

PNV 3415
Projeto de Navios

Apresentação Parcial

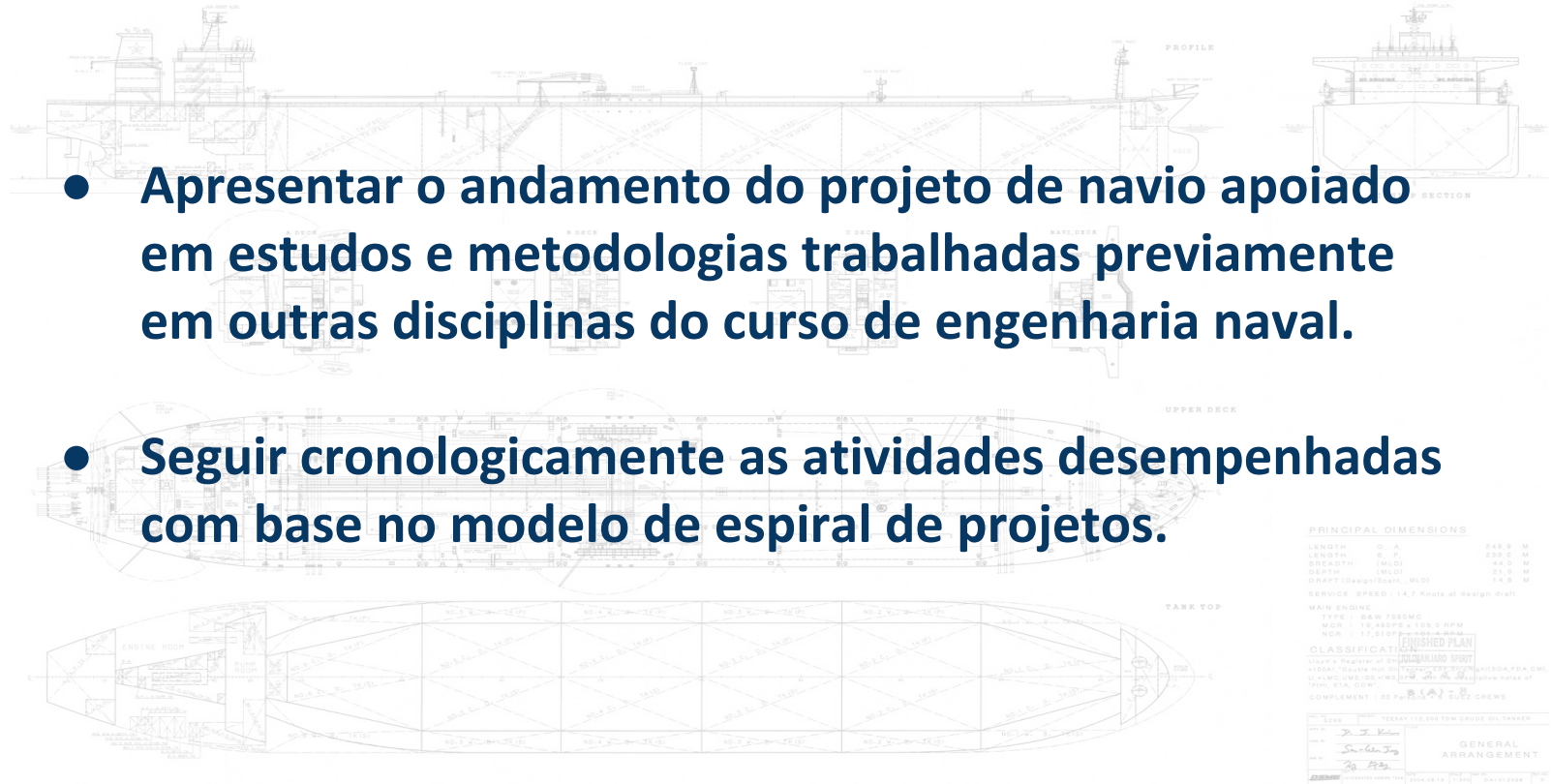


Camilla Castro
Melissa Yukari
Estevan Covari Isaak
Milton Gioia Neto

- Objetivos
 - Requisitos do projeto
 - Características da carga e do navio
 - Rotas portos e restrições
 - Dimensões principais
 - Pesos e centros
 - Regulamentações
-

Objetivos

- Apresentar o andamento do projeto de navio apoiado em estudos e metodologias trabalhadas previamente em outras disciplinas do curso de engenharia naval.
- Seguir cronologicamente as atividades desempenhadas com base no modelo de espiral de projetos.



Requisitos do Projeto



Tipo de navio:
Double hull
products
tanker



Velocidade
de serviço:
15,6 nós



Rota: Golfo do
México/
Venezuela -
Costa oeste da
América Central
e Sul

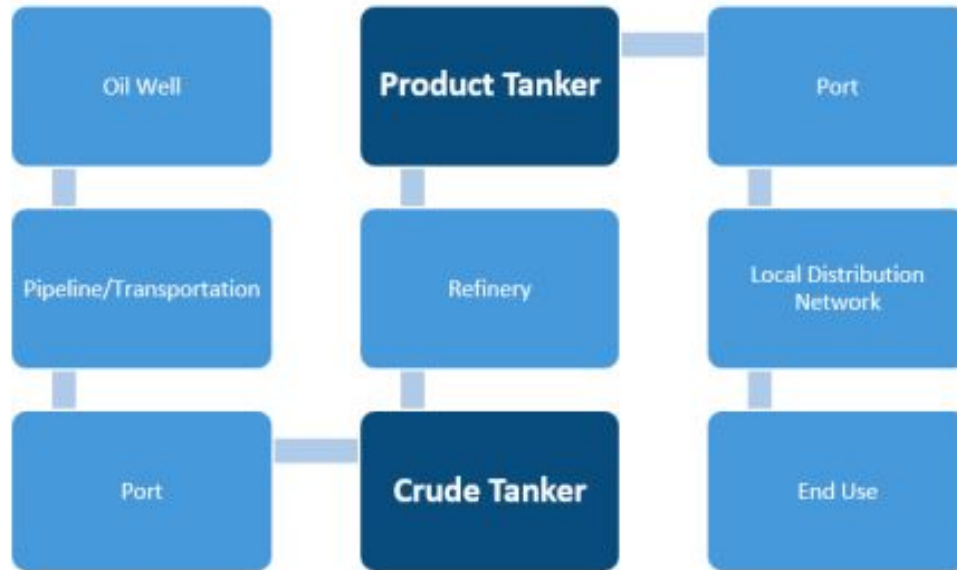


Autonomia:
11.500 milhas
náuticas



Deadweight de
carga (projeto):
45.100 tons

Características da Carga



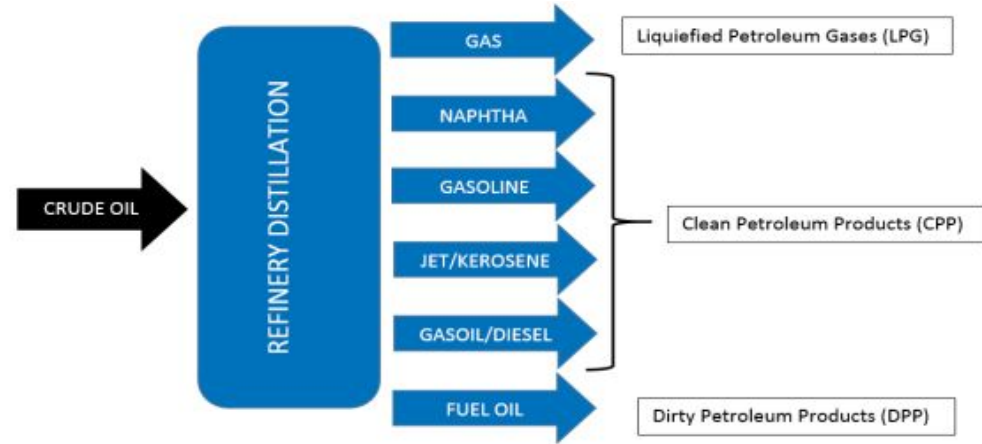
Source: Fearnleys

Figura: Cadeia de valor do petróleo

- Navios "product tanker" carregam somente produtos derivados do petróleo cru, provenientes de refinarias.
- Por serem líquidos, os produtos se dispõem homogeneamente dentro do tanque.
- Os produtos refinados podem ser classificados em dois grupos:
 - Produtos brancos (gasolina, combustível de aviação, querosene, óleo diesel)
 - Produtos negros (óleo combustível, asfaltos e outros resíduos, óleo lubrificante)

Características da Carga

- Segundo as regras da ASTM (American Society for Testing Materials), a determinação da densidade dos produtos é calculada na temperatura de 15,5°C.
- A API (American Petroleum Institute) possui sua própria escala para mensurar a densidade do óleo. Quanto maior a nota API, menos densos e menos viscosos são os óleos e derivados.



Source: Fearnleys

Asfalto	11°API	Parafina	0,73Kg/L
Óleo cru pesado	18°API	Óleo Lubrificante	0,80kg/L
Óleo cru leve	36°API	Petróleo bruto	0,82Kg/L
Nafta	50°API	Querosene	0,76Kg/L
Gasolina	60°API	Gasolina	0,75Kg/L

Características do Navio

- Estrutura dupla na lateral e no fundo do navio: segundo a regulamentação internacional MARPOL de 1973, navios "tanker" de óleos e derivados devem possuir suas estruturas do costado e fundo duplicadas.
- O espaçamento do duplo casco e fundo são preenchidos com lastro para melhora da estabilidade do navio.
- Antepara longitudinal central com o objetivo de dividir os tanques em dois para reduzir do efeito de superfície livre na embarcação.

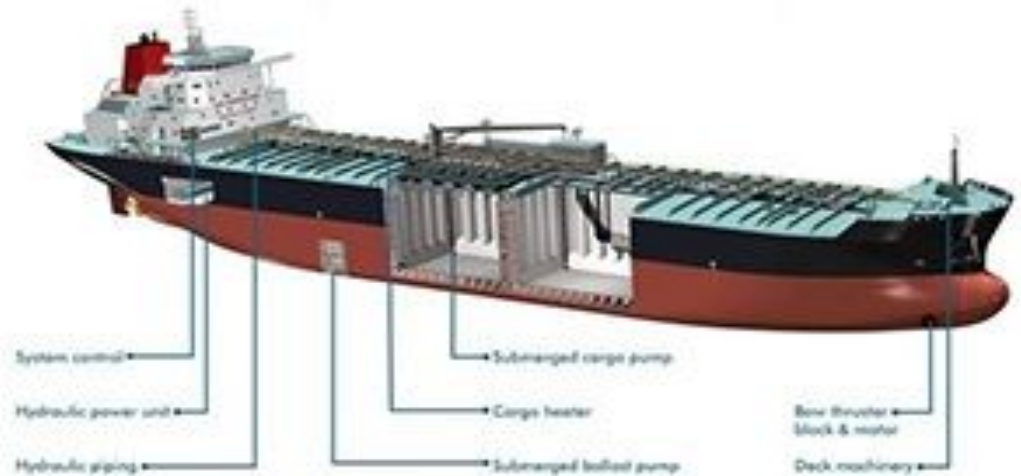


Características do Navio

- "Product Tanker" de categoria "MR" segundo a RMRS (Russian Maritime Register of Shipping) e a ICS (International Classifications Societies).
- Anteparas transversais com o objetivo de compartimentação da carga.
- Estrutura de convés único; não há divisão dos tanques na latitudinal.
- Anteparas de colisão posicionadas segundo as regras da ABS (American Bureau of Shipping).

Product Tanker Fleet:

- | | |
|--|----------------------|
| ▪ Long Range ("LR2") product tankers: | 85,000 – 124,999 DWT |
| ▪ Long Range ("LR1") product tankers: | 60,000 – 84,999 DWT |
| ▪ Medium Range ("MR") product tankers: | 42,000 – 59,999 DWT |
| ▪ Handysize product tankers: | 25,000 – 41,999 DWT |



Rotas, Portos e Restrições do

Projeto

Porto de Corpus Christi
(EUA)



Porto La Cruz (Venezuela)



Canal do Panamá (Panamá)



Rotas, Portos e Restrições do

Projeto

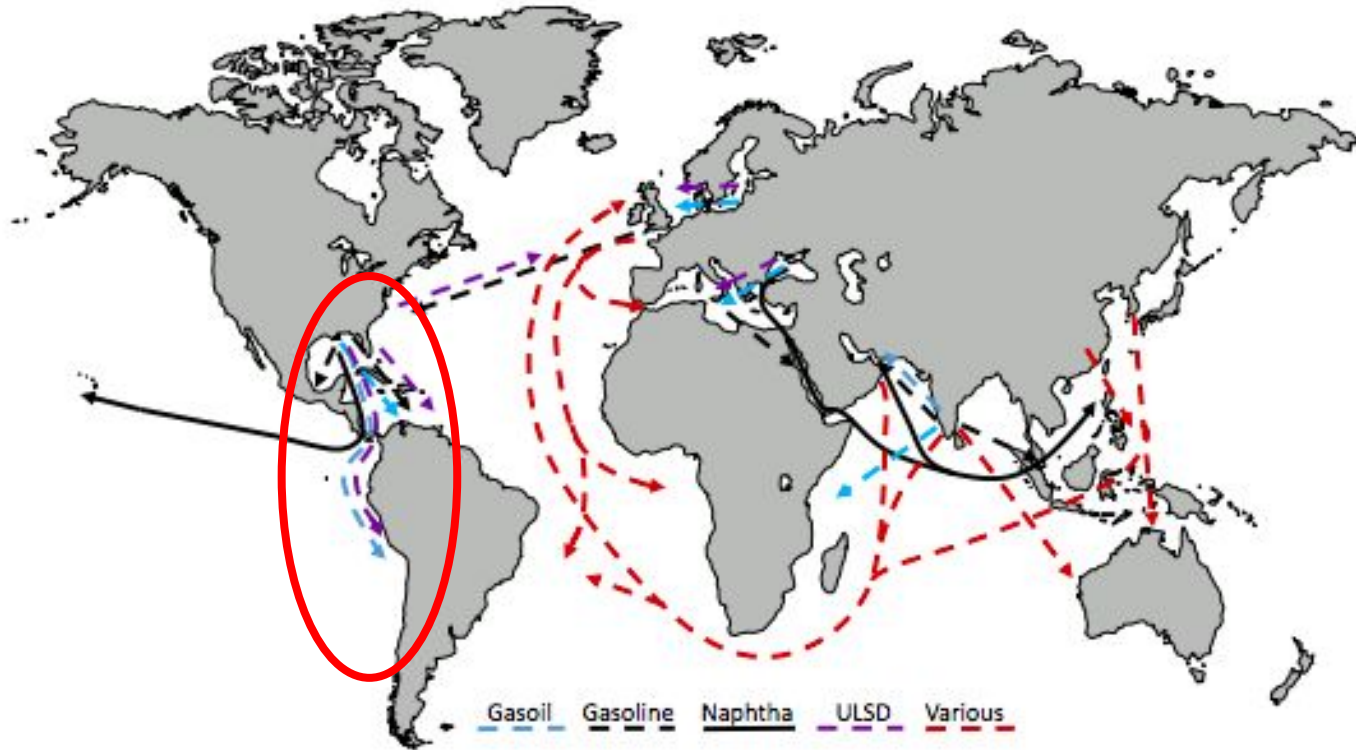


Canal do Panamá (Panamá) ↔ Porto de Quintero (Chile)

ROTAS

- *Porto de origem:* Porto de Corpus Christi, Texas - EUA, às margens do Golfo do México.
- *Porto de passagem:* Porto La Cruz, Anzoátegui - Venezuela.
- *Canal de passagem:* Canal do Panamá, Panamá.
- *Porto de destino:* Porto de Quintero, Quintero - Chile, na costa oeste da América do Sul.

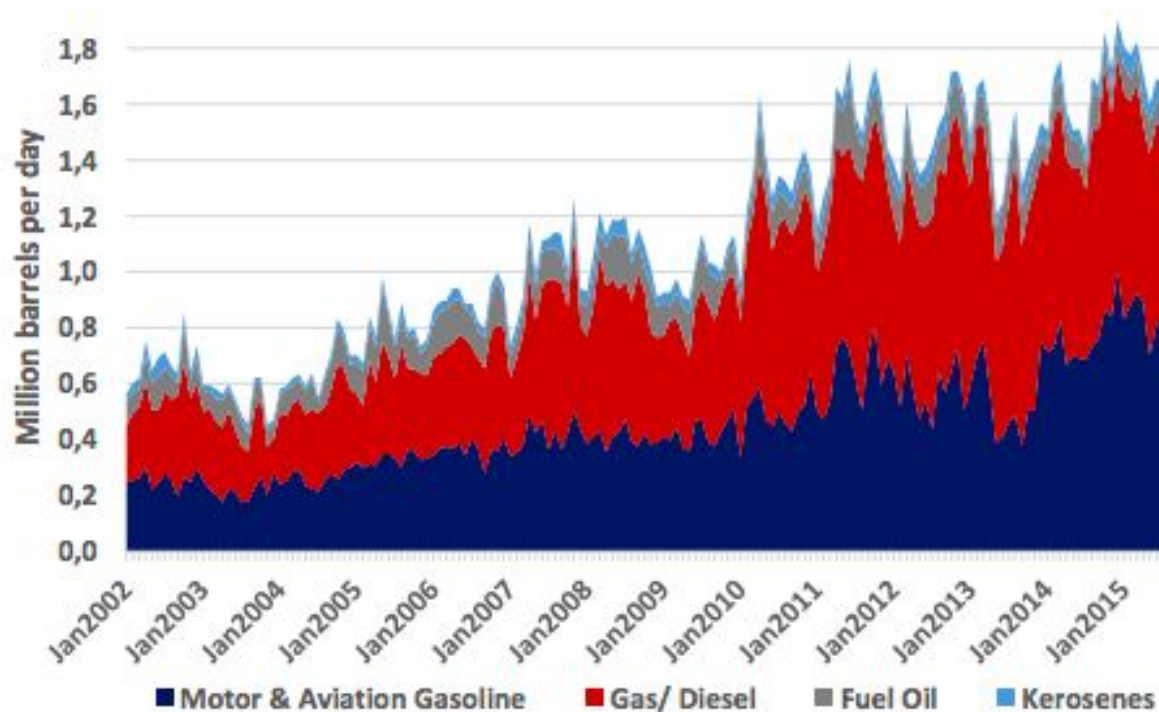
Rotas, Portos e Restrições do Proje



¹ The map only show a selection of current key CPP trades. Actual net of trade lanes and products are much more complex.

Figura: Rotas dos produtos derivados de petróleo

Demanda Latino-Americana por Derivados do Petróleo



Source: Joint Organisations Data Initiative ("JODI")

Rotas, Portos e Restrições do Projeto

PORTO DE CORPUS CHRISTI (EUA)

Restrições

LOA: 300 metros

Calado: 13,7 metros

Boca: -----

PORTO LA CRUZ (VENEZUELA)

Restrições

LOA: 289,5 metros

Calado: 16,8 metros

Boca: 49 metros

CANAL DO PANAMÁ

Restrições

LOA: 366 metros

Calado: 12 ou 15,2 m

Boca: 32,3 ou 49 m

PORTO DE QUINTERO (CHILE)

Restrições

LOA: 354 metros

Calado: 24 metros

Boca: 55 metros



Dimensões Críticas

- LOA: 289,5 metros
- Calado: 12 ou 13,7 metros
- Boca: 32,3 ou 49 metros

Dimensões Principais

Navios
semelhantes

Significant ships

Regressões

Hyundai
Lloyds

Estabilidade intacta
Coeficientes de
forma

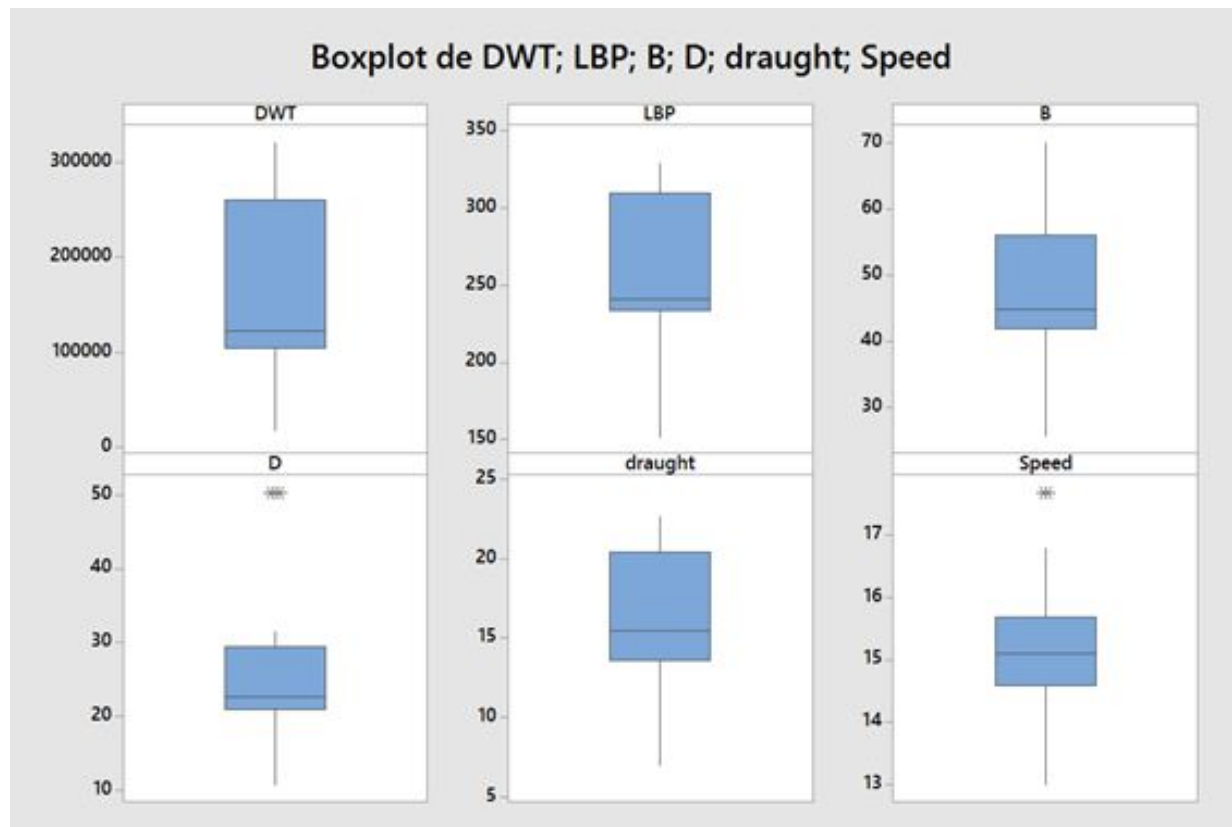
Practical ship design

Navios semelhantes

	A large orange and black oil tanker ship sailing on the water.	A blue and red oil tanker ship docked at a port.	A blue and red oil tanker ship docked at a port.	A large orange and black oil tanker ship sailing on the water.
	ELANDRA LYNX (2013)	NORD STABILITY (2012)	HUA YUN (2011)	BORAQ (2003)
Deadweight (ton)	49.999	39.814	40.522	40.060
Velocidade (nós)	-	14,5	15,51	15,25
LBP (m)	174	173,9	174	174
Boca (m)	32,2	32,2	32,2	32,2
Pontal (m)	19,1	19,8	17,3	18,8
Calado (m)	11	11	11	11
Potência instalada	7240 kW x 99 rpm	7570 kW x 108 rpm	9960 kW x 124 rpm	9480 kW x 127 rpm

Ship building 2016 Hyundai - **Análise global**

- 390 navios de óleo bruto
- 132 navios de produtos derivados do petróleo
- Deadweight entre 18.000 e 321.000 ton



Ship building 2016 Hyundai - **Análise global**

$$\text{LBP} = 183,294 + 0,000461 \text{ DWT}$$

$$R^2 = 93,57\%$$

$$B = 30,893 + 0,000095 \text{ DWT}$$

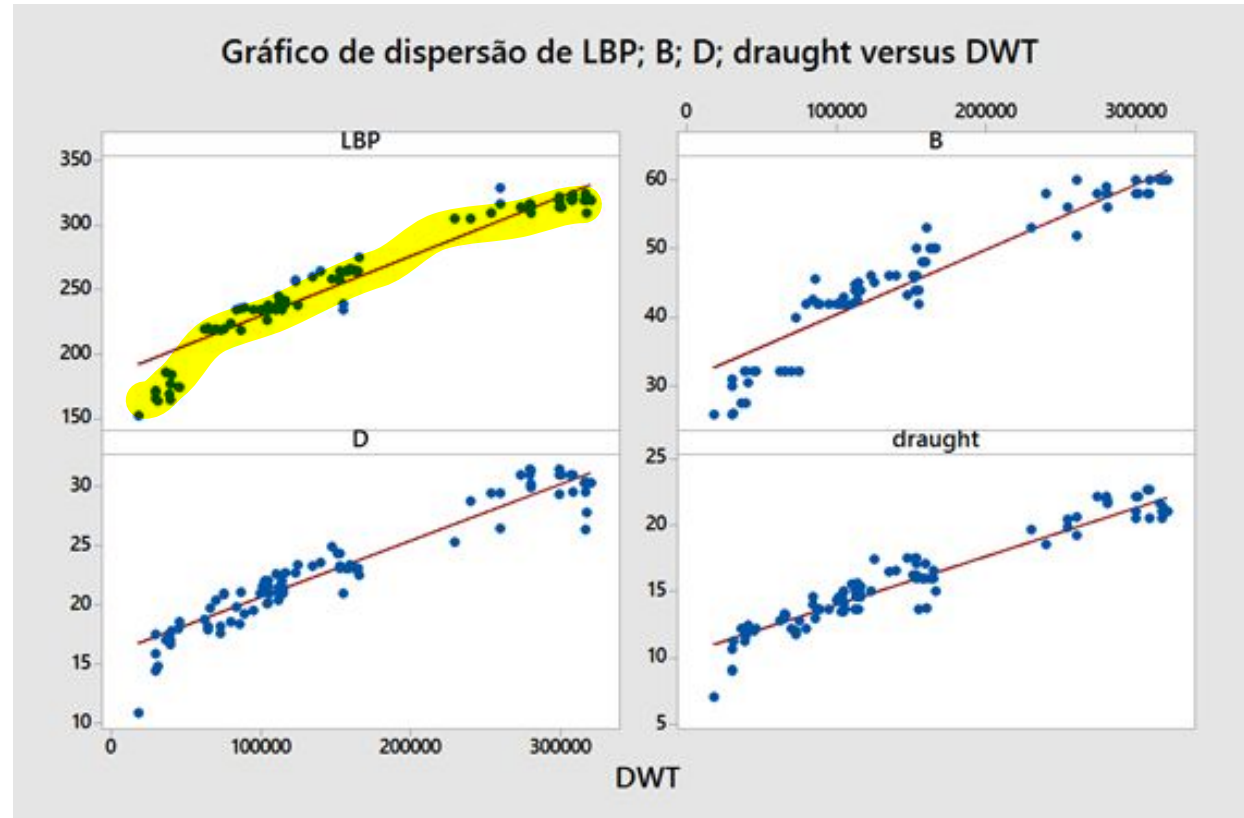
$$R^2 = 90,60\%$$

$$D = 15,8617 + 0,000048 \text{ DWT}$$

$$R^2 = 95,17\%$$

$$d = 10,3365 + 0,000037 \text{ DWT}$$

$$R^2 = 94,09\%$$



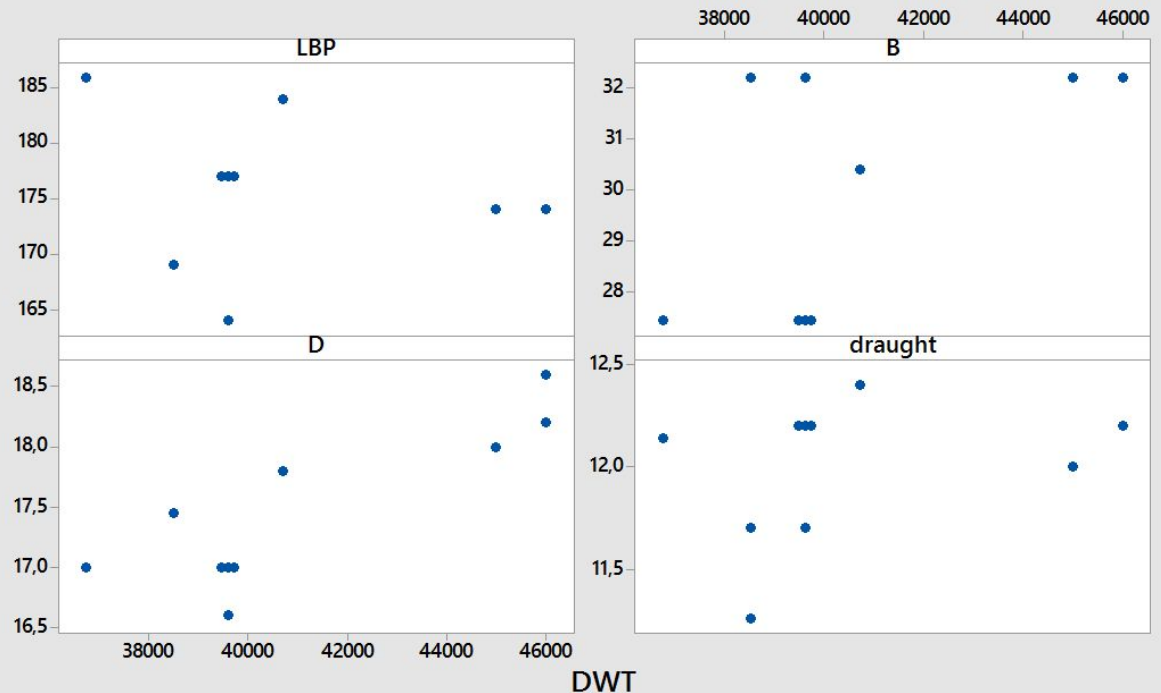
Ship building 2016 Hyundai - **Análise local**

- 35 navios de produtos derivados do petróleo
- Deadweight entre 36.750 e 46.000 ton

$164 \text{ m} < \text{LBP} < 185,9 \text{ m}$
 $27,43 \text{ m} < \text{B} < 32,20 \text{ m}$
 $16,60 \text{ m} < \text{D} < 18,60 \text{ m}$
 $11,26 \text{ m} < \text{d} < 12,40 \text{ m}$

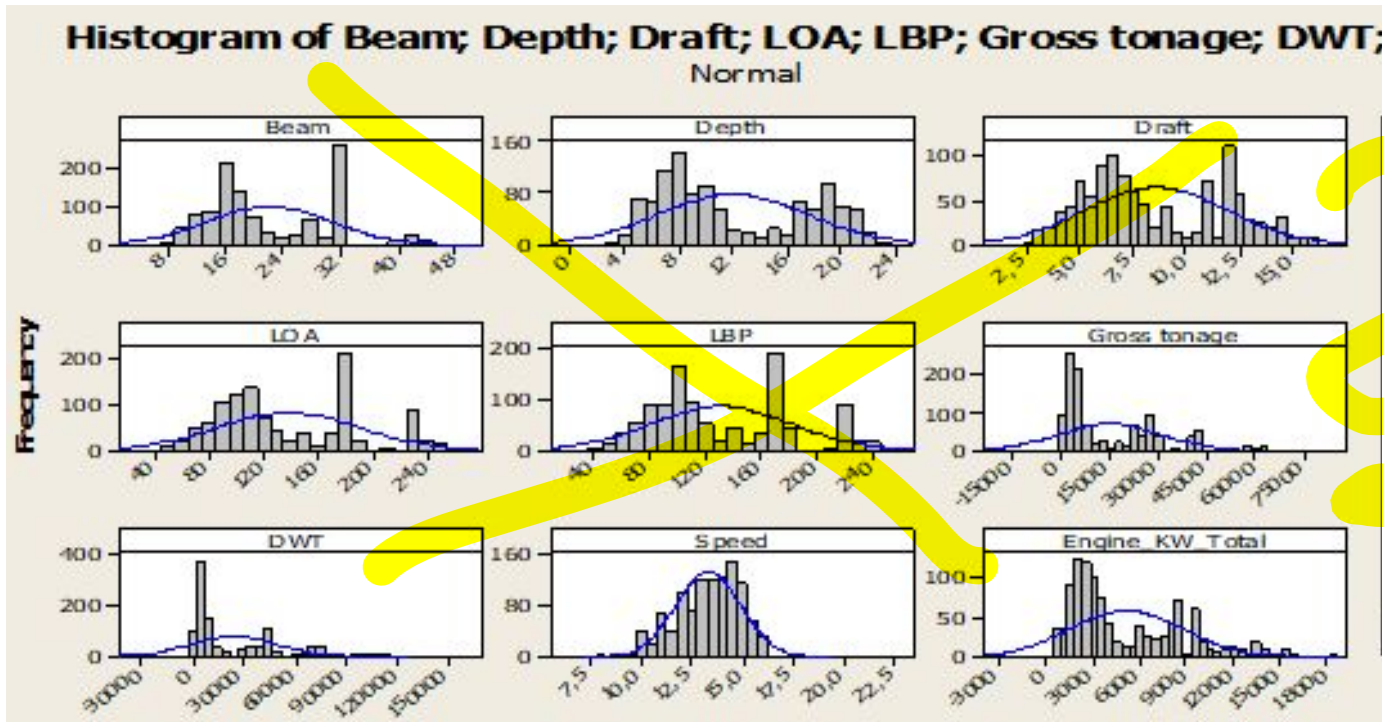
$5,09 < \text{L/B} < 6,78$
 $9,35 < \text{L/D} < 10,94$
 $1,61 < \text{B/D} < 1,94$
 $0,168 < \text{Fr} < 0,186$

Gráfico de dispersão de LBP; B; D; draught versus DWT



Tankers Lloyds 2006 - Análise global

- 1080 navios de produtos derivados do petróleo
- Deadweight entre 350 e 164.000 ton

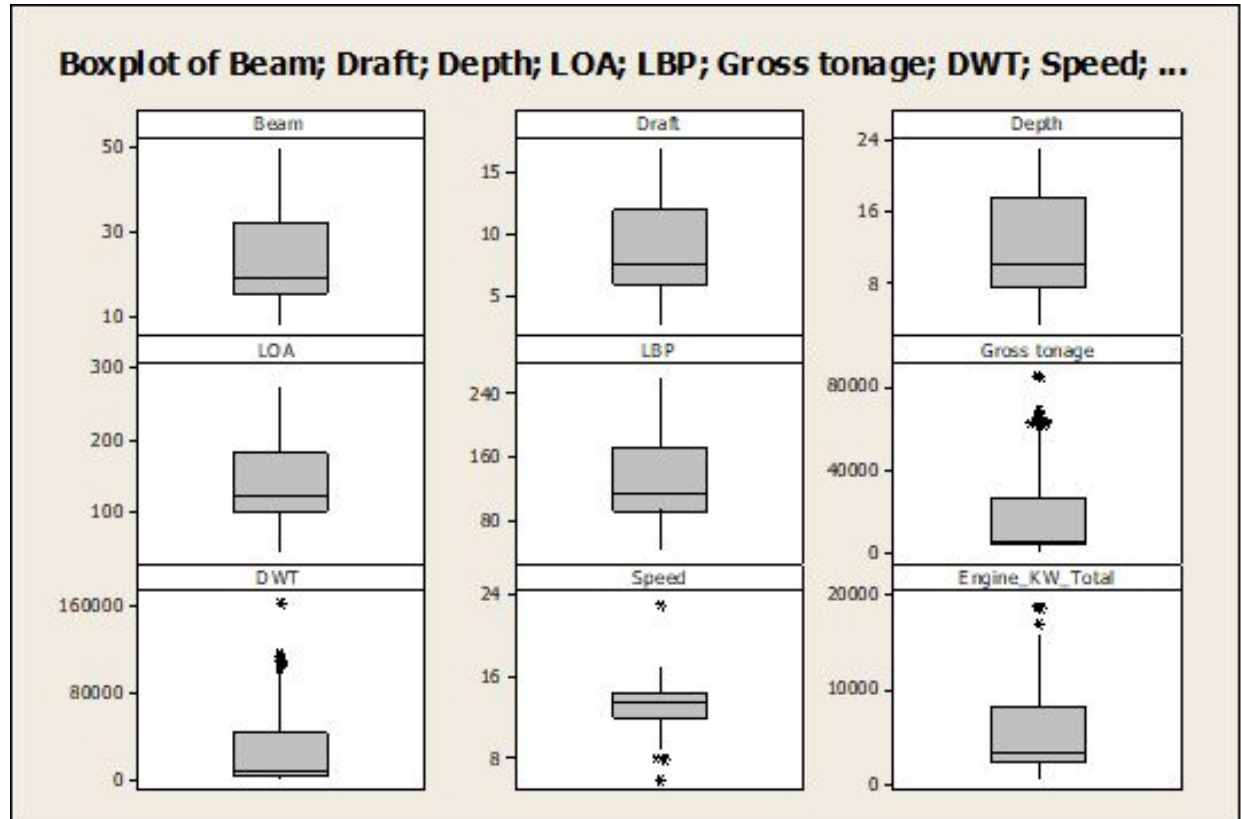


Tankers Lloyds 2006 - Análise global

Após a filtragem dos dados:

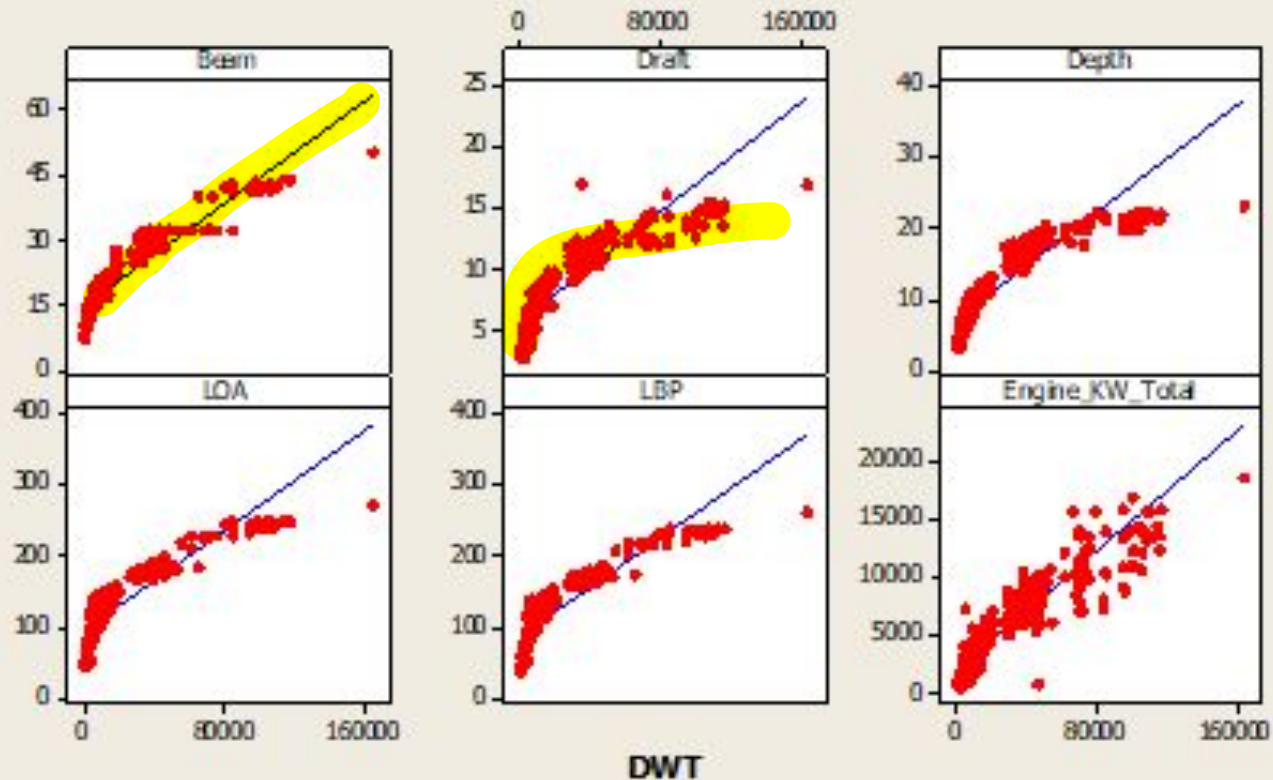
Velocidades entre 8 e 16 nós

Deadweight inferior a 80.000 ton



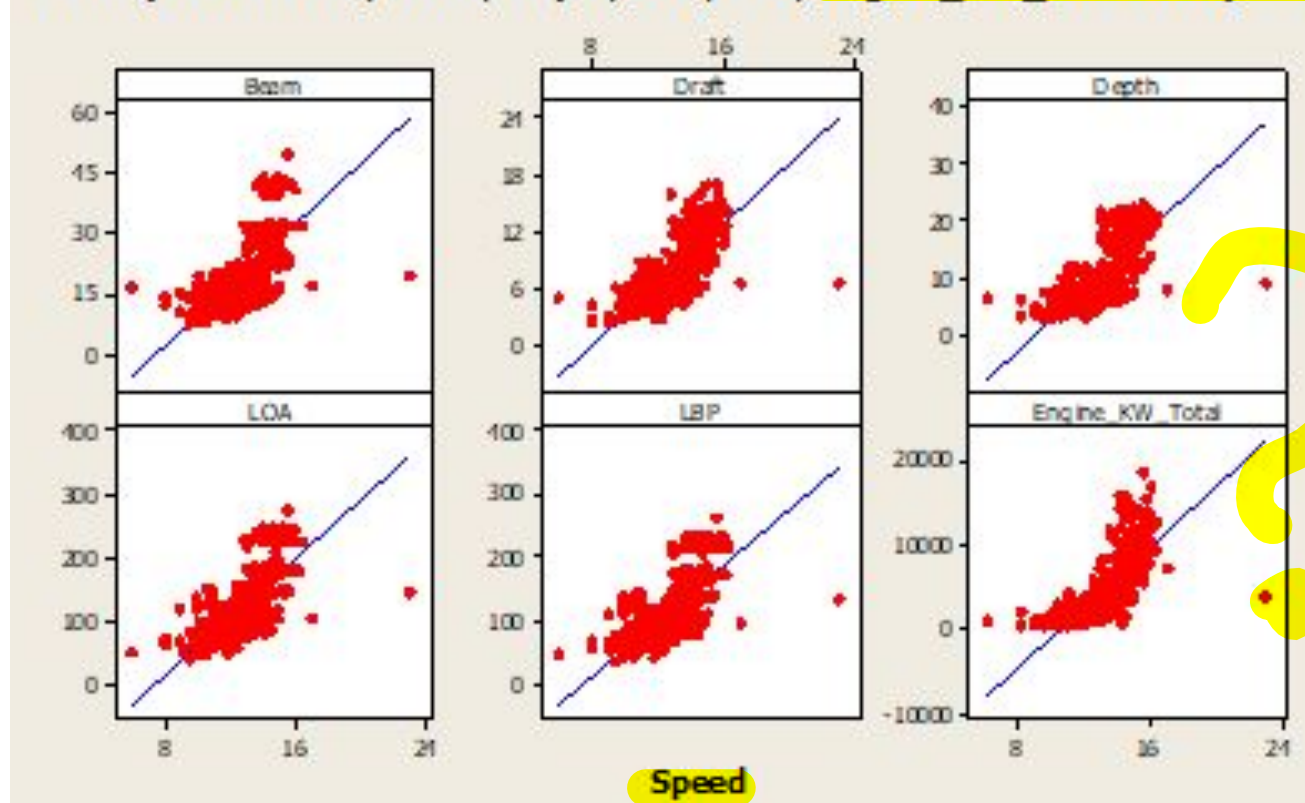
Tankers Lloyds 2006 - Análise global

Scatterplot of Beam; Draft; Depth; LOA; LBP; Engine_KW_Total vs DWT



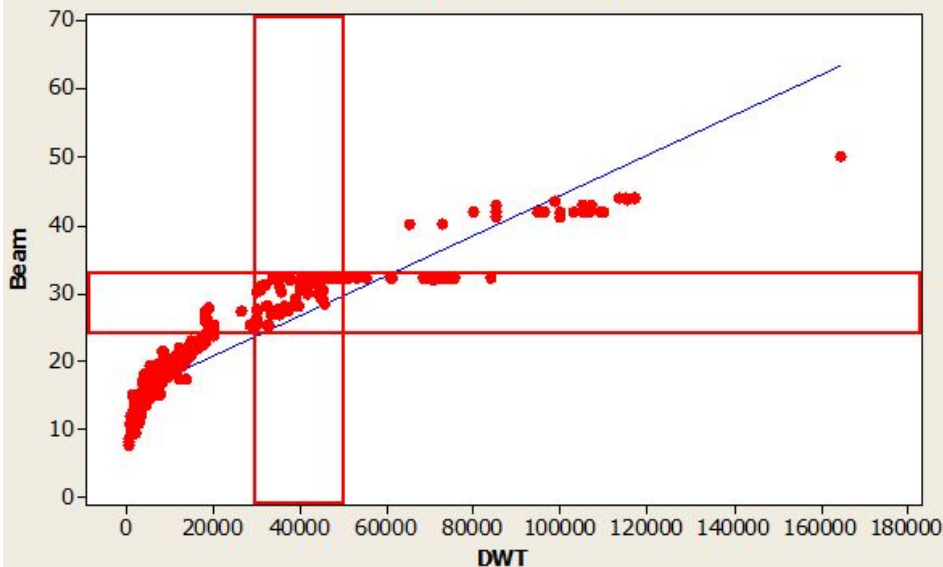
Tankers Lloyds 2006 - Análise global

Scatterplot of Beam; Draft; Depth; LOA; LBP; Engine_KW_Total vs Speed

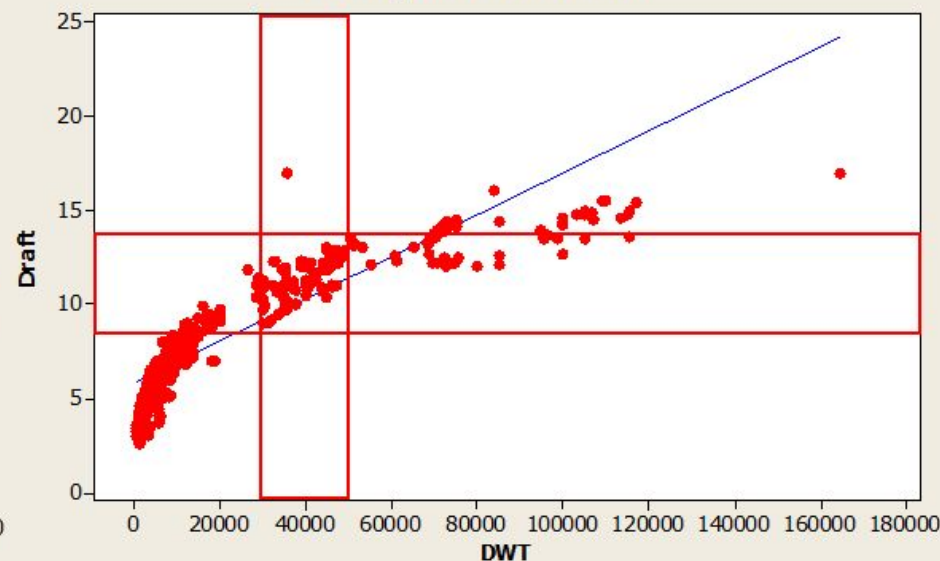


Tankers Lloyds 2006 - Análise local

Scatterplot of Beam vs DWT

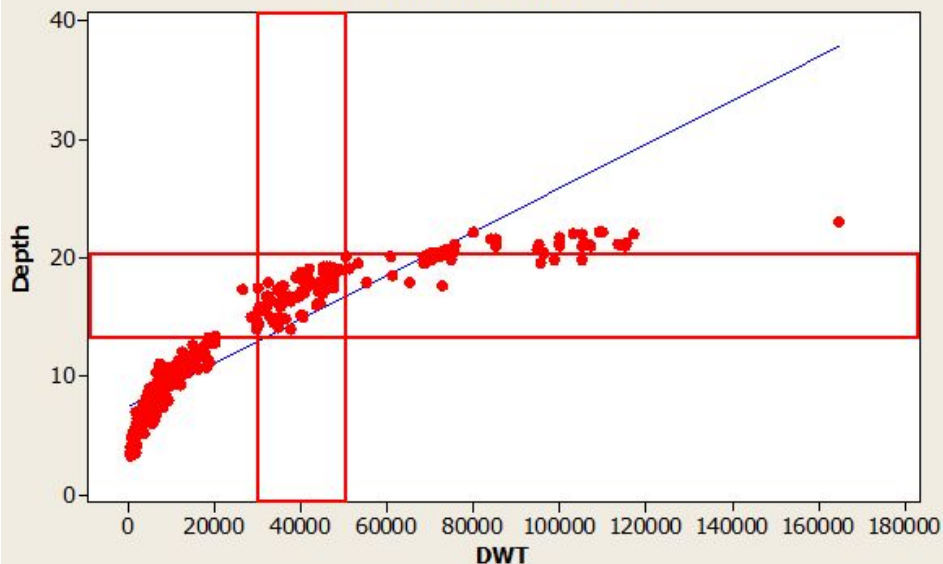


Scatterplot of Draft vs DWT

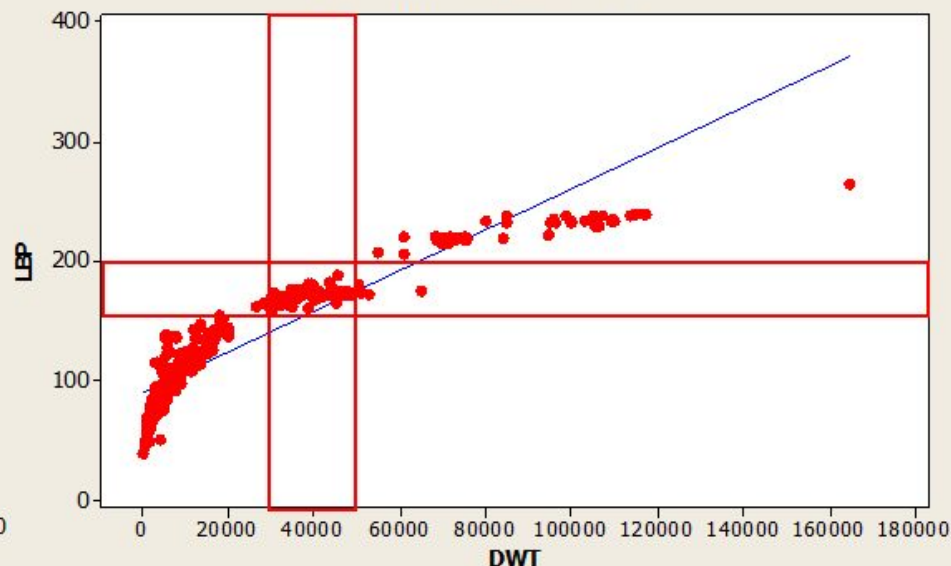


Tankers Lloyds 2006 - Análise local

Scatterplot of Depth vs DWT



Scatterplot of LBP vs DWT



Análise global

Regressão em função do deadweight e da velocidade

$$d = -1,88 + 0,000103 \text{ DWT} + 0,606 \text{ Speed} \quad R\text{-Sq} = 90,6\%$$

$$D = -1,99 + 0,000194 \text{ DWT} + 0,716 \text{ Speed} \quad R\text{-Sq} = 92,7\%$$

$$\text{LOA} = 54,5 + 0,00191 \text{ DWT} + 2,97 \text{ Speed} \quad R\text{-Sq} = 90,0\%$$

$$\text{LBP} = 56,2 + 0,00189 \text{ DWT} + 2,34 \text{ Speed} \quad R\text{-Sq} = 90,1\%$$

$$B = 4,71 + 0,000299 \text{ DWT} + 0,789 \text{ Speed} \quad R\text{-Sq} = 88,8\%$$

Análise local

$$30.000 \text{ ton} \leq \text{DWT} \leq 50.000 \text{ ton}$$

$$25 \text{ m} \leq B \leq 32 \text{ m}$$

$$8 \text{ m} \leq d \leq 14 \text{ m}$$

$$13 \text{ m} \leq D \leq 21 \text{ m}$$

$$160 \text{ m} \leq \text{LOA} \leq 200 \text{ m}$$

$$160 \text{ m} \leq \text{LBP} \leq 200 \text{ m}$$

Para as especificações do projeto DWT= 45.100 e Speed=15,6:

$$\text{Draft} = 12,22 \text{ m} \quad \text{Depth} = 17,93 \text{ m} \quad \text{LOA} = 186,97 \text{ m}$$

$$\text{LBP} = 177,94 \text{ m} \quad \text{L/D} = 9,92$$

Coeficiente de Deadweight

$$C_{DWT} = \frac{DWT}{\Delta}$$

TABLE 11.1 Typical Deadweight Coefficient Ranges

<i>Vessel Type</i>	<i>C_{carga DWT}</i>	<i>C_{total DWT}</i>
Large tankers	0.85–0.87	0.86–0.89
Product tankers	0.77–0.83	0.78–0.85
Container ships	0.56–0.63	0.70–0.78
Ro-Ro ships	0.50–0.59	—
Large bulk carriers	0.79–0.84	0.81–0.88
Small bulk carriers	0.71–0.77	—
Refrigerated cargo ships	0.50–0.59	0.60–0.69
Fishing trawlers	0.37–0.45	—

Figura: Valores típicos de coeficientes de deadweight

Fonte: *Practical Ship Design*

Com DWT = 45.100 ton e $\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$

C_{DWT} carga	Δ (ton)	∇ (m ³)
0,77	58571,43	57142,86
0,78	57820,51	56410,26
0,79	57088,61	55696,20
0,8	56375,00	55000,00
0,81	55679,01	54320,99
0,82	55000,00	53658,54
0,83	54337,35	53012,05

Coeficientes L/B, L/D, B/D e d/D

Segundo Watson e Gilfillan:

L/B = 6,5 para navios de carga geral com $L > 130$ m

5,5 para navios tanque gigantes

L/D = 12,5 para tankers com casco simples

10,5 para tankers com casco duplo

B/D = 1,9 para navios de peso

A razão d/D está relacionada à fração de borda livre, que é restringida por convenções e órgãos internacionais (como MARPOL e IMO).

d/D = 0,67, para navios tankers

Da regressão: L = 177,94 m

D = 17,93 m

d = 12,22 m

L/D = 9,92

d/D = 0,68

Com L/D = 10,5 e d/D = 0,67:

D = 16,95 m

d = 11,52 m

Com L/B = 5,5:

B = 32,35

Com B/D = 1,9 e D = 16,95 m:

B = 32,20

Coeficiente de Bloco

$$C_B = \frac{\nabla}{L \cdot B \cdot d}$$

Segundo Watson e Gilfillan:

$$C_B = 0,70 + 0,125 \tan^{-1}[(23 - 100 Fn)/4]$$

Segundo Schneekluth e Bertram,
para $0,15 \leq Fn \leq 0,32$:

$$C_B = -4,22 + 27,8\sqrt{Fn} - 39,1Fn + 46,6Fn^3$$

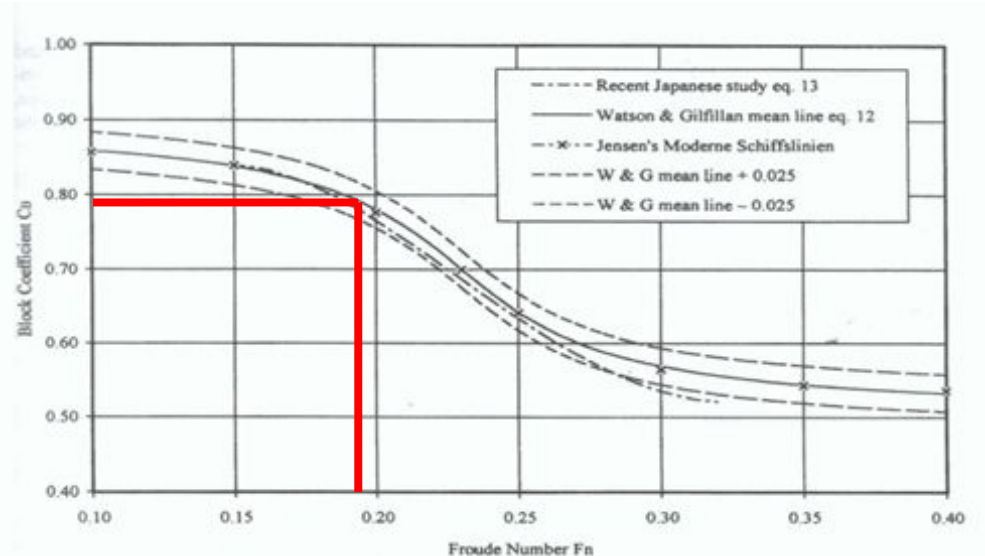
Numero de Froude:

$$Fn = \frac{V}{\sqrt{g \cdot L}} = \frac{15,6 \cdot 0,5144}{\sqrt{9,8 \cdot 177,94}} = 0,19$$

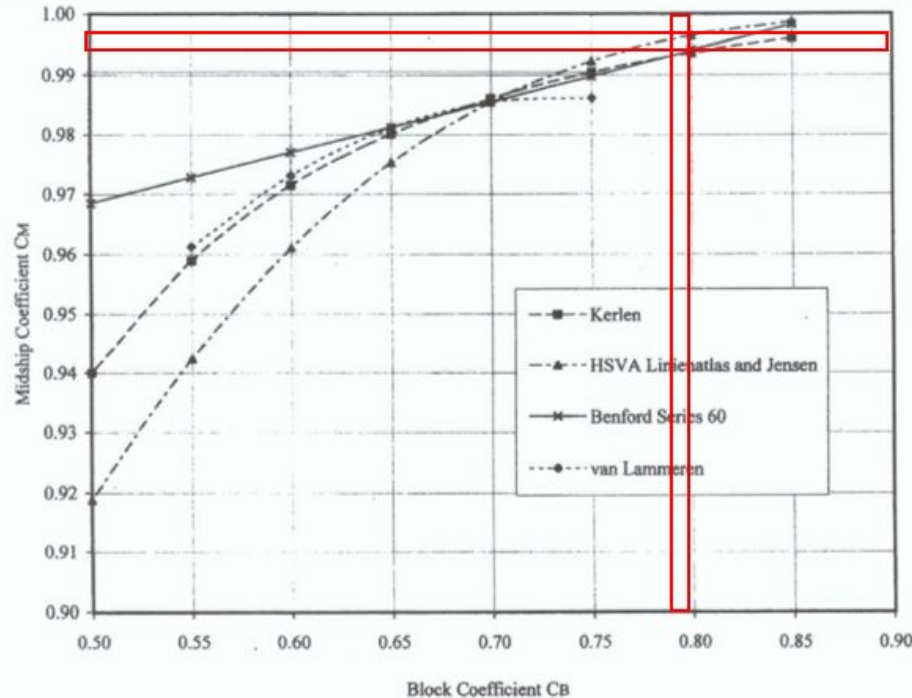
Com $C_{DWT} = 0,83$: $C_B = 0,81$

Watson e Gilfillan: $C_B = 0,79$

Schneekluth e Bertram: $C_B = 0,78$



Coeficiente Prismático



Coeficiente de seção mestra:

$$C_{SM} = \frac{A_{SM}}{L \cdot B} \quad C_{SM} = 0,99$$

Coeficiente prismático:

$$C_P = \frac{\nabla}{A_{SM} \cdot L} \quad C_P = \frac{C_B}{C_{SM}} = 0,8$$

Coeficiente prismático vertical:

$$C_{PV} = \frac{\nabla}{A_{WL} \cdot L} \quad C_{PV} = \frac{C_B}{C_{WP}}$$

Figura: Gráfico de coef. de seção mestra vs coef. de bloco

Fonte: Practical Ship Design

Coeficiente de Linha D'água e de

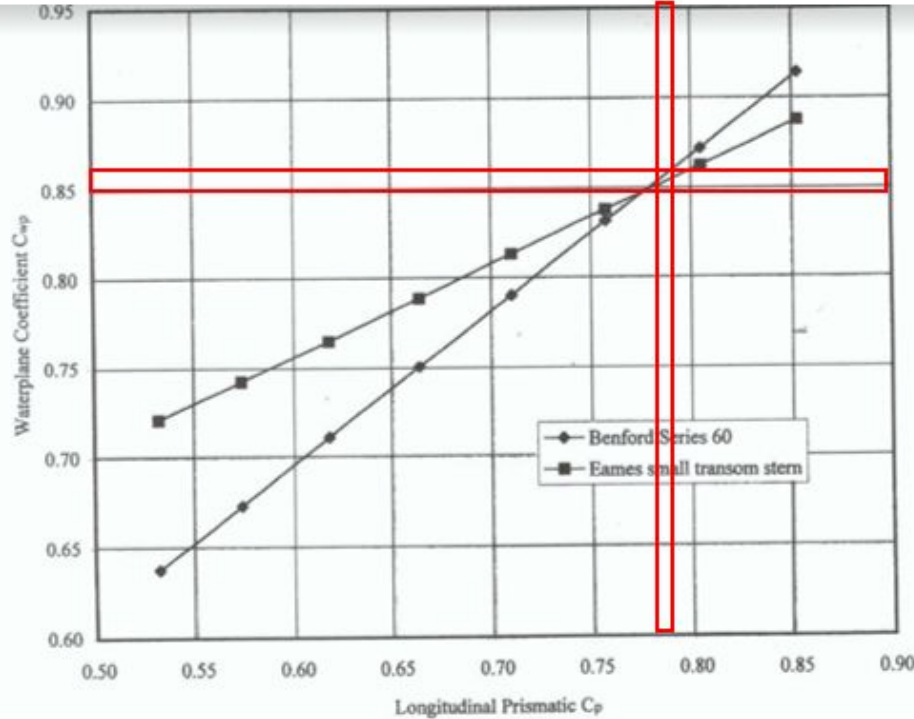


Figura: Gráfico de coef. prismático vs coef. de linha d'água
Fonte: Practical Ship Design

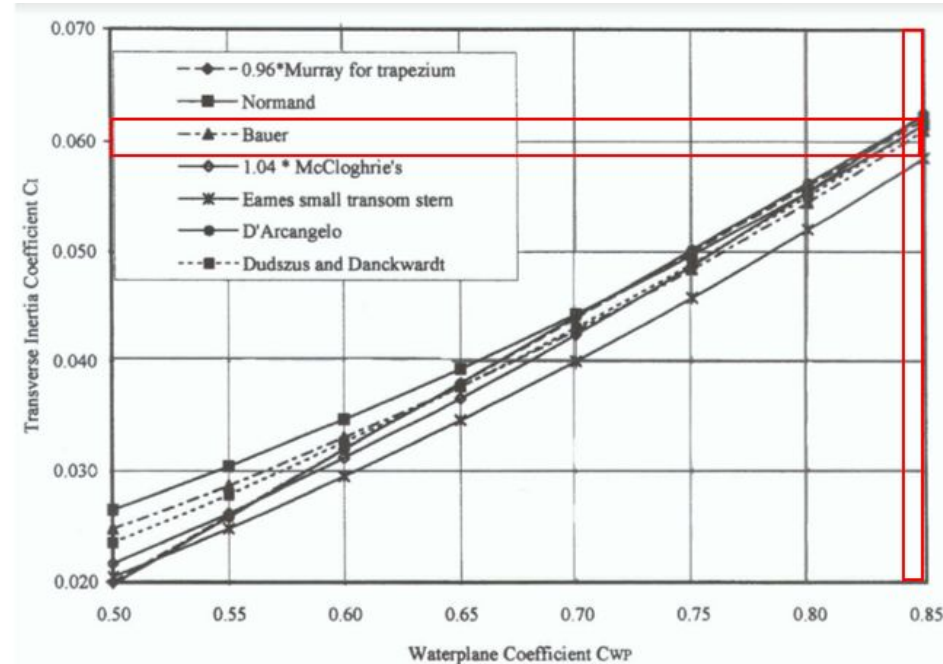


Figura: Gráfico de coef. de linha d'água vs coef. de inércia
Fonte: Practical Ship Design

Primeira estimativa:

$$BM = \frac{I}{\nabla} = \frac{C_I \cdot L \cdot B^3}{\nabla} = 11,69$$

$$KG = 0,69 \cdot D = 11,69$$

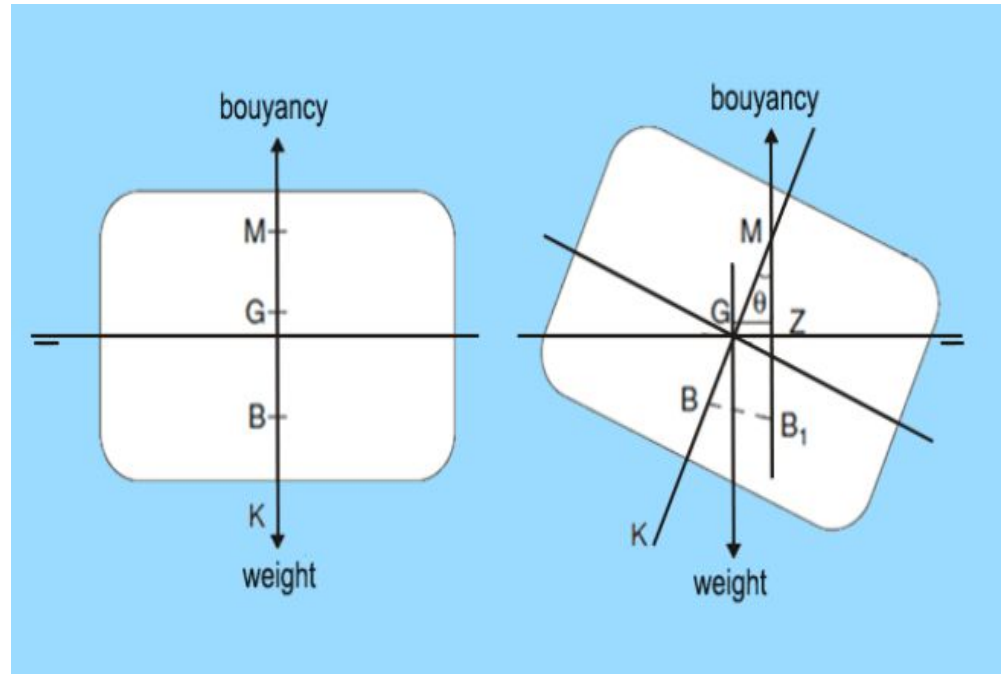
$$KB = \frac{d}{3} \cdot (2,5 - C_{PV}) = 5,88$$

$$GM = KB + BM - 1,03 \cdot KG = 0,55$$

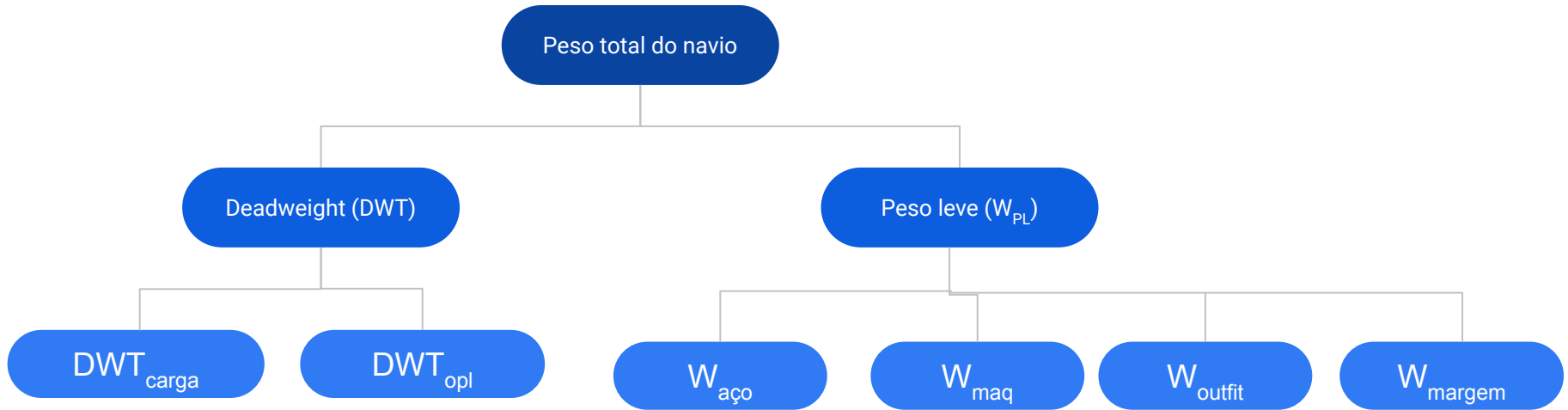
Pesos e Centros

Objetivo:

- Obter uma primeira estimativa de pesos e centros do navio, verificando a coerência das hipóteses iniciais e avaliando as condições de equilíbrio de forças do navio



Fonte: Marine Insight



DWT_{carga}: deadweight de carga

DWT_{op}: deadweight operacional

W_{aço}: peso estrutural

W_{maq}: peso do maquinário

W_{outfit}: peso de outfit

W_{margem}: margem de peso

Peso Estrutural

$$W_{\text{aço}} = W_{\text{casco}} + W_{\text{SE}} + W_{\text{DH}}$$

SE: superestrutura

DH: deckhouses



Segundo **Watson & Gilfillan**:

$$W_{\text{aço}} = W_{\text{aço}}(E) = KE^{1,36}[1 + 0,5(C_B' - 0,70)]$$

$$C_B' = C_B + (1 + C_B)[(0,8D - d/3d)]$$

TABLE 11.VII Structural Weight Coefficient K (1, 18)

Ship type	K mean	K range	Range of E
Tankers	0.032	±0.003	1500 < E < 40 000
Chemical tankers	0.036	±0.001	1900 < E < 2500
Bulk carriers	0.031	±0.002	3000 < E < 15 000
Container ships	0.036	±0.003	6000 < E < 13 000
Cargo	0.033	±0.004	2000 < E < 7000
Refrigerator ships	0.034	±0.002	4000 < E < 6000
Coasters	0.030	±0.002	1000 < E < 2000
Offshore supply	0.045	±0.005	800 < E < 1300
Tugs	0.044	±0.002	350 < E < 450
Fishing trawlers	0.041	±0.001	250 < E < 1300
Research vessels	0.045	±0.002	1350 < E < 1500
RO-RO ferries	0.031	±0.006	2000 < E < 5000
Passenger ships	0.038	±0.001	5000 < E < 15 000
Frigates/corvettes	0.023		

Fonte: Practical Ship Design

Peso do Maquinário

- Segundo **Watson & Gilfillan**:

$$W_{\text{maq}} = W_{\text{MCP}} + W_{\text{resto}}$$

MCP: máquina principal

- Máquina Principal

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

- “Resto”

$$W_{\text{resto}} = C_m (\text{MCR})^{0,70}$$

$C_m = 0,69$, para navios de granel, carga geral

$= 0,72$, para navios tanque

$= 0,83$, para navios de passageiros

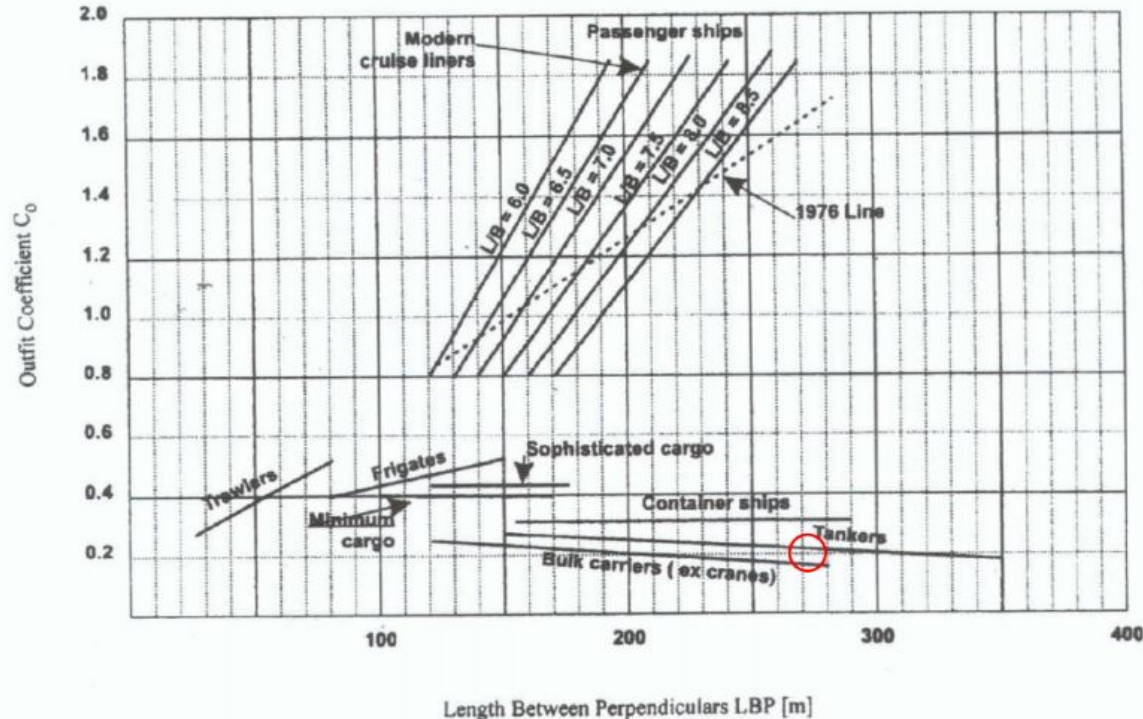
$= 0,19$, para fragatas e corvetas

Peso de *Outfit*

- Segundo **Watson & Gilfillan**:

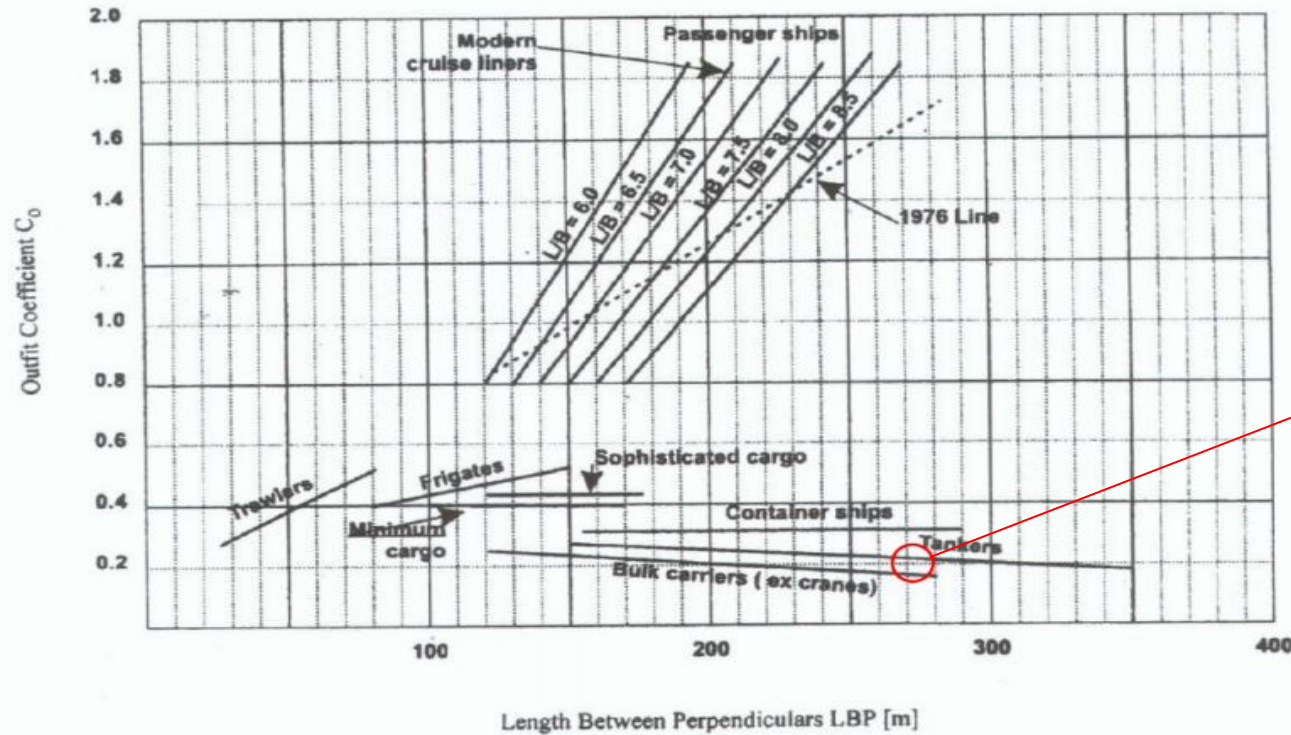
$$W_o = C_o \cdot L \cdot B$$

C_o : Coeficiente de *outfit*, que varia de acordo com o tipo de navio segundo o gráfico ao lado



Fonte: Ship Design and Construction

Pesos e Centros



- Estimativa inicial: $C_0 = 0,3$

Deadweight

$$\boxed{DWT_{TOTAL}} = \boxed{DWT_{CARGA}} + \boxed{DWT_{OP}}$$

- *Deadweight* de carga (requisito de projeto): 45100 tons
- *Deadweight* operacional = $W_{OC} + W_{OL} + W_{AG} + W_{Trip} + W_{Prov}$

OC: óleo combustível

OL: óleo lubrificante

AG: água doce

Trip: tripulação

Prov: provisões

Deadweight Operacional

1. Óleo combustível

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

2. Óleo lubrificante

$$\begin{aligned} DWT_{OL} &= 20 \text{ ton, para navios a diesel de velocidade média} \\ &= 15 \text{ ton, para navios a diesel de velocidade baixa} \end{aligned}$$

γ : consumo específico $\left[\frac{\text{ton}}{\text{kWh}} \right]$



P_B : potência [kW]

A : autonomia

V_S : velocidade de serviço

M : margem (~5%)

Deadweight Operacional

3. Água doce

$$DWT_{AG} = 0,17 \text{ ton/pessoa} \times \text{dia}$$

4. Tripulação e seus efeitos

$$DWT_{trip} = 0,17 \text{ ton/pessoa}$$

5. Provisões

$$W_{provisões} \cong 0,01 \text{ ton/(pessoa} \times \text{dia)}$$

Primeira Estimativa

1. Peso estrutural

K	0,032
E	7725,10
W_{aço}	6515,64 tons

$$E = L. (B + d) + 0,85. L. (D - d) + 0,85. l_1. h_1 + 0,75. l_2. h_2$$

Primeira Estimativa

2. Peso do maquinário: navios semelhantes

Nome	Ano	L_{pp} [m]	B_M [m]	D [m]	d [m]
Alnoman	2003	168,00	31,00	17,20	9,00
Boraq	2003	174,00	32,20	18,80	11,00
Emirates Star	2008	173,90	32,20	19,10	11,00
Glenda Meredith	2010	174,00	32,20	18,80	11,00
Celso Furtado	2011	174,00	32,20	16,60	12,80
Front Arrow	2013	175,90	32,20	19,10	11,00

Nome	V_s [nós]	V_s [m/s]	%MCR	Unid.	kW
Alnoman	15,00	7,65	90	1	8580
Boraq	15,25	7,7775	90	1	9480
Emirates Star	15,20	7,752	85	1	9480
Glenda Meredith	14,80	7,548	-	1	8598
Celso Furtado	14,80	7,548	90	1	9462
Front Arrow	14,60	7,446	-	1	7260

Coeficiente de almirantado:

- Watson:

$$C_{alm} = (\Delta^{\frac{2}{3}} \cdot V_s^3) / P_B$$

- Harvald:

$$C_{alm} = 3,7 \left(\sqrt{L} + \frac{75}{V_s} \right)$$

Primeira Estimativa

2. Peso do maquinário: navios semelhantes

Nome	DWT [ton]	Δ [ton]	C_{DWT}	$\Delta^{2/3}$	V_s	V_s^3	P_B	RPM	C_{alm}
Alnoman	30000	46035	0,65	1284,47	7,65	447,70	8580	127	67,02
Boraq	40060	56230	0,71	1467,73	7,78	470,46	9480	127	72,84
Emirates Star	50301	-	-	-	7,75	465,84	9480	127	-
Celso Furtado	49531	-	-	-	7,55	430,03	9462	127	-
Front Arrow	37644	60562	0,62	1542,17	7,45	412,83	9462	127	67,29

Nome	C_{alm} (Harvald)
Alnoman	84,23
Boraq	84,49
Emirates Star	84,59
Celso Furtado	85,57
Front Arrow	86,34

Para nosso navio, pela formulação de Harvald: $C_{alm} = 80,94$.

Primeira Estimativa

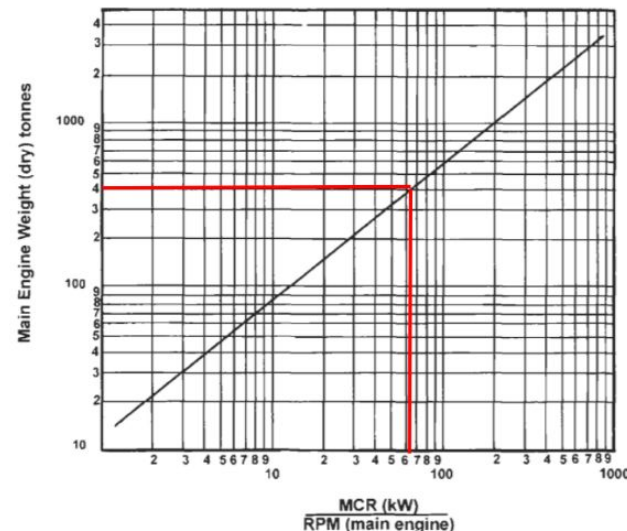
2. Peso do maquinário: navios semelhantes

Comparando nosso navio com o navio Boraq semelhante, adotando MCR de 90% e $RPM = 127 \frac{rot}{min}$:

Navio	C_{alm}	P_B [kW]	MCR [kW]	RPM	W_{maq} [ton]
Boraq	84,48	9480	8532	127	411,21
Projeto	80,94	9361,24	8425,12	127	406,88

obs: $P_B = (\Delta^{\frac{2}{3}} \cdot V_s^3) / C_{alm}$, sendo que o primeiro coeficiente de almirantado foi obtido pela formulação de Harvald.

$W_{maq} = 407$ tons



Fonte: Practical Ship Design

Primeira Estimativa

2. Peso do maquinário: “resto”

$$W_{resto} = C_m \cdot MCR^{0,70}$$

Sendo: $C_m = 0,72$ para navios tanque.

Assim: $W_{resto} \cong 401,94 \text{ tons.}$

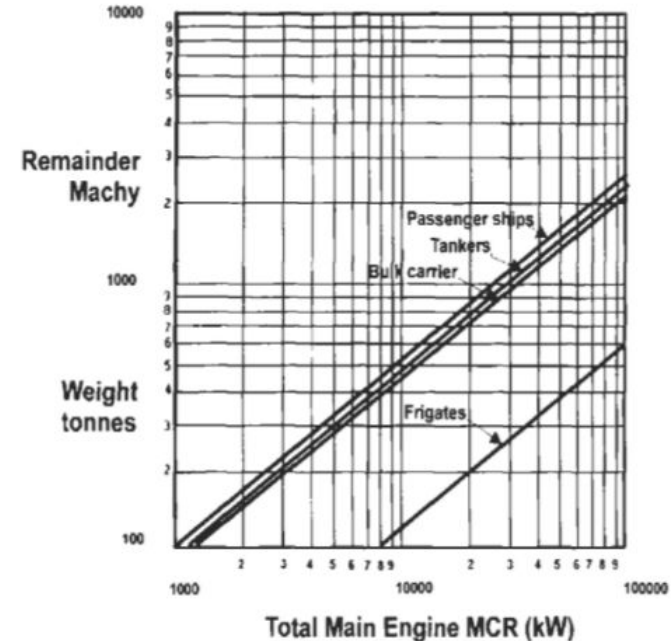


Fig. 4.16. Weight of “remainder” of machinery weight versus main engine MCR (kW).

Primeira Estimativa

3. Peso de outfit

Do gráfico: $C_0 \cong 0,3$.

$$W_0 = L.B.C_0 \cong 155m \cdot 31m \cdot 0,3 = 1441,5 \text{ tons.}$$

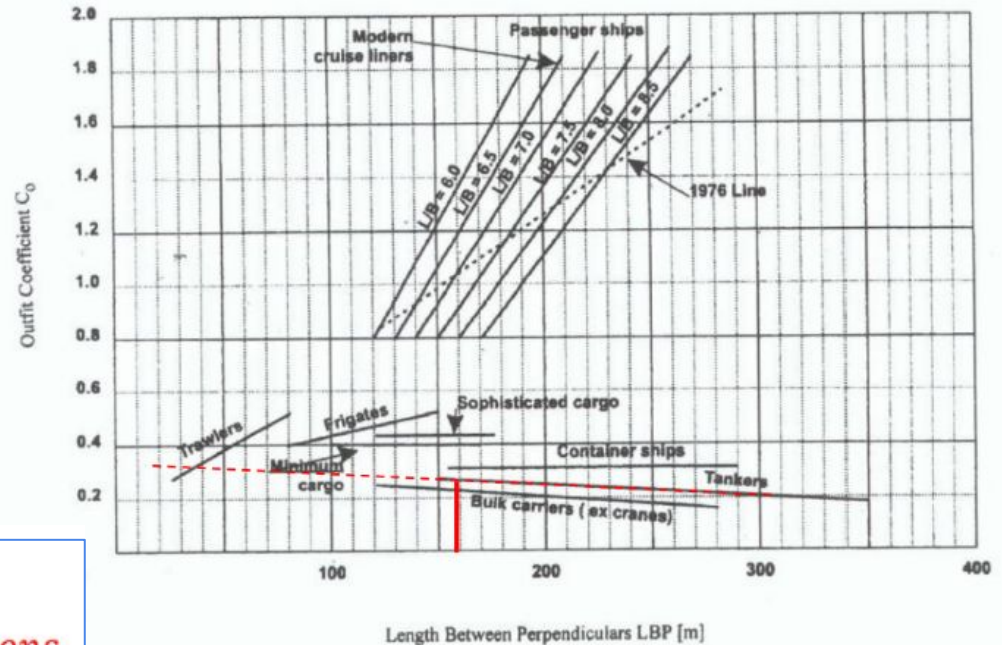


Figure 11.17 Outfit Weight Coefficient C_0 (18)

Primeira Estimativa

5. Combustível:

$\gamma[t/kWh]$	$MCR[kW]$	$A[m]$	$V_s [m/s]$	M	$W_{comb}[tons]$
0,000190	8425,12	21298000	7,96	0,05	1250

6. Óleo lubrificante: $W_{LO} \cong 15 \text{ ton}$, diesel de baixa rotação

7. Água doce: $W_{\acute{a}gua} \cong 0,17 \text{ ton}/(\text{pessoa} \times \text{dia})$

Dias de navegação: 16 (estimativa)

Tripulação estimada: 15 pessoas

$W_{\acute{a}gua} \cong 40,8 \text{ tons}$

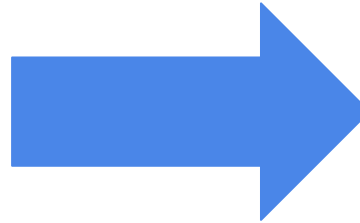
Obs.: Não estamos considerando dessalinizador.

8. Tripulação: $W_{trip} \cong 2,55 \text{ ton}$

9. Provisões: $W_{provis\tilde{o}es} \cong 2,4 \text{ tons}$.

Primeira Estimativa

$W_{aço}$ [tons]	6515,64
W_{maq} [tons]	407,00
W_{resto} [tons]	401,94
W_{outfit} [tons]	1441,50
$W_{comb+OL}$ [tons]	1265,00
W_{Gerais} [tons]	45,75
DWT_{carga} [tons]	45100,00
W_{total} [tons]	55176,83



SEGUNDA ESTIMATIVA

Erro > 10%

Segunda Estimativa

- Novas dimensões e coeficientes:**

Deslocamento (Δ) [tons]	55176,83
Velocidade (V) [m/s]	7,96
Comprimento (L) [m]	174,14
Boca (B) [m]	32,2
Deslocamento (∇) [m^3]	53831,05

Pontal (D) [m]	17,7
Calado (d) [m]	12
Froude (Fn)	0,19

L/B	5,41
B/D	1,82
L/D	9,84
d/D	0,68
B/d	2,68

Podemos observar que estão dentro dos intervalos propostos para nosso tipo de navio.

Coeficientes:

Coeficiente de bloco (C_B)	0,8
Coeficiente de seção mestra (C_M)	0,99
Coeficiente prismático longitudinal (C_P)	0,81
Coeficiente prismático vertical (C_{PV})	0,92
Coeficiente de linha d'água (C_{WP})	0,87

Coeficiente de inércia transversal (C_I)	0,07
Coeficiente de inércia longitudinal (C_{IL})	0,06
Inércia transversal (I_T) [m^4]	388373,59
Inércia longitudinal (I_L) [m^4]	10016028,55
Posição do metacentro transversal (BM_T) [m]	7,21
Posição do metacentro longitudinal (BM_L) [m]	186,06
Posição transversal do CG (KG) [m]	12,21

Segunda Estimativa

- Novas dimensões e coeficientes:

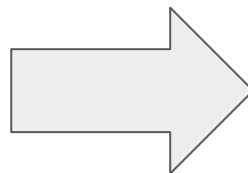
Posição do <u>metacentro</u> longitudinal (BM_L) [m]	186,06
Posição transversal do CG (KG) [m]	12,21
Posição transversal do centro de carena (KB) [m]	6,33
Posição longitudinal do centro de carena (LCB) [m]	89,31

Desta forma:

$$GM_T = KB + BM_T - 1,03KG = 0,96 \text{ m (estável)}.$$

Segunda Estimativa

$W_{aço}$ [tons]	5301,44
W_{maq} [tons]	743,39
W_{resto} [tons]	364,84
W_{outfit} [tons]	1682,22
$W_{comb+OL}$ [tons]	1099,52
W_{gerais} [tons]	84,00
DWT_{carga} [tons]	45100,00
W_{total} [tons]	54375,39



Erro = 1%

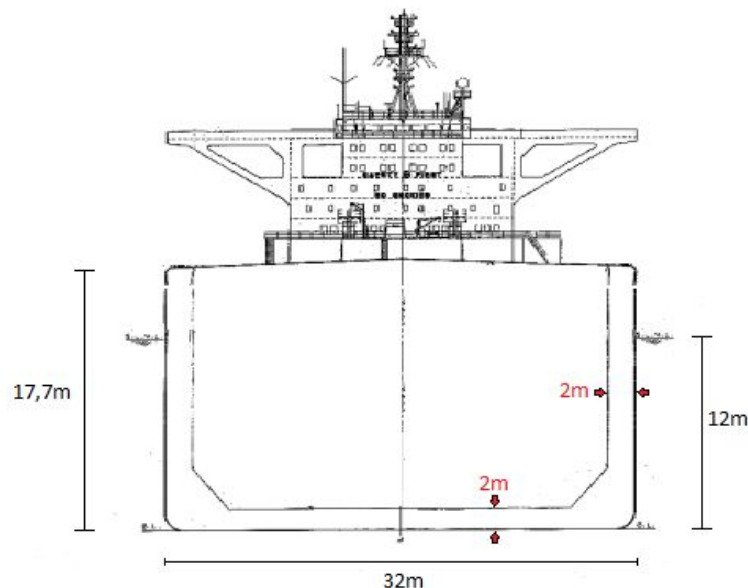
- **Watson & Gilfillan:**

Margem de peso: 3%~5%

Requisitos e Regulamentações

Pela regra MARPOL 73 temos:

- Duplo fundo, no mínimo $h = 2\text{ m}$
- Duplo costado, no mínimo $w = 2\text{ m}$
- Tanques de carga de comprimento máximo $L_t = 28,8\text{ m}$ (com anteparas longitudinais)
- Slop tank, possui comprimento de 2% do comprimento dos tanques de carga, com o mesmo perfil transversal.



Com base em navios semelhantes do Significant Ships.

- Espaço para praça de máquinas + casa de bombas, foi adotado como 15% do LBP; 26,1m

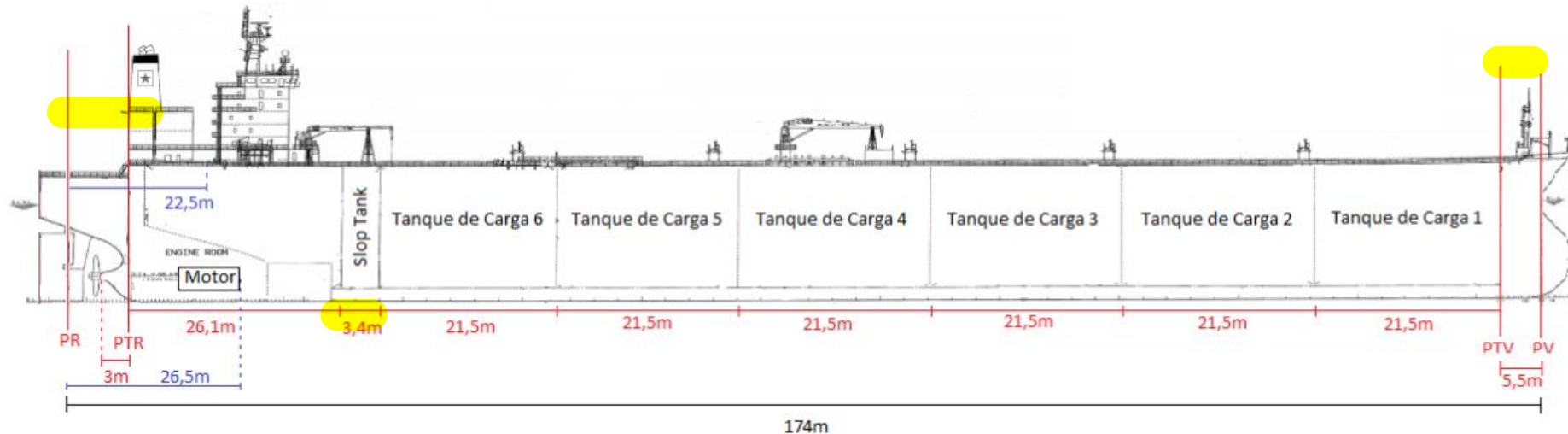
Dimensionamento das Anteparas

Pelo AMERICAN BUREAU OF SHIPPING - heavy oil tanker temos que:

- Pique tanque a vante: 5,5 m a partir da perpendicular a vante.

Com base em navios semelhantes do Significant Ships.

- Pique tanque de ré a três ou quatro espaçamentos de cavernas a partir de onde o eixo sai do casco, valor entre 2,3 m e 3 m.



Dado que os valores obtidos nos arranjos foram:

$LCG_{máq}=26,5m$

$LCG_{outfit}=47,69m$ calculado por:

$LCG_{casco}=89,16m$

$$LCG_o = (25\% W_o \text{ at } LCG_M, 37.5\% \text{ at } LCG_{dh}, \text{ and } 37.5\% \text{ at amidships})$$

Considerando a distribuição dos pesos, temos que $LCG_{total}=87,02m$

E com os dados do $LCB=89m$ e $GML=180,07m$ podemos calcular o trim por:

$$\text{trim} = T_A - T_F = (LCG - LCB)L/GM_L$$

Assim obtemos um **trim= 1,9m** pela popa; aproximadamente $1,25^\circ$ pela popa



Dúvidas?
