

PESOS & CENTROS
ESTIMATIVA INICIAL

Estimativa inicial pesos e centros (navio/plataforma)

Objetivo \Rightarrow Verificação equilíbrio (peso = deslocamento, Δ);

\Rightarrow **Posição longitudinal e vertical do C.G.**;

\Rightarrow Verificação **GM_T** e avaliação inicial do **trim**;

Classificação dos Pesos

Navios Comerciais

$$\Delta = DWT_T + W_{PL}$$

$$\Rightarrow W_{PL} = W_{Aço} + W_{Maq} + W_{Outf} + W_{Margem}$$

$$\Rightarrow DWT_T = DWT_{Carga} + DWT_{Oper} = DWT_{Carga} + W_{OComb} + W_{OLubr} + W_{ADoce} + W_{Trip}$$

- **Peso Aço** (“steel”) (estrutura)

Inclui: Aço do casco e superestrutura

Material depositado de solda;

(Incluía a estrutura reticulada (soldada) do casco e **partes estruturais construídas no estaleiro**)

$$W_{Aço} = W_{Casco} + W_{SE} + W_{DHouse}$$

- **Peso Máquinas**

Normalmente localizados **praça de máquinas (entre anteparas)**.

Três grupos principais:

→ Sistema de propulsão: Motor, hélice, eixo, mancais;

→ Sistema de geração: Motores auxiliares, caldeiras, trocadores de calor, etc.;

→ Complementos: Escadas, tubulações (ar/gases).

- **Peso Outfit**

Inclui todos os itens outros sistemas necessários ao funcionamento do navio ⇒ **Ar-condicionado, aquecimento, (“HVAC”), sistema de esgoto (“sewage”), tubulações** (incluindo fluido interno), **sistema elétrico, sistema de transbordo** (guindastes), **equipamentos de fundeio e amarração, móveis, portas estanques, acréscimo de peso devido à pintura, etc.**

→ Partes e equipamentos comprados de terceiros (sub-contratantes) fundidas ou estruturais: Leme, cadaste de popa, pé de galinha, escotilhas, cabeços;

→ Tubulação/fiação: Normalmente separação definida anteparas praça de máquinas;

→ Alguns sistemas ⇒ HVAC ⇒ Outfit.

Navios Militares

Sistema SWBS (“Structure Work Breakdown System”)

Sistema Itemizado – Grupo (nível superior) → elemento (3 dígitos) → sub-elemento (5 dígitos)

Conteúdo	Grupo
Estrutura do casco	1
Planta propulsora	2
Planta elétrica	3
Comando e vigilância	4
Sistemas auxiliares	5
Complementos – “Outfit”	6
Armamento	7

Nível Grupo
Nível Sub-Grupo

100 - Estrutura do Casco
110 - Casco externo ("shell") e suportes

Nível Elemento

111
(chapeamento)

113
(chapeamento interno)

116
(cavernas longitudinais)

117
(cavernas transversais)

Nível Sub-Elemento

- 11100 - Título Elemento
- 11113 - Chapa Quilha ("Flat")
- 11124 - Chapa chapeamento externo ("shell")

Estimativa de Pesos - Projeto Inicial

Combinação \Rightarrow **Arte e ciência** \rightarrow Dados navios/plataformas semelhantes

\Rightarrow **Arte**: Escolha técnica e válida das variáveis independentes;

\Rightarrow **Modelos simples** – Diversas subdivisões de pesos – Parâmetros fundamentais do navio.

- **Peso Aço (“steel”) (estrutura)**

Estimativa do peso estrutural: Parte obtida por considerações de **volume** e parte por analogia com a **viga navio (módulo)**.

Formulações, normalmente, **aços médio** \Rightarrow Aços de alta resistência talvez vantagens, por exemplo, para navios tanque

(**Alerta**: Outras qualidades dos aços de alta resistência não são compatíveis).

Cuidado: Formulações com base de dados antiga → ?????;

Função do volume ou da área:

$$\text{(Volume)} \rightarrow W_{Aço} = f(CN)$$

$$\text{(Área)} \rightarrow W_{Aço} = f(E)$$

em que: CN - “**Cubic number**” = $LBD/100$;

E - **Número equipagem** – antigo (“Lloyd’s”) = $L(B+D)$.

Watson (1998) $\rightarrow W_{A\zeta o} = C \cdot E^{1,36} \cdot [1 + 0,05 \cdot (C'_B - 0,70)]$

em que: $E = L \cdot (B + T) + 0,85 \cdot L \cdot (D - T) + 0,85 \cdot \sum l_i \cdot h_i + 0,75 \cdot \sum l_i \cdot h_i$

$$C'_B = C_B + (1 - C_B) \cdot \left[\frac{0,8 \cdot D - T}{3 \cdot T} \right]$$

Observações: **C'_B** – coeficiente de bloco para **0,8 D** (“Depth”)

- **Peso Máquinas**

Definição tipo de propulsão principal \Rightarrow Fundamental - Grande variação de peso.

Tipos principais:

- Carga (Granel, Petróleo, Contêineres) \rightarrow Instalação Diesel baixa rotação;

- Ferries ou pequenos navios cargueiros → Instalação Diesel média rotação;
- Navios de cruzeiro (“Cruise Ships”) → Instalação Diesel-elétrica;

Separação: Motor principal + Resto

$$W_{Maq} = W_{MCP} + W_{Resto}$$

Motor Principal (peso seco - 5% acima da linha média) ⇒

$$W_{MCP} = 12 \cdot \left(\frac{MCR}{RPM} \right)^{0,84} \quad (\text{por motor})$$

$$\text{Resto} \Rightarrow W_{Resto} = C \cdot (MCR)^{0,70}$$

em que $C = 0,69$ – Granel / carga geral;

0,72 – Tanques;
0,83 – Passageiros;
0,19 – Fragatas / corvetas.

Observação: Embarcações militares \Rightarrow
Sistema “and”: Potência total da propulsão principal;
Sistema “or”: Potência velocidade máxima.

- Peso Outfit

Tanques/graneleiros \Rightarrow Pequena variação das acomodações;
Navios de passageiros \Rightarrow \uparrow comprimento \rightarrow \uparrow conveses (volume:
melhor parâmetro);
- Manter estabilidade \rightarrow \uparrow $B \Rightarrow L/B = 8,0$ (1976) \rightarrow 6,0;

$$W_{\text{outfit}} = C_o \cdot (L \cdot B)$$

Observação: Proporção “outfit” no peso leve grande → **Iniciar estimativa detalhada o mais cedo possível.**

- Itens “**Deadweight**”

Peso **óleo combustível** ⇒ Consumo específico; potência; autonomia (endurance”) e margem.

Geradores também queimam óleo combustível;

Motor diesel moderno (??) – **178 g/kWh** (**Cuidado = Valores de bancada** – carregamento do eixo ⇒ aumento de 10% razoável).

$$DWT_{OComb} = \gamma \cdot P_B \cdot \frac{A}{V_S} \cdot (1 + M)$$

em que: γ - consumo específico [ton/kWh];
 P_B - Potência [kW];
A - Autonomia;
 V_S - Velocidade de serviço;
M – Margem (~5%).

Margem consumo \Rightarrow (Kiss): 10% última pernada do navio;
Outros: 5% viagem total.

Consumo no porto: (Benford) $\rightarrow (DWT_{OComb})_{Porto} = 0,70 \frac{DWT}{1000}$ [ton/dia]

Alimentação \Rightarrow Passageiros + tripulação (incluindo pertences).

Estimativa de Centros para Projeto Inicial

Estimativa do centro de gravidade vertical (VCG) e longitudinal (LCG):

- **LCG: Bom senso** \Rightarrow Desenvolvimento do perfil interno inicial;
 - **VCG: Usualmente modelado; fração do pontal.**
- **Posição Aço (“steel”) (estrutura)**

Estimativa C.G - Peso casco:

(Kupras)

$$\rightarrow VCG_{Casco} = 0,01 \cdot D \cdot [46,6 + 0,135(0,81 - C_B) \cdot (L/D)^2]$$

para $L > 120\text{m}$;

$$\rightarrow VCG'_{Casco} = VCG_{Casco} + 0,008 \cdot D \cdot [L/B - 6,5]$$

para $L \leq 120\text{m}$;

$$\rightarrow LCG_{Casco} = -0,15 + LCB \text{ (\% L, + sentido de vante)}$$

- **Posição Máquinas**

A **posição longitudinal máquinas** pode ser tomada um **pouco a ré** do **C.G. do motor** (plantas diesel) \Rightarrow Obviamente depende da posição do motor.

Altura C.G do motor + duplo fundo (Kupras)

$$VCG_{Maq} = h_{DF} + 0,35 \cdot (D_{Maq} - h_{DF})$$

Altura do Duplo-Fundo (Mínimo) (Kupras)

$$\rightarrow h_{DF} = 32 \cdot B + 190 \cdot \sqrt{T} \text{ [mm]}$$

$$\rightarrow h_{DF} = 45,7 + 0,417 \cdot L \Rightarrow L > 76 \text{ m [cm]}$$

- **Posição Outfit**

Elementos “outfit” - grande peso - estimados separadamente.
(por exemplo: rampa de acesso colocada a ré (50 ~100 ton) \Rightarrow
Efeito no trim.)

(Kupras) $\rightarrow VCG_{Outfit} = D + 1,25 \Rightarrow L \leq 125 \text{ m}$

$$\rightarrow VCG_{Outfit} = D + 1,25 + 0,01 \cdot [L - 125] \Rightarrow 125 \leq L \leq 250 \text{ m}$$

$$\rightarrow VCG_{Casco} = D + 2,50 \Rightarrow L > 250 \text{ m}$$

(Kiss) $\rightarrow VCG_{Outfit} = D \cdot [1,005 - 0,000689 \cdot L]$ (grandes porta-containers)

$$\rightarrow LCG_{Outfit} \cong 0,56 \cdot L$$

- Posição Combustível e Lastro

Tanques Duplo-Fundo (???): $VCG_{OComb} \sim 0,67 \cdot h_{DF}$

Uso de tanques de asa (profundo) \Rightarrow Pode ter objetivo elevar VCG.

É desejável VCG não variar muito durante a queima de combustível \Rightarrow GM e período de “roll” \rightarrow Aproximadamente constantes durante a viagem.

Lastro muito baixo \Rightarrow Período de “roll” muito curto \Rightarrow Condição de lastro: Navio “duro”.

- Posição Carga

Necessita **desenvolvimento perfil interno inicial**.

Navios limitados por volume \Rightarrow Cargas pesadas \Rightarrow Conveses inferiores

Margens de peso e KG \Rightarrow Grande importância, principalmente, embarcações militares.

Margem de projeto: Incertezas estimativas de projeto;

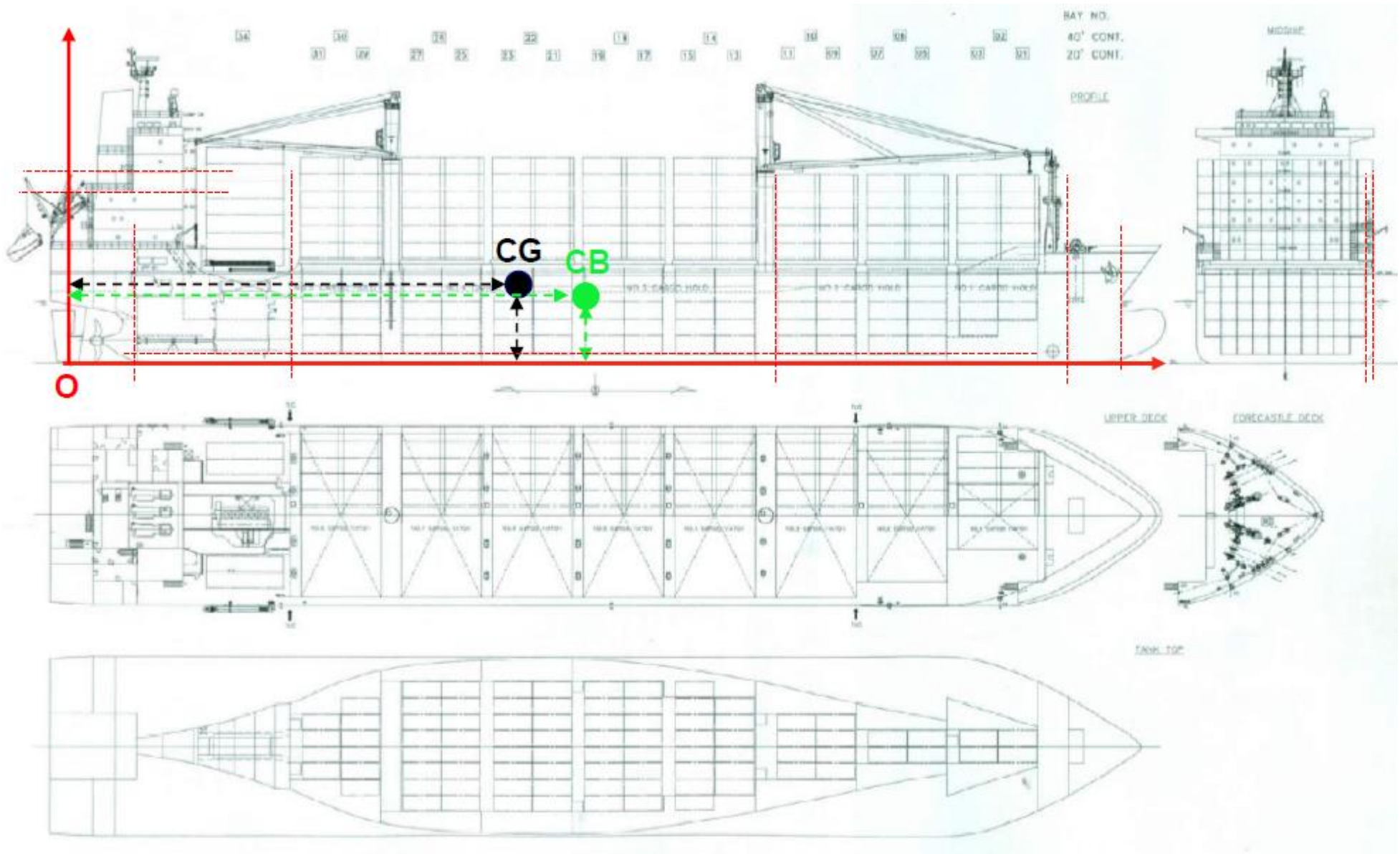
Margem de serviço: Permitir aprimoramentos ao longo da vida do navio.

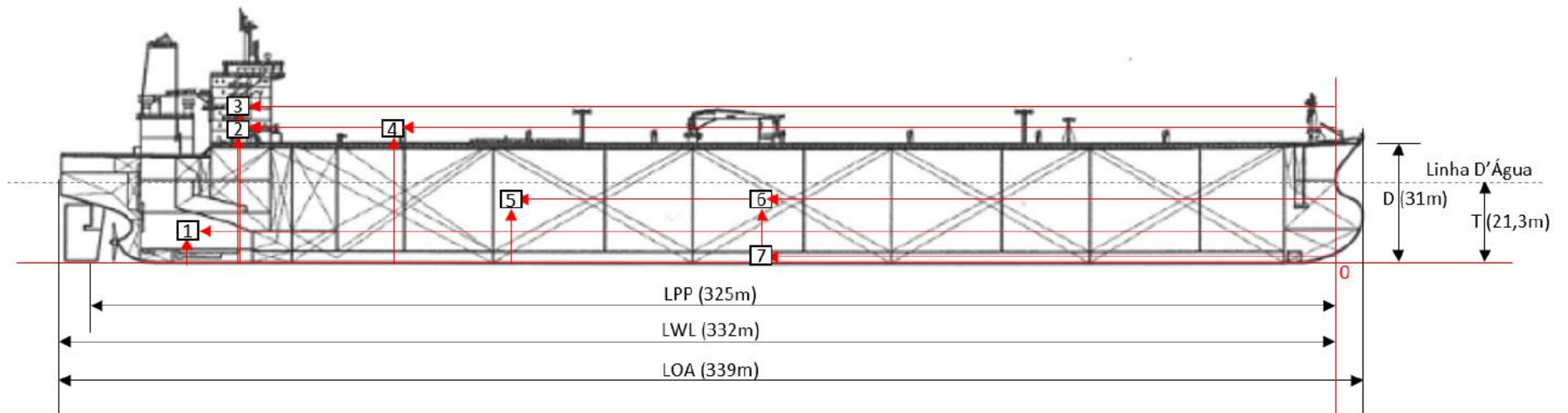
Debate \Rightarrow Pequena margem amplia tamanho do navio \Rightarrow Carregado ao longo de toda vida do navio.

Watson (1998): Margem de projeto 2% peso leve e VCG de $0,1D^{1/2}$

Kiss (SDC - 1980): Margem de projeto 3% peso leve e 1' de VCG.

Referência: Parsons / Chapter 11 (SDC – 2004)





GRUPO DE PESOS	VGC (metros da Linha Base)	LCG (metros da Perpendicular de Vante)	PONTO
*Maquinário	7,20	300,00	1
*Combustível	7,20	300,00	
*Óleo Lubrificante	7,20	300,00	
*Água	33,50	286,50	2
*Tripulação e Efeitos	33,50	286,50	
*Provisões	33,50	286,50	
*Superestrutura	40,00	286,50	3
*Equipamento (Outfit)	33,50	246,00	4
*Estrutura do Casco	14,26	209,50	5
*Lastro (tanques do Duplo Fundo)	1,50	146,00	6
*Deadweight da Carga	15,00	146,00	7

Sumário de pesos

Condição:

Parâmetros do projeto

entre com os dados nas caixas

LWL	<input type="text"/>	metros
B	<input type="text"/>	metros
T	<input type="text"/>	metros
Cb	<input type="text"/>	
Weight Margin (1+s)	<input type="text"/>	porcentagem de peso leve no CG para peso leve do navio
KG Margin	<input type="text"/>	chapa do casco
Margem de Superfície Livre	<input type="text"/>	metros
BMT	<input type="text"/>	porcentagem de KG
KB=VCB	<input type="text"/>	metros
BML	<input type="text"/>	metros
LCB	<input type="text"/>	metros a partir da PV
Densidade d'Água	<input type="text"/>	t/m ³ (água salgada 1.026; água doce 0.999)

Categoria de Pesos	WT (ton)	VCG (m acima LB*)	produto	LCG (m partir PV**)	produto
Estrutura do Casco	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Superestrutura	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Deck Houses	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Equipamento	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Equipamento Especial	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Maquinaria	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Lastro Fixo	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Margem de Peso Leve

Peso Leve do Navio

Cargo Deadweight	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Óleo Combustível	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Óleo Lubrificante	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Água	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Tripulantes e Bagagens	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Provisões	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Lastro Temporário

Deadweight Total

Peso Total	VCG total	LCG total
Deslocamento	m, incluindo projeto e margem de superfície livre	

KG projeto

Resultados de Trim e GM

GMT	metros
GML	metros
Trim	metros; + pela popa

Unidades: metros e toneladas

Referências

Watson, D. G. M.; *Practical Ship Design*; Elsevier Science Ltd., Oxford, UK; 1998.

Lamb, T. (Editor); *Ship Design and Construction*, Vol. I; SNAME; 2003.

Schneekluth, H.; *Ship Design for Efficiency and Economy*; Butterworth & Co. Ltd.; 1987

Papanikolaou, A.; *Ship Design*; Springer Science + Business Media Dordrecht; 2014;

Taggart, R. (Editor); *Ship Design and Construction*; SNAME; 1980.

Watson, D. G. M. and Gilfillan, A. W.; *Some Ship Design Methods*; Transactions RINA, 1977.

Kupras, L. K.; *Optimization Method and Parametric Study in Pre-contract Ship Design*; International Shipbuilding Progress; May 1971;

Straubinger, E. K.; Curran, W. C. and Figuera, V. L.; *Fundamentals of Naval Surface Ship Weight Estimating*; Naval Engineers Journal; May 1983.