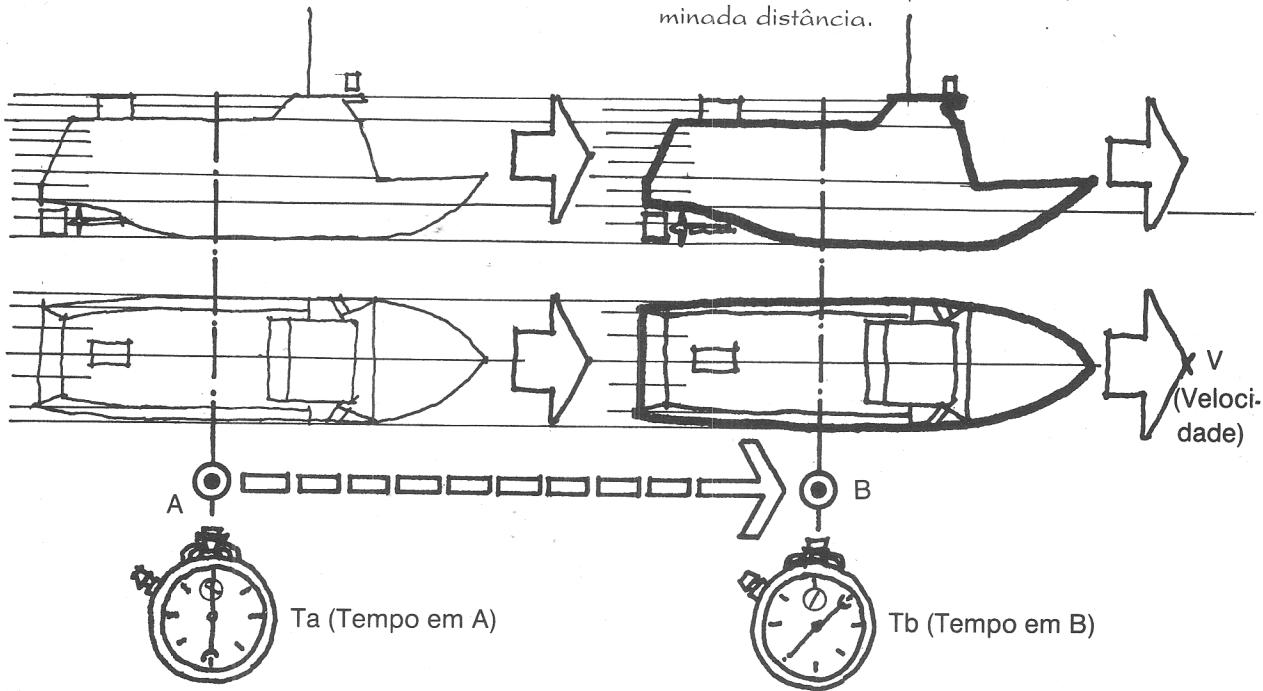
$$\text{Deslocamento} = \Delta = \frac{DWTC}{CDWT}$$

(em toneladas)



## VELOCIDADE

A velocidade pode ser definida pelos tempos desejáveis máximos para se cobrir uma determinada distância.



### Considerando:

- embarcação na condição de plena na carga de projeto ( $\Delta$  máximo);
- águas calmas e paradas;
- casco, propulsores e hélices limpos e em boas condições;
- motores de propulsão (MCPs) desenvolvendo máxima potência de serviço.

2

velocidades

- **velocidade de serviço ( $V_s$ )**: velocidade desenvolvida pela embarcação com MCP em regime contínuo de máxima potência de serviço;
- **velocidade máxima ( $V_{máx.}$ )**: velocidade desenvolvida pela embarcação com MCP em regime intermitente de máxima potência de serviço.

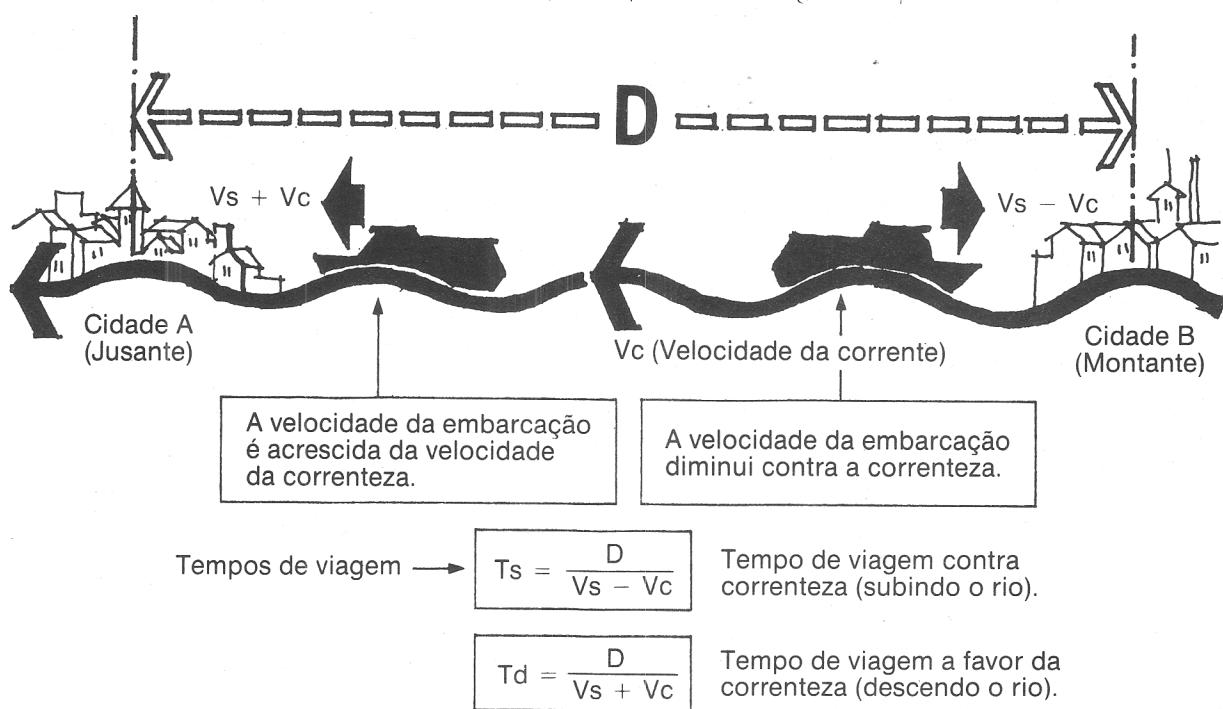
Na figura precedente, tem-se:  $V_{AB} = \frac{D_{AB}}{\tau_{AB}}$  (velocidade entre A e B é igual à distância de A a B dividida pelo tempo dispendido para percorrê-la).

Portanto:  $\tau = \frac{D}{V}$  (tempo de viagem =  $\frac{\text{distância percorrida}}{\text{velocidade}}$ ).

O tempo de viagem depende, ainda, do sentido e velocidade da correnteza na rota a navegar.



A duração da viagem se desdobra em tempos dispendidos navegando a favor e contra a correnteza.



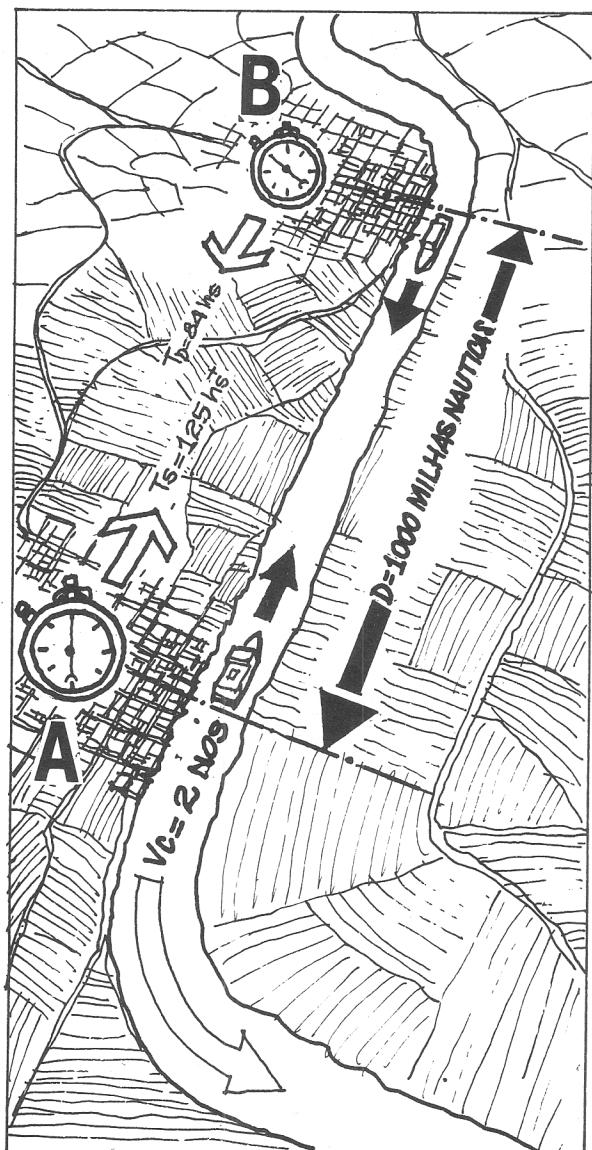
O tempo total de viagem será  $\tau_s + \tau_d$ , ou seja:

$$\tau_s + \tau_d = \frac{D}{V_s - V_c} + \frac{D}{V_s + V_c}$$

- D – Distância entre duas escalas, em milhas náuticas (1 milha náutica = 1,852 km)  
 Vc – Velocidade média da correnteza no trecho considerado (em nós)  
 Vs – Velocidade de serviço do navio (em nós)  
 $\tau_s$  – Tempo navegado máximo desejado para subir o rio (em horas)  
 $\tau_d$  – Tempo navegado máximo desejado para descer o rio (em horas)

Sendo a rota um dos requisitos do armador, são conhecidos previamente a distância D entre duas escalas e a velocidade Vc da correnteza. Assim, predeterminando os tempos desejáveis de viagem, pode-se estimar a velocidade de serviço necessário, conforme exemplo numérico abaixo.

No Módulo III – Propulsão (p. 53), apresenta-se a relação da velocidade com os parâmetros de potência de propulsão (BHP) e deslocamento ( $\Delta$ ). A velocidade máxima (Vmáx.) será conhecida após determinados os valores de potência de propulsão e deslocamento.



Na ilustração ao lado, tem-se:

$$\begin{aligned} D &= 1000 \text{ milhas náuticas} \\ V_c &= 2 \text{ nós} \\ \tau_s &= 125 \text{ h (5,2 dias) navegando} \\ \tau_d &= 84 \text{ h (3,5 dias) navegando} \\ V_s &= ? \text{ (valor a ser obtido)} \end{aligned}$$

$$\tau_s + \tau_d = \frac{D}{V_s - V_c} + \frac{D}{V_s + V_c}$$

$$125 + 84 = \frac{1000}{V_s - 2} + \frac{1000}{V_s + 2}$$

$$209 = 1000 \left( \frac{V_s + 2 + V_s - 2}{V_s^2 - 4} \right)$$

$$0,209 = \frac{2V_s}{V_s^2 - 4}$$

$$0,209(V_s^2 - 4) = 2V_s$$

$$0,209V_s^2 - 2V_s - 0,836 = 0$$

$$V_s = \frac{2 \pm \sqrt{4 + 0,698896}}{0,418}$$

duas soluções

$$V_s = 9,97$$

$$V_s = -0,4$$

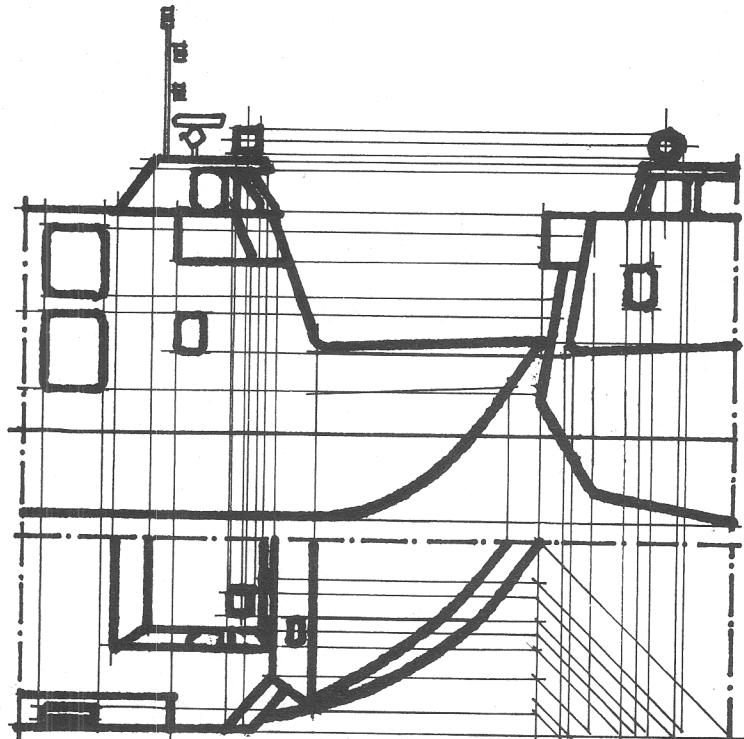
Portanto:  $V_s = 9,97 \text{ nós}$

## MÓDULO II

# ARRANJO GERAL E DIMENSÕES PRINCIPAIS

Este módulo de projeto auxilia o usuário na concepção preliminar de sua embarcação. A sua utilização exige o conhecimento prévio do Módulo I (p. 7).

A partir destas informações, e com o auxílio do item Arranjo Geral – Arranjos Padrões (p. 28), é possível idealizar a embarcação preliminarmente.

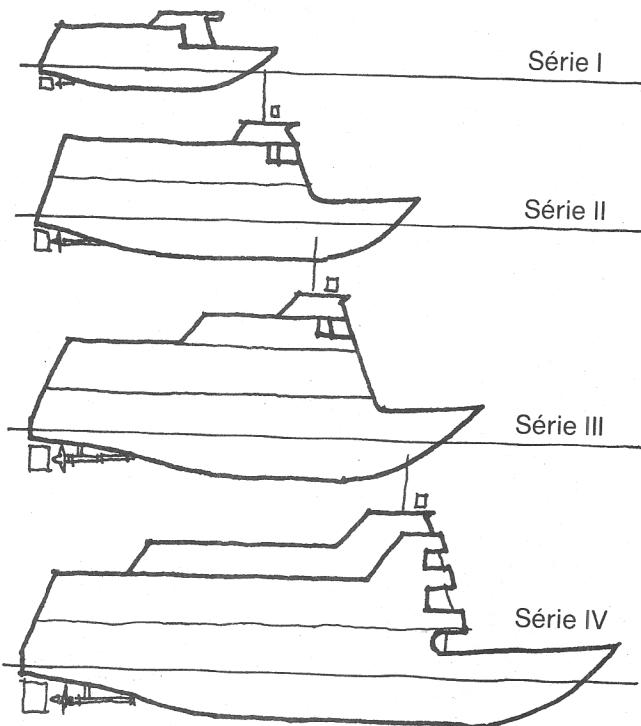
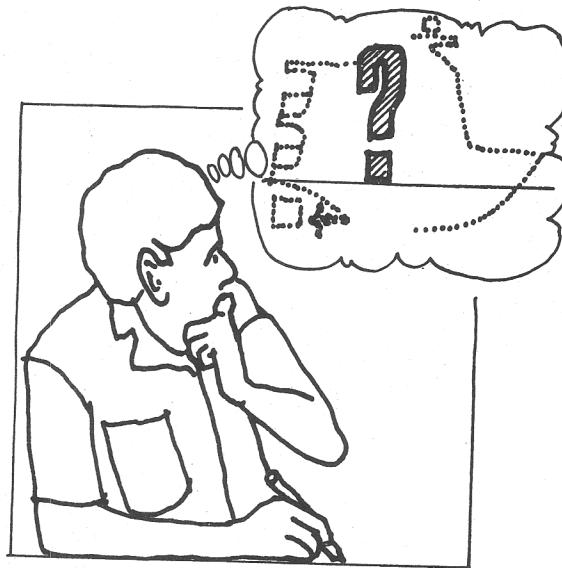


# PRELIMINARES

No Módulo II, itens Dimensões Principais e Arranjo Geral – Arranjos Padrões (p. 19 e 28), o usuário encontrará meios para delinear contornos da embarcação pretendida de acordo com os seus requisitos prévios, conforme já apresentado no Módulo I.

Esses meios consistem, basicamente, em arranjos padrões para cada faixa de variação de dimensões principais e em gráficos que relacionam elementos básicos de projeto.

Da aplicação conjugada destes meios, o usuário poderá chegar a um arranjo preliminar adequado aos seus requisitos, auxiliando a etapa de projeto convencional.

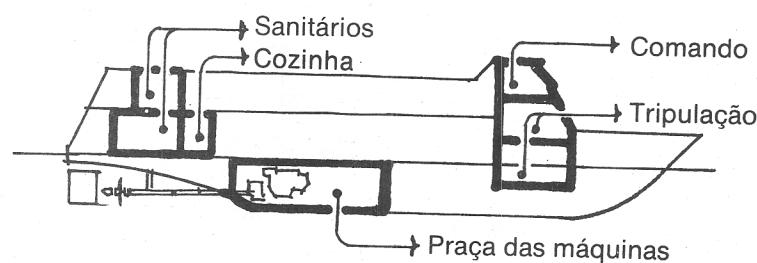


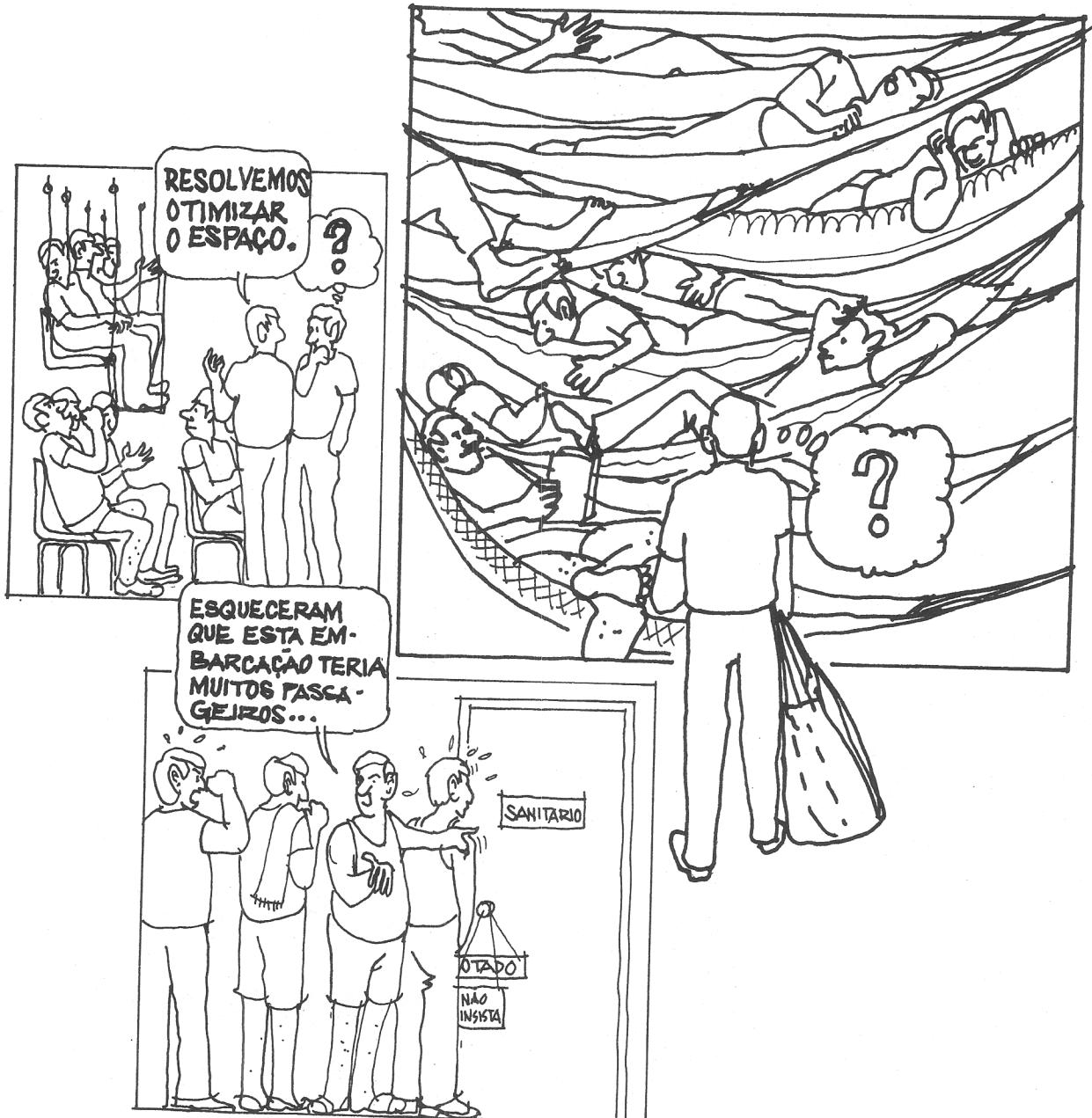
Nos quadros apresentados nas páginas 30 a 37, comparecem quatro séries de arranjos padrões, que correspondem a quatro faixas de variações de dimensões principais.

São arranjos esquemáticos com desenhos simplificados de perfis e conveses que mostram somente informações essenciais e estritamente necessárias.

As áreas rentáveis (passageiros e cargas) não se prendem a uma solução específica, permitindo várias alternativas de ocupação (redes, poltronas, camarotes ou suítes), inclusive ocupação variada de todas alternativas na mesma embarcação.

Devido aos fatores de ordem operacional, necessitando, por isso, estar adequadamente posicionados na embarcação, alguns compartimentos apresentam posições relativas claramente fixadas no arranjo.





As áreas destinadas aos passageiros necessitam ser convenientemente dimensionadas para proporcionar nível de conforto acima dos limites críticos.

As relações de demanda equipamentos/passageiros (por exemplo, proporção vaso sanitário/número de passageiros) também devem seguir critérios apropriados.

Para auxílio do usuário deste Manual, junto a cada série de arranjos padrões, são apresentados **índices e parâmetros** de arranjo, que fornecem critérios para dimensionamento de acomodações e equipamentos.

# DETERMINAÇÃO DO DESLOCAMENTO

O conceito *deslocamento*, que será melhor esclarecido no item *Pesos e Centros* (p. 39), embora esteja referindo-se ao peso do volume de líquido deslocado pelo casco da embarcação, está mais comumente associado à idéia de peso da embarcação, devido à relação de equivalência entre ambos os pesos (somente para água doce).

O deslocamento ( $\Delta$ ) da embarcação é determinado a partir dos parâmetros iniciais definidos pelo armador, item *Capacidades* (p. 9). O seu valor poderá ser obtido com o auxílio do gráfico 1 (p. 17), que fornece valor  $CDWT$  (coeficiente de deadweight), em função do  $DWTC$  (deadweight de carga).

Porém, antes de entrar no gráfico é preciso determinar o coeficiente  $C^*$ , que relaciona quantidade de carga  $Q_c$  e peso do número total de passageiros ( $N_{pass} \times q$ ), de acordo com a expressão:

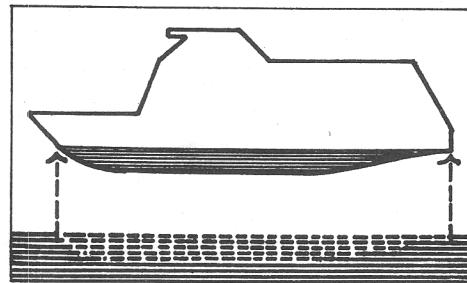
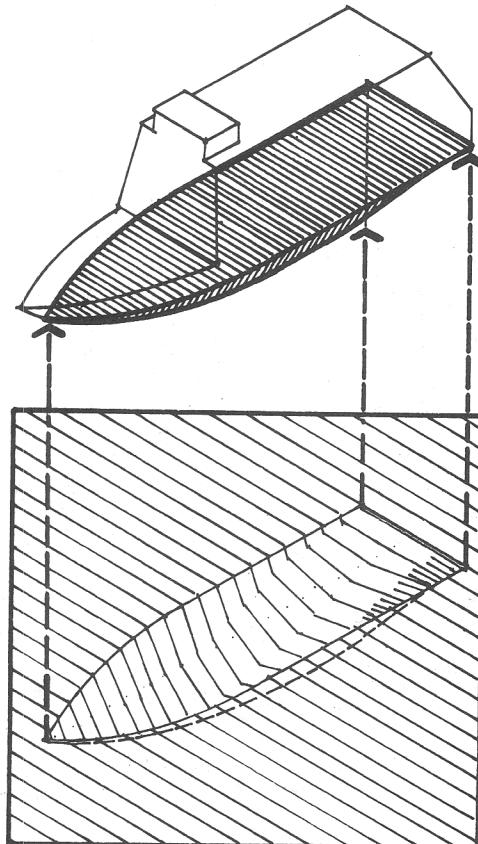
$$C^* = \frac{Q_c}{(N_{pass} \times q)_{1000} + Q_c} ; q = 100 \text{ kg}$$

O gráfico apresenta várias curvas  $C^*$ ; utilizando-se o valor  $DWTC$  (passageiros + cargas), que é conhecido preliminarmente através do requisito *capacidades* do armador, obtém-se sobre a curva  $C^*$  correspondente, o valor  $CDWT$  que, conforme vimos, é definido pela expressão:

$$CDWT = \frac{\text{deadweight de carga}}{\text{deslocamento}} = \frac{DWTC}{\Delta} ; DWTC = \frac{N_{pass} \times q}{1000} + Q_c$$

Destacando o valor  $\Delta$  da expressão acima, obtemos:

$\text{Deslocamento} = \Delta = \frac{DWTC}{CDWT}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ valor conhecido (requisitos do armador);</li> <li>→ obtido no gráfico a partir do <math>DWT</math> e <math>C^*</math> correspondente.</li> </ul>
--	---



O deslocamento ( $\Delta$ ) constitui o primeiro passo da estimativa de características da embarcação. Conforme se verá na seqüência deste Manual, será a partir do seu valor que se estimará comprimento, boca, calado, pontal, borda livre e outras características.

A forma de aplicação do gráfico será melhor fixada no exemplo prático com valores numéricos, os quais serão propostos adiante.

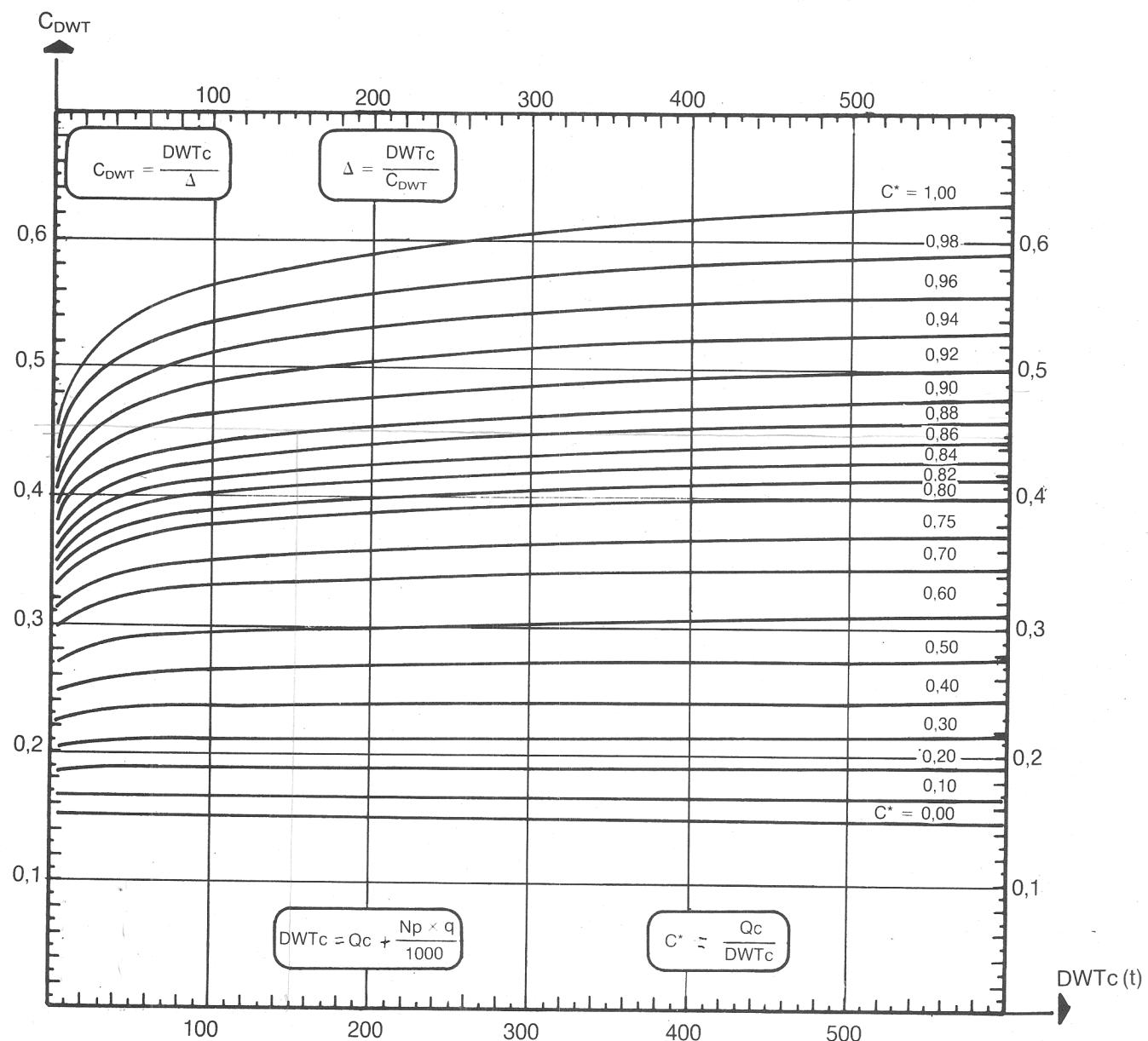


Gráfico 1 – Coeficiente de deadweight em função do deadweight de carga e  $C^*$

Neste caso, temos os seguintes valores:  
 $N_{pass} = 200$  (número de passageiros)  
 $Q_c = 70 \text{ t}$  (quantidade de carga)

1 – Peso total de passageiros (Qpass)  
 Considerando peso por passageiro,  
 incluindo seus pertences:

$$q_{pass} = 100 \text{ kg} = \frac{100}{1000} \text{ t}$$

2 – Deadweight de carga (DWTC)

$$Dwtc = Q_c + Q_{pass} = 70 + 20 = 90 \text{ t}$$

3 – Cálculo de  $C^*$

$$C^* = \frac{Q_c}{DWTC} = \frac{70}{90} \cong 0,78$$



Entrando no gráfico 1 (p. 17) com os valores acima calculados:

$$DWTC = 90 \text{ t}$$

$$C^* = 0,78$$

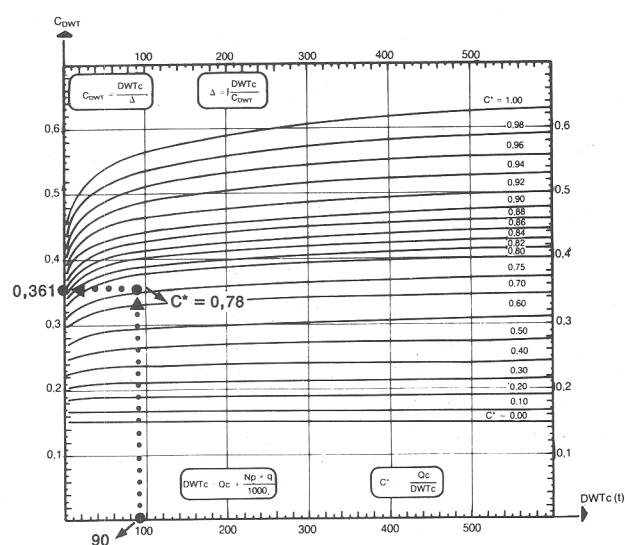
Obtém-se:  $C_{DWTC} = 0,361$

O deslocamento  $\Delta$  será obtido pela expressão:

$$\Delta = \frac{DWTC}{C_{DWTC}} = \frac{90}{0,361} = 249 \text{ t}$$

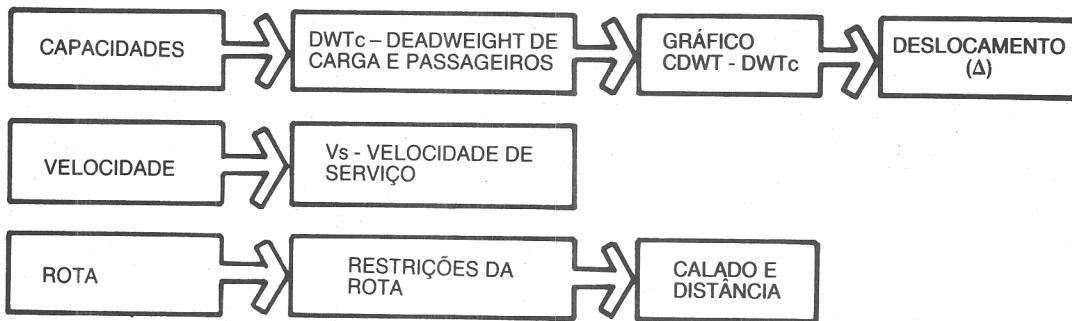
Portanto, a embarcação de 200 passageiros e 70 t de carga apresenta 249 t de deslocamento.

Tomando este valor de deslocamento, apresentaremos na sequência deste Manual outros exemplos práticos de aplicação dos gráficos.

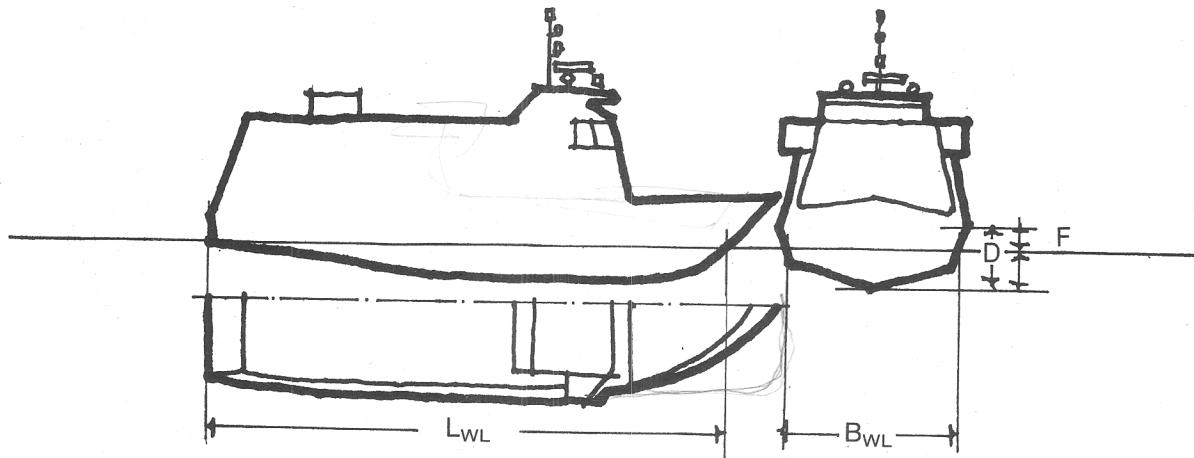


# DIMENSÕES PRINCIPAIS

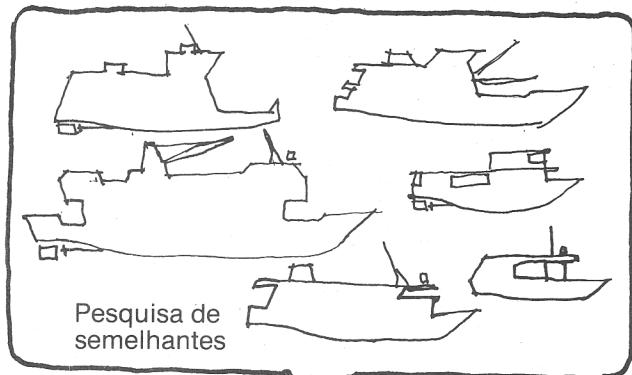
As dimensões principais da embarcação podem ser definidas a partir do conhecimento dos requisitos do armador.



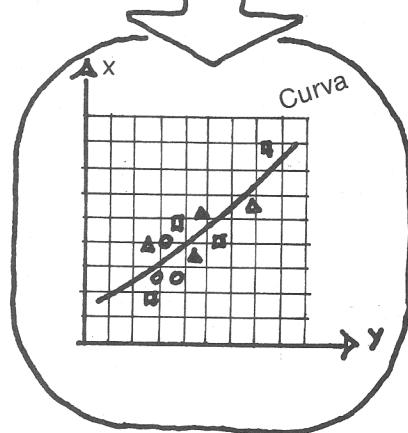
A aplicação destes requisitos nos gráficos a seguir apresentados permite estimar dimensões principais, definindo características ideais da embarcação.



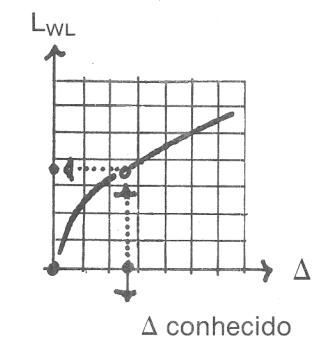
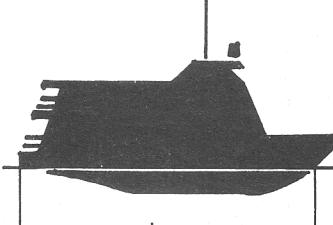
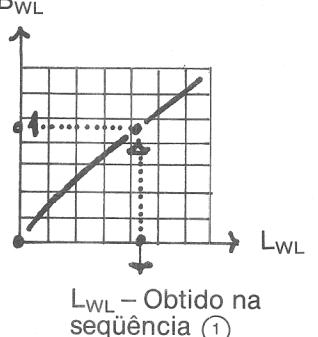
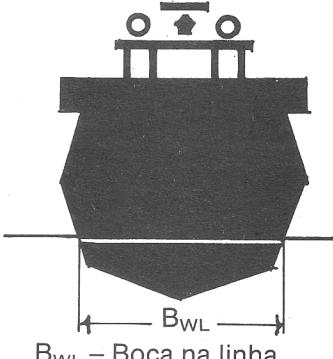
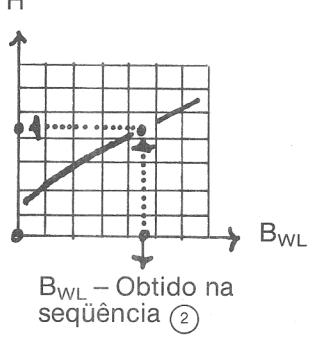
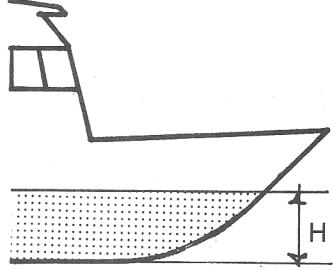
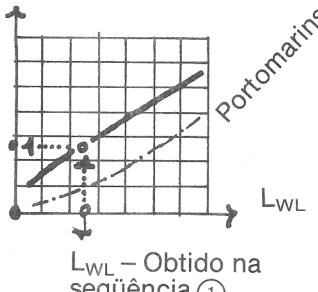
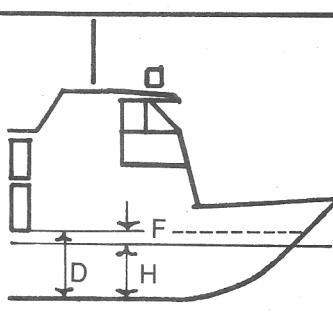
São gráficos cujas curvas de variação representam comparações entre embarcações de vários tipos e portes; permitem extrair relações e tendências entre variáveis de projeto. Constituem peças fundamentais deste Manual, resultando da extensa pesquisa de embarcações semelhantes e processadas com rigor e critério para fornecer, na sua utilização, dados consistentes e confiáveis.



- x,y - variáveis de projeto
- Δ - embarcação tipo A
- - embarcação tipo B
- - embarcação tipo C



A seqüência abaixo de aplicação dos gráficos\* esclarece como se chega às dimensões principais da embarcação.

SEQÜÊNCIA	VALOR CONHECIDO	GRÁFICO A UTILIZAR	DIMENSÃO OBTIDA
1	DESLOCAMENTO ( $\Delta$ ) Obtido no Gráfico 1, a partir dos requisitos do armador (requisito - capacidades)	Comprimento x Deslocamento 	 $L_{WL}$ - Comprimento na linha d'água
2	COMPRIMENTO NA LINHA D'ÁGUA $L_{WL}$ - Obtido na seqüência ①	Boca x Comprimento 	 $B_{WL}$ - Boca na linha d'água
3	BOCA NA LINHA D'ÁGUA $B_{WL}$ - Obtido na seqüência ②	Boca x Calado H 	 H - Calado - verificar restrições da rota
4	COMPRIMENTO NA LINHA D'ÁGUA $L_{WL}$ - Obtido na seqüência ①	Comprimento x Borda Livre F 	 F - Altura da borda livre A partir do F, obtém-se pontal (D): $D = H + F$

(\* ) Os gráficos estão representados de forma esquemática

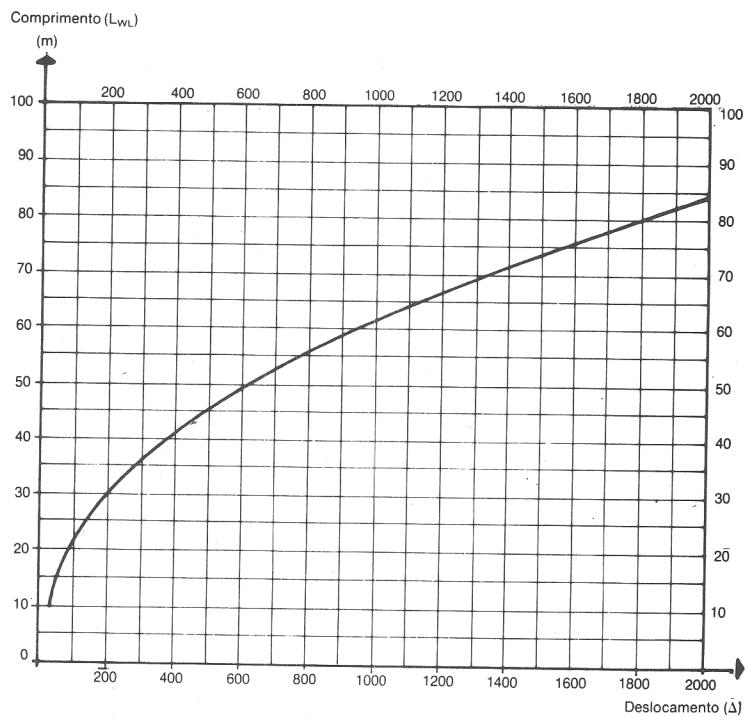


Gráfico 2 – Comprimento na linha d’água em função do deslocamento

SENDO DE 294 T O DESLOCAMENTO, COMO VIMOS, DE UMA EMBARCAÇÃO DE 200 PASSAGEIROS E 70 T DE CARGA.... QUais SERÃO SUAS DIMENSÕES PRINCIPAIS?



Retomando o exemplo anteriormente considerado:

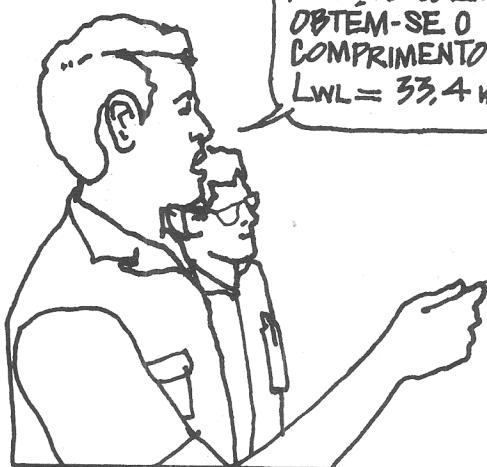
$N_{pass} = 200$  (número de passageiros)

$Q_c = 70 \text{ t}$  (quantidade de carga)

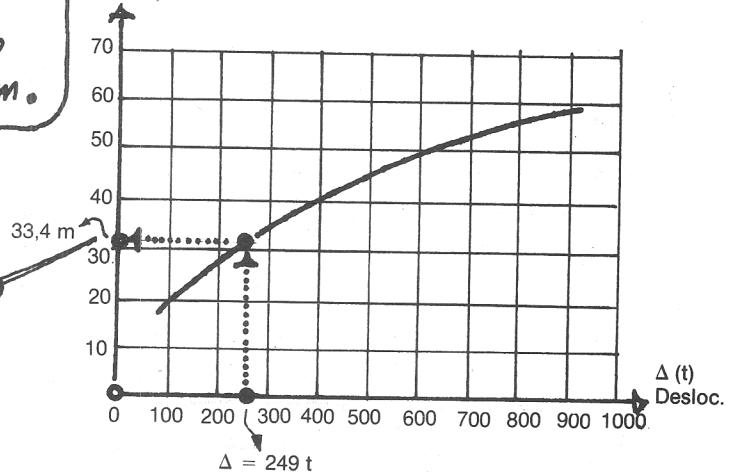
Obteve-se, através do gráfico 1, (ver p. 22), o valor do deslocamento:

$$\Delta = 249 \text{ t}$$

ENTRANDO COM O VALOR  $\Delta = 249 \text{ t}$  NO GRÁFICO  $\Delta \times LWL$  OBTEM-SE O COMPRIMENTO  $LWL = 33,4 \text{ m.}$



$L_{WL}$  (m)  
Comprimento



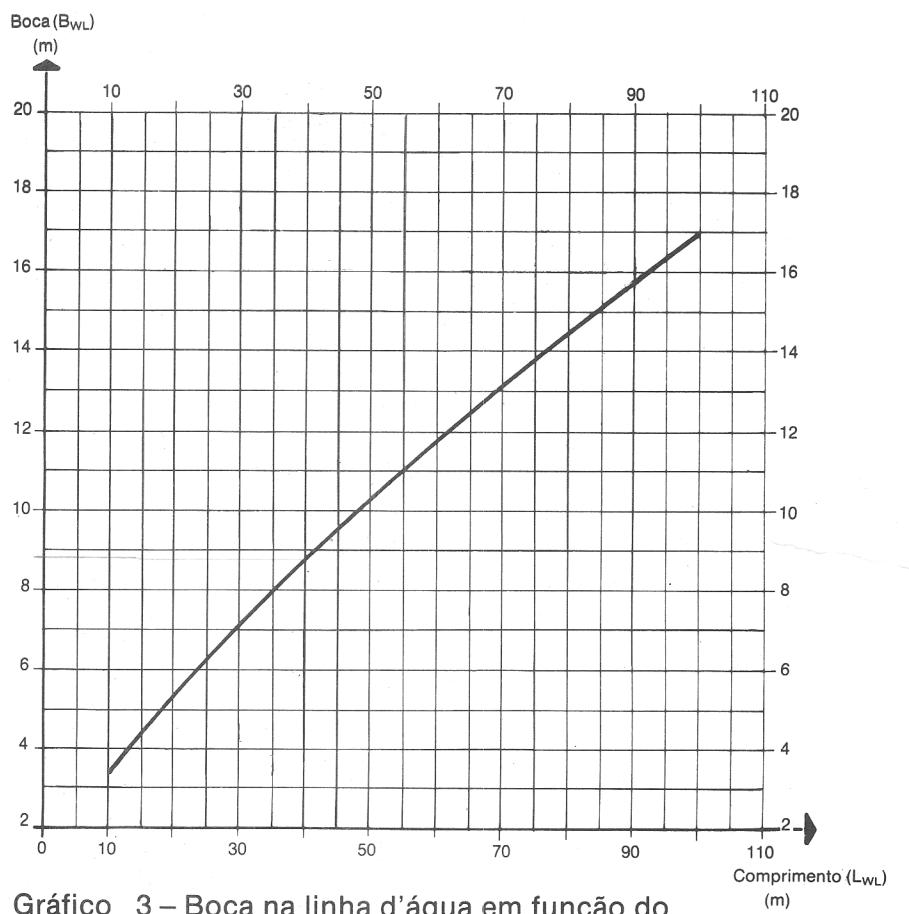
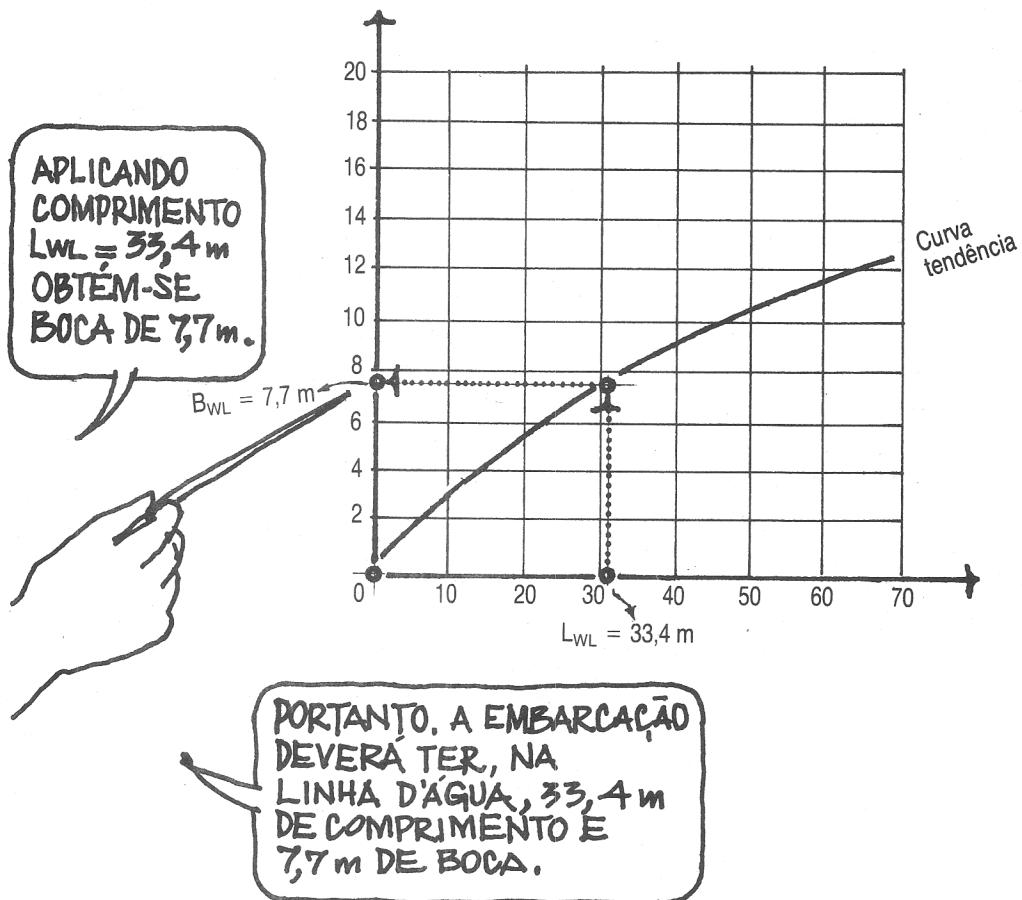


Gráfico 3 – Boca na linha d'água em função do comprimento na linha d'água



Conforme visto no Módulo I, **calado** é um dos requisitos previamente conhecidos que precisam ser atendidos no projeto.

O **pontal** e a **borda livre** estão relacionados com o **calado**. O perfil da embarcação depende da definição dessas dimensões.

A determinação do calado permite, por outro lado, verificar o **coeficiente de bloco (CB)** da embarcação.

**CB** → relação entre volume deslocado pela carena e o volume bruto  $L \times B \times H$  (comprimento vezes boca vezes calado).

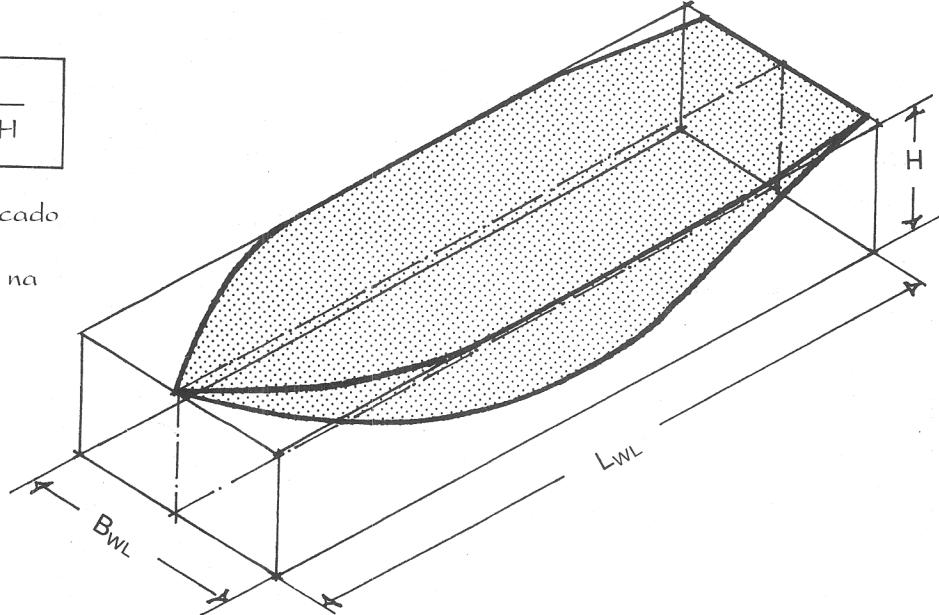
$$CB = \frac{\nabla}{LWL \cdot BWL \cdot H}$$

$\nabla$  – Volume deslocado pela carena

$LWL$  – Comprimento na linha d'água

$BWL$  – Boca na linha d'água

$H$  – Calado



Na pesquisa de semelhantes, todas as embarcações pesquisadas apresentaram **CB** entre 0,43 e 0,64; valores que são justificados pelos fundamentos teóricos de projeto. Por não ser do escopo deste Manual examinar aspectos teóricos, limitaremos a indicar apenas sua faixa de variação:

**CB** maior ou igual a 0,43  
e menor ou igual a 0,64 .

$$0,43 \leq CB \leq 0,64$$

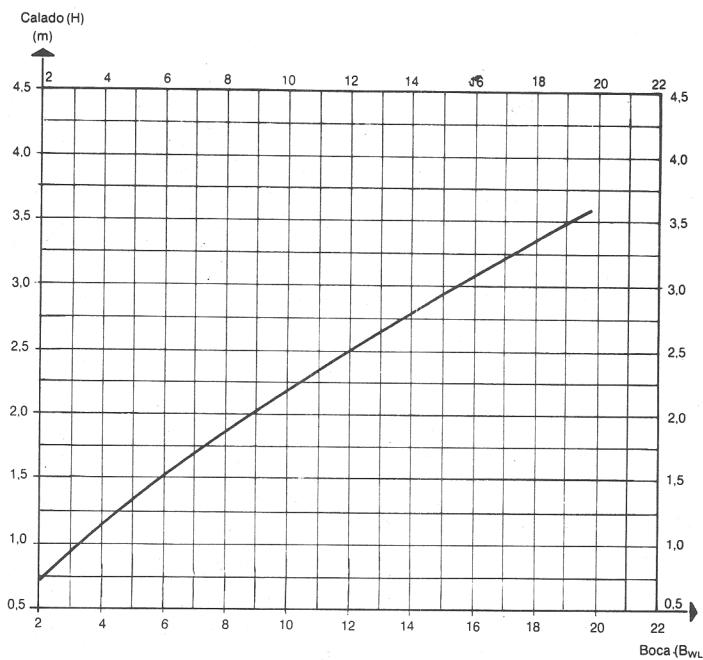


Gráfico 4 – Calado em função da boca na linha d’água

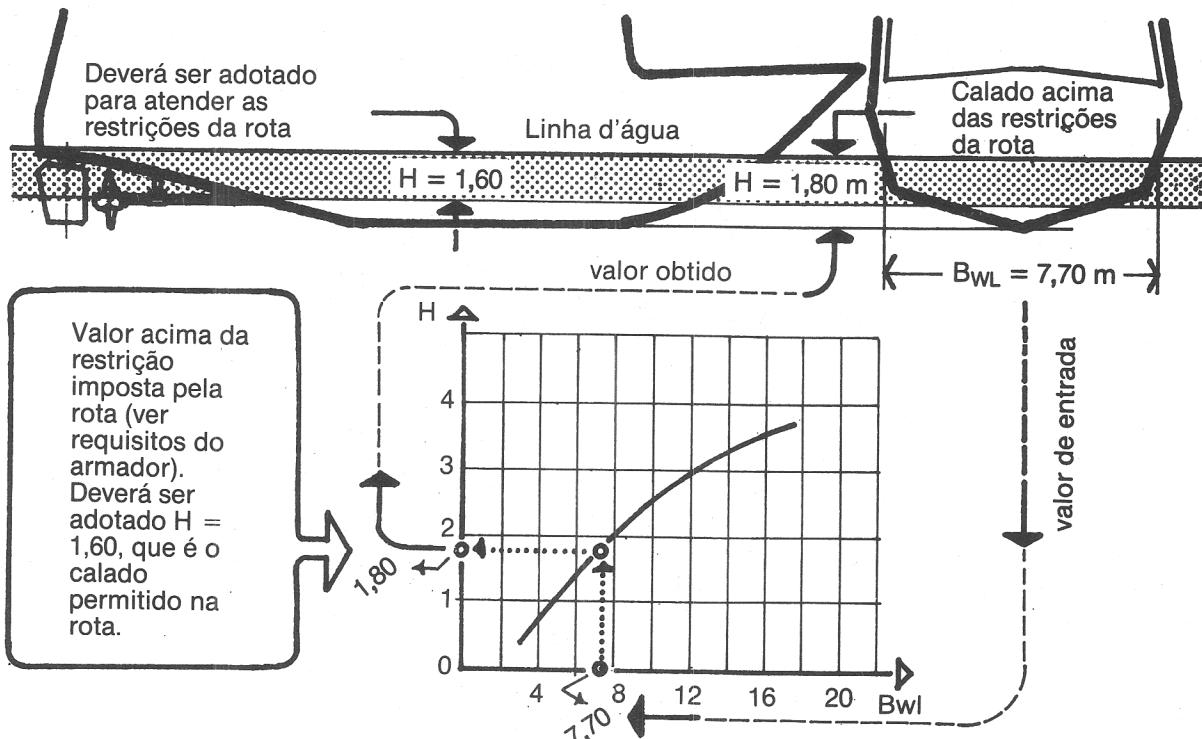


#### Exemplo

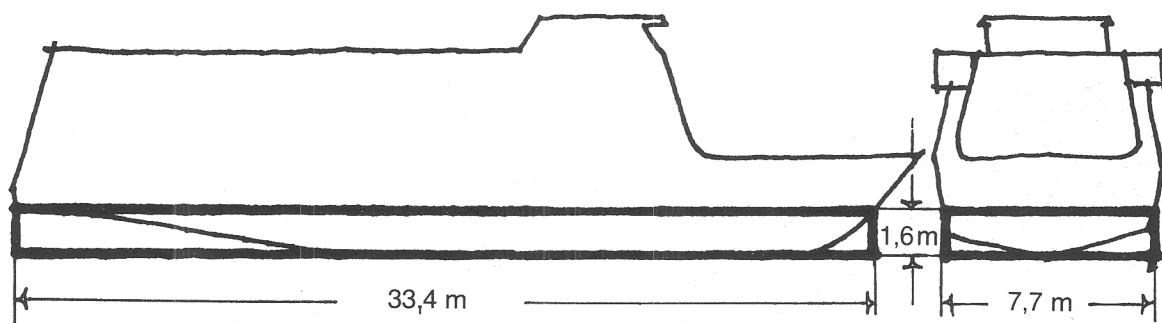
Na embarcação de 200 passageiros e 70 t de carga, determinou-se:

$\Delta = 249$  t (Deslocamento)  
 $L_{WL} = 33,4$  m (Comprimento na linha d’água)  
 $B_{WL} = 7,7$  m (Boca na linha d’água)

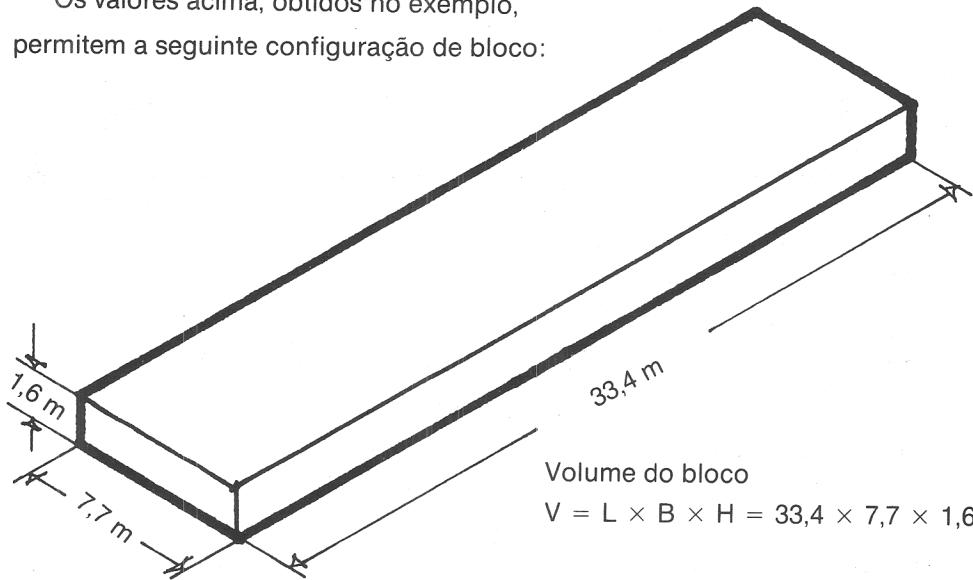
Aplicando  $B_{WL} = 7,7$  m no gráfico, obtém-se:



## Verificação do coeficiente de bloco



Os valores acima, obtidos no exemplo, permitem a seguinte configuração de bloco:



Volume do bloco

$$V = L \times B \times H = 33,4 \times 7,7 \times 1,60 = 411,49 \text{ m}^3$$

Sendo peso específico da água doce\* igual a  $1 \text{ t/m}^3$ , tem-se, para deslocamento de 249 t, volume correspondente de  $249 \text{ m}^3$  (volume deslocado pela carena):

$$\Delta = 249 \text{ t} \rightarrow V = 249 \text{ m}^3$$

Pela definição do coeficiente de bloco ( $CB$ ), tem-se:

$$CB = \frac{V}{L \cdot B \cdot H} = \frac{249}{411,49} = 0,605$$

Este valor satisfaz a condição:

$$0,43 \leq CB \leq 0,64$$

Ou seja, localiza-se na região de maior concentração de navios semelhantes do gráfico 5 (p. 26)

Se não ocorresse a condição acima, seria recomendável que os valores  $L \cdot B \cdot H$  fossem reavaliados, apesar de, em princípio, estarem certos.

(\*). No mar, sendo o peso específico da água salgada  $= 1,025 \text{ t/m}^3$ , o volume seria  $\Delta/1,025 = 243 \text{ m}^3$ .

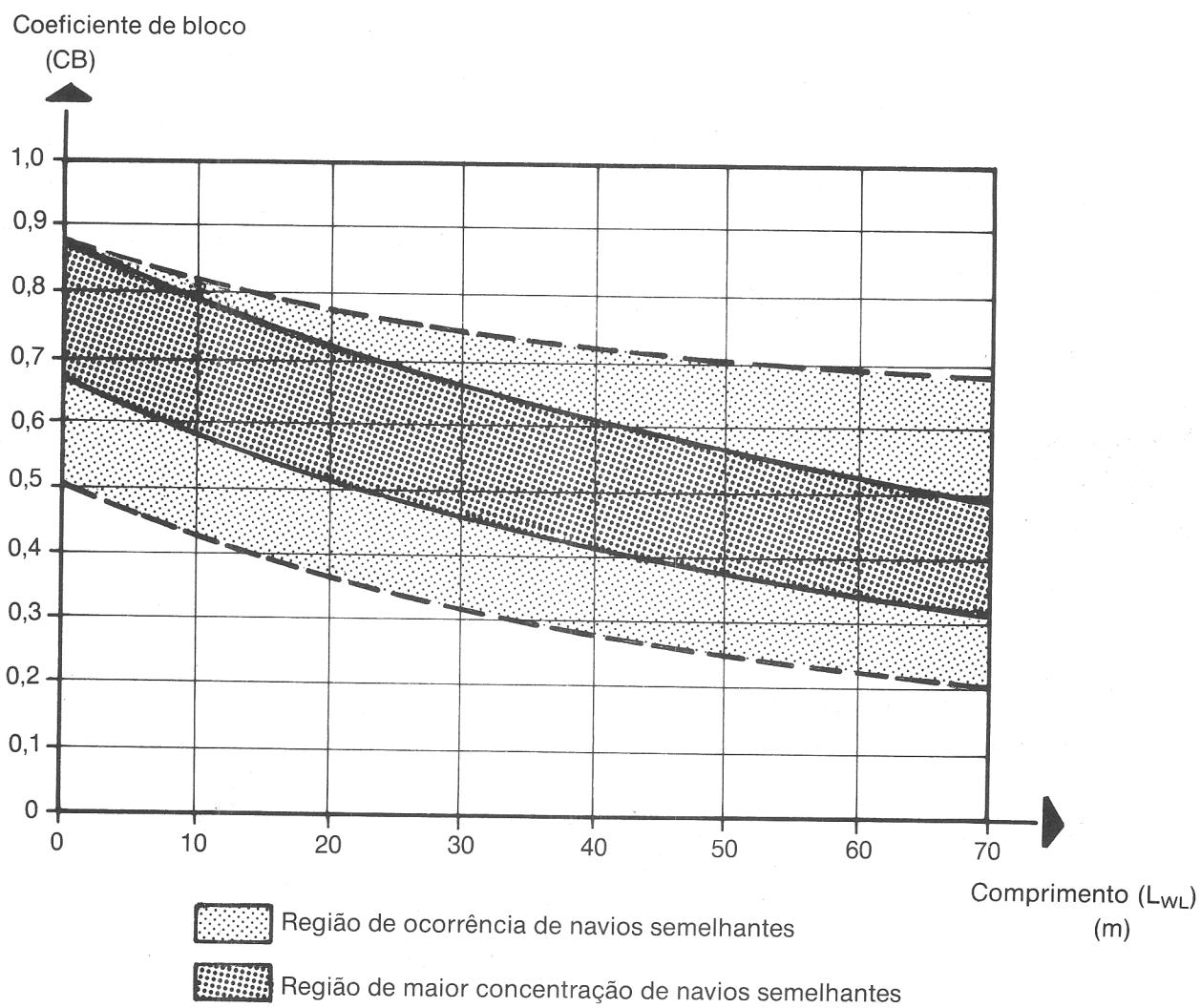
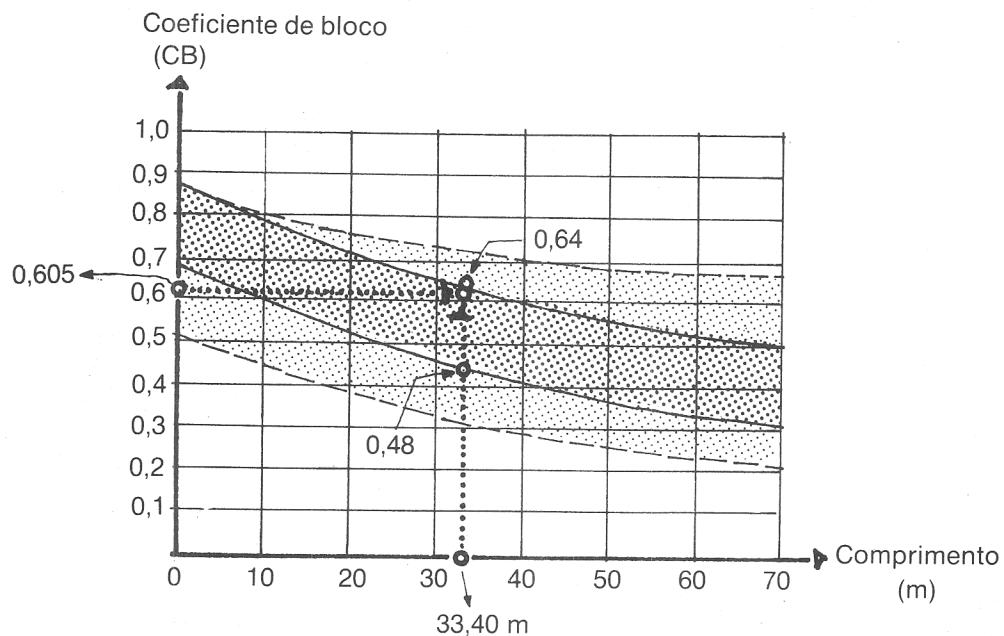
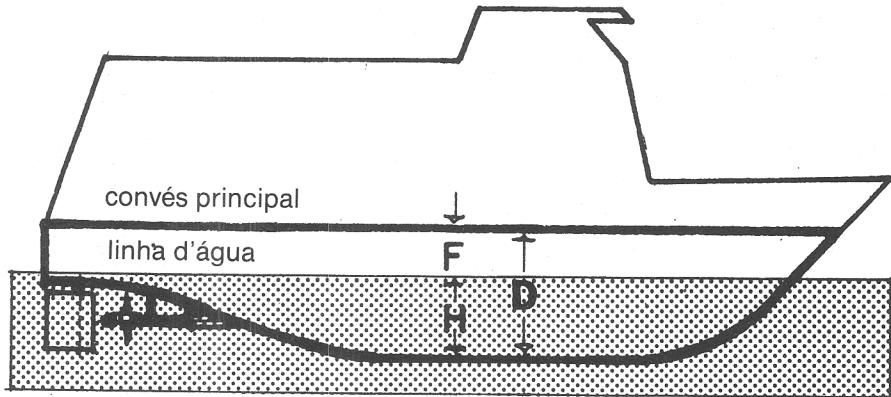


Gráfico 5 – Coeficiente de bloco em função do comprimento na linha d'água



Uma vez definido o calado ( $H$ ) da embarcação e verificado o seu coeficiente de bloco ( $CB$ ), resta determinar a última dimensão principal: Pontal ( $D$ ) da embarcação, lembrando que:



Pontal é igual a calado mais borda livre.

$$D = H + F$$

$H$  – Calado obtido no gráfico anterior

$F$  – Borda livre a ser determinada no gráfico abaixo

Obs.: A curva permite valores acima do limite mínimo dado pela Portomarininst.

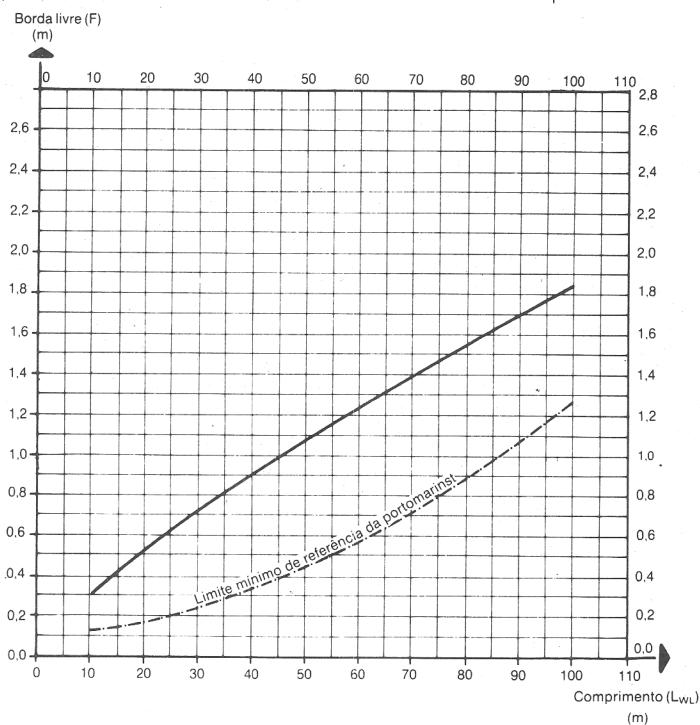
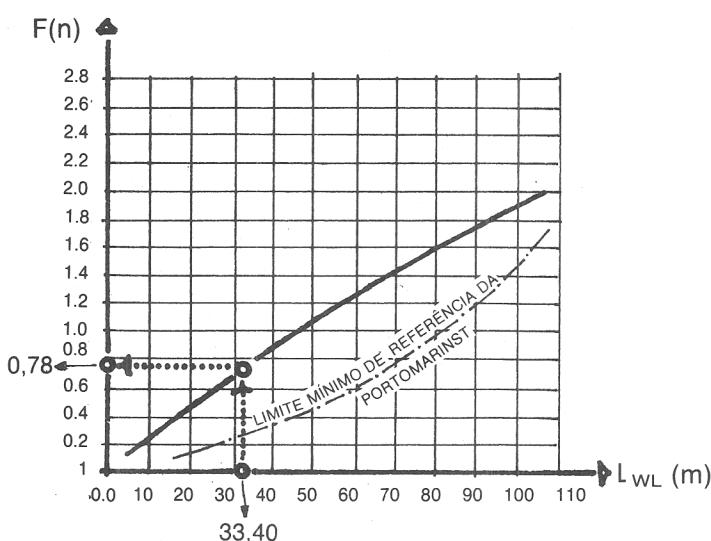


Gráfico 6 – Borda livre em função do comprimento na linha d'água

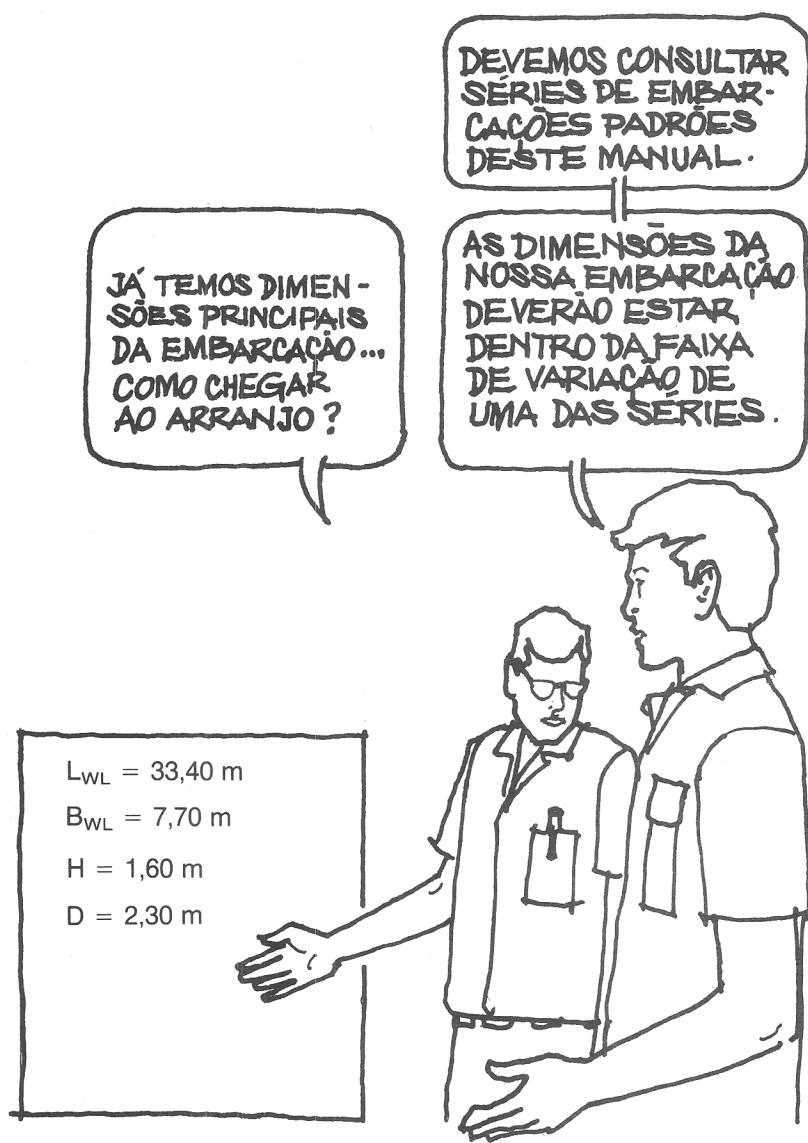


$$D = F + F = 1,6 + 0,78 = 2,38 \text{ m}$$

Portanto, o pontal da embarcação será da ordem de 2,38 m.

# ARRANJO GERAL

## ARRANJOS PADRÕES



# ARRANJOS PADRÕES

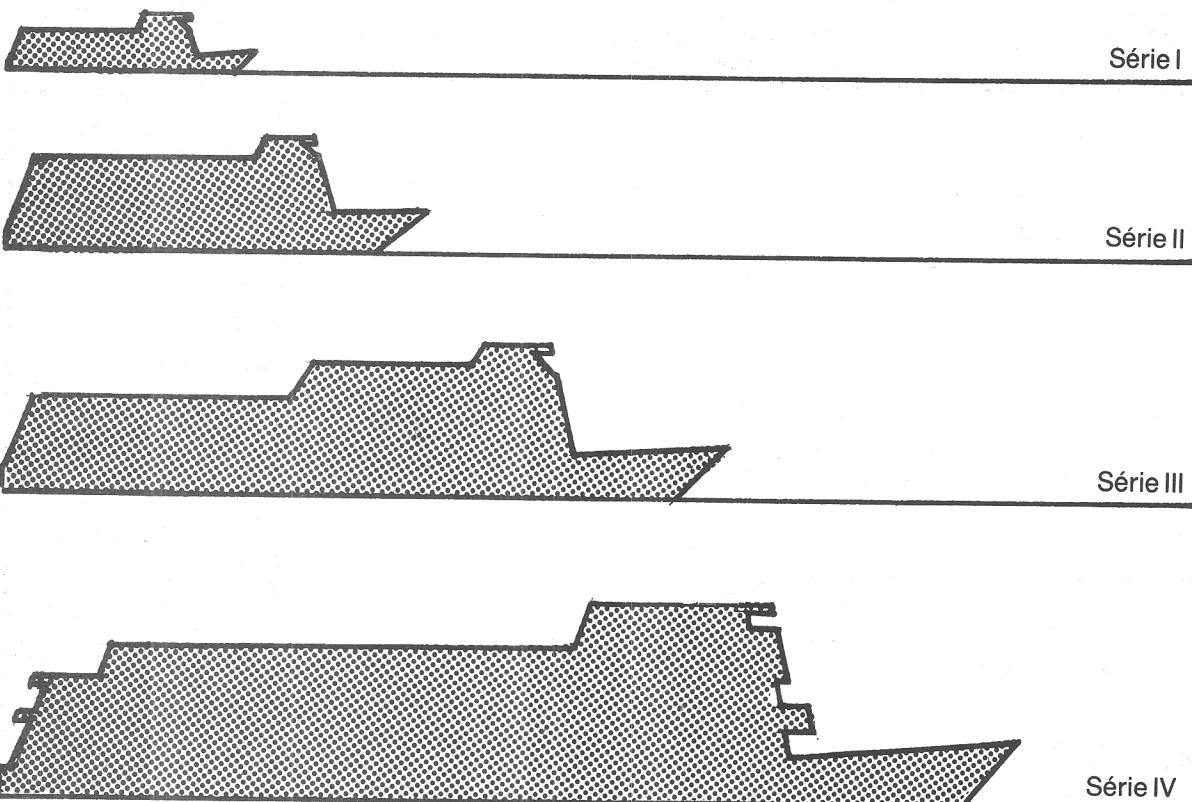
Os arranjos padrões apresentados a seguir, foram desenvolvidos adequando-se os fatores ambientais, como as características das vias e portos, clima e costumes regionais, com os requisitos de operacionalidade, segurança, conforto e máximo aproveitamento dos volumes internos.

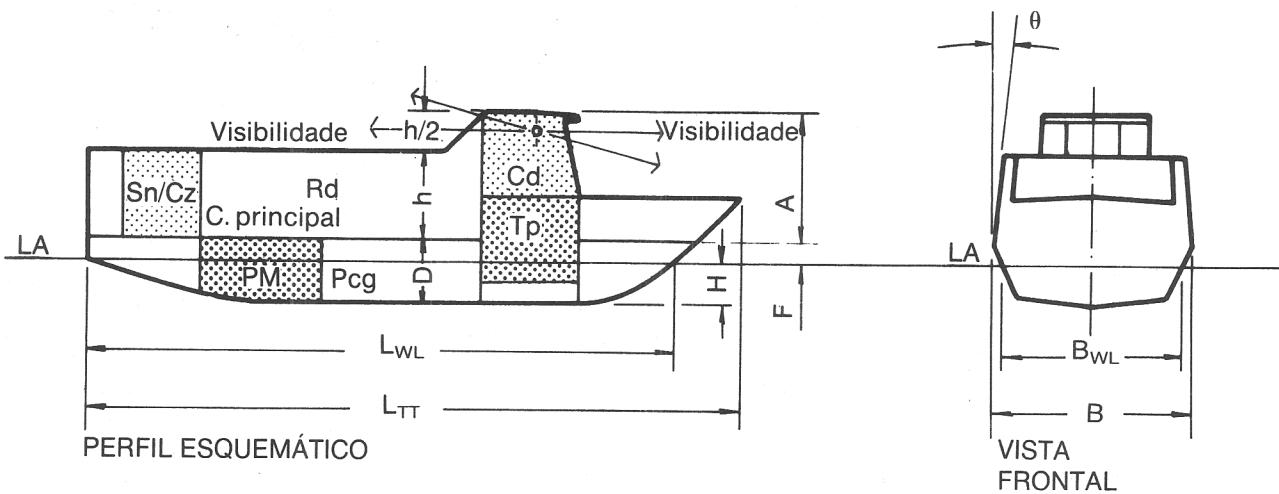
Assim como já mencionado anteriormente, as áreas rentáveis (cargas e passageiros) não se prendem a uma solução específica, permitindo-se diversas alternativas de arranjo e ocupação.

Porém, para atender aos fatores de ordem operacional e segurança, alguns espaços como porões de carga e praça de máquinas tiveram suas posições pré-fixadas, bem como algumas dimensões, como os comprimentos de conveses superiores e alturas da superestrutura e teto de duplo fundo tiveram faixas de valores máximos e mínimos fixados.

Dessa forma, ficaram estabelecidas, implicitamente para cada série desenvolvida, regiões onde se permitirão a instalação de tanques de água doce, combustível e lastro.

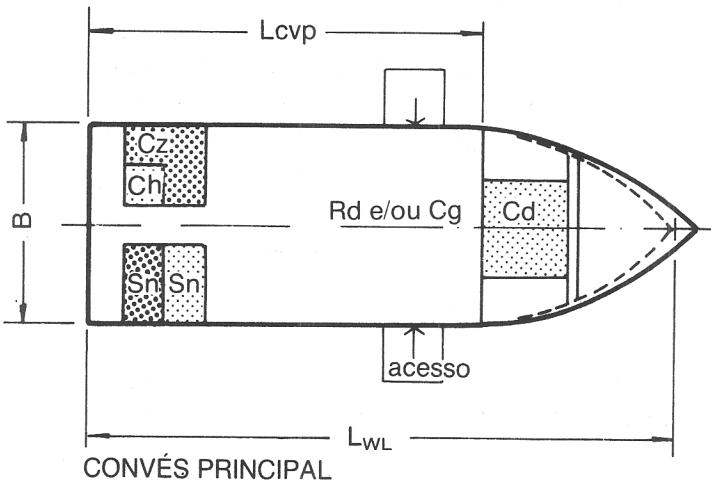
Vale ressaltar que considerou-se, no desenvolvimento das séries de embarcações padrões, os fatores de ordem operacional, como instalação de caixas d'água em tetos dos conveses superiores e tanques de combustível de uso diário acima do convés principal, pois tratam-se de requisitos comuns de operação, mas que podem afetar seriamente a estabilidade da embarcação. Considerou-se que o total do volume de água em caixas não deve ser maior que 10% do volume total máximo de água armazenada e o total do volume de combustível em tanques de uso diário não deve ser maior que 15% do volume total máximo do óleo combustível armazenado.





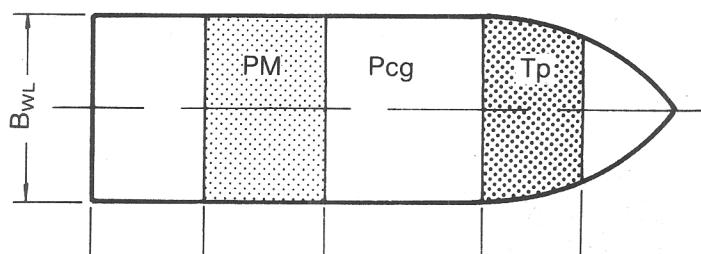
### EMBARCAÇÃO PADRÃO PARA TRANSPORTE REGIONAL MISTO DE PASSAGEIROS E CARGAS

SÉRIE I



Faixa de variação (m)	Maior ou igual a	Menor que
$L_{WL}$	15,00	25,00
$B_{WL}$	4,60	6,90
D	1,60	2,10
H	1,10	1,60

#### Simbologia



Rd	Redes
Sn	Sanitários
Ch	Chuveiros
Cz	Cozinha
Cd	Comando
TP	Tripulação
PM	Praça máquinas
Pcg	Porão cargas
Cg	Carga

# EMBARCAÇÃO PADRÃO PARA TRANSPORTE REGIONAL MISTO DE PASSAGEIROS E CARGAS

SÉRIE I

## OUTROS PARÂMETROS

CARACTERÍSTICAS	FAIXA DE VARIAÇÃO	
	MAIOR OU IGUAL A	MENOR QUE
Boca moldada _____ (B)	5,00	7,50
Relação comprimento-boca _____ (LWL/BWL)	3,26	3,62
Relação boca-calado _____ (BWL/H)	4,18	4,31
Relação pontal-calado _____ (D/H)	1,31	1,45
Distância popa-praça de máquinas _____ (LPK)	3,00	6,00
Comprimento praça de máquinas _____ (LPM)	3,00	5,00
Comprimento porão de carga _____ (LPCG)	3,95	8,50
Comprimento acomodações para tripulação _____ (LTP)	2,45	3,00
Comprimento convés principal _____ (LCVP)	10,00	18,00
Comprimento convés superior _____ (LCVS)	—	—
Comprimento convés cobertura _____ (LCVC)	—	—
Comprimento convés passadiço _____ (LCPS)	—	—
Altura da superestrutura _____ (A)	3,30	3,60
Pé direito _____ (h)	2,20	2,40
Altura do duplo fundo _____ (ADF)	—	—
Ângulo de caiamento lateral _____ (θ)	2,5°	3,0°
Altura máxima de carga no convés principal _____ (HCG)	—	2,00

## ÍNDICES DE OCUPAÇÃO

Área

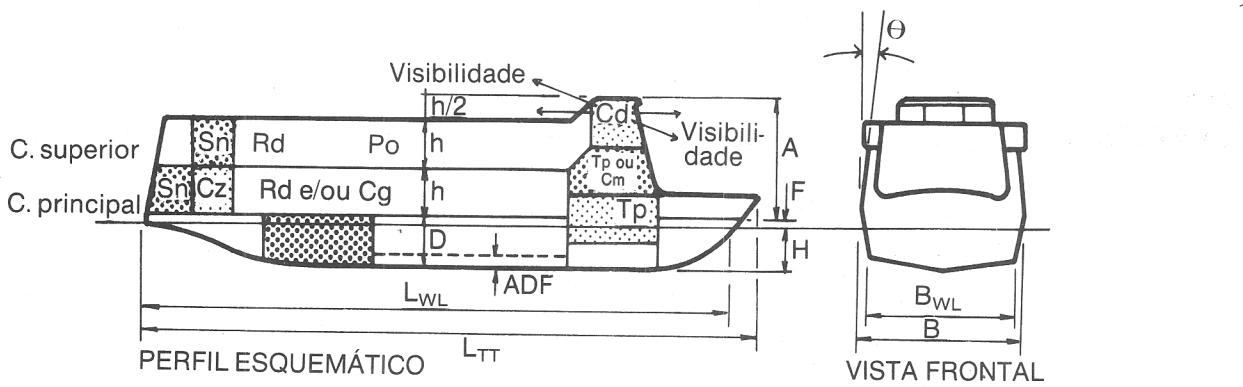
Redes _____ (NPRD)	1,20 pass/m <sup>2</sup> <i>1,30</i>
Cadeiras _____ (NPCD)	2,00 pass/m <sup>2</sup> <i>2,50</i>
Poltronas _____ (NPPT)	1,54 pass/m <sup>2</sup>
Camarotes _____ (NPCM)	0,80 pass/m <sup>2</sup>
Bacia sanitária e lavatório _____ (NPS)	1 para cada 25 passageiros
Chuveiro _____ (NPC)	1 para cada 30 passageiros
Água mínima para bacia sanitária _____ (ABS)	0,90 x 0,60 = 0,54 m <sup>2</sup>
Área mínima para chuveiro _____ (ACH)	0,80 x 0,60 = 0,48 m <sup>2</sup>
Área mínima para camarotes _____ (ACM)	1,90 x 1,30 = 2,47 m <sup>2</sup>

VOLUMES	ÁREAS
• Disponível no porão:	① Carga: $A_{cg} = V_{cap}/ncg$
• $V_{pcg} = 0,90 \times L_{pcg} \times B \times D$	② Sanit./chuva: $A_{sc} = (\frac{Abs}{NPS} + \frac{Ach}{NPC}) \times N_{pass}$
• Total da carga: $V_{tcg} = Q_c \times FE$	③ Diversos: $A_{adv} = 0,0076 \times N_{pass} \times (④ + ⑤ + ⑥)$ ④ Convés princ.: $A_{cvg} = 0,95 \times B \times L_{cvp}$ ⑤ Convés super.: _____ ⑥ Convés cobr.: _____
• Carga no convés: $V_{cvp} = V_{tc} - V_{pcg}$	⑦ Passageiros: $A_{pass} = ④ - ③ - ② - ①$

### OBSERV.

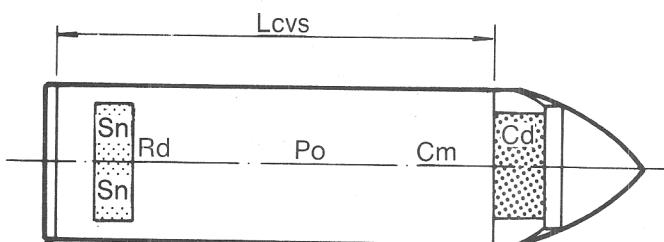
1 – Convés principal poderá acomodar passageiros em redes e/ou carga.

2 – Quantidade de motores: 1 ou 2.

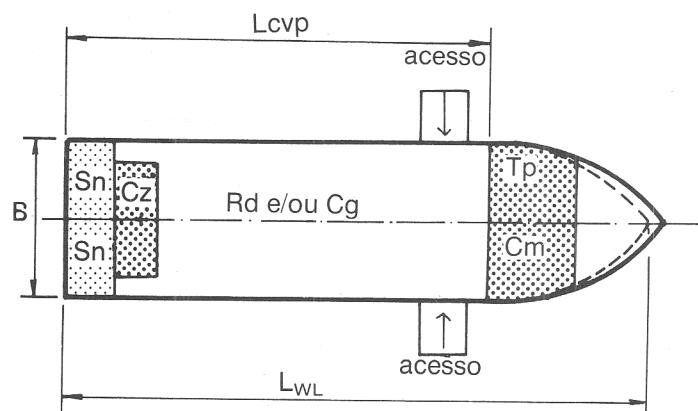


EMBARCAÇÃO PADRÃO PARA  
TRANSPORTE REGIONAL MISTO  
DE PASSAGEIROS E CARGAS

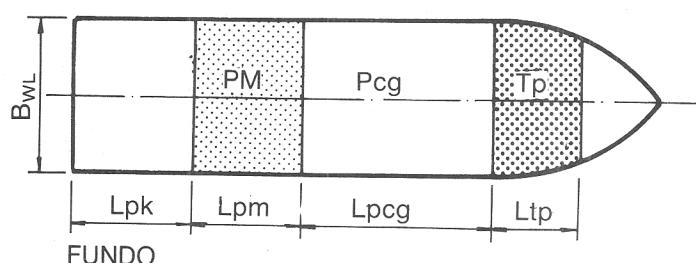
SÉRIE II



CONVÉS SUPERIOR



CONVÉS PRINCIPAL



	Faixa de variação (m)	maior ou igual a	Menor que
L_WL	25,00	45,00	
Bwl	6,90	10,30	
D	2,10	3,80	
H	1,60	2,90	

Simbologia

Rd	Rede
Po	Poltrona
Cm	Camarote
Sn	Sanitário
Cz	Cozinha
Cd	Comando
Tp	Tripulação
PM	Praça máquinas
Pcg	Porão de cargas
Cg	Carga

**OUTROS  
PARÂMETROS**

**EMBARCAÇÃO PADRÃO PARA  
TRANSPORTE REGIONAL MISTO  
DE PASSAGEIROS E CARGAS**

**SÉRIE II**

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>FAIXA DE VARIAÇÃO</b>	
	<b>MAIOR OU IGUAL A</b>	<b>MENOR QUE</b>
Boca moldada _____ (B)	7,50	11,20
Relação comprimento-boca _____ (LWL/BWL)	3,62	4,37
Relação boca-calado _____ (BWL/H)	3,55	4,31
Relação pontal-calado _____ (D/H)	1,23	1,31
Distância popa-praça de máquinas _____ (LPK)	6,00	10,00
Comprimento praça de máquinas _____ (LPM)	5,00	8,50
Comprimento porão de carga _____ (LPCG)	8,50	18,50
Comprimento acomodações para tripulação _____ (LTP)	3,00	3,50
Comprimento convés principal _____ (LCVP)	18,00	37,00
Comprimento convés superior _____ (LCVS)	17,50	39,50
Comprimento convés cobertura _____ (LCVC)	—	—
Comprimento convés passadiço _____ (LCPS)	—	—
Altura da superestrutura _____ (A)	5,50	6,00
Pé direito _____ (h)	2,20	2,40
Altura do duplo fundo _____ (ADF)	0,40	0,60
Ângulo de cimento lateral _____ (θ)	2,0°	2,5°
Altura máxima de carga no convés principal _____ (HCG)	—	2,00

**ÍNDICES DE OCUPAÇÃO**

Redes _____ (NPRD)	1,20 pass/m²
Cadeiras _____ (NPCD)	2,00 pass/m²
Poltronas _____ (NPPT)	1,54 pass/m²
Camarotes _____ (NPCM)	0,80 pass/m²
Bacia sanitária e lavatório _____ (NPS)	1 para cada 25 passageiros
Chuveiro _____ (NPC)	1 para cada 30 passageiros
Área mínima para bacia sanitária _____ (ABS)	0,90 x 0,60 = 0,54 m²
Área mínima para chuveiro _____ (ACH)	0,80 x 0,60 = 0,48 m²
Área mínima para camarotes _____ (ACM)	1,90 x 1,30 = 2,47 m²

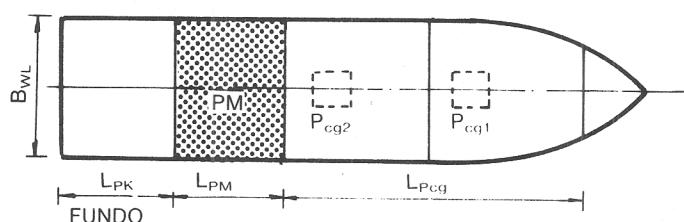
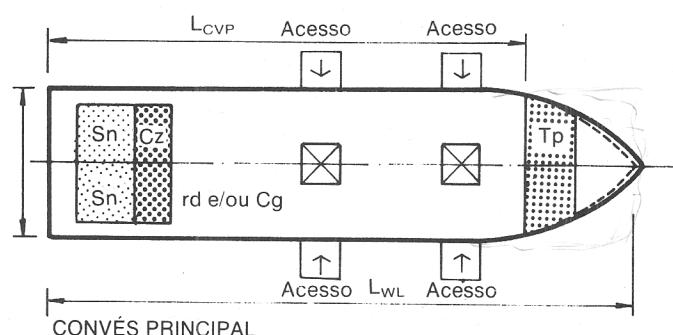
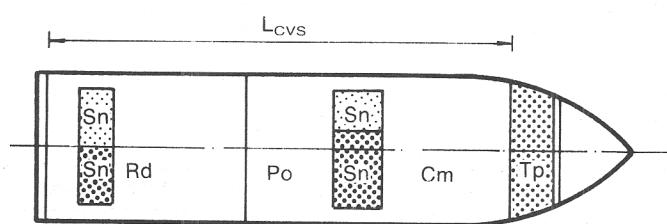
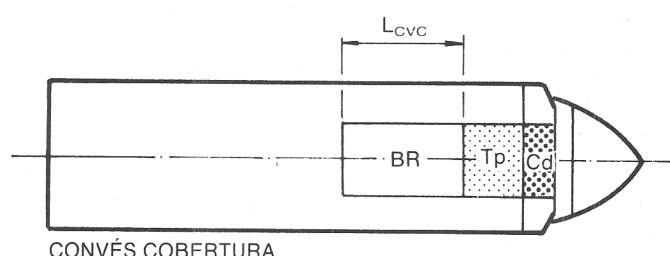
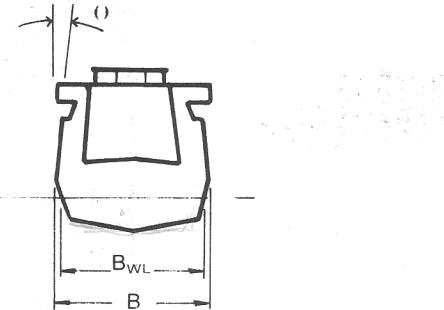
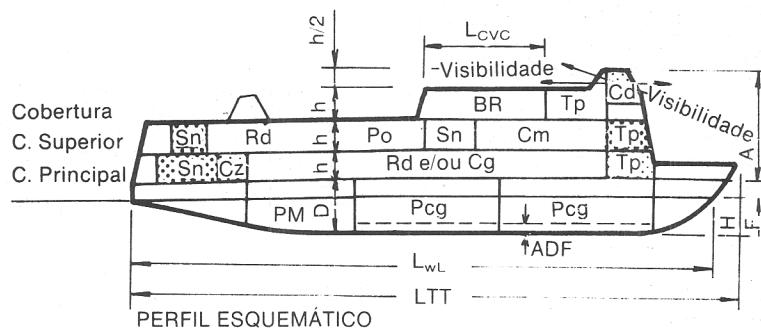
Área

<b>VOLUMES</b>	<b>ÁREAS</b>
• Disponível no porão:	① Carga: $Acg = Vcap/ncg$
• $Vpcg = 0,8 \times Lpcg \times B \times D$	② Sanit./chuva.: $Asc = (\frac{Abs}{NPS} + \frac{Ach}{NPC}) \times Npass$
• Total da carga: $Vtcg = Qc \times FE$	③ Diversos: $Adv = 0,002 \times Npass \times ((4) + (5) + (6))$
• Carga no convés: $Vcpg = Vtc - Vpcg$	④ Convés princ.: $Acvp = 0,98 \times B \times Lcv$
	⑤ Convés super.: $Acvp = 0,93 \times B \times Lcvs$
	⑥ Convés cobr.: _____
	⑦ Passageiros: $Apass = (5) + (4) - (3) - (2) - (1)$

**OBSERV.**

1 – O convés principal poderá acomodar passageiros em redes e/ou carga.

2 – Quantidade de motores: 2.



### EMBARCAÇÃO PADRÃO PARA TRANSPORTE REGIONAL MISTO DE PASSAGEIROS E CARGAS

SÉRIE III

Faixa de Variação		
	Maior ou igual a	Menor que
L <sub>wL</sub>	45,00	65,00
B <sub>wL</sub>	10,30	13,50
D	3,80	4,60
H	2,90	3,60

#### Simbologia

Rd	Redé
Po	Poltrona
Cm	Camarote
Sn	Sanitário
Cz	Cozinha
Br	Bar Refeitório
Cd	Comando
Tp	Tripulação
PM	Praça de Máq.
Pcg	Porão Cargas
Cg	Carga

**OUTROS  
PARÂMETROS**

**EMBARCAÇÃO PADRÃO PARA  
TRANSPORTE REGIONAL MISTO  
DE PASSAGEIROS E CARGAS**

**SÉRIE III**

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>FAIXA DE VARIAÇÃO</b>	
	<b>MAIOR OU IGUAL A</b>	<b>MENOR QUE</b>
Boca moldada _____ (B)	11,20	13,70
Relação comprimento-boca _____ (LWL/BWL)	4,37	5,16
Relação boca-calado _____ (BWL/H)	3,55	3,75
Relação pontal-calado _____ (D/H)	1,31	1,34
Distância popa-praça de máquinas _____ (LPK)	10,00	13,00
Comprimento praça de máquinas _____ (LPM)	8,50	11,00
Comprimento porão de carga _____ (LPCG)	18,50	30,00
Comprimento acomodações para tripulação _____ (LTP)	3,50	4,00
Comprimento convés principal _____ (LCVP)	37,00	53,00
Comprimento convés superior _____ (LCVS)	39,50	57,00
Comprimento convés cobertura _____ (LCVC)	14,50	22,00
Comprimento convés passadiço _____ (LCPS)	—	—
Altura da superestrutura _____ (A)	7,70	8,40
Pé direito _____ (h)	2,20	2,40
Altura do duplo fundo _____ (ADF)	0,60	0,80
Ângulo de cimento lateral _____ (θ)	1,5°	2,0°
Altura máxima de carga no convés principal _____ (HCG)	—	2,00

**ÍNDICES DE OCUPAÇÃO**

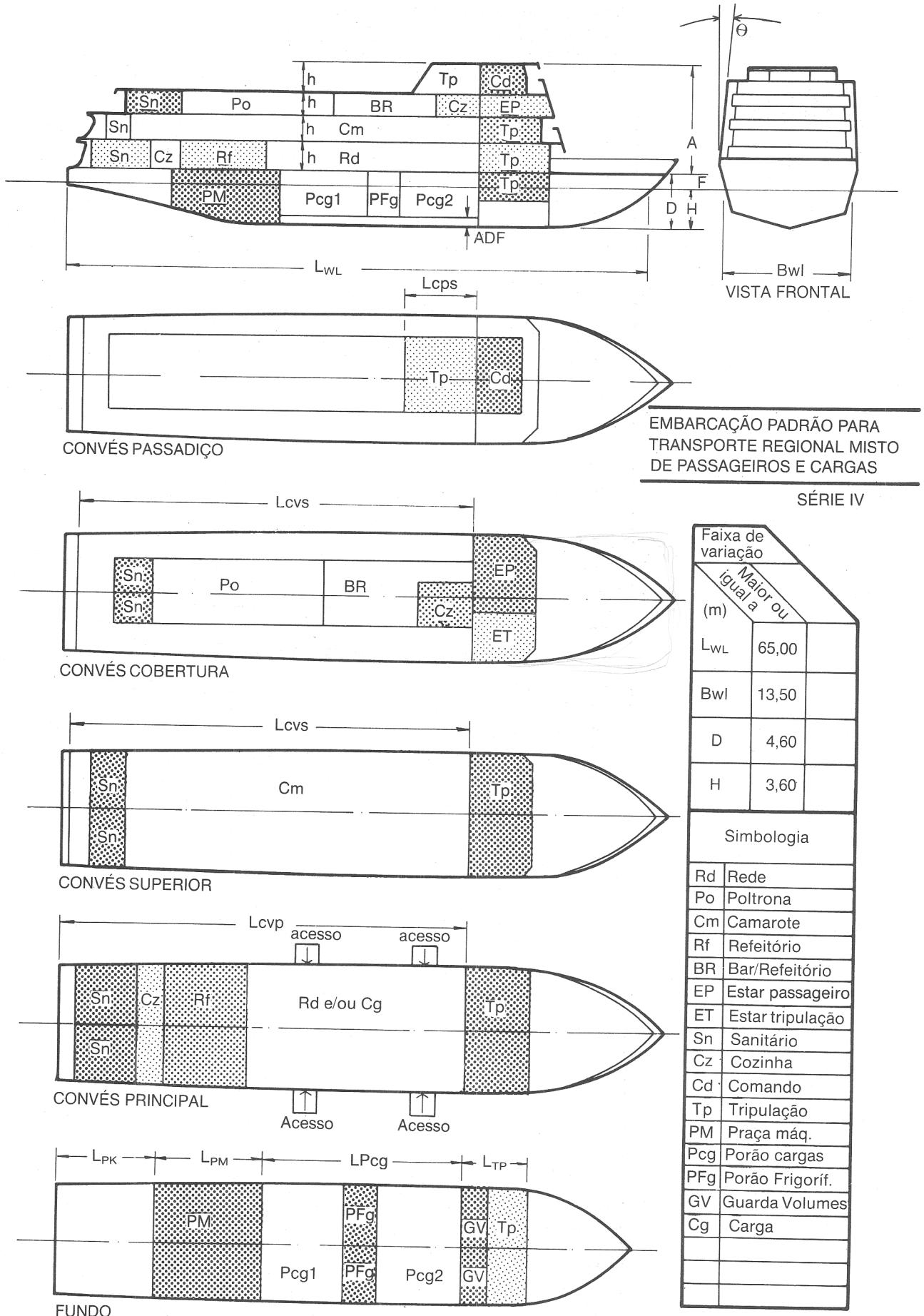
Redes _____ (NPRD)	1,20 pass/m²
Cadeiras _____ (NPCD)	2,00 pass/m²
Poltronas _____ (NPPT)	1,54 pass/m²
Camarotes _____ (NPCM)	0,80 pass/m²
Bacia sanitária e lavatório _____ (NPS)	1 para cada 25 passageiros
Chuveiro _____ (NPC)	1 para cada 30 passageiros
Área mínima para bacia sanitária _____ (ABS)	0,90 x 0,60 = 0,54 m²
Área mínima para chuveiro _____ (ACH)	0,80 x 0,60 = 0,48 m²
Área mínima para camarotes _____ (ACM)	1,90 x 1,30 = 2,47 m²

<b>VOLUMES</b>	<b>ÁREAS</b>
• Disponível no porão:	① Carga: $Acg = Vcap/ncg$
• $Vpcg = 0,79 \times Lpcg \times B \times D$	② Sanit./chuv.: $Asc = (\frac{Abs}{NPS} + \frac{Ach}{NPC}) \times Npass$
• Total da carga:	③ Diversos: $Adv = 0,006 \times Npass \times (④ + ⑤ + ⑥)$
$Vtcg = Qc \times FE$	④ Convés princ.: $Acvp = 0,92 \times B \times Lcvp$
• Carga no convés:	⑤ Convés super.: $Acvs = 0,94 \times B \times Lcvs$
$Vcvp = Vtc - Vpcg$	⑥ Convés cober.: $Acvc = 0,57 \times B \times Lcvc$
	⑦ Passageiros: $Apass = ⑥ + ⑤ + ④ - ③ - ② - ①$

**OBSERV.**

1 – O convés principal poderá acomodar passageiros em redes e/ou carga.

2 – Quantidade de motores: 2 ou 3.



# EMBARCAÇÃO PADRÃO PARA TRANSPORTE REGIONAL MISTO DE PASSAGEIROS E CARGAS

SÉRIE IV

## OUTROS PARÂMETROS

CARACTERÍSTICAS	FAIXA DE VARIAÇÃO	
	MAIOR OU IGUAL A	MENOR QUE
Boca moldada _____ (B)	14,60	—
Relação comprimento-boca _____ (LWL/BWL)	4,81	—
Relação boca-calado _____ (BWL/H)	3,75	—
Relação pontal-calado _____ (D/H)	1,27	—
Distância popa-praça de máquinas _____ (LPK)	9,50	—
Comprimento praça de máquinas _____ (LPM)	11,00	—
Comprimento porão de carga _____ (LPCG)	27,00	—
Comprimento acomodações para tripulação _____ (LTP)	5,50	—
Comprimento convés principal _____ (LCVP)	50,50	—
Comprimento convés superior _____ (LCVS)	50,00	—
Comprimento convés cobertura _____ (LCVC)	49,50	—
Comprimento convés passadiço _____ (LCPS)	—	4,0
Altura da superestrutura _____ (A)	8,80	9,60
Pé direito _____ (h)	2,20	2,40
Altura do duplo fundo _____ (ADF)	0,70	1,15
Ângulo de cimento lateral _____ (θ)	1,5°	2,0°
Altura máxima de carga no convés principal _____ (HCG)	—	2,00

## ÍNDICES DE OCUPAÇÃO

*Área*

Redes _____ (NPRD)	1,20 pass/m²
Cadeiras _____ (NPCD)	2,00 pass/m²
Poltronas _____ (NPPT)	1,54 pass/m²
Camarotes _____ (NPCM)	0,80 pass/m²
Bacia sanitária e lavatório _____ (NPS)	1 para cada 25 passageiros
Chuveiro _____ (NPC)	1 para cada 30 passageiros
Água mínima para bacia sanitária _____ (ABS)	0,90 x 0,60 = 0,54 m²
Área mínima para chuveiro _____ (ACH)	0,80 x 0,60 = 0,48 m²
Área mínima para camarotes _____ (ACM)	1,90 x 1,30 = 2,47 m²

VOLUMES	ÁREAS
• Disponível no porão:	① Carga: $A_{cg} = V_{cap}/ncg$
• $V_{pcg} = 0,72 \times L_{pcg} \times B \times D$	② Sanit./chuva.: $A_{sc} = (\frac{Abs}{NPS} + \frac{Ach}{NPC}) \times N_{pass}$
	③ Diversos: $A_{dv} = 0,0005 \times N_{pass} \times ((4) + (5) + (6))$
• Total da carga: $V_{tcg} = Q_c \times FE$	④ Convés princ.: $A_{cvp} = 0,98 \times B \times L_{cvp}$
	⑤ Convés super.: $A_{cvs} = 0,98 \times B \times L_{cvs}$
• Carga no convés: $V_{cgp} = V_{tc} - V_{pcg}$	⑥ Convés cobr.: $A_{cvc} = 0,98 \times B \times L_{cvc}$
	⑦ Passageiros: $A_{pass} = (6) + (5) + (4) - (3) - (2) - (1)$

**OBSERV.**

1 – O convés principal poderá acomodar passageiros em redes e/ou carga.

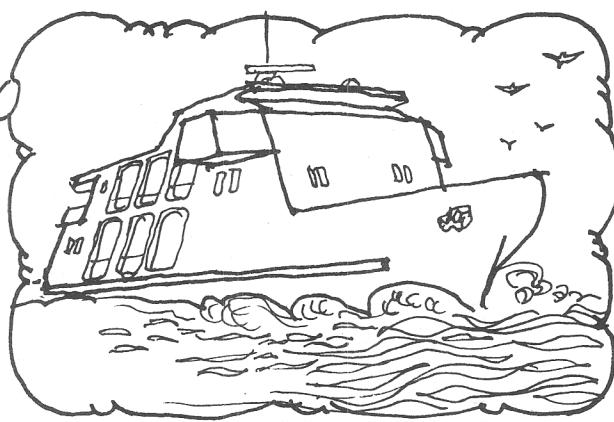
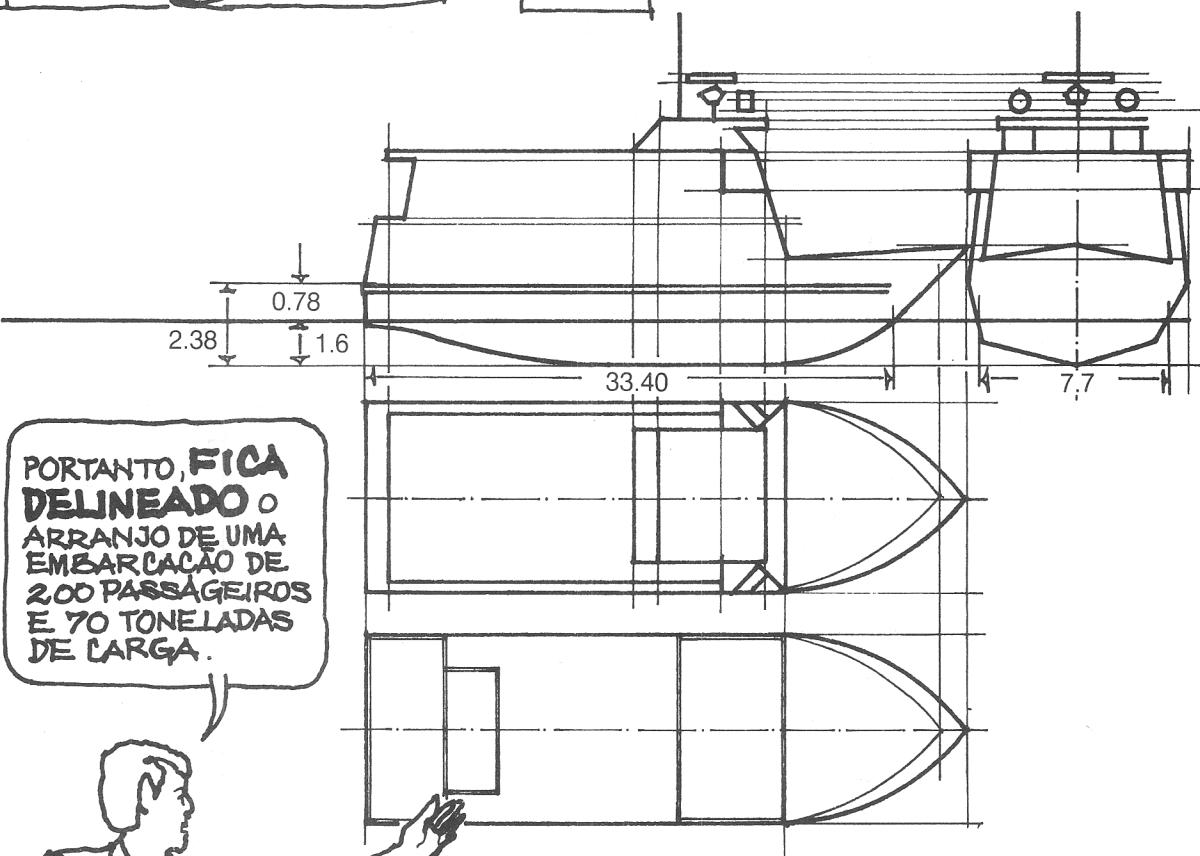
2 – Quantidade de motores: 2 ou 3.

AGORA QUE VIMOS AS SÉRIES DE ARRANJOS PADRÕES, ESTAMOS APTOS PARA DEFINIR O ARRANJO DA NOSSA EMBARCAÇÃO...

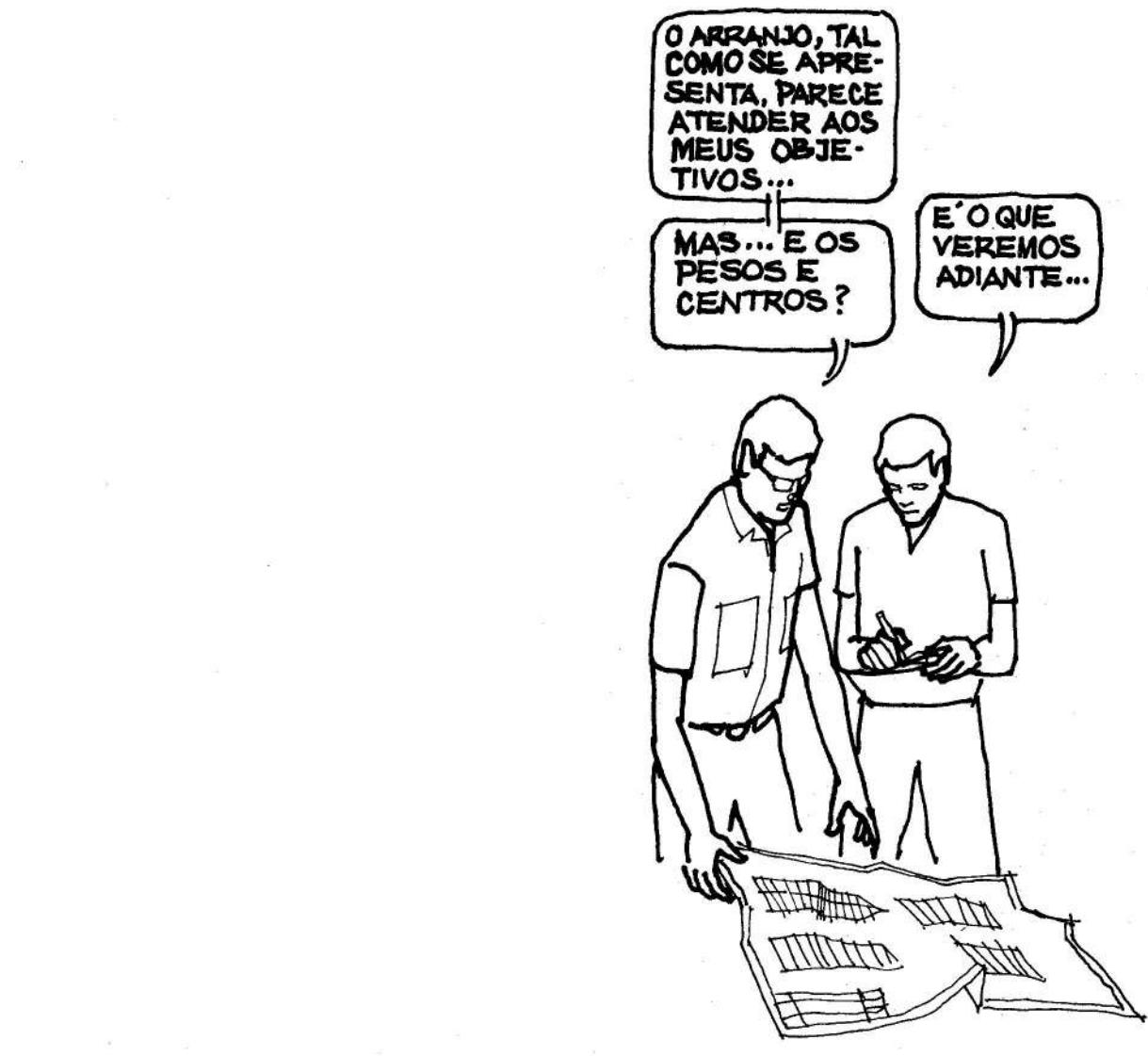


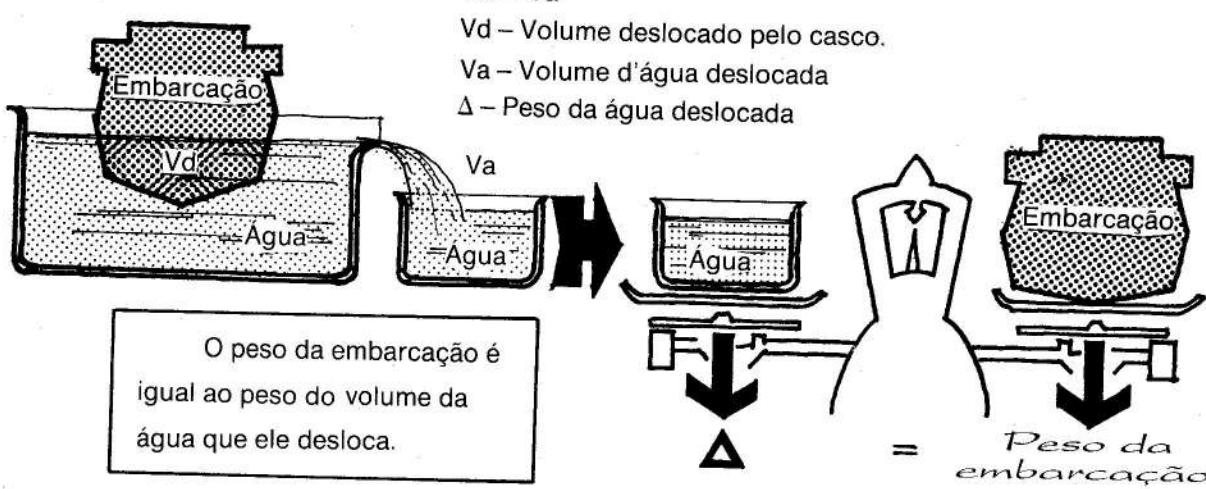
OBSERVE QUE, DAS SÉRIES VIS-TAS, A SÉRIE II APRESENTA FAIXA DE VARIAÇÃO QUE COMPREENDE AS DIMENSÕES DA NOSSA EMBARCAÇÃO

Variacão séries	L <sub>WL</sub>	B <sub>WL</sub>	H
série I			
série II	25-45	6,9-10,3	1,6-2,9
série III			
série IV			



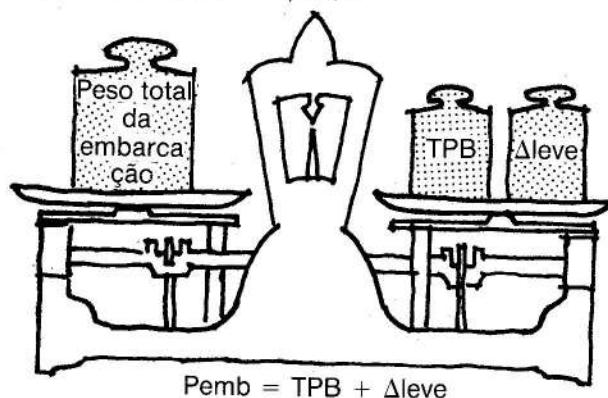
# PESOS E CENTROS





Esse fenômeno é conhecido na hidrostática como Lei de Arquimedes (efeitos da pressão de um meio líquido sobre um corpo).

O peso total da embarcação tem, por sua vez, dois componentes básicos de pesos:

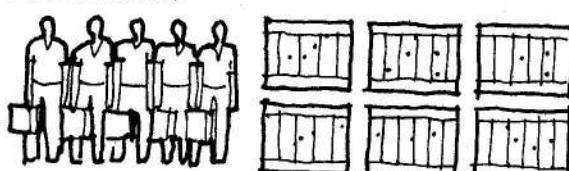


**TPB** – Tonelagem de porte bruto, é a soma dos deadweight (porte bruto) de passageiros e cargas e de operação

$$TPB = DWTC + DWTop$$

**Δleve** – Deslocamento leve, peso da embarcação excluindo TPB.

Tanto  $DWTC$  como  $DWTop$  podem ser estabelecidos a partir dos requisitos do armador (capacidades, rota, velocidade).

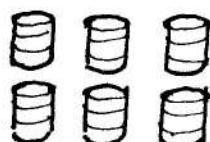


**Deadweight de carga (DWTC)**  
passageiros + cargas →  
depende do requisito  
capacidades (ver Módulo I).

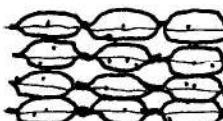


**Deadweight de operação (DWTop)**

Tripulação e pertences → depende das normas da capitania de portos e dos requisitos do armador.



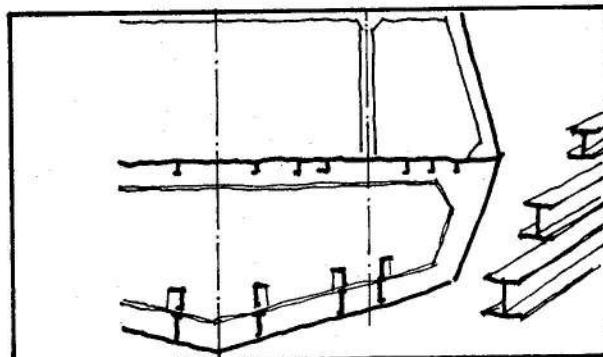
Óleo combustível → Depende da potência total a bordo (MCPs e MCA) e tempo de viagem sem reabastecimento.



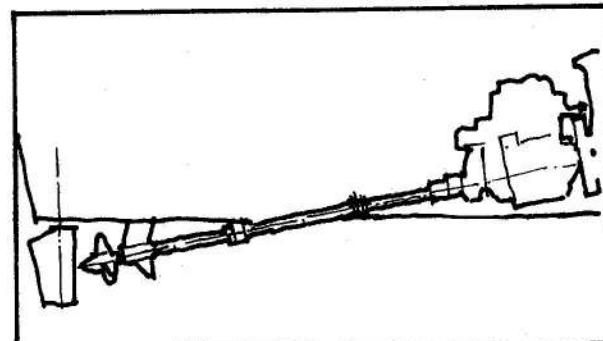
Água doce e víveres → Depende das pessoas a bordo e tempo de viagem sem reabastecimento.

**Deslocamento leve** ( $\Delta$  leve) ou peso leve da embarcação é constituído por um conjunto de pesos definidos nos seguintes:

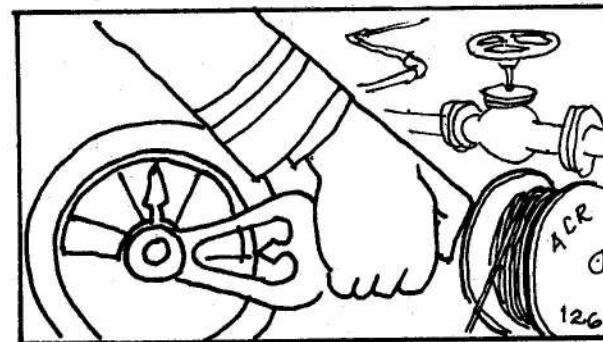
**Pestr** – Peso de aço estrutural: corresponde ao peso de todos os elementos estruturais da embarcação, incluindo chapeamento, perfis, borboletas, borda falsa, superestrutura, anteparas estruturais e não estruturais, portas de visita, tampa de escotilha etc.



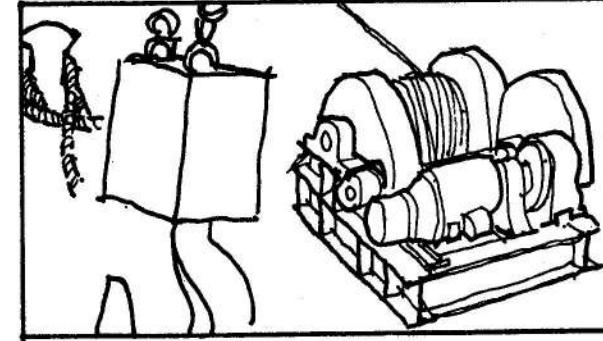
**Pprop** – O peso da máquina principal: inclui o peso da própria máquina mais redutor, linha de eixo e mancais, hélice, sistemas periféricos (refrigeração, escape, suprimentos de óleo combustível etc.).



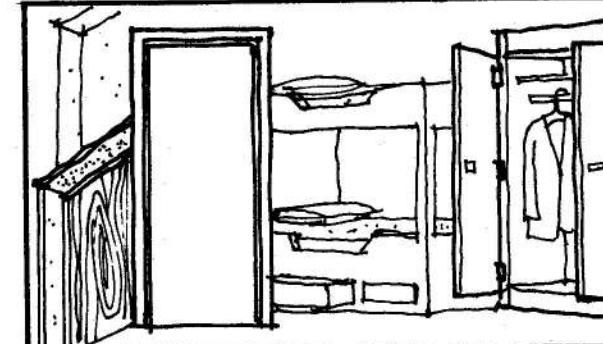
**Paux** – Peso dos auxiliares: inclui todos os pesos de sistemas auxiliares, tais como máquina do leme, eixos e mancais, rede elétrica (geração e distribuição), rede hidráulica, aparelhos de comando e supervisão.



**Paccess** – Peso dos acessórios: inclui o peso de acessórios do casco, quando houver, tais como cabeços, buzinhas, pau d'carga, guincho, guindaste, cabrestante, âncoras etc.

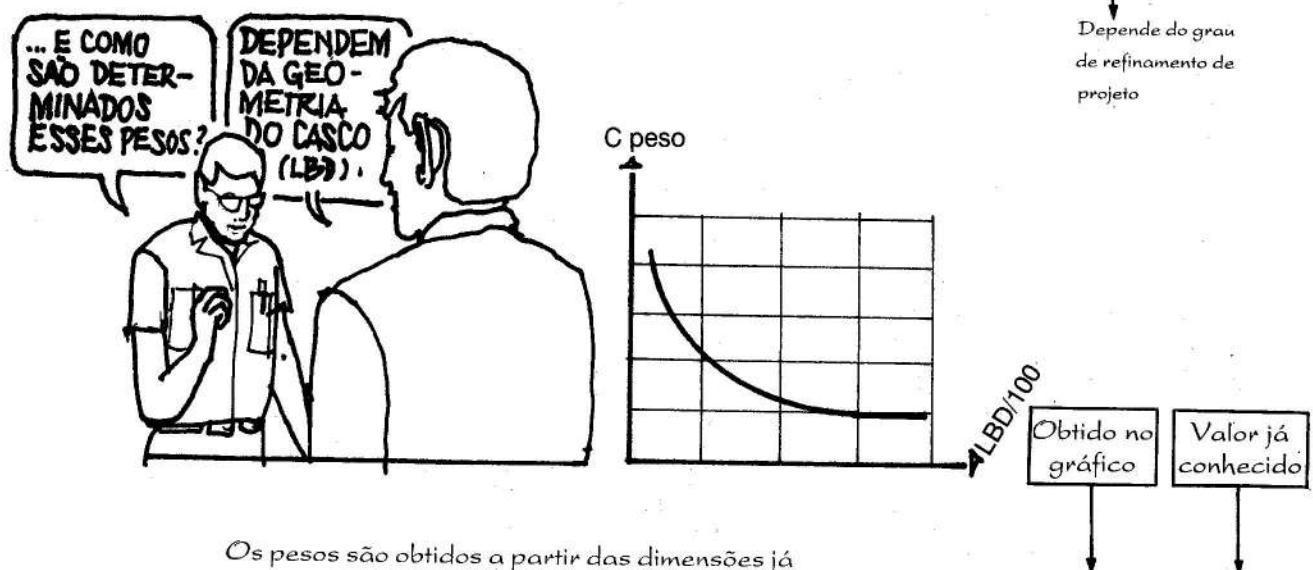


**Pacob** – O acabamento inclui revestimento e pisos de conveses, laterais e transversais do casco e superestruturas, anteparas divisórias, caxilhos, vidros, portas, mobiliário, aparelhos de som, de cozinha etc.



Portanto, o deslocamento leve constitui na soma desses pesos:

$$\Delta_{\text{Leve}} = (P_{\text{estr}} + P_{\text{prop}} + P_{\text{aux}} + P_{\text{access}} + P_{\text{cab}}) \times (1 + \text{margem})$$



Os pesos são obtidos a partir das dimensões já conhecidas do casco ( $LWL_BWL_D$ ).

Aplicando o valor  $LWL_BWL_D/100$  no gráfico acima representado, obtém-se coeficiente de peso ( $C_{\text{peso}}$ ) para cada item de peso do  $\Delta_{\text{Leve}}$  (exceção:  $P_{\text{prop}}$ , que é estimado a partir da potência total de propulsão (BHP) que, por sua vez, depende da velocidade requerida pelo armador).

$$\begin{aligned} P_{\text{estr}} &= C_{\text{estr}} \times LBD/100 \\ P_{\text{aux}} &= C_{\text{aux}} \times LBD/100 \\ P_{\text{access}} &= C_{\text{access}} \times LBD/100 \\ P_{\text{cab}} &= C_{\text{cab}} \times LBD/100 \end{aligned}$$

Voltando ao conceito **deslocamento** igual ao peso da embarcação, examinado de início, temos:

$$\Delta = \text{peso da embarcação} = TPB + \Delta_{\text{Leve}}$$

de onde resulta,

$$A) \quad \Delta = DWTC + DWTop + P_{\text{estr}} + P_{\text{prop}} + P_{\text{aux}} + P_{\text{access}} + P_{\text{cab}} \quad (\text{Considerando margem} = 0)$$

Destes,  $DWTop$  e  $P_{\text{prop}}$  são os únicos valores ainda não conhecidos. Isolando-os na expressão A, tem-se:

$$B) \quad DWTop + P_{\text{prop}} = \Delta - DWTC - (P_{\text{estr}} + P_{\text{aux}} + P_{\text{access}} + P_{\text{cab}})$$

O resultado da expressão B deve ser compatível com os objetivos do armador (requisitos velocidade, capacidade e distância):

$P_{\text{prop}}$  – depende da instalação propulsora (BHP), que é estimada a partir da velocidade requerida pelo armador. No Módulo III,  $P_{\text{prop}}$  poderá ser determinado a partir de dois gráficos:

Velocidade – Potência total de propulsão (BHP) – Gráficos 11 e 12  
IHP – Peso da instalação propulsão ( $P_{\text{prop}}$ ) – Gráfico 13

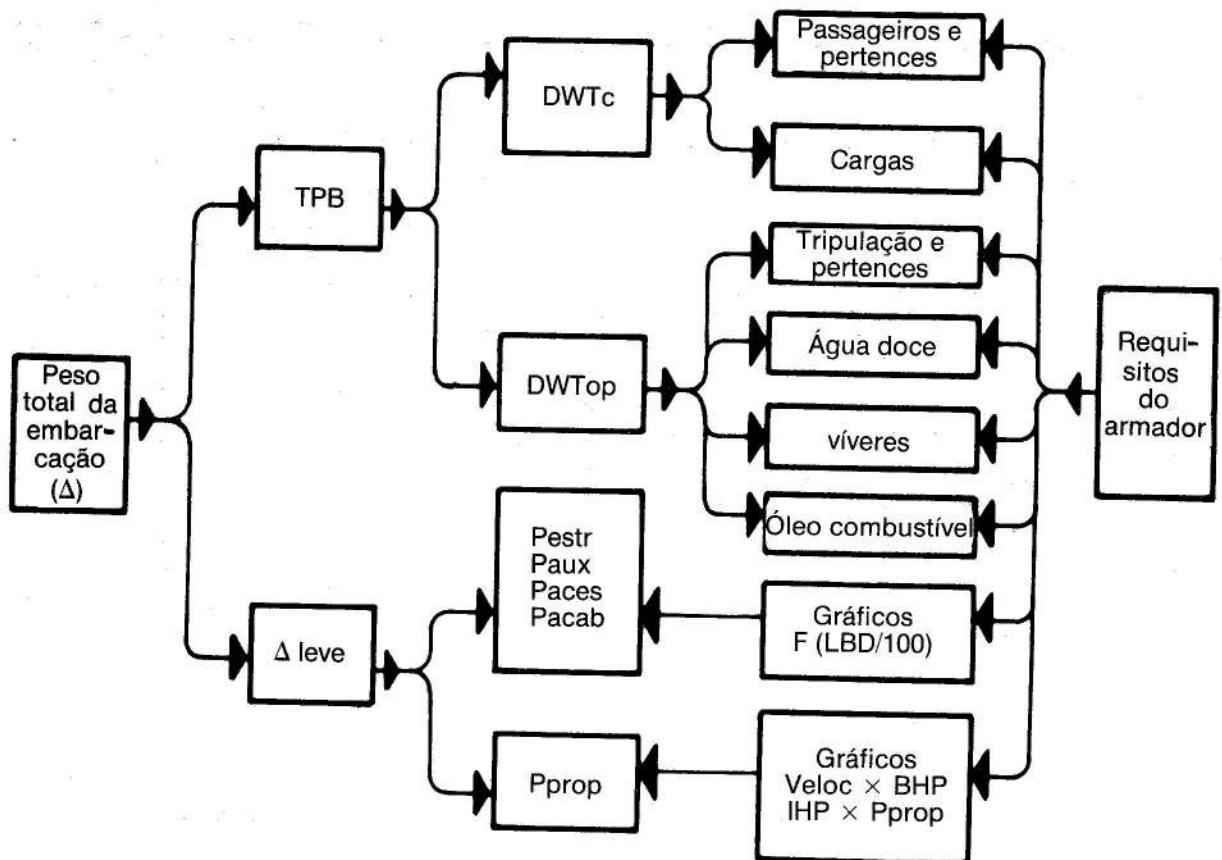
O armador em geral possui o conhecimento prévio destes valores, que poderão ser confirmados no Módulo III.

DWTop - É também de conhecimento prévio do armador. Na expressão  $B$ , conhecendo-se Pprop, pode-se obter DWTop através de simples cálculo de somar e subtrair. O seu valor, entretanto, nem sempre coincide com o valor estimado pelo armador em função dos dados próprios e das exigências da Capitania dos Portos (número de tripulantes).

Se o DWTop obtido for expressivamente menor que DWTop estimado pelo armador, haverá necessidade de reavaliação dos dados obtidos. Nesse caso, as alternativas possíveis seriam:

- 1) diminuir o tempo de viagem sem reabastecimento → aumentar paradas para reabastecer; resultado: menor peso (autonomia) de combustível, água doce, víveres etc.);
- 2) diminuir carga e passageiros; resultado: deslocamento menor e consumo menor de combustível, água doce, víveres etc.;
- 3) diminuir alguns itens de peso no Aleve (acabamento, auxiliares etc.);
- 4) modificar características do navio (L.B.H e CB), parcialmente ou no conjunto.

#### Quadro-resumo dos pesos



Serão apresentados, a seguir, gráficos que determinam itens de peso de Aleve e exemplos práticos.

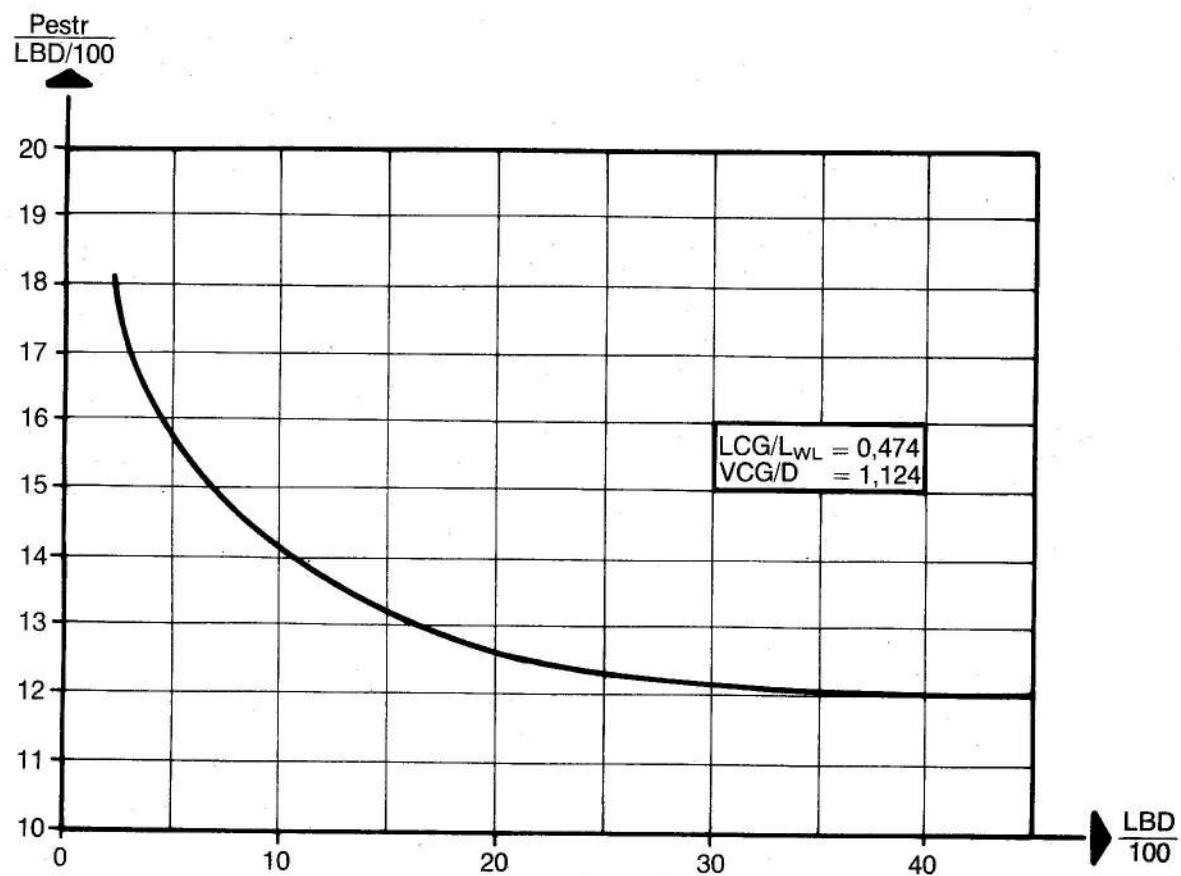


Gráfico 7 – Peso da estrutura em função da relação LBD/100

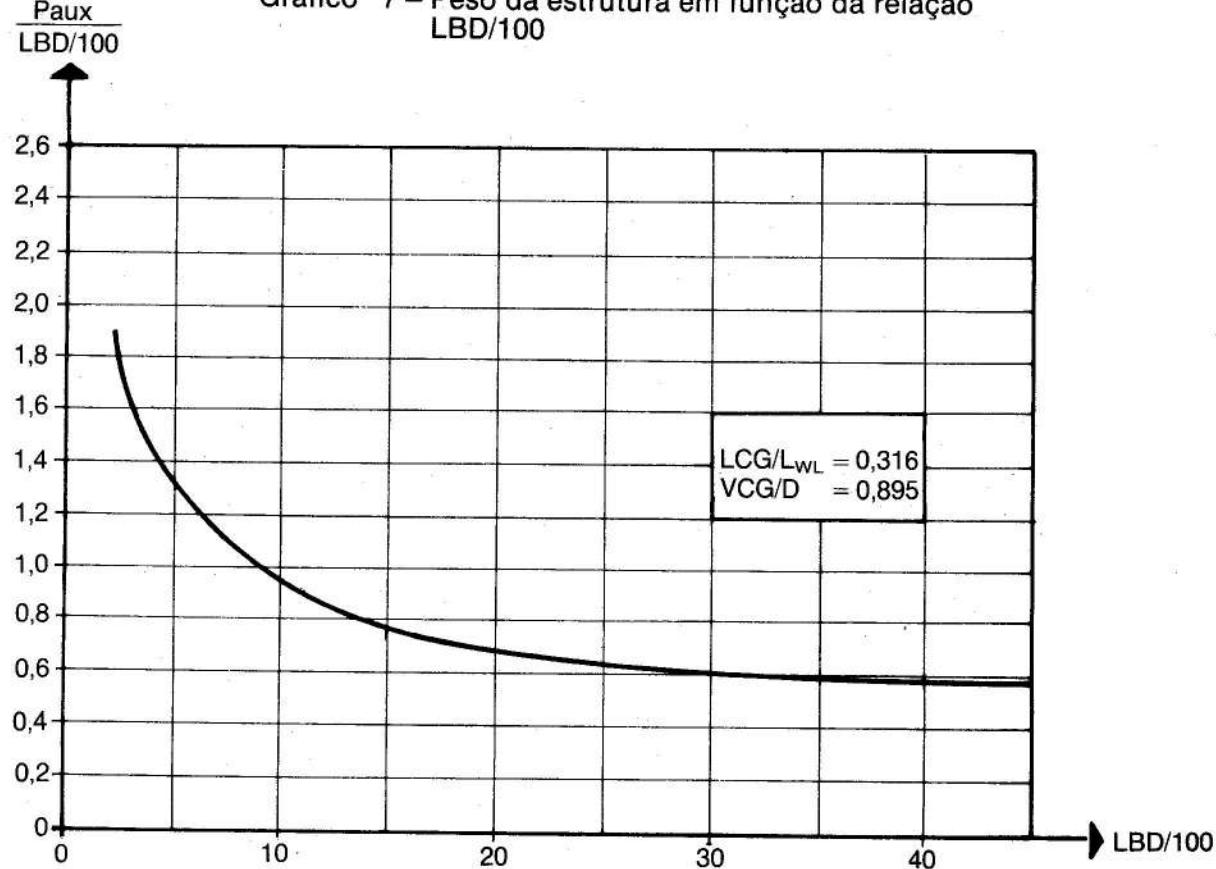


Gráfico 8 – Peso dos auxiliares em função da relação LBD/100

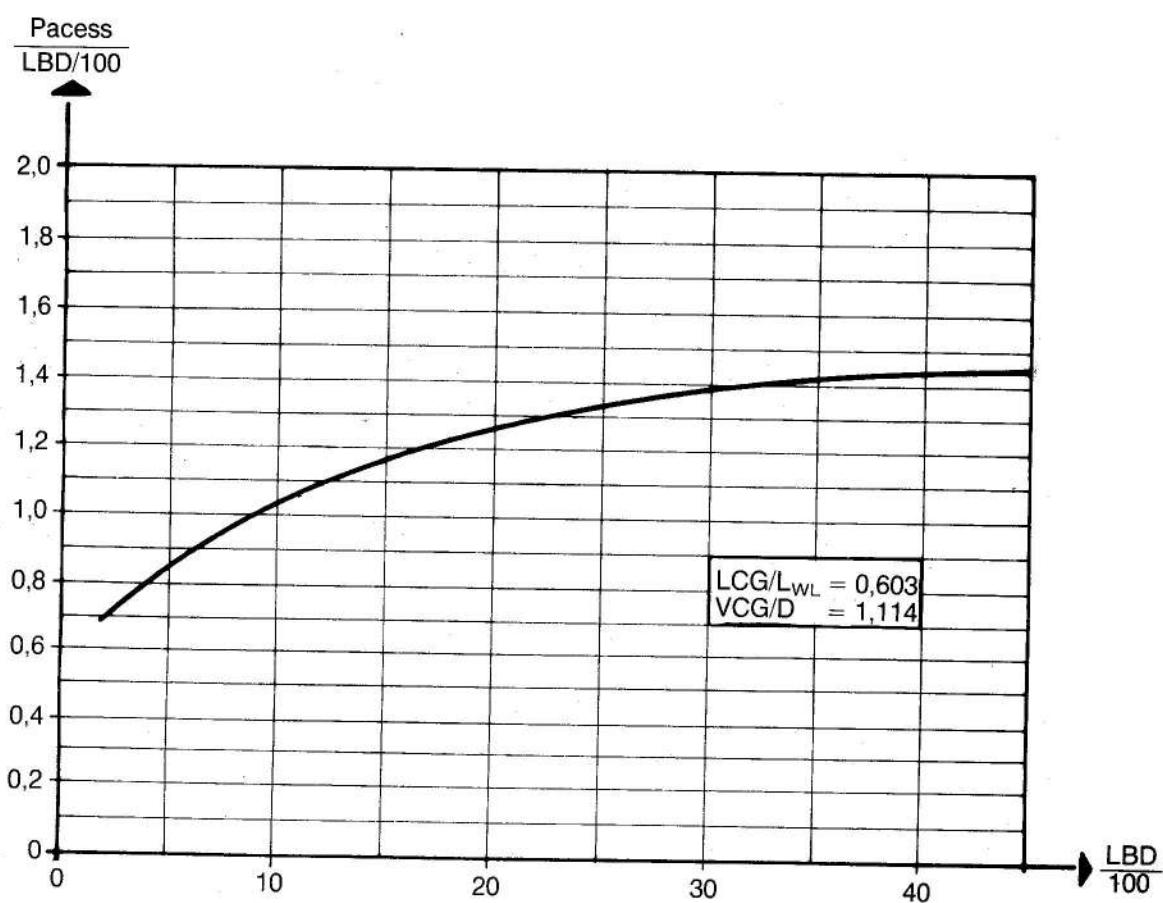


Gráfico 9 – Peso dos acessórios em função da relação LBD/100

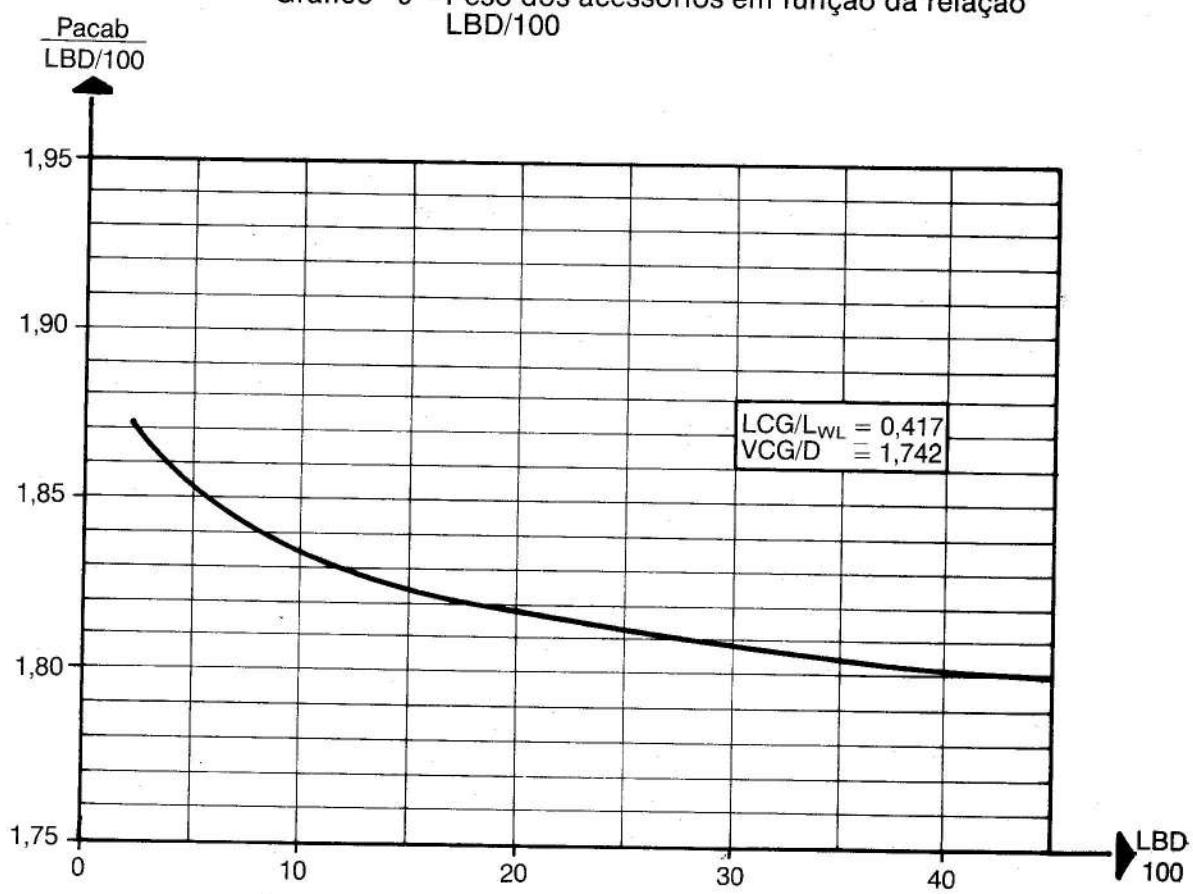


Gráfico 10 – Peso dos acabamentos em função da relação LBD/100



Retomando o exemplo prático da aplicação de série anterior de gráficos, foram obtidos:

$$\Delta = 249 \text{ t} (\text{DWT}_c = 90 \text{ t})$$

$$LWL = 33,4 \text{ m}$$

$$B_{WL} = 7,7 \text{ m}$$

$$D = 2,38 \text{ m}$$

1) Cálculo do LBD/100

$$\frac{LBD}{100} = \frac{33,4 \times 7,7 \times 2,38}{100} = 6,121$$

2) Gráfico 7

$$Cestr = \frac{Pestr}{LBD/100} = 15,28$$

Portanto:

$$Pestr = Cestr \times \frac{LBD}{100}$$

$$= 15,28 \times 6,121 = 93,53 \text{ t}$$

3) Gráfico 9

$$Caccess = 0,89 \rightarrow Paccess = 5,45 \text{ t}$$

4) Gráfico 8

$$Caux = 1,22 \rightarrow Pacaux = 7,47 \text{ t}$$

5) Gráfico 10

$$Cacab = 1,847 \rightarrow Pacab = 11,31 \text{ t}$$

6) Cálculo  $P_{prop} + DWT_{top}$

$$DWT_{top} + P_{prop} = \\ = \Delta - DWT_c - (Pestr + Pacaux + \\ Paccess + Pacab)$$

$$\Delta = 249 \text{ t}$$

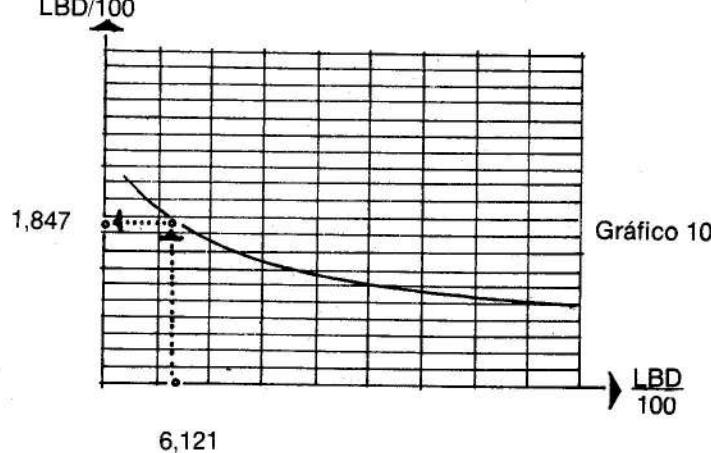
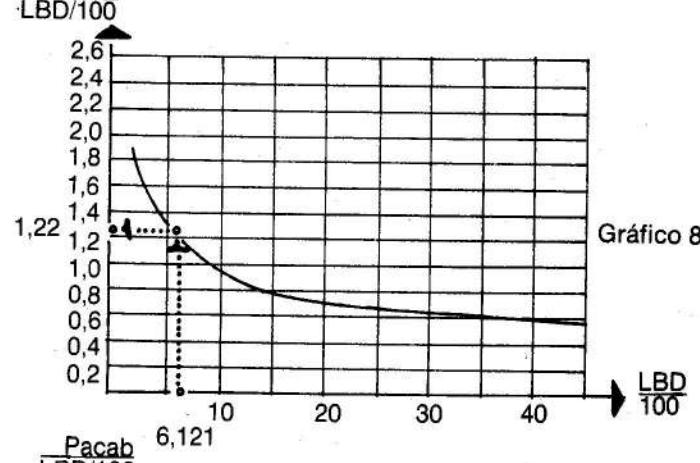
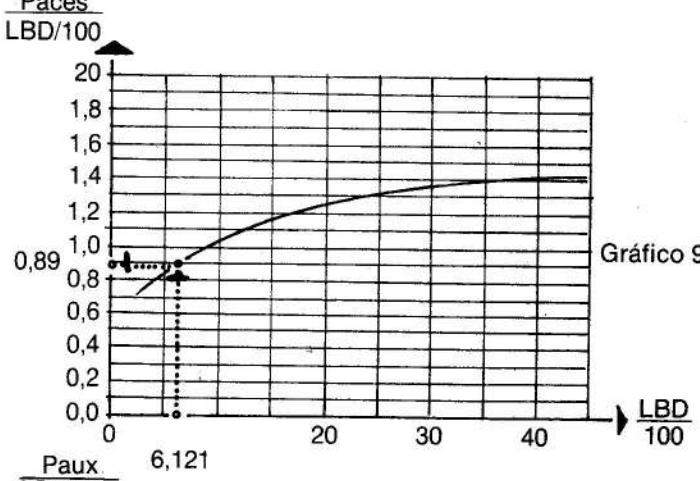
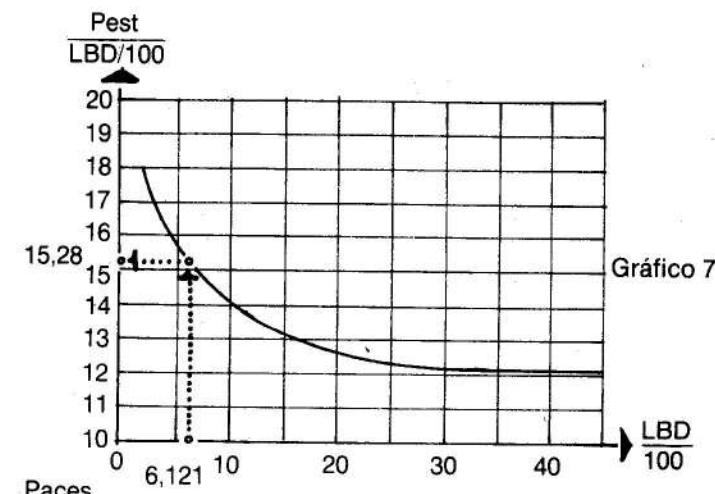
$$DWT_c = 90 \text{ t}$$

$$Pestr + Pacaux + Paccess + Pacab = 93,53 + 7,47 + 5,45 + 11,31 \\ = 117,76$$

Portanto:

$$DWT_{top} + P_{prop} = 249 - 90 - \\ 117,76 = 41,24 \text{ t}$$

Como no Módulo III poderemos determinar  $P_{prop}$ , o último valor a ser obtido será o  $DWT_{top}$ , que deverá ser comparado com  $DWT_{top}$  requerido pelo armador.

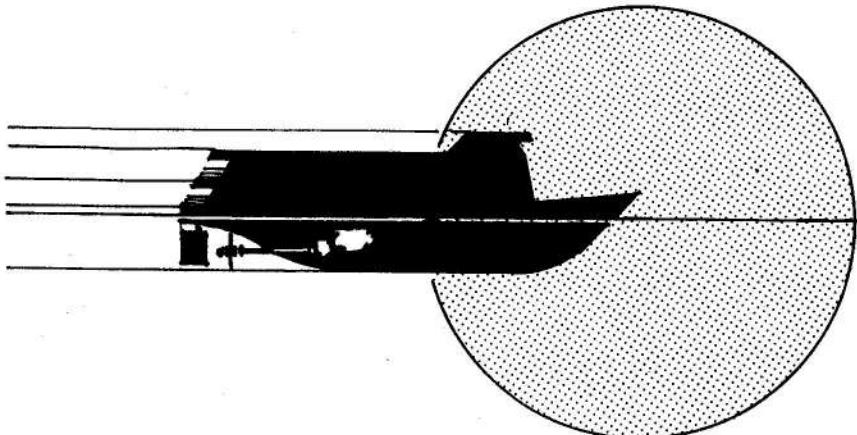


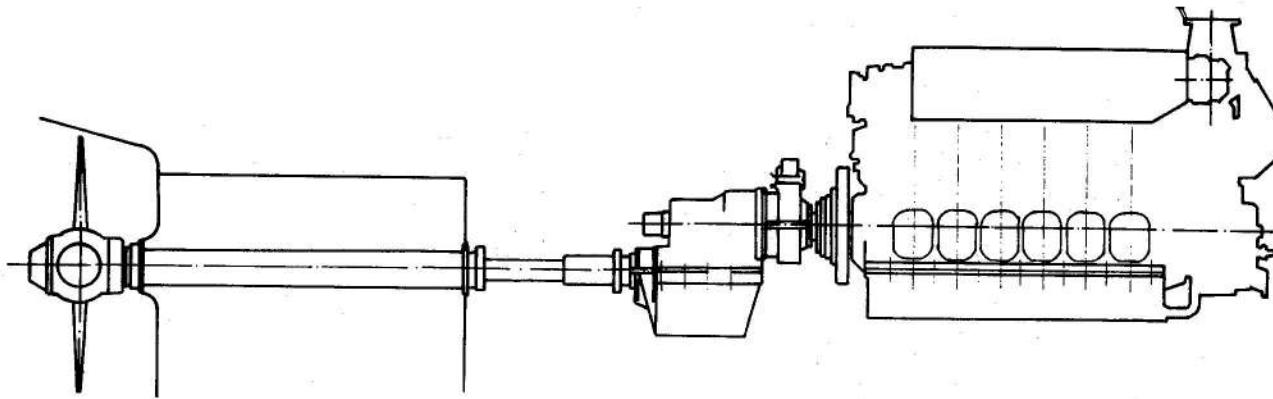
## MÓDULO III

# PROPULSÃO

Neste módulo de projeto são estimados:

- potência total da propulsão (BHP) em função da velocidade;
- peso da instalação propulsora ( $P_{PROP}$ ) em função do IHP.
- Cálculo do deadweight de operação (DWT<sub>op</sub>)





## PRELIMINARES

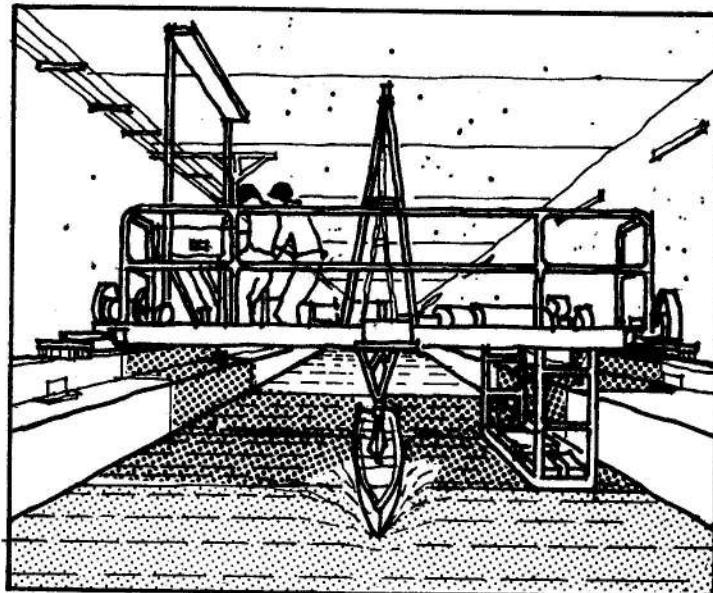
O requisito **velocidade** é estabelecido pelo armador, levando-se em conta o tempo máximo desejável para se cobrir uma determinada distância, conforme já explicitado no Módulo I — Requisitos do Armador (p. 7).

A estimativa da potência necessária de motor para que uma embarcação navegue numa dada velocidade requerida é uma tarefa complexa devido ao envolvimento de diversos parâmetros, nem sempre de obtenção fácil.

Uma das formas de se estimar precisamente a potência de propulsão é através do ensaio de modelo reduzido no tanque de provas.

Tal procedimento, porém, demanda um certo tempo e custo, somente justificáveis numa etapa mais avançada de projeto do navio.

Nesta fase preliminar de projeto, quando se procura rapidamente determinar as características gerais da embarcação, a potência de motores de propulsão deve ser obtida de maneira simples com poucos cálculos e razoável precisão. Com esse objetivo, este Módulo III — Propulsão, utiliza dados de potência de propulsão de embarcação semelhantes, extraídos de ensaios de modelos no tanque de provas e de formulações teóricas.

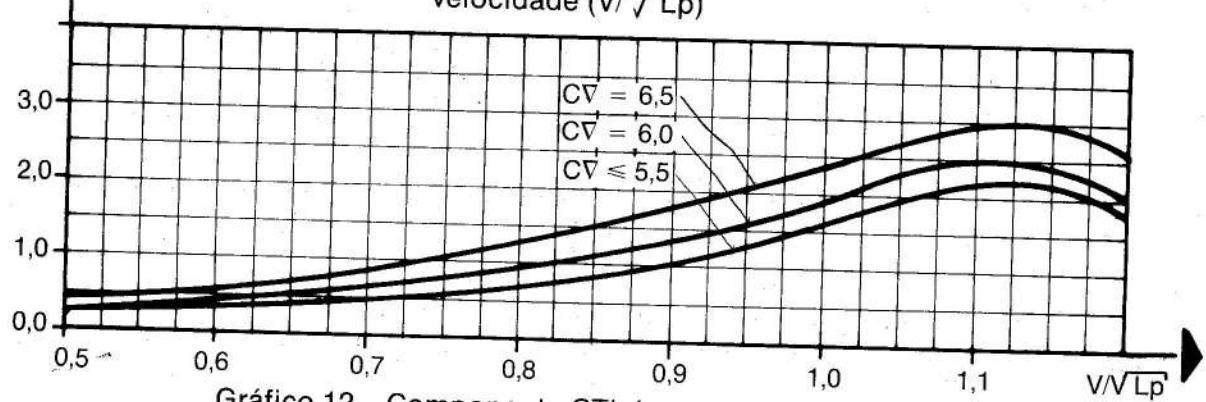
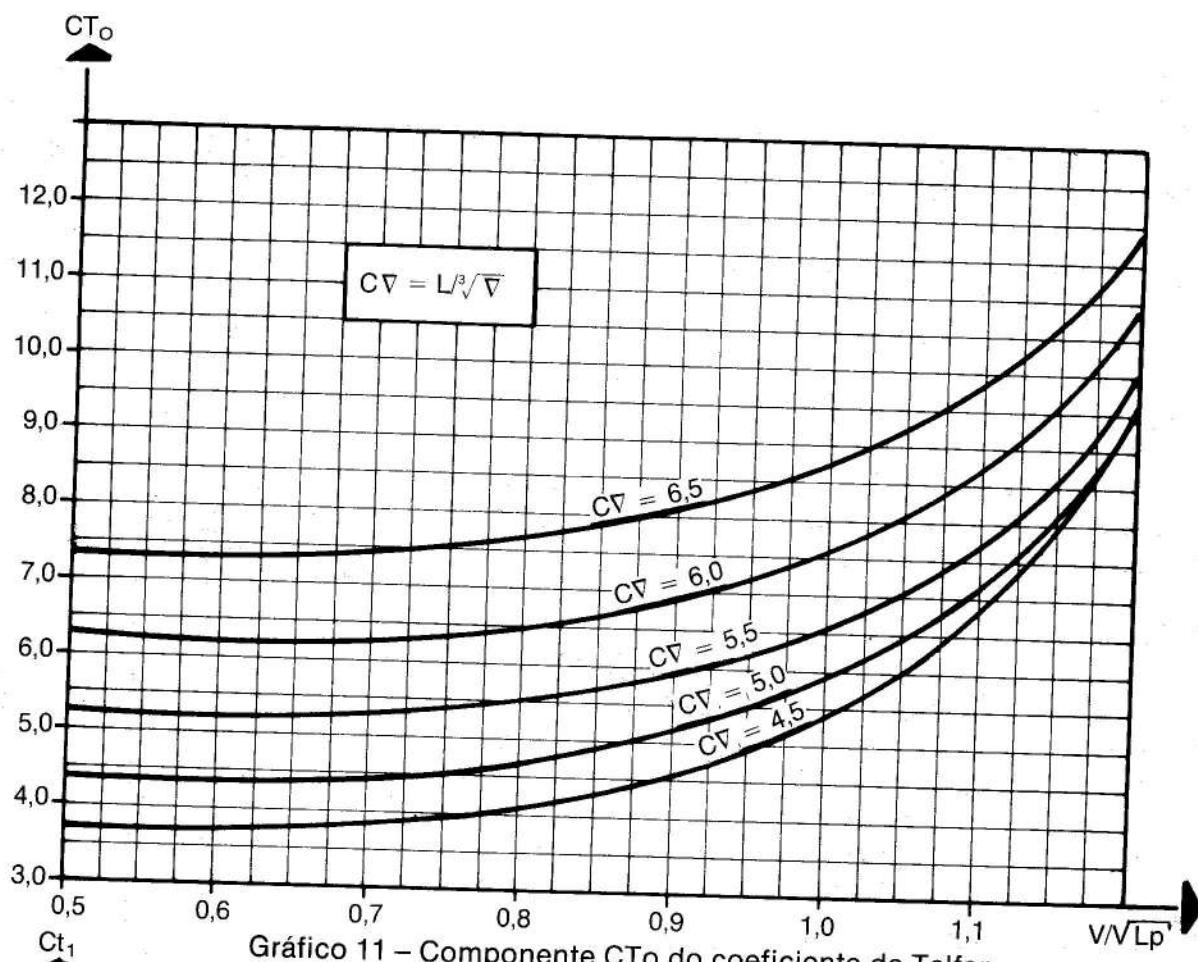


Tanque de provas da Dinav/IPT.

O produto dessas análises matemáticas é constituído pelos gráficos 11 e 12 e as formulações adjuntas envolvendo parâmetros conhecidos:

- $CB$  — Coeficiente de bloco ( $CB = \nabla / LBH$ )
- $C\nabla$  — Coeficiente volumétrico ( $C\nabla = L / \sqrt[3]{\nabla}$ )
- $\beta$  — Fator de correção de  $CB$  ( $\beta = (CB - 0,4) / 0,3$ )
- $CTL$  — Coeficiente de Telfer (resistência ao avanço) ( $CTL = CT_0 \times (1 + \beta \times CT_1)$ )
- $\Delta$  — Deslocamento máximo de projeto (em toneladas)
- $L$  — Comprimento na linha d'água (em metros)
- $BHP$  — Potência total de serviço (em cv)
- 173,18 — Fator de transformação de unidade de potência

Um fator relevante a salientar é que a **potência de propulsão e a velocidade não crescem à mesma proporção**, sendo maior o crescimento da potência. Isto será melhor compreendido no exemplo prático apresentado adiante.



#### CÁLCULO DO BHP:

$$CT_L = CT_o (1 + \beta CT_i) \text{ onde } \beta = (C_B - 0,4) / 0,3$$

OBS:  $L_p = \frac{L}{0,3048}$

$$BHP = \frac{CT_L \cdot \Delta \cdot V^3}{173,18 \cdot L}$$

$\Delta$  – Deslocamento  
 $V$  – Velocidade de serviço  
 $L$  – Comprimento na linha d'água

em: T  
 em: Nós  
 em: M

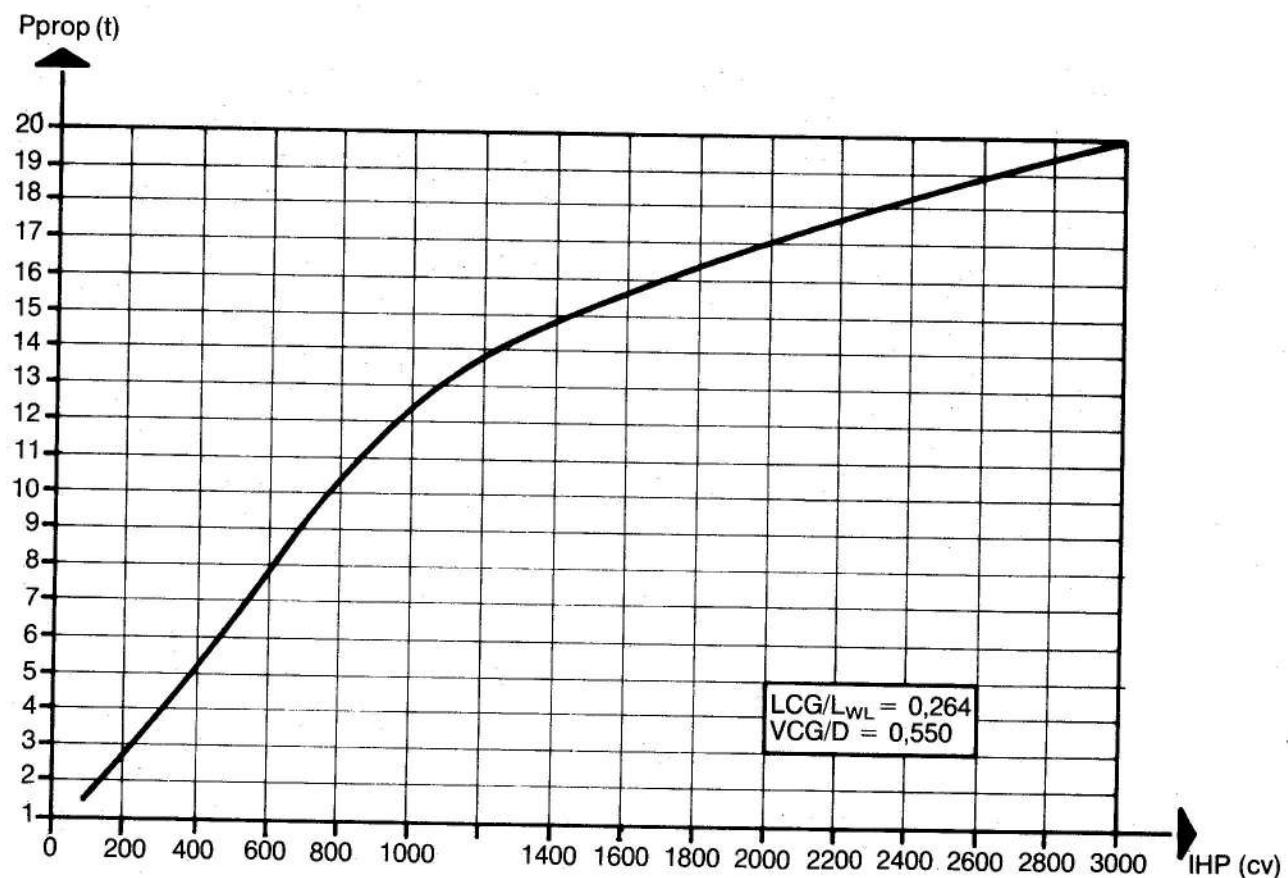


Gráfico 13 – Peso da instalação propulsora ( $P_{prop}$ ) em função da potência total instalada ( $IHP$ )

# ROTEIRO DE CÁLCULO



# Planilha para estimativa de potência

1 Preencha os seguintes valores já conhecidos.

1.1 Velocidade requerida pelo armador (em nós)   $V_s =$

1.2 Comprimento do navio na linha d'água (em metros)   $L =$

1.3 Deslocamento (em toneladas)   $\Delta =$

1.4 Coeficiente de bloco   $CB =$

1.5 Peso específico da água  
( $\gamma$  água doce = 1 t/m<sup>3</sup>;  $\gamma$  água salgada = 1,025 t/m<sup>3</sup>)   $\gamma =$

2 Calcule o volume deslocado  $\nabla$

$$\nabla = \frac{\Delta}{\gamma} = \frac{1000}{1,025} = \boxed{975} \quad \boxed{\nabla =}$$

3 Calcule o valor do  $L_p$ .

$$L_p = \frac{L}{0,3048} = \frac{100}{0,3048} = \boxed{328} \quad \boxed{L_p =}$$

4 Calcule o valor do  $V/\sqrt{L_p} = \boxed{100} \sqrt{\boxed{3}} = \boxed{173} \quad \boxed{V/\sqrt{L_p} =}$

5 Calcule o valor do coeficiente volumétrico.

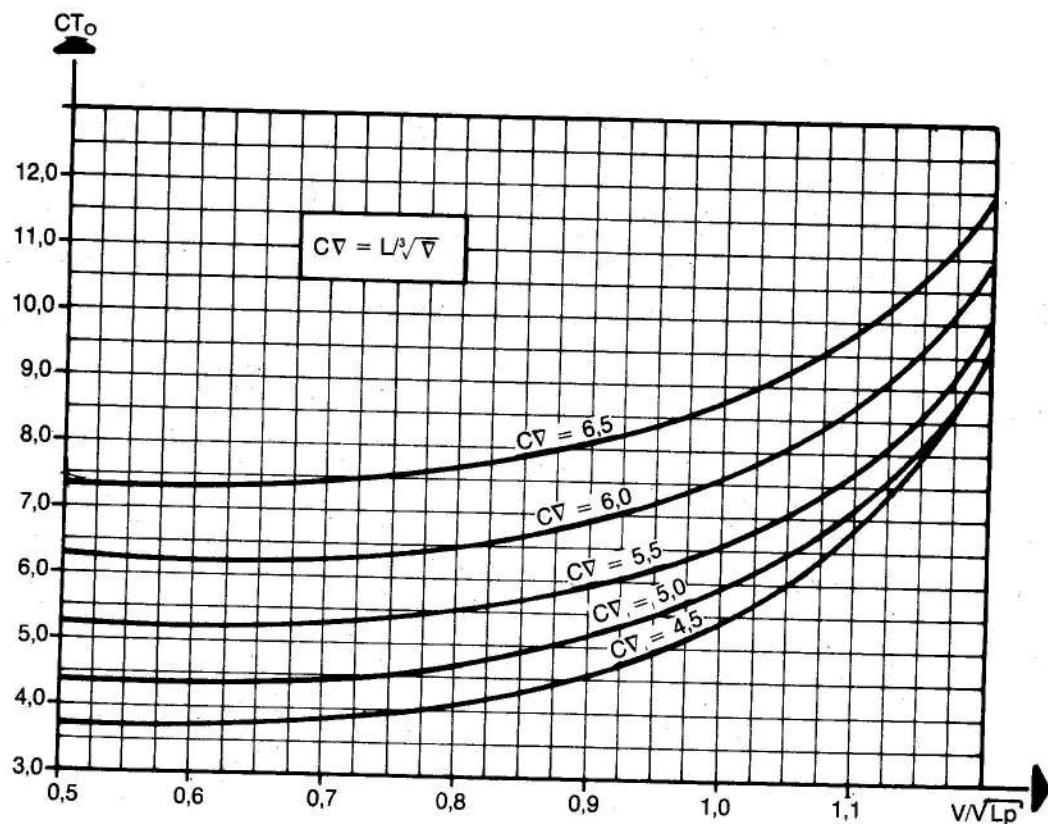
$$C\nabla = L^{1/3}/\nabla = \boxed{100}^{1/3}/\boxed{975} = \boxed{0,4} \quad \boxed{C\nabla =}$$

6 Calcule o valor do  $\beta$

$$\beta = \frac{(CB - 0,4)}{0,3} = \frac{\boxed{0,6} - 0,4}{0,3} = \boxed{0,4} \quad \boxed{\beta =}$$

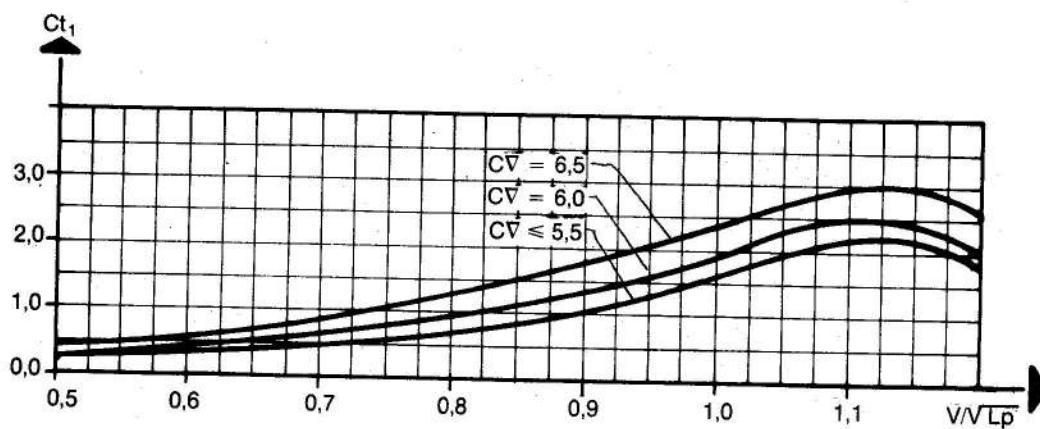
**NOTA:** Os números e/ou letras assinalados com círculos ou elipses referem-se aos itens e subitens indicados na planilha.

7 No gráfico 11 (p. 49) obtenha  $CT_0$ , conforme os valores de  $V/\sqrt{L_p}$  e  $C\nabla$ .



Valor obtido   $CT_0 =$

8 No gráfico 12 (p. 49) obtenha  $CT_1$ , conforme os valores de  $V/\sqrt{L_p}$  e  $C\nabla$ .



Valor obtido   $CT_1 =$

9 Calcule o valor do CTL.

$$CTL = CTL_0 (1 + \beta CTL_1) = 70 (1 + 0.1 \cdot 0)$$

$$CTL =$$

10 Calcule o valor de BHP.

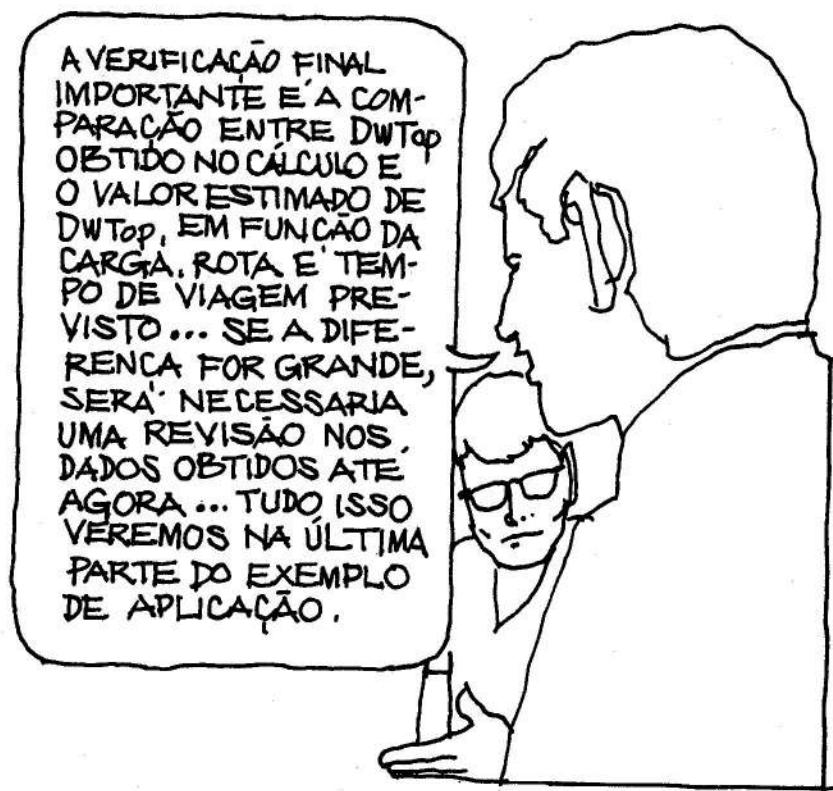
$$BHP = \frac{CTL \cdot \Delta V^3}{173,18 \cdot L} = \frac{0.1 \cdot 1 \cdot 1}{173,18 \cdot 1.2}$$

$$BHP =$$

11 Calcule o valor de IHP.

$$IHP = BHP \times 1,2 = 10 \times 1,2$$

$$IHP =$$



# Planilha para estimativa de potência

1 Preencha os seguintes valores já conhecidos.

- 1.1 Velocidade requerida pelo armador (em nós)  $V_s = 10 \text{ nós}^*$
- 1.2 Comprimento do navio na linha d'água (em metros)  $L = 33,40 \text{ m}$
- 1.3 Deslocamento (em toneladas)  $\Delta = 249 \text{ t}$
- 1.4 Coeficiente de bloco  $CB = 0,605$
- 1.5 Peso específico da água  
(água doce =  $1 \text{ t/m}^3$ ; água salgada =  $1,025 \text{ t/m}^3$ )  $\gamma = 1 \text{ t/m}^3$

2 Calcule o volume deslocado  $\nabla$ .

(\* ) O armador deseja velocidade de serviço médio de 10 nós.

$$\nabla = \frac{\Delta}{\gamma} = \frac{13}{1,5} \quad \nabla = 249 \text{ m}^3$$

3 Calcule o valor do  $L_p$ .

$$L_p = \frac{L}{0,3048} = \frac{12}{0,3048} \quad 33,40/0,3048 \quad L_p = 109,58 \text{ pés}$$

4 Calcule o valor de  $V/\sqrt{L_p} = 11/\sqrt{3} \quad 10/\sqrt{109,58} \quad V/\sqrt{L_p} = 0,955$

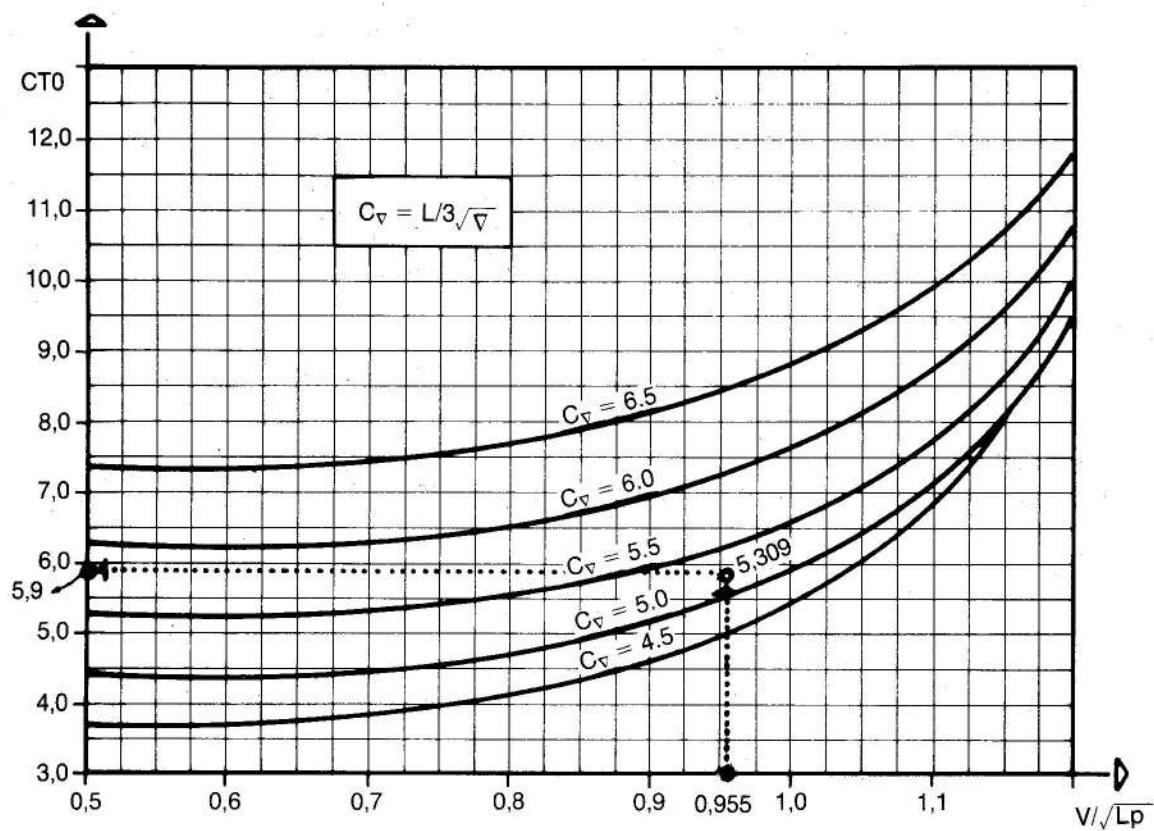
5 Calcule o valor do coeficiente volumétrico.

$$CV = L/\sqrt{\nabla} = 12/\sqrt[3]{2} \quad 33,4/\sqrt[3]{249} \quad CV = 5,309$$

6 Calcule o valor de  $\beta$ .

$$\beta = \frac{(CB - 0,4)}{0,3} = \frac{(1,4 - 0,4)}{0,3} \quad \left( \frac{0,605 - 0,4}{0,3} \right) \quad \beta = 0,6833$$

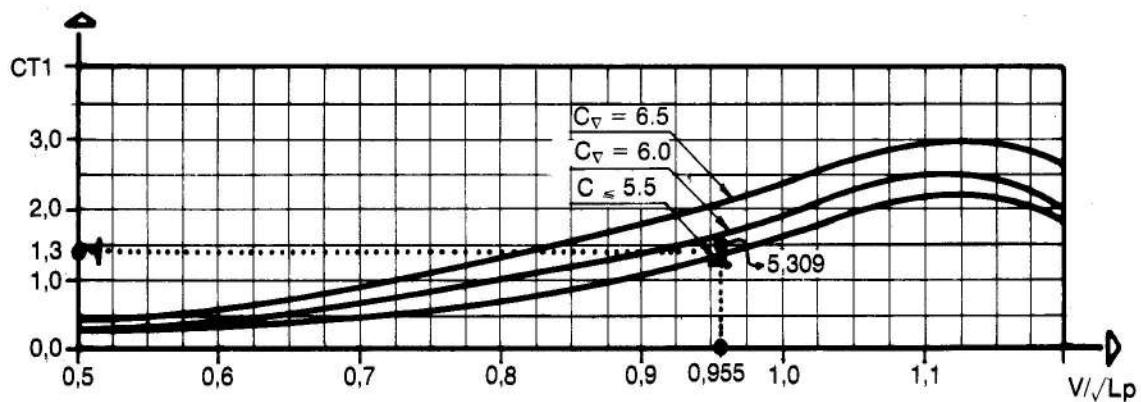
7 - No gráfico 11 obtenha  $CT_O$ , conforme os valores de  $V/\sqrt{L_p}$  e  $CV$ .



Valor obtido \_\_\_\_\_

$$CT_O = 5,9$$

8 - No gráfico 12 obtenha  $CT_1$ , conforme os valores de  $V/\sqrt{L_p}$  e  $CV$ .



Valor obtido \_\_\_\_\_

$$CT_1 = 1,3$$

9 Calcule o valor de CTL.

$$CTL = CT_O (1 + \beta CTL) = 5,9 (1 + 0,6833 \times 1,3)$$

$$(1 + 0,6833 \times 1,3) \quad CTL = 11,141$$

10 Calcule o valor de BHP.

$$BHP = \frac{CTL \cdot \Delta \cdot V^3}{173,18 \cdot L} = \frac{11,141 \times 249 \times 10^3}{173,18 \times 33,4} \quad BHP = 480 \text{ CV}$$

11 Calcule o valor de IHP.

$$IHP = BHP \times 1,2 = 480 \times 1,2 \quad IHP = 576 \text{ CV}$$

(\*) Fator de serviço (FS): considera as condições médias de operação do casco (rugosidade); valor adotado = 1,2.

## VARIAÇÃO DA POTÊNCIA DE PROPULSÃO

Para demonstrar que o aumento da potência de propulsão ocorre em proporção diferente do crescimento da velocidade, vamos calcular mais dois valores do BHP para  $V_s = 8,0$  nós e  $V_s = 12$  nós.



A)  $V_s = 8,0$  nós

$$\frac{V}{\sqrt{L_p}} = 0,764 \rightarrow \begin{cases} CT_o = 5,15 \\ CT_i = 0,60 \end{cases} \quad CTL = 7,261$$

$$BHP = \frac{7,261 \times 249 \times 8^3}{173,18 \times 33,4} = 160,04 \text{ cv}$$

B)  $V_s = 12$  nós

$$\frac{V}{\sqrt{L_p}} = 1,146 \rightarrow \begin{cases} CT_o = 8,25 \\ CT_i = 2,15 \end{cases} \quad CTL = 20,370$$

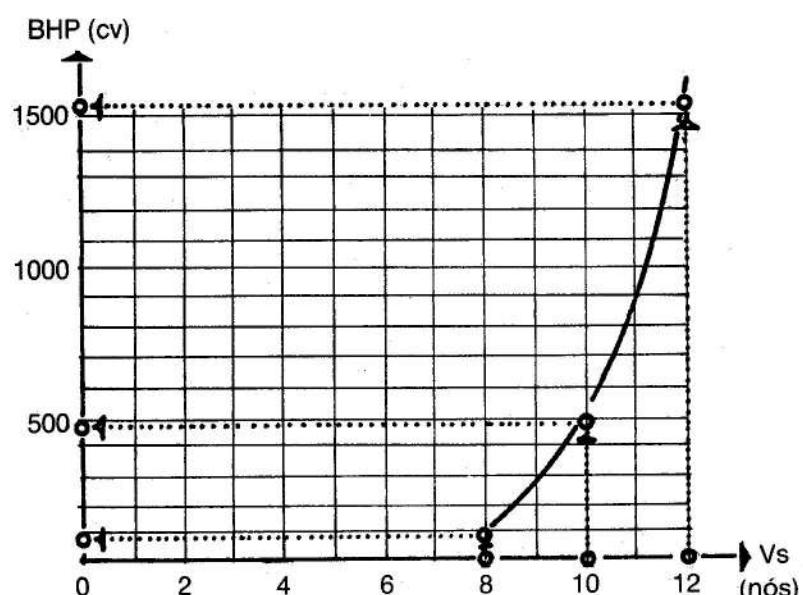
$$BHP = \frac{20,370 \times 249 \times 12^3}{173,18 \times 33,4} = 1515,27 \text{ cv}$$

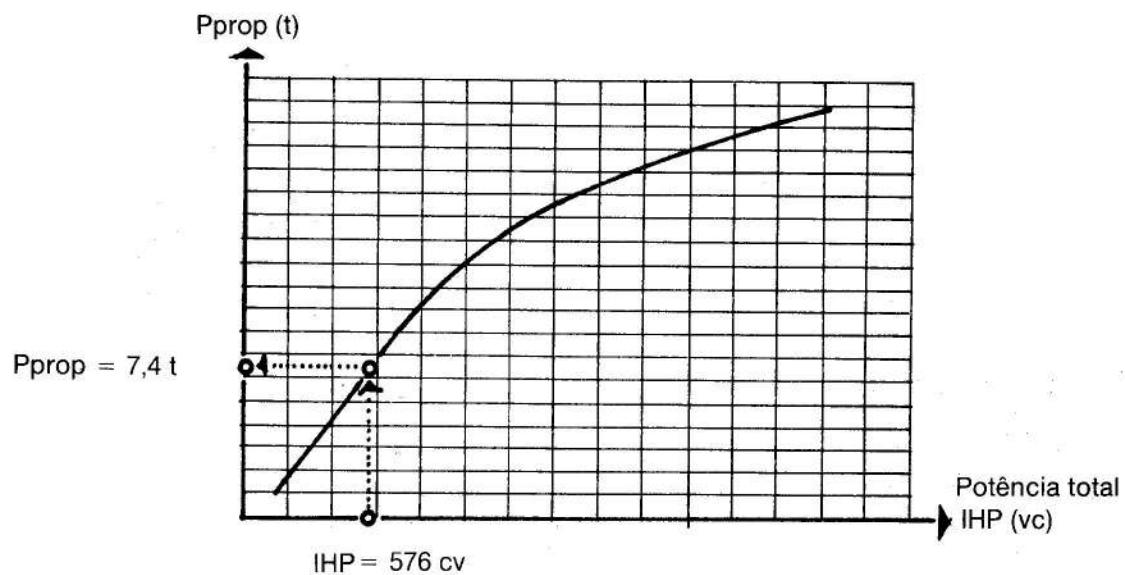
Temos, portanto, a seguinte relação  $V_s/BHP$ :

VELOCIDADE DE SERVIÇO ( $V_s$ )	POTÊNCIA TOTAL DE SERVIÇO (BHP)
8,0 nós	160,04 CV
10,0 nós	480,00 CV
12,0 nós	1 515,27 CV

Os valores acima e os obtidos no exemplo de aplicação do roteiro permitem levantar curva de variação  $V_s/BHP$ , conforme gráfico ao lado.

Como se verifica, a variação não é linear: o aumento de potência de propulsão (BHP), para se obter maior velocidade, é impraticável acima de determinado intervalo de variação.





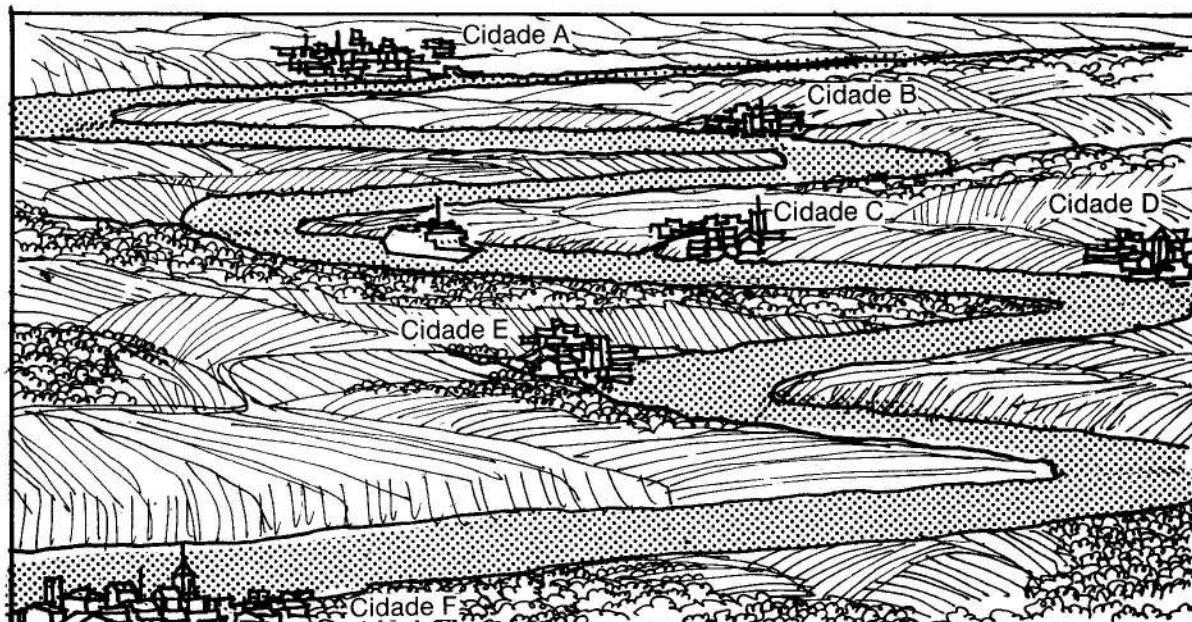
## PESO DA INSTALAÇÃO PROPULSORA

Entrando com o valor do IHP (576 cv) no gráfico 13, obtém-se  $P_{prop} = 7,4 \text{ t}$ .

## CÁLCULO DO DEADWEIGHT DE OPERAÇÃO

No cálculo anterior dos pesos obtivemos:  $Dw_{op} + P_{prop} = 41,24 \text{ t}$ .  
Portanto:  $Dw_{top} = 41,24 - P_{prop} = 41,24 - 7,4 = 33,84 \text{ t}$ .

Estimativa do deadweight de operação a partir dos requisitos do armador



- 1 Vamos supor que o armador queira operar o navio numa hidrovia da cidade A para a cidade F do seguinte modo:
- velocidade média de serviço: 10 nós;
  - escalas: 1 dia em B-D-E e 2 dias em C;
  - distância cidade A - cidade F: 1000 milhas;
  - tempo navegado:  $1000 \div 10 = 100$  h;
  - tempo nos portos:  $(1 + 2 + 1 + 1) \times 24 = 120$  h.

- 2 Consumo de combustível, assumindo:

- consumo = 0,19 L/cv hora para motores diesel;
- potência total dos MCA's = 25% da potência total dos MCP's.

Consumo de combustível será:

$$\text{navegando: } \frac{100 \times (480 + 0,25 \times 480) \times 0,19}{1000} = 11,4 \text{ m}^3 \rightarrow 9,69 \text{ t}$$

$$\text{nos portos: } \frac{120 \times 0,25 \times 480 \times 0,19}{1000} = 2,74 \text{ m}^3 \rightarrow 2,33 \text{ t}$$

$$\text{Consumo total: } 9,69 + 2,33 = 12,02 \text{ t}$$

- 3 Consumo de água doce e víveres, assumindo:

- tripulação de 12 pessoas, portanto, número total de pessoas a bordo:  $200 + 12 = 212$  pessoas;
  - consumo de água doce: 18 l/pessoa dia
  - consumo de víveres: 6 kg/pessoa dia.
- sendo:

$$220 \text{ h} = 9,2 \text{ dias de viagem, temos:}$$

$$\text{água doce} \rightarrow \frac{18 \times 212 \times 9,2}{1000} = 35,10 \text{ m}^3 \rightarrow 35,10 \text{ t}$$

$$\text{víveres} \rightarrow \frac{6 \times 212 \times 9,2}{1000} = 11,7 \text{ t}$$

$$\text{tripulação} \rightarrow \frac{12 \times 100}{1000} = 1,2 \text{ t}$$

- 4 Cálculo de DWT<sub>top</sub> necessário:

$$\begin{aligned} \text{DWT}_{\text{top}} &= P_{\text{combustível}} + P_{\text{água doce}} + P_{\text{víveres}} + P_{\text{tripulação}} + \text{pertences} = \\ &= 12,02 + 35,10 + 11,7 + 1,2 = 60,02 \text{ t} \end{aligned}$$

Portanto:  $\boxed{\text{DWT}_{\text{top}} = 60,02}$  sendo obtido a partir de cálculos de demanda, este é o valor mais próximo das reais necessidades.

- 5 Comparação com DWT<sub>top</sub> obtido através da estimativa de pesos em geral:

$$\left. \begin{array}{l} \text{DWT}_{\text{top}} \text{ necessário} = 60,02 \text{ t} \\ \text{DWT}_{\text{top}} \text{ obtido} = 33,84 \text{ t} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Portanto:} \\ \text{DWT}_{\text{top},\text{ob}} < \text{DWT}_{\text{top},\text{nec}} \end{array}$$

Para que os resultados sejam convergentes, é preciso escolher uma das seguintes opções:

- a) fazer reabastecimento numa das escalas diminuindo, dessa forma, o valor do DWT<sub>op</sub> necessário para valor igual ao valor do DWT<sub>op</sub> obtido;
- b) alterar as características geométricas do navio e reciclar o projeto;
- c) alterar os requisitos do armador, ou seja, diminuir a quantidade de carga e/ou passageiros, ou mudar de rota.

A opção mais prática é a opção a, que será assumida para prosseguir o estudo.

Assim, sendo DWT<sub>op</sub> = 33,84 t, é fixando-se o peso combustível = 12,02 t e peso tripulação = 1,2 t, temos:

$$\text{pesos água doce + víveres} \rightarrow 33,84 - 12,02 - 1,2 = 20,62 \text{ t}$$

$$\text{Se assumirmos Pvíveres} = 11,7/2 = 5,85 \text{ t}$$

$$\text{Págua doce} = 20,62 - 5,85 = 14,77 \text{ t}$$

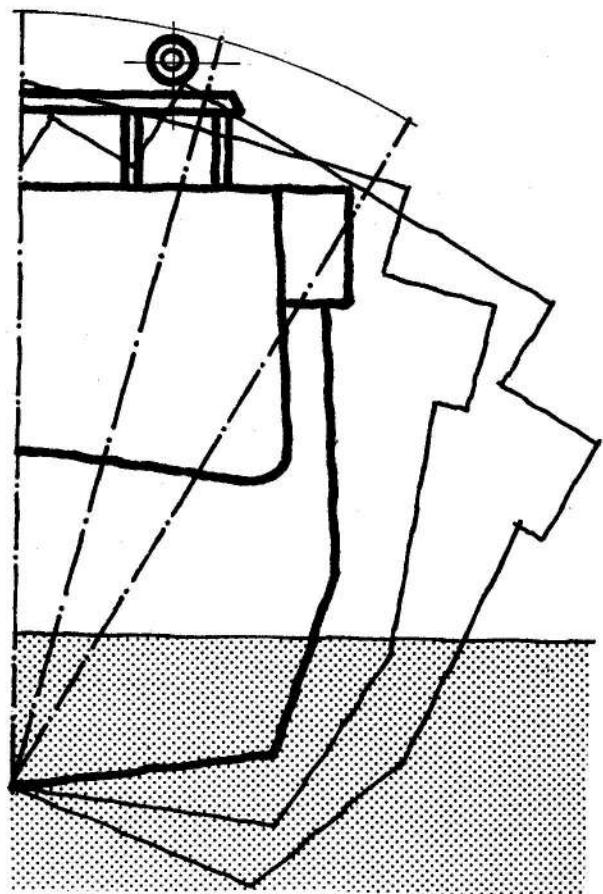
Portanto:

$$\boxed{\text{DWT}_{\text{op}} = 12,02 + 1,2 + 5,85 + 14,77 = 33,84 \text{ t}}$$

## MÓDULO IV

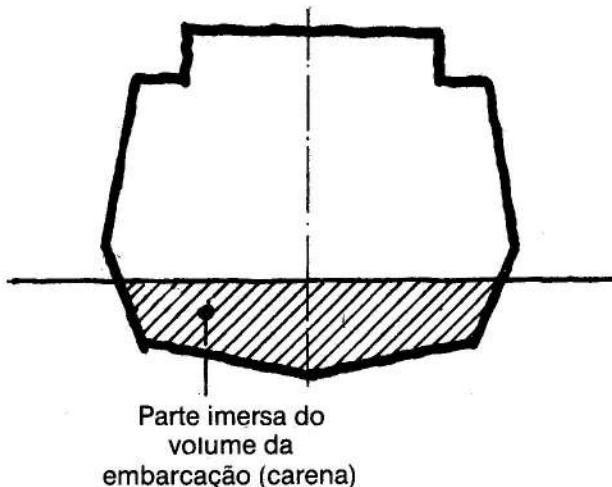
# ESTABILIDADE INTACTA

A estabilidade intacta aplica-se às embarcações em condições normais de flutuabilidade. Embarcações com avaria seguem critérios mais restritos na avaliação de estabilidade.



# CONCEITOS

O conceito **estabilidade** está relacionado com a condição de **flutuabilidade** da embarcação: equilíbrio sobre uma



superfície líquida com imersão parcial do seu volume (cavée).

O volume de parte imersa (cavée) desloca igual volume de água, cujo peso, conforme visto no item **Pesos e Centros** (p. 39), é equivalente ao peso total da embarcação. Daí, ser usual chamar **deslocamento** o peso da própria embarcação.

Volume da cavée ( $V$ ) = volume da água deslocada.

Peso do volume da água deslocada =  $\Delta$  (deslocamento) = peso da embarcação.

A condição de equilíbrio sobre superfície líquida se deve à ação da força **E** (empuxo), que o meio líquido (água) exerce sobre o corpo nele imerso. Tem as seguintes características:

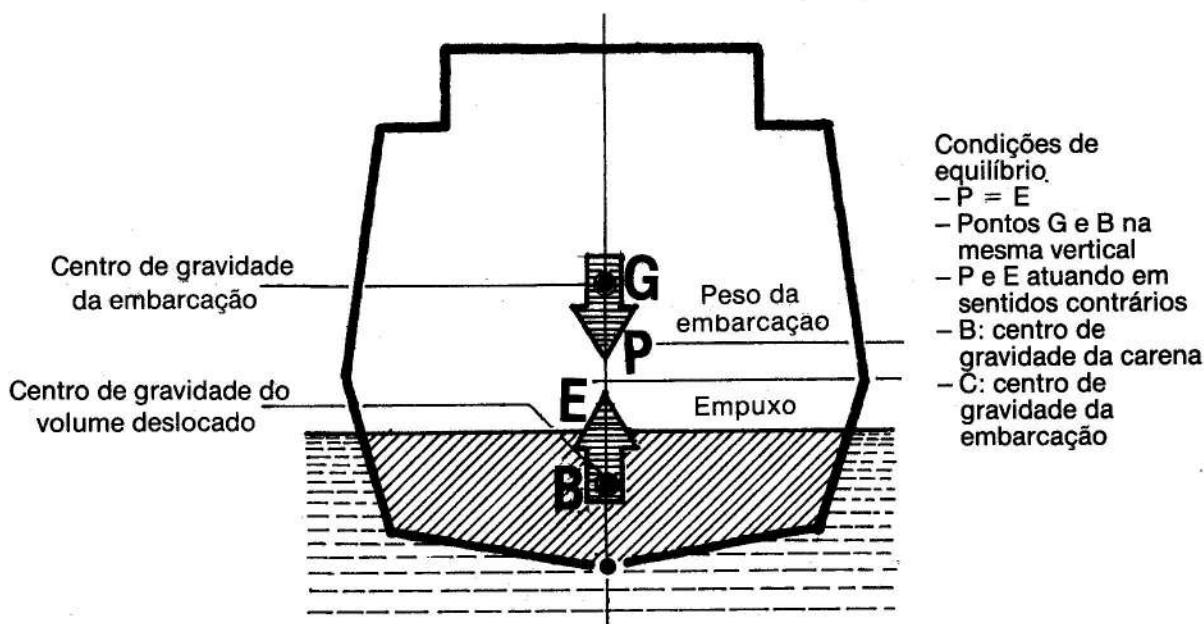
**Intensidade** — Igual ao peso do volume de líquido deslocado. Portanto, igual ao peso da embarcação ( $P_{emb} = E$ )

**Direção** — Vertical

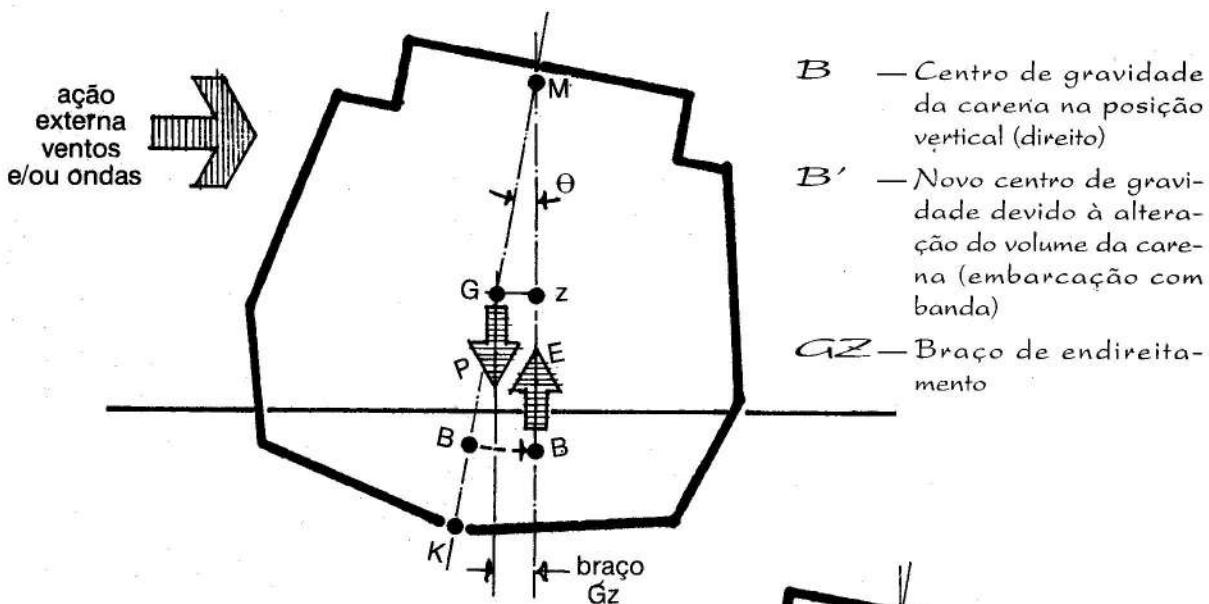
**Sentido** — De baixo para cima

**Ponto de aplicação** — Centro de gravidade do volume deslocado (ponto B da cavée)

As principais forças que atuam numa embarcação são, portanto, **peso** da embarcação ( $P$ ) e o **empuxo** ( $E$ ) do meio líquido (água) que, por serem de sentidos contrários, se anulam.



Os pontos **B** e **G** não alinhados numa mesma vertical significam **embarcações fora de prumo** (com banda), podendo, apesar da inclinação, estar em equilíbrio, dentro de certos limites (condição de equilíbrio estável).



- B** — Centro de gravidade da carena na posição vertical (direito)
- B'** — Novo centro de gravidade devido à alteração do volume da carena (embarcação com banda)
- GZ** — Braço de endireitamento

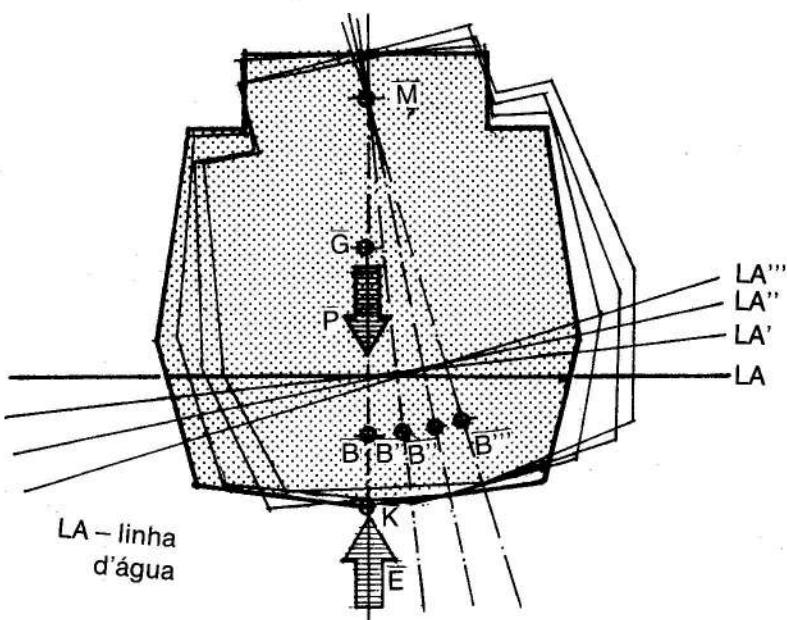
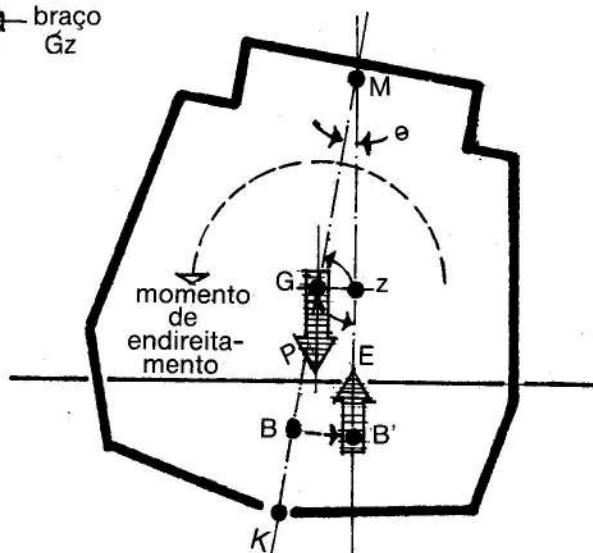
Cessando a causa que inclina a embarcação (vento e/ou ondas), a tendência é de voltar a sua posição original (**B** e **G** alinhados na vertical), através da ação conjugada **P-E** que faz girar no sentido de endireitamento.

O ponto **M** sobre a vertical **K-G** é denominado **metacentro** e se caracteriza como o ponto por onde devem passar as verticais pelos possíveis pontos **B** (**B**, **B'**, **B''**, **B'''**...) da carena dentro de uma faixa de inclinações (ângulo  $\theta$ ) que as embarcações com banda podem apresentar.

São usuais as seguintes denominações:

- M** — Metacentro
- KB** — Altura do centro da carena
- KG** — Altura do centro do peso
- GM** — Altura metacêntrica
- BM** — Raio metacêntrico
- KM** — Altura do metacentro

Enquanto apresentar, ao ser inclinado, metacentro (**M**) acima do centro de gravidade (ponto **G**), a embarcação possuirá estabilidade.

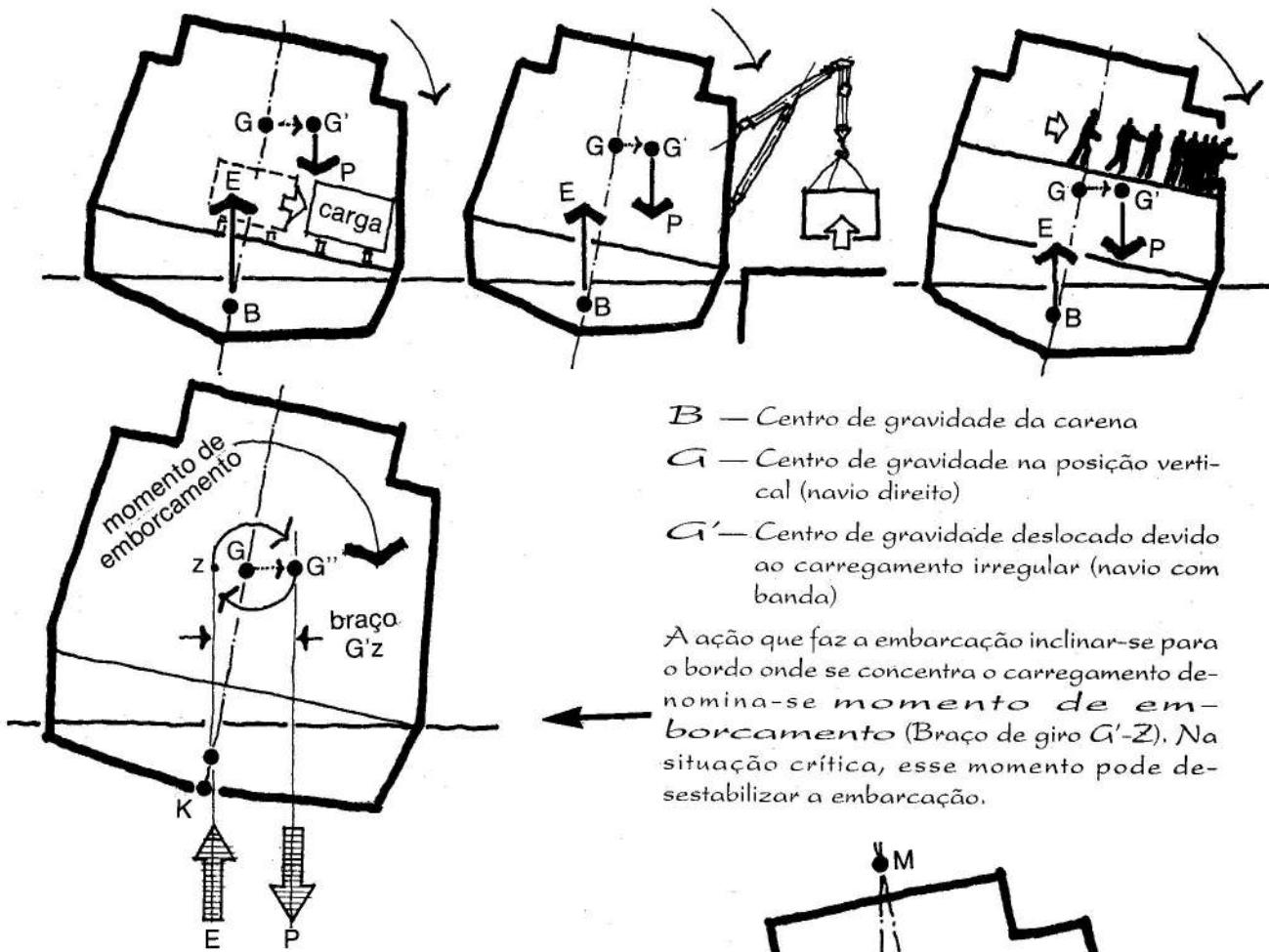


A embarcação pode apresentar-se ainda, com banda, sob ação de uma força interna provocada pela distribuição desequilibrada de cargas nos convéses ou nas laterais.

Acontece quando:

- as cargas são concentradas num dos bordos;
- ocorre içamento de carga pesada numa das laterais da embarcação;
- a maioria das pessoas a bordo se desloca para o mesmo lado.

Nestes três casos e em outras situações similares, o centro de gravidade  $G'$  se desloca para o lado onde tem excesso de carregamento, desalinhando-se do centro de carena  $B$  da posição original. Em consequência, as forças peso ( $P$ ) e empuxo ( $E$ ) formarão um conjugado de modo a forçar o navio a inclinar-se.

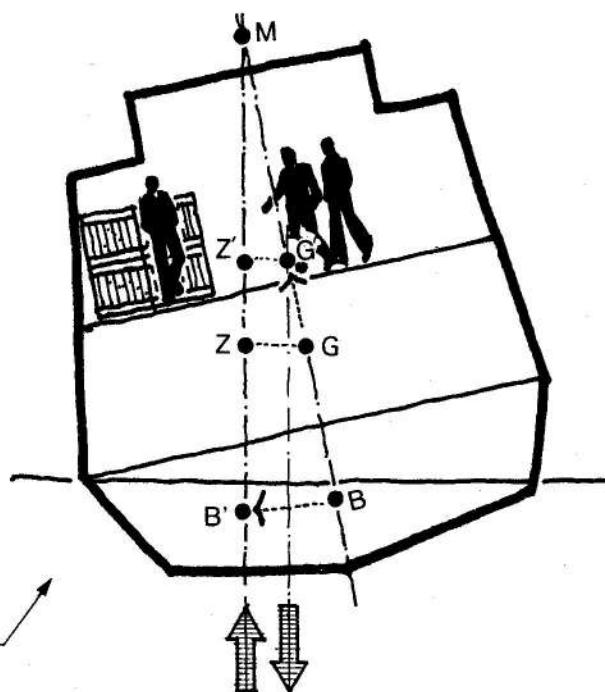


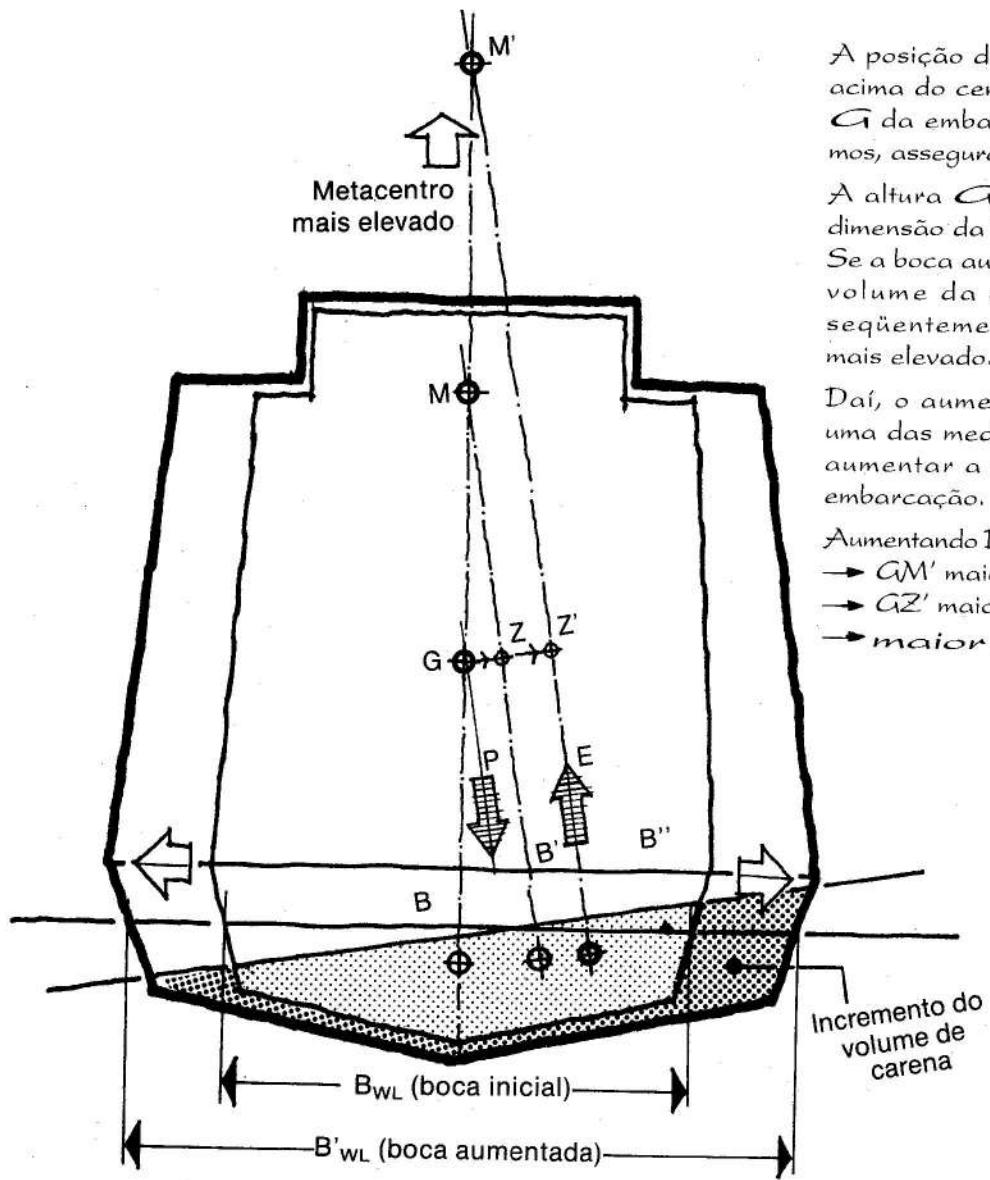
Conclui-se que a posição do centro de gravidade  $G$  depende da forma de distribuição de pesos dentro do espaço da embarcação.

Estivar cargas em convéses superiores, por exemplo, significa elevar centro de gravidade da embarcação e, consequentemente, tornar braço  $G-Z$  de endireitamento menor, prejudicando sua estabilidade.

$G'Z'$  menor que  $GZ$

$G$  desloca para  $G'$  devido ao carregamento no convés superior.





A posição do metacentro  $M$  acima do centro de gravidade  $G$  da embarcação, como vimos, assegura sua estabilidade.

A altura  $GM$  depende da dimensão da boca e do pontal. Se a boca aumenta, aumenta o volume da carena e, consequentemente,  $GM$  fica mais elevado.

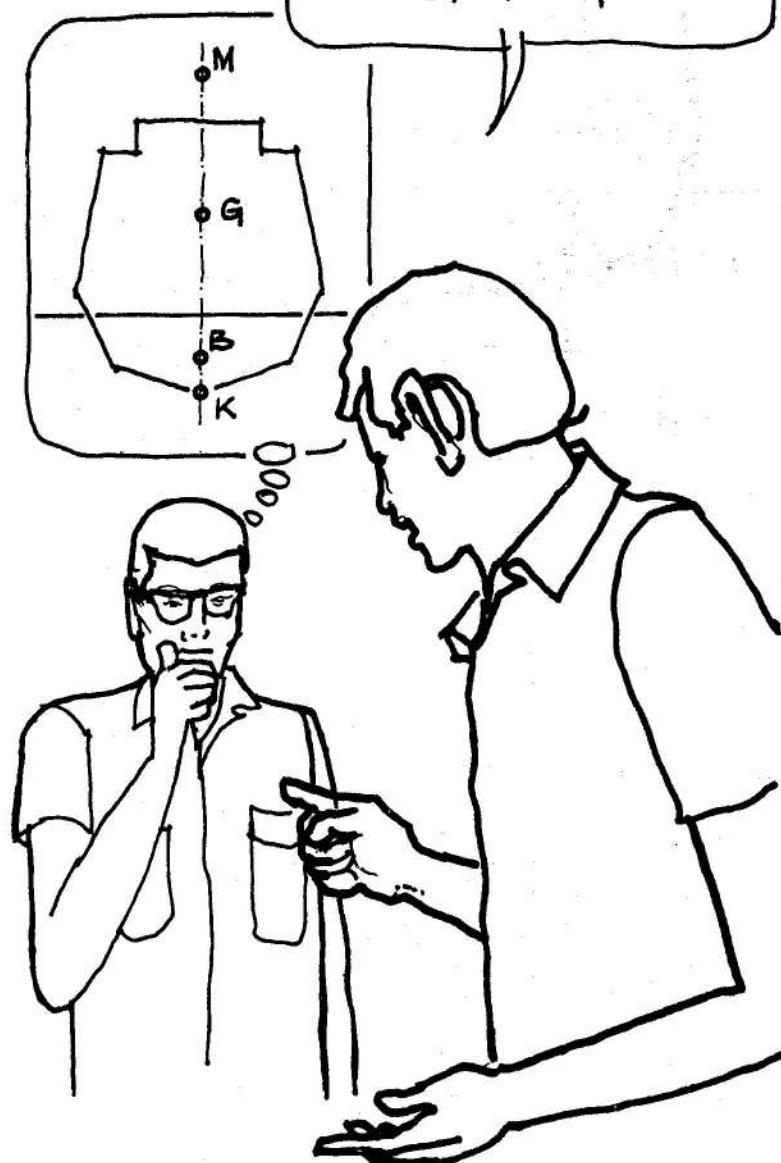
Dai, o aumento da boca ser uma das medidas usuais para aumentar a estabilidade da embarcação.

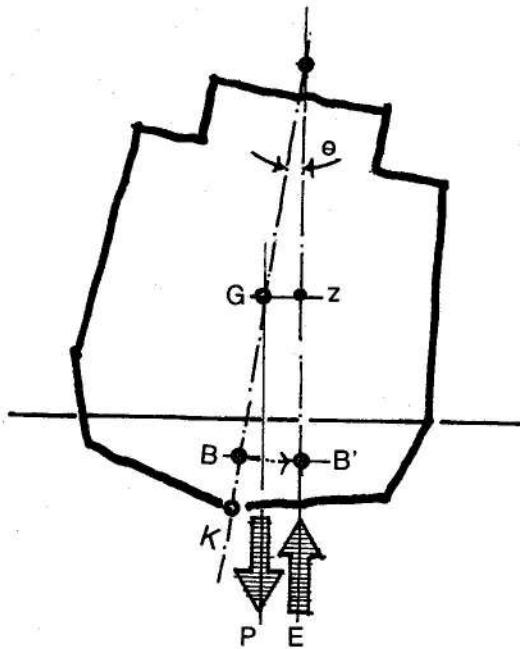
Aumentando  $B_{WL}$  para  $B'_{WL}$  →  
 →  $GM'$  maior que  $GM$  →  
 →  $GZ'$  maior que  $GZ$  →  
 → maior estabilidade.



# AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE

A AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE É FEITA COMPARANDO ALTURA METACÉNTRICA REQUERIDA ( $GMR$ ), OBTIDA NO GRÁFICO DOS SEMELHANTES E ALTURA METACÉNTRICA ( $GM$ ) DA NOSSA EMBARCAÇÃO, CALCULADA A PARTIR DOS VALORES  $K_b$ ,  $B_M$  E  $K_g$ .





GZ – Braço de endireitamento

$\theta$  – Ângulo de banda

GM – Altura metacêntrica

obtida no arranjo padrão  
e nos gráficos  $C_{WL} \times CB$   
e  $C_l - C_{WL}$

GM<sub>r</sub> – Altura metacêntrica  
requerida a ser obtida no  
gráfico GM<sub>r</sub> × boca

A embarcação deve satisfazer →

A estabilidade intacta de uma embarcação é avaliada através da curva de estabilidade que fornece braço de endireitamento × ângulo de banda.

Esta curva é levantada a partir das formas da embarcação para uma dada condição de carregamento e, segundo critérios estabelecidos internacionalmente, verifica-se se é satisfatória.

No caso de não se contar com o plano de linhas e, portanto, com a curva de estabilidade, adota-se o critério da **altura metacêntrica requerida (GM<sub>r</sub>)**.

O GM<sub>r</sub> depende das características da embarcação e do critério de estabilidade adotado.

Neste Manual será adotado GM<sub>r</sub> que corresponde ao braço de endireitamento superior a 0,2 m para ângulo de banda de 30°.

Seu valor é estimado com o auxílio do gráfico 16 (p. 71) e sobre curvas de parâmetro **B/D** (Boca/Pontal).

A verificar	GM maior ou igual a GM requerido
-------------	-------------------------------------

Pela figura acima, nota-se que:

$$KG + GM = KB + BM, \text{ portanto: } GM = KB + BM - KG$$

A estimativa da altura metacêntrica (GM) depende, conforme expressão acima, dos valores KB, BM e KG.

$$KB = H - \frac{H}{3} (0,5 - \frac{CB}{C_{WL}}) \quad \textcircled{A}$$

$\begin{cases} H & \rightarrow \text{Calado} \\ CB & \rightarrow \text{Coeficiente de bloco} \\ C_{WL} & \rightarrow \text{Obtido no gráfico 14 (p. 70)} \end{cases}$

$$BM = \frac{C_l (LB^3 / 12)}{\nabla} \quad \textcircled{B}$$

$\begin{cases} C_l & \rightarrow \text{Obtido no gráfico 15 (p. 70)} \\ L & \rightarrow \text{Comprimento} \\ B & \rightarrow \text{Boca} \\ \nabla & \rightarrow \text{Volume deslocado pela carena} \end{cases}$

KG – Dado de entrada estipulado previamente ou estimado através do Módulo II – Arranjo geral e Dimensões Principais (p. 13).

As expressões A e B derivam de um tratamento eminentemente técnico, cuja apresentação foge aos propósitos deste Manual. A nível de usuário não técnico, pouco iniciado em aspectos teóricos, interessa, somente, sua aplicação prática, o que veremos adiante através de um exemplo ilustrativo. Ressaltando a exigência  $GM \geq GM_r$ ; nesse exemplo os resultados obtidos conduzem à reciclagem de projeto para atender ao critério inicial de estabilidade.

Para orientação do usuário, é apresentada a seguir planilha com roteiro de cálculo de estabilidade.

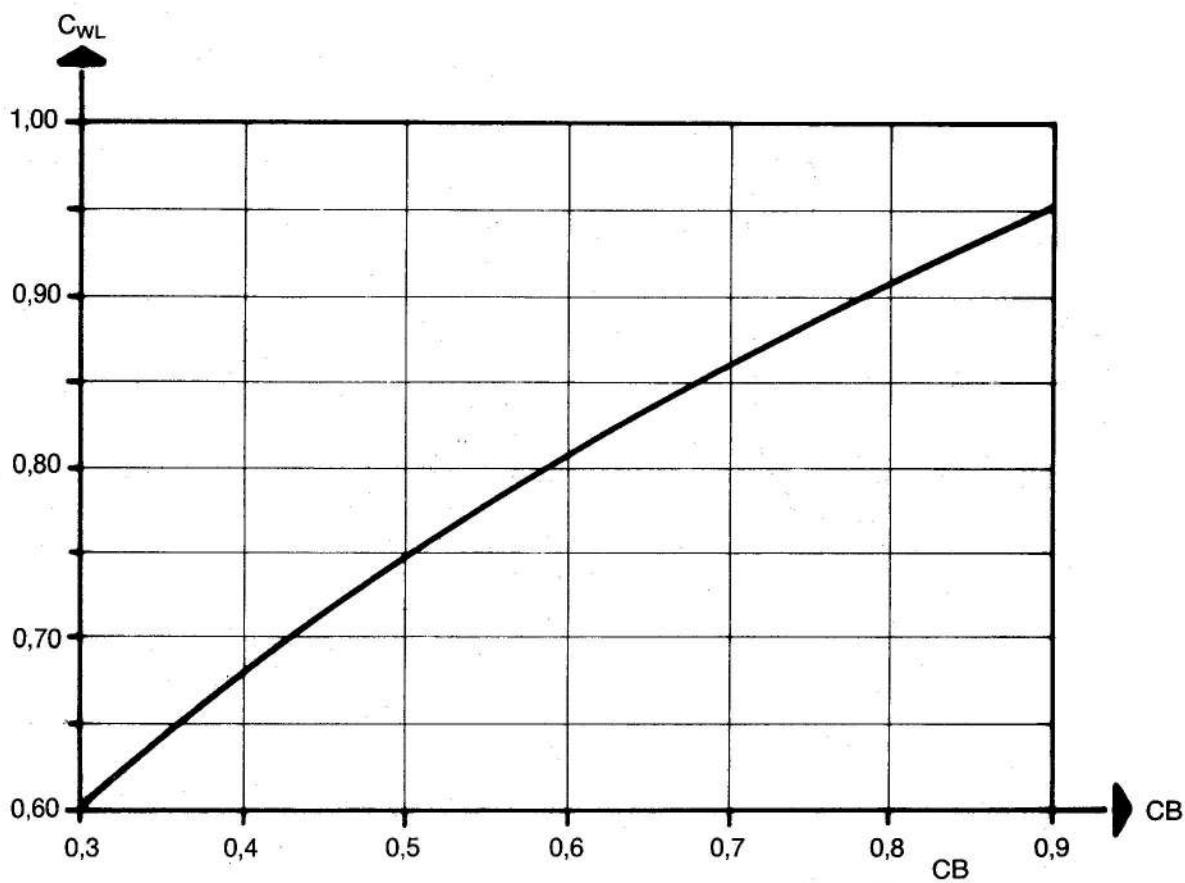


Gráfico 14 – Coeficiente da área na linha d'água ( $C_{WL}$ ) em função do coeficiente de bloco ( $CB$ )

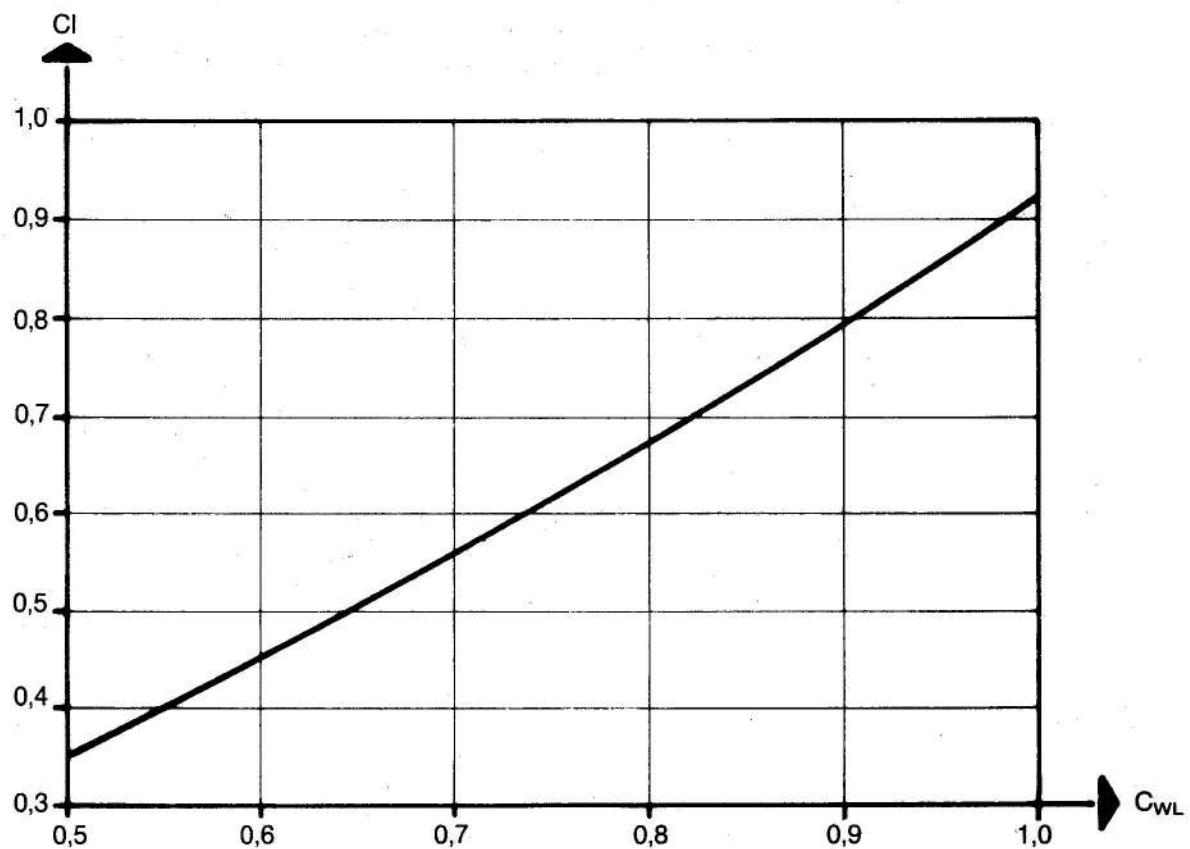


Gráfico 15 – Coeficiente de inércia da área na linha d'água ( $CI$ ) em função do coeficiente da área na linha d'água

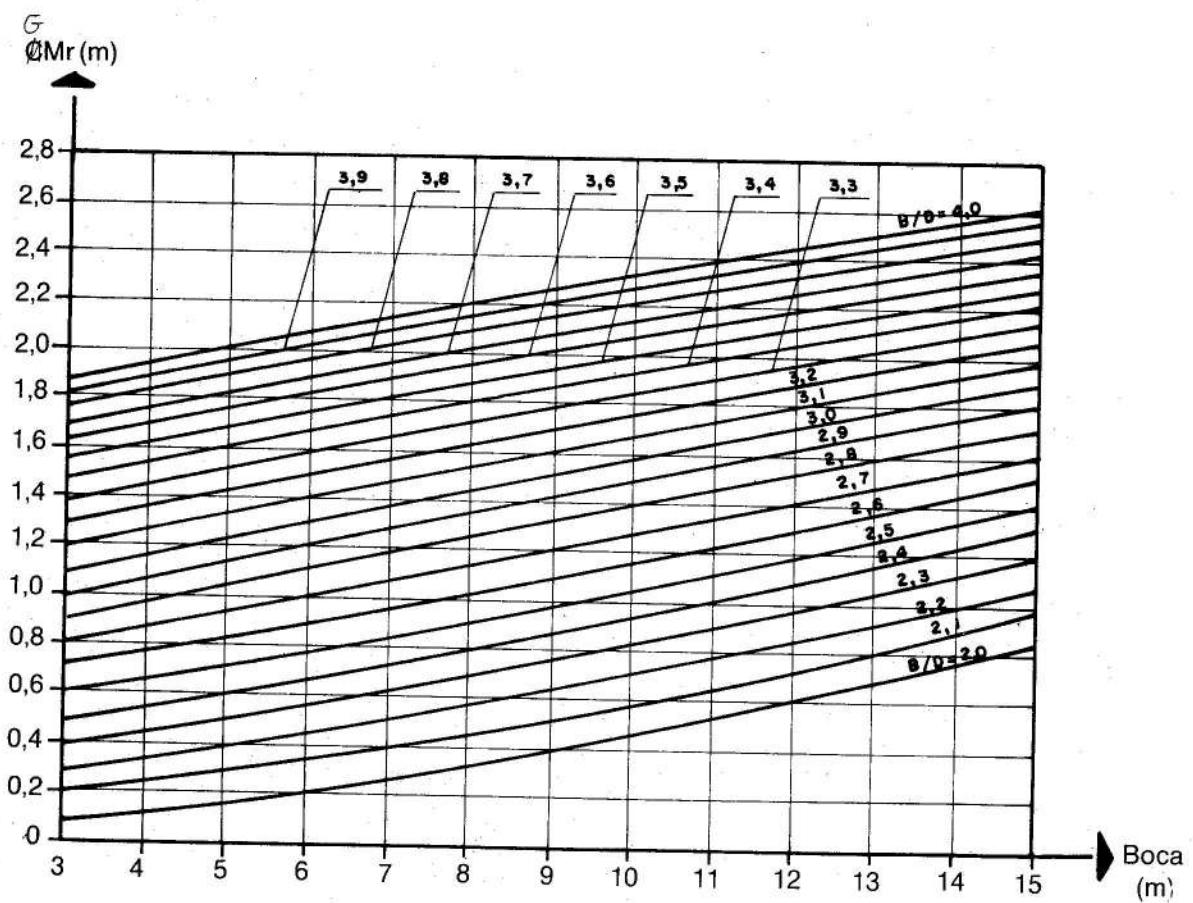


Gráfico 16 – Altura metacêntrica requerida ( $GM_r$ )  
em função da boca na linha d'água

$$2,0 \leq \frac{B}{D} \leq 4,0$$

# Planilha para cálculo de estabilidade

## I Determinação do KB e BM

a Preencha nos respectivos campos os valores numéricos de cada parâmetro já conhecido.

- a.1 Comprimento na linha d'água (em metros) \_\_\_\_\_
- a.2 Boca na linha d'água (em metros) \_\_\_\_\_
- a.3 Calado (em metros) \_\_\_\_\_
- a.4 Volume deslocado (em m<sup>3</sup>) \_\_\_\_\_
- a.5 Coeficiente de bloco \_\_\_\_\_

### b Cálculo do KB

b.1 Obtenha o valor do coeficiente da área de flutuação —  $C_{WL}$  — através do gráfico 14 (p. 70), dado o valor de  $CB$ .

$$C_{WL} = \boxed{\phantom{000}}$$

b.2 Calcule  $KB = H - H/3 (0,5 + CB/C_{WL}) \rightarrow [a3 - a3/3 \times (0,5 + a5/b1)]$

$$KB = \boxed{\phantom{000}}$$

### c Cálculo do BM

c.1 Obtenha o valor do coeficiente de inércia da área de flutuação —  $C_I$  — através do gráfico 15 (p. 70), dado o valor de  $C_{WL}$ .

$$C_I = \boxed{\phantom{000}}$$

c.2 Calcule  $BM = \frac{C_I (LB^3/12)}{V} \rightarrow \left[ \frac{a1 \times a1 \times a2}{12 \times a4} \right]$

$$BM = \boxed{\phantom{000}}$$

## II Determinação do KG

d Cálculo da posição vertical do centro de gravidade do navio leve:  $KG_{leve}$

- d.1 Preencha o valor do pontal (em metros) \_\_\_\_\_

NOTA: Os números e/ou letras assinalados com círculos ou elipses referem-se aos itens e subitens indicados na planilha.

d.2 Preencha a tabela abaixo

Discriminação	1	2	$3 = 1 \times 2$
	Peso (em t)	VGC ou KG (em m)*	Momento (em tXm)
d.2.1 Estrutura	Pestr =	$KG_{estr} = (1,124 \times \text{d.1})$	Mestr =
d.2.2 Auxiliares	Paux =	$KG_{aux} = (0,895 \times \text{d.1})$	Maux =
d.2.3 Acessórios	Pacess =	$KG_{acess} = (1,114 \times \text{d.1})$	Macess =
d.2.4 Acabamento	Pacob =	$KG_{acob} = (1,742 \times \text{d.1})$	Macob =
d.2.5 Propulsão	Pprop =	$KG_{prop} = (0,550 \times \text{d.1})$	Mprop =
Soma	$\Delta_{leve} =$		Mleve =

(\*) - Ver gráficos 7, 8, 9 e 10.

d.3 Calcule  $KG_{leve} = \frac{M_{leve}}{\Delta_{leve}}$  (em metros)

$KG_{leve} =$

e Cálculo da posição vertical do centro de gravidade do peso operacional:  $KG_{op}$

e.1 Preencha os valores numéricos já obtidos dos seguintes dados:

e.1.1 Peso total de óleo combustível (em t) \_\_\_\_\_  $P_{comb} =$

e.1.2 Peso total de água doce (em t) \_\_\_\_\_  $P_{ad} =$

e.2 Preencha a tabela abaixo:

Discriminação	1	2	$3 = 1 \times 2$
	Peso (em t)	VGC ou KG** (em m)	Momento (tXm)
e.2.1 Combustível no tanque (85% de e.1.1)			
e.2.2. (Combustível nos tanques de uso diário (15% de e.1.1))			
e.2.3 Água doce no tanque (97% de e.1.2)			
e.2.4 Água doce nas caixas d'água (10%) de e.1.2)			
e.2.5 Viveres			
e.2.6 Tripulação + Pertences			
Soma	$DWT_{op} =$		$M_{op} =$

(\*\*) As posições verticais dos centros de gravidade são estimados baseando-se no arranjo padrão escolhido

e.3 Calcule  $K_{Gop} = \frac{M_{op}}{DWT_{top}}$  (em metros) \_\_\_\_\_  $K_{Gop} =$  \_\_\_\_\_

f Cálculo da posição vertical do centro de gravidade da carga:  $K_{Gc}$

f.1 Preencha a tabela abaixo:

Discriminação	1	2	$3 = 1 \times 2$
	Peso (em t)	VCG ou KG (em m)*	Momento (t × m)
f.1.1 Carga			
f.1.2 Passageiros			
Soma	$DWT_c =$		$Mc =$

(\* ) As posições verticais dos centros de gravidade desses itens são estimados baseando-se no arranjo padrão escolhido.

f.2 Calcule  $K_{Gc} = \frac{Mc}{DWT_c}$  (em metros) \_\_\_\_\_  $K_{Gc} =$  \_\_\_\_\_

g Preencha a tabela abaixo:

Discriminação	Peso (em t)	Momento (t × m)
Navio leve	$\Delta_{leve} =$	$M_{leve} =$
Peso operacional	$DWT_{op} =$	$M_{op} =$
Carga	$DWT_c =$	$Mc =$
Soma	$\Delta =$	$M =$

h Calcule  $KG = \frac{M}{\Delta}$  (em metros) \_\_\_\_\_  $KG =$  \_\_\_\_\_

### III Determinação da altura metacêntrica GM

i Calcule:

$$GM = KB + BM - KG [6.2 + 6.9 - 6] \text{ (em metros)} \quad GM =$$

### IV Determinação da altura metacêntrica requerida GMr

j Calcule  $B/D = [a.2/d.1]$  \_\_\_\_\_  $B/D =$  \_\_\_\_\_

k Obtenha  $GMr$  através do Gráfico 16, entrando com o valor da

$$\text{boca } [a.2] \text{ e } B/D [d.1] \text{ (em metros)} \quad GMr =$$

## V Compare os valores de GM e GM<sub>r</sub>

- Se GM for maior ou igual a GM<sub>r</sub> [ $\geq$ ], então a embarcação atende ao critério inicial de estabilidade.
- Se GM for menor que GM<sub>r</sub> [ $<$ ], então deve-se reciclar o projeto.

## VI Para reciclar o projeto

- Calcule o valor "delta" ( $\delta$ ), margem de acréscimo para boca:

$$\delta = \frac{GM_r - GM}{GM} \left[ \frac{B - D}{D} \right] \quad \boxed{\delta =}$$

- Calcule o novo valor da boca

$$B_{\text{novo}} = (1 + \delta) \cdot B [(1 + l) \times \cancel{a_1} \cancel{a_2}] \text{ (em metros)} \quad \boxed{B_{\text{novo}} =}$$

- Calcule o novo valor do pontal

$$D_{\text{novo}} = \frac{B_{\text{novo}}}{(B/D)} \left[ \frac{\cancel{a_3}}{\cancel{a_2}} \right] \text{ (em metros)} \quad \boxed{D_{\text{novo}} =}$$

- Calcule o novo valor do deslocamento

$$\Delta_{\text{novo}} = CB \times L \times H \times B_{\text{novo}} [\cancel{a_4} \times \cancel{a_5} \times \cancel{a_6} \times \cancel{a_7}] \text{ (em t)} \quad \boxed{\Delta_{\text{novo}} =}$$

## VII Retomada do processo de projeto

Com os novos valores de parâmetros principais definidos pode-se retomar o processo de projeto a partir do item Arranjos Padrões, (p. 29).



Deste exemplo já obtemos os seguintes dados:

$$\begin{aligned}L &= 33,40 \text{ m} \\B &= 7,70 \text{ m} \\H &= 1,60 \text{ m} \\D &= 2,38 \text{ m} \\CB &= 0,605 \\\nabla &= 249 \text{ m}^3 \\\Delta &= 249 \text{ t}\end{aligned}$$

Do Arranjo padrão temos:

$$\begin{aligned}h &= 2,4 \text{ m} \\A &= 5,50 \text{ m} \\ADF &= 0,48 \text{ m}\end{aligned}$$

- 1 Cálculo do  $GM$  (altura metacêntrica) sendo:  $GM = KB + BM - KG$  precisamos, inicialmente, calcular os valores de  $KB$ ,  $BM$  e  $KG$ .

#### 1.1 Cálculo do $KB$ (altura do centro da carena)

$$KB = H - \frac{h}{3} (0,5 + CB/CWL)$$

$H, CB \rightarrow$  conhecidos (ver acima)

$CWL \rightarrow$  gráfico 14 (p. 70)  $\rightarrow$   
 $CWL = 0,81$

Portanto:  $KB = 0,935 \text{ m}$

#### 1.2 Cálculo do $BM$ (raio metacêntrico)

$$BM = \frac{CI(LB^3/12)}{\nabla}$$

$L, B, \nabla \rightarrow$  conhecidos (ver acima)

$CI \rightarrow$  gráfico 15 (p. 70)  $\rightarrow CI = 0,686$

Portanto:  $BM = 3,500 \text{ m}$

#### 1.3 Cálculo do $KG$

Para acharmos altura do centro de peso ( $KG$ ) é necessário determinar momentos de todos os itens de peso que entram no cômputo do peso total da embarcação. Vimos que:

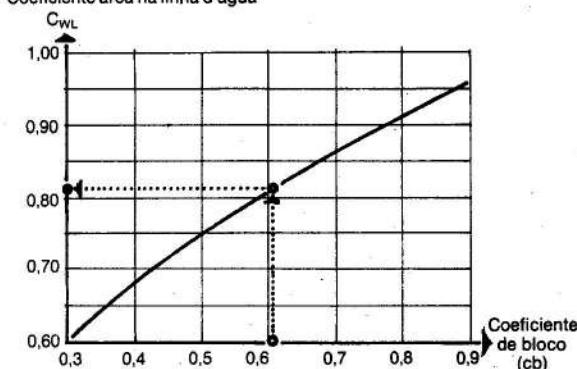
$$\Delta = DWTop + DWTC + \Delta leve$$

$$\Delta \times KG = DWTop \times KGop + DWTC \times KGc + \Delta leve \times KGleve$$

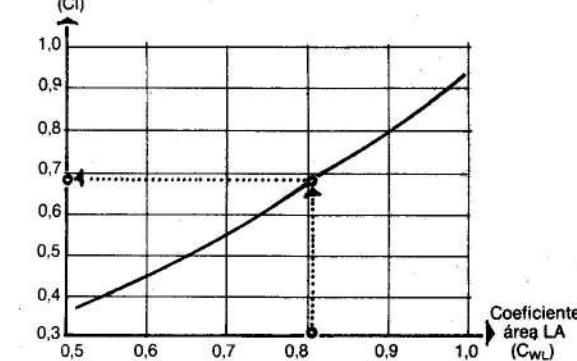
Portanto: 
$$KG = \frac{DWTop \times KGop + DWTC \times KGc + \Delta leve \times KGleve}{\Delta}$$

No cálculo do  $KGop$  entram contribuições de pesos de combustível, água doce, víveres, tripulações e pertences, cujos valores já vimos no exemplo do Módulo III — Estimativa de deadweight de operação a partir dos requisitos do armador, (p. 47).

Coefficiente área na linha d'água



Coefficiente de inércia (CI)



$$KG_{op} = \frac{P_{comb} \times KG_{comb} + P_{água doce} \times KG_{a.d.} + P_{viveres} \times KG_{v.} + P_{trip} \times KG_{trip}}{DWTop}$$

	<u>peso</u>	<u>KG</u>		<u>momento</u>
Combustível	12,02	$\times 0,949 (0,7 \cdot ADF \cdot 0,7 + 0,3 \cdot D)$	=	11,407
Água doce	14,77	$\times 2,389 (0,7 \cdot ADF \cdot 0,7 + 0,3[(A - W_2) + D])$	=	35,286
Viveres	5,85	$\times 3,58 (D + h/2)$	=	20,943
Tripulação + pertences	1,2	$\times 5,38 (A/2 + D)$	=	6,456
	33,84			74,902

$$\therefore KG_{op} = \frac{74,092}{33,84} = 2,189 \text{ m}$$

valores estimados a partir  
do arranjo padrão adotado

$$KG_c \text{ é obtido a partir da quantidade de carga e número de passageiros} \rightarrow KG_c = \frac{Q_c \times KG_Q + NP \times 100/1000 \times KG_{pass}}{DWTC}$$

	<u>peso</u>	<u>KG</u>		<u>momento</u>
Carga	70,00	$\times 2,39 \left( \frac{D+h}{2} \right)$	=	167,3
Passageiros	20,00	$\times 6,7 \cdot [D + (A - h/2) \times 0,9]$	=	134
	90,00			301,3

$$\therefore KG_c = \frac{301,3}{90} = 3,3480 \text{ m}$$

valores estimados a partir  
do arranjo padrão adotado

$KG_{leve}$  leva em conta pesos da estrutura, propulsão, auxiliares, acessórios e acabamento (ver item *Pesos e centros*, (p. 39)).

$$KG_{leve} = \frac{P_{estr} \times KG_{estr} + P_{prop} \times KG_{prop} + P_{aux} \times KG_{aux} + P_{acess} \times KG_{aux} + P_{cab} \times KG_{cab}}{\Delta_{leve}}$$

	<u>peso</u>	<u>KG</u>		<u>momento</u>
Estrutura	93,53	$\times 2,675 (1,124 \cdot D)$	=	250,193
Propulsão	7,4	$\times 1,309 (0,55 \cdot D)$	=	9,686
Auxiliares	7,47	$\times 2,130 (0,895 \cdot D)$	=	15,911
Acessórios	5,45	$\times 2,651 (1,114 \cdot D)$	=	14,448
Acabamento	11,31	$\times 4,146 (1,742 \cdot D)$	=	46,891
	125,16			337,129

Formulações constantes nos  
gráficos 7, 13, 8, 9 e 10  
respectivamente.

$$\therefore KG_{leve} = \frac{337,129}{125,16} = 2,694 \text{ m}$$

Uma vez determinados todos os  $KG$ 's, podemos retornar à expressão:

$$KG = \frac{DWTop \times KG_{op} + DWTC \times KG_c + \Delta_{leve} \times KG_{leve}}{\Delta} =$$

	<u>peso</u>	<u>KG</u>		<u>momento</u>
Peso leve ( $\Delta_{leve}$ )	125,16	$\times 2,694$	=	337,129
Carga + Passag. ( $DWTC$ )	90,00	$\times 3,348$	=	301,300
Peso Operacional ( $DWTop$ )	33,84	$\times 2,189$	=	74,092
	249,00			712,521

$$KG = \frac{712,521}{249,000} = 2,862 \text{ m}$$

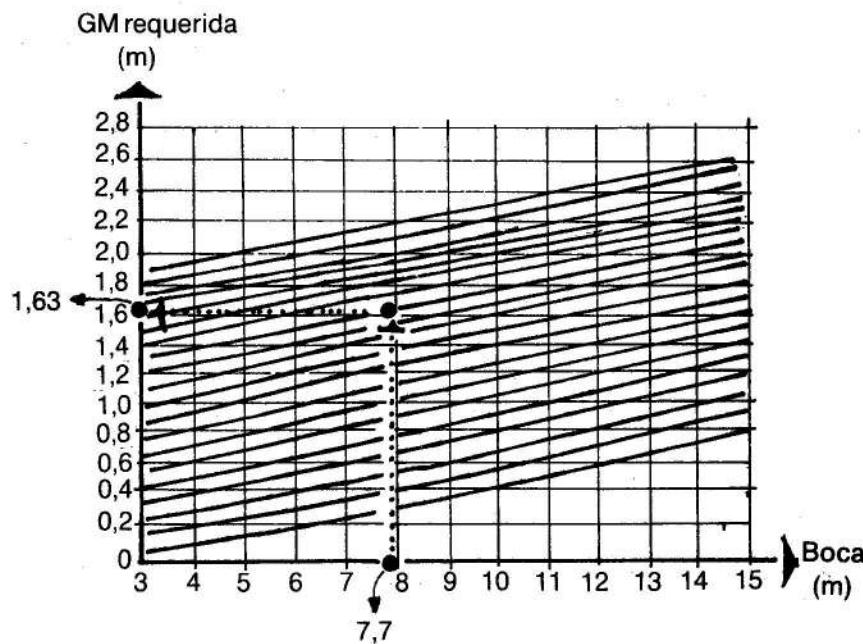
Resumindo —  $KB = 0,935 \text{ m}$   
 $BM = 3,500 \text{ m}$   
 $KG = 2,862 \text{ m}$

$$\left. \begin{array}{l} KB = 0,935 \text{ m} \\ BM = 3,500 \text{ m} \\ KG = 2,862 \text{ m} \end{array} \right\} GM = KB + BM - KG$$

Portanto:  $GM = 0,935 + 3,500 - 2,862 = 1,573 \text{ m}$

## 2 Determinação do $GM_r$ (Altura metacêntrica requerida)

Pelo gráfico 16,  
entrando com os valores:  
Boca: 7,7 m  
B/D : 3,235  
Obtemos:  $GM_r = 1,63 \text{ m}$



## 3 Verificação

$$\left. \begin{array}{l} GM = 1,573 \\ GM_r = 1,63 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Não atende ao critério inicial de estabilidade:} \\ GM \geq GM_r \quad (GM \text{ maior ou igual a } GM_r) \end{array}$$

Entretanto, o fato dos valores de  $GM$  e  $GM_r$  estarem bastante próximos significa que a embarcação não é inviável. Para melhorar a estabilidade, há duas opções:

- A) alterar as posições dos itens de peso de modo a abaixar a posição vertical do centro de gravidade ( $KG$ );
- B) alterar as características geométricas.

### Análise das opções

**Opção A:** necessita de maior detalhamento do arranjo, o qual possibilitaria melhor estimativa dos itens de peso e suas respectivas posições; porém, as incertezas dos resultados podem aumentar.

**Opção B:** Nesse caso, é a mais indicada, apesar de exigir reciclagem de projeto; é o que veremos a seguir.

## 4 – Reciclagem de projeto

### 4.1 Novas características geométricas

Para alterar as características do navio visando melhor estabilidade, o parâmetro indicado é a **boca**, pois este parâmetro é o que mais influencia a estabilidade.

Podemos assumir que:  $\frac{GM_r - GM}{GM} = \delta$  e  $B_{\text{Novo}} = (1 + \delta)B$

Substituindo por valores numéricos, temos:

$$\delta = \frac{1,63 - 1,589}{1,589} = 0,0258 \rightarrow B_{\text{Novo}} = (1 + 0,0258) 7,7 \cong 7,9 \text{ m}$$

Portanto:  $B_{\text{Novo}} = 7,9 \text{ m}$  Para que não haja muitas alterações nos resultados anteriores, vamos fixar algumas dimensões e parâmetros iniciais:

$$L = 33,40 \text{ m} \quad H = 1,60 \text{ m} \quad CB = 0,605 \quad B/D = 3,235$$

Com a nova boca ( $B_{\text{Novo}} = B = 7,9 \text{ m}$ ) vamos calcular  $D$  e  $\Delta$ :

$$D' = \frac{B'}{3,235} = \frac{7,9}{3,235} = 2,44 \text{ m}$$

$$\Delta = CB \times L \cdot B \cdot H = 0,605 \times 33,4 \times 7,9 \times 1,6 = 255,4 \text{ t}$$

Portanto, as novas características geométricas da embarcação são:

$$L = 33,40 \text{ m}$$

$$B = 7,90 \text{ m}$$

$$D = 2,44 \text{ m}$$

$$H = 1,60 \text{ m}$$

$$\Delta = 255,4 \text{ t}$$

$$h = 2,40 \text{ m}$$

$$CB = 0,605$$

$$A = 6,00 \text{ m}$$

$$ADF = 0,50 \text{ m}$$

### 4.2 Nova estimativa de pesos:

$$LBD/100 = 6,44$$

$$CP_{\text{est}} = 15,16 \rightarrow P_{\text{est}} = 97,63 \text{ t}$$

$$CP_{\text{aux}} = 1,21 \rightarrow P_{\text{aux}} = 7,79 \text{ t}$$

$$CP_{\text{acess}} = 0,905 \rightarrow P_{\text{acess}} = 5,83 \text{ t}$$

$$CP_{\text{cab}} = 1,848 \rightarrow P_{\text{cab}} = 11,90 \text{ t}$$

$$P_{\text{prop}} + DWT_{\text{op}} = 255,4 - 90 - 97,63 - 7,79 - 5,83 - 11,9 = 42,25 \text{ t}$$

#### 4.3 Nova propulsão: aplicando roteiro de cálculo temos:

$$\begin{array}{lll}
 1) V = 10 \text{ nós} & 6) \nabla = 255,4 \text{ m} & 11) CT_o = 5,85 \\
 2) L = 33,40 \text{ m} & 7) L_p = 109,58 \text{ pés} & 12) CT_1 = 1,3 \\
 3) \Delta = 255,4 \text{ t} & 8) V/\sqrt{L_p} = 0,955 & 13) CT_L = 11,047 \\
 4) CB = 0,605 & 9) C_v = 5,264 & 14) BHP = 488 \text{ CV} \\
 5) \gamma = 1t/m^3 & 10) \beta = 0,6833... & 15) IHP = 585,6 \text{ CV}
 \end{array}$$

No gráfico  $IHP \times P_{prop}$ , obtemos: Novo  $P_{prop} = 7,6 \text{ t}$

Novo  $DWTop$  obtido  $\rightarrow DWTop \text{ obtido} = 42,25 - 7,6 = 34,65 \text{ t}$

Mantendo inalterada a rota anterior, temos:

- Novo consumo de combustível:

$$\text{Navegando: } \frac{100 \times (488 + 0,25 \times 488) \times 0,19}{1000} = 11,59 \text{ m}^3 \rightarrow 9,85 \text{ t} \quad \left. \right\}$$

$$\text{Nos portos: } \frac{120 \times (0,25 \times 488 \times 0,19)}{1000} = 2,78 \rightarrow 2,36 \text{ t} \quad \left. \right\}$$

Total  
12,21 t

Permanecem os mesmos valores para:

Água doce: 35,10 t

Viveres : 11,70 t

Tripulação: 1,2 t

Portanto, novo  $DWTop$  (necessário):  $12,21 + 35,10 + 11,70 + 1,2 = 60,21 \text{ t}$

Chegamos à mesma situação anterior com  $DWTop$  possível menor que  $DWTop$  necessário. Fazendo a opção anteriormente adotada de reabastecimento numa das escala, teremos:

Páqua doce = 15,30 t Pviveres = 5,85 t

#### 4.4 Nova estabilidade

$$\begin{array}{lll}
 \text{tendo } L = 33,40 \text{ m} & & \text{Obtém-se} \\
 B = 7,90 \text{ m} & & CWL = 0,81 \\
 H = 1,60 \text{ m} & & CI = 0,686 \\
 D = 2,44 \text{ m} & & KB = 0,935 \text{ m} \\
 \nabla = 255,4 \text{ m}^3 & & BM = 3,686 \text{ m} \\
 CB = 0,605 & &
 \end{array}$$

<u>novos KG's:</u>	<u>pesos</u>	<u>KG</u>	<u>momento</u>	
$KG_{op}$	Combustível	12,21	0,977	$11,929$
	Áqua doce	15,39	2,417	$37,198$
	Viveres	5,85	3,64	$21,294$
	Trip. + pertences	1,2	5,44	$6,528$
		34,65		$76,949$

$$KG_{op} = 2,221 \text{ m}$$

KGc	Carga	70,00	2,42	169,40	$\left. \right\} KGc = 3,384 \text{ m}$
	Passageiros	20,00	6,76	135,20	
		90,00		304,60	
KGleve	Estrutura	97,63	2,743	267,799	$\left. \right\} KGleve = 2,764 \text{ m}$
	Propulsão	7,6	1,342	10,199	
	Auxiliares	7,79	2,184	17,013	
	Acessórios	5,83	2,718	15,846	
	Acabamento	11,90	4,250	50,575	
		130,75		361,432	
KG	Peso leve	130,75	2,764	361,432	$\left. \right\} KG = 2,909 \text{ m}$
	Carga + Pass.	90,00	3,384	304,60	
	Peso Operac.	34,65	2,211	76,949	
		255,40		742,981	

Novo GM calculado:  $GM = 0,935 + 3,686 - 2,909$

$$GM = 1,712 \text{ m}$$

Novo GM<sub>r</sub>

$$\begin{aligned} \text{Boca} &= 7,9 \text{ m} \\ \text{B/D} &= 3,235 \end{aligned} \left. \right\} \text{Gráfico 16} \rightarrow GM_r = 1,65 \text{ m}$$

Este resultado satisfaz o critério inicial  $\rightarrow GM \geq GM_r$  ( $GM$  maior ou igual a  $GM_r$ )

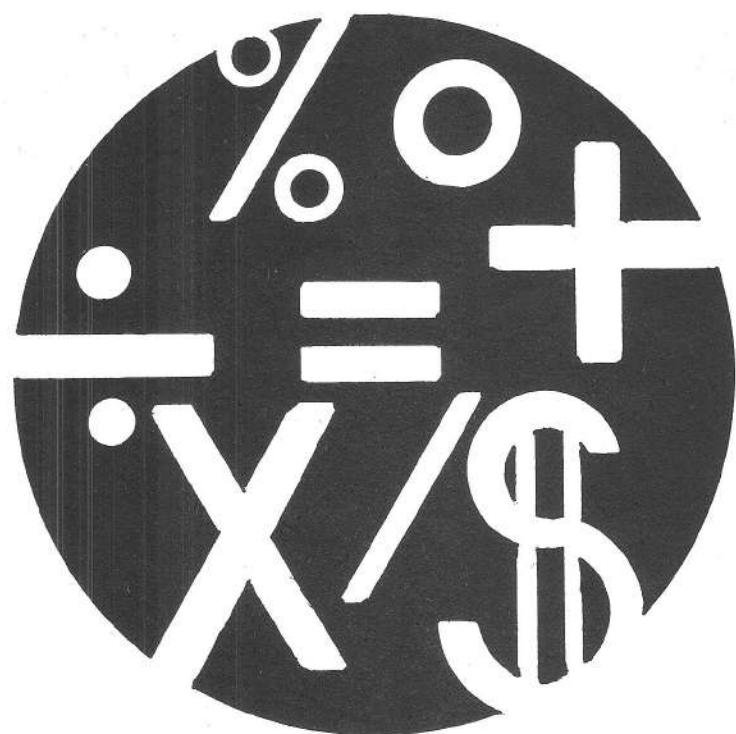
## 5 Características finais da embarcação

$L_{WL}$	= 33,40 m	$Q_c$	= 70 t
$B_{WL}$	= 7,90 m	$N_p$	= 200 pass.
$D$	= 2,44 m	veloc. cruz.	= 10 nós
$H$	= 1,60 m	peso leve	= 130,75 t
$\Delta$	= 255,4 t	D <sub>wtop</sub>	= 34,65 t
$CB$	= 0,605 m	peso de aço	= 97,63 t
$A$	= 6,00 m	tipo de arranjo	= AGP série II
$ADF$	= 0,50 m	MCP's	= 2 motores diesel marítimo de potência nominal 293 CV cada.

## MÓDULO V

# DESEMPENHO ECONÔMICO

*Os custos operacionais de uma embarcação podem ser considerados grande parte fixos, independente da quantidade de carga transportada ou do fato desta estar navegando ou não.*



É usual o cálculo do custo médio diário para duas situações distintas: navegando ou no porto. Dessa forma, conhecido o tempo total no porto para uma determinada rota, a distância e a velocidade, pode-se compor:

$$CT = CM \times \frac{d}{24V} + Cp \times T_p$$

onde:

$CT$  – Custo global direto para uma viagem redonda

$CM$  – Custo médio diário navegando

$Cp$  – Custo médio diário, navio no porto

$d$  – Distância total, viagem redonda (milhas marítimas)

$T_p$  – Tempo total dispendido nos portos, por viagem redonda

$V$  – Velocidade do navio (nós)

O custo operacional diário inclui os seguintes itens:

- salário da tripulação + encargos sociais;
- alimentação;
- combustível e lubrificantes;
- provisões e pequenos reparos;
- manutenção periódica;
- seguro;
- amortização do custo de aquisição do navio.

Neste Manual de projeto, cada um dos itens de custo é estabelecido através de índices relativos de custo tomados da prática atual das empresas de navegação que operam na rede hidroviária interior.

O custo de amortização, que envolve o preço do navio, é estabelecido através das relações de matemática financeira e do preço que deve, portanto, ser estimado.

Isto é realizado através dos índices de preços de construção estabelecidos no trabalho.

O custo de uma viagem redonda associado à produção do navio estabelece em seqüência um parâmetro de desempenho econômico, que é então analisado pelo armador.

$$1 \text{ Preço da embarcação} - 400,000,00 = A \times 27 + B \times 800$$

$800 \text{ HP} \rightarrow 15 \text{ més.}$

$$\text{Preço} = A \times (\text{peso em aço}) + (B \times \text{Fi}) \times \text{BHP}$$

$$A = 5140 \text{ BTN's/t}$$

$$B = 210 \text{ BTN's/CV}$$

$$Fi = 1,0 (\text{MCP's nacionais})$$

$$4,3 (\text{MCP's importados})$$

$$\frac{A}{B} = \frac{514}{21}$$

Fi - Fator de importação

$$U\$ = 2,90 \Rightarrow A = U\$ \cdot 2310,99/\text{t.}$$

$$11/09/03$$

$$B = U\$ 94,4172/\text{t.}$$

## 2 Custo diário

$$2.1 \text{ Custo de capital: } Cc = 0,081 \times \text{preço} = 32400,00$$

Este custo considera amortização em 17 anos, de 90% do preço a juros de 3% a.a. e 10% do preço a juros de 10% a.a.

$$2.2 \text{ Salários e encargos: } Csal = 1,6 \times SM \times 12 \times Nt = 120.098,4960$$

Nt - número de tripulantes = 6

SM - salário médio adotado = 1.042,5286

$$2.2.1 \text{ Custo de rancho: } Cran = R \times Nt \times 365 = 7.665,00$$

R - Custo unitário de rancho\*

$$2.3 \text{ Custo de reparo e manutenção: } Crm = 0,04 \text{ preço} = 16.000,00$$

$$2.4 \text{ Custo de seguro do casco: } Cseg = 0,02 \text{ preço} = 8000,00$$

$$2.5 \text{ Custo administrativo: } Cadm = 0,3 (Csal + Cran + Crm) = 43129,0488$$

$$C = (2.1 + 2.2 + 2.3 + 2.4 + 2.5) / 365 = 601,72/\text{dia.}$$

### 2.6 Custo de óleo diesel e lubrificante

$$C1 = \text{consumo diário navegando} = 0,2 \times \text{BHP}_T \times 24(\text{l}) = 3840 \text{ l.}$$

$$C2 = \text{consumo diário no porto} = 10\% \text{ do anterior} = 384 \text{ l.}$$

$$Pod = \text{preço do óleo diesel/L} = 1,40/\text{l.}$$

$$Cn = \text{custo diário naveg.} = C + C1 \times Pod = 5977,72/\text{dia} - \text{naveg.}$$

$$Cp = \text{custo diário porto} = C + C2 \times Pod = 1139,32/\text{dia} - \text{no porto}$$

## 3 Produção e custo total

$$Tp - \text{tempo em portos (em dias)} = 1 \text{ dia}$$

$$Tn - \text{tempo navegando: dist/24} \times V \text{ (em dias)}$$

$$Ct - \text{custo por viagem: } Cn \times Tn + Cp \times Tp$$

$$Nvz = 330 / (Tp + Tn)$$

$$Cn = 5978,00/\text{dia}$$

$$Cp = 1140,00/\text{dia}$$

$$CT_{VR} = Cn \times \frac{d \times 2}{240} + Cp \times Tp, \quad Tp = 1 \text{ dia.}$$

$$d = 294 - \text{Bol. Br.},$$

$$CT_{VR} = \frac{5978 \times 294 \times 2}{24 \cdot 20} + 1140$$

$$CT_{VR} = 8463,05 - \text{Bol. Br.}, \text{ Bol.}$$

(\*) Os custos do rancho da tripulação e de passageiros são dados definidos pelo armador.



O preço da embarcação será obtido conforme a fórmula:

$$\text{Preço} = A \times (\text{peso em aço}) + B \times F_i \times \text{HP}$$

$$\left. \begin{array}{l} A = 5140 \text{ BTN's/t} \\ B = 210 \text{ BTN's/CV} \\ F_i (\text{fator de importação}) \\ = 1 \text{ para MCP's nacionais} \\ = 4,3 \text{ para MCP's importados} \end{array} \right\}$$

A potência total estimada de 586 CV necessária para propelir o navio a 10 nós de velocidade pode ser obtida por 2 motores nacionais.

Portanto:  $F_i = 1$ .

Então, o preço da embarcação é da ordem de:

$$\text{Preço} = 5140 \times 97,63 + 210 \times 1 \times 586 = 624.878,2 \text{ BTN's.}$$

# **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1 – Coeficiente de deadweight em função do deadweight de carga e $C^*$ .....	17
Gráfico 2 – Comprimento na linha d'água em função do deslocamento .....	21
Gráfico 3 – Boca na linha d'água em função do comprimento na linha d'água .....	22
Gráfico 4 – Calado em função da boca na linha d'água .....	24
Gráfico 5 – Coeficiente de bloco em função do comprimento na linha d'água .....	26
Gráfico 6 – Borda livre em função do comprimento na linha d'água .....	27
Gráfico 7 – Peso da estrutura em função da relação LBD/100 .....	44
Gráfico 8 – Peso dos auxiliares em função da relação LBD/100 .....	44
Gráfico 9 – Peso dos acessórios em função da relação LBD/100 .....	45
Gráfico 10 – Peso dos acabamentos em função da relação LBD/100 .....	45
Gráfico 11 – Componentes $CT_0$ do coeficiente de Telfer (CTL) em função do coeficiente de velocidade ( $V/\sqrt{L_p}$ ) .....	49
Gráfico 12 – Componentes $CT_1$ do coeficiente de Telfer (CTL) em função do coeficiente de velocidade ( $V/\sqrt{L_p}$ ) .....	49
Gráfico 13 – Peso da instalação propulsora ( $P_{prop}$ ) em função da potência total instalada ( $I_{HP}$ ) .....	50
Gráfico 14 – Coeficiente da área na linha d'água ( $C_{WL}$ ) em função do coeficiente de bloco (CB) .....	70
Gráfico 15 – Coeficiente de inércia da área na linha d'água ( $CI$ ) em função do coeficiente da área na linha d'água .....	70
Gráfico 16 – Altura metacêntrica requerida ( $GM_R$ ) em função da boca na linha d'água .....	71