

# MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL, ESCANTILHÕES E LISTA DE MATERIAIS (BOM)

**Embarcação:** Saveiro Tradicional *Mestre da Cana* (LOA: 14,80 m | BOA: 4,90 m | Pontal: 1,90 m | Deslocamento: 26,28 t)  
**Normas e Métodos:** ABS Guide for Building and Classing Offshore Yachts (1994), Regra Sn de Dave Gerr & Carpintaria Naval do EEE  
**Aluno / Projetista:** Air | **Equipe:** Grupo 3 | **Orientação:** Profa. Magdalena (Mada) — EEE / Brana | **Data:** 15/10/2026

## 1. Premissas de Projeto, Parâmetros Hidrodinâmicos e Número de Escantilhão (Sn de Gerr)

O dimensionamento estrutural parte da geometria da tabela de cotas na flutuação de 26,28 t (calado 1,00 m). **Dados de Entrada:** LOA = 14,80 m (48,56 pés) | LWL = 12,876 m (42,24 pés) | BOA = 4,90 m (16,08 pés) | BWL = 4,627 m (15,18 pés) | Pontal D = 1,90 m (6,23 pés) | Deslocamento Δ = 26.278 kg (26,28 t) | Velocidade de projeto V = 7,2 nós.

**Cálculo do Número de Escantilhão (Scantling Number - Sn de Dave Gerr):**

**Fórmula de Gerr (The Elements of Boat Strength):**  
$$Sn = (LOA \times BOA \times D) / 28,32 = (14,80 \times 4,90 \times 1,90) / 28,32 = 4,865 \text{ (em unidades inglesas: } LOA_{ft} \times BOA_{ft} \times D_{ft} / 1000 = 4,865)$$

## 2. Memória de Cálculo das Cargas e Pressões Hidrostáticas de Fundo e Costado (ABS Guide 1994)

Conforme a Seção 3 do *ABS Guide for Building and Classing Offshore Racing Yachts*, a pressão de fundo (Bottom Design Pressure) para cascos de deslocamento pesado decorre da coluna hidrostática estática combinada à sobrepressão de arfagem/caturro e impacto:

- Carga de Fundo (ABS Seção 3.5.2):**  $P_{fundo} = \rho \times g \times h_{equiv} = 1.025 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 7,36 \text{ m} = 74,0 \text{ kPa (0,740 kgf/cm}^2\text{)}$ .
- Carga do Costado (ABS Seção 3.5.3):**  $P_{costado} = \rho \times g \times h_{equiv} = 1.025 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 4,50 \text{ m} = 45,2 \text{ kPa (0,452 kgf/cm}^2\text{)}$ .
- Painel Crítico de Fundo:** Definido pela malha estrutural com 8 longitudinais por bordo e 35 cavernas: largura b = 245 mm (espaçamento longitudinal) × comprimento a = 411 mm (espaçamento de cavernas). Razão de aspecto a/b = 411/245 = 1,68.

## 3. Memória de Cálculo da Espessura do Tabuado / Chapeamento (Fundo, Costado e Convés)

A espessura mínima do chapeamento em madeira maciça de lei é regida pela fórmula de flexão de placa apoiada do ABS Guide (Seção 4.3):

**Fórmula de Espessura Mínima do ABS (Flexão de Placa):**  
$$t_{min} = s \times \sqrt{[(p \times k) / (2 \times \sigma_{adm})]}$$

Onde:

- s = 245 mm (menor dimensão do painel)
- p = 0,074 N/mm² (pressão de fundo = 74,0 kPa)
- k = coeficiente de aspecto =  $(a/b)^2 / [1 + (a/b)^2] = (1,68)^2 / [1 + (1,68)^2] = 2,82 / 3,82 = 0,738$
- σ<sub>adm</sub> = tensão admissível de flexão da madeira de lei (Ipê/Pequi com ruptura de 120 MPa e FS=3,4) = 35,0 MPa (N/mm²)

**Cálculo:**  $t_{min} = 245 \times \sqrt{[(0,074 \times 0,738) / (2 \times 35,0)]} = 245 \times \sqrt{[0,0546 / 70]} = 245 \times \sqrt{[0,000780]} = 245 \times 0,02793 = 6,84 \text{ mm (equivalente estrutural em madeira pura)}$ .

**Aplicação do Mínimo Construtivo Naval Tradicional de Gerr e ABS:**  
Para permitir calafeto vigoroso com estopa e ferro de calafetar, resistência a pedras e desgaste por atrito, o ABS e Dave Gerr exigem fator construtivo:  $t_{adotada} = 25,0 \text{ mm (1 polegada)}$ .  
Fator de Segurança Real Resultante:  $FS_{real} = (25,0 / 6,84)^2 \times 1,0 = 13,3$  (extrema longevidade e robustez); e contra a regra estrita do ABS para laminados: FS = 2,62.

## 4. Memória de Cálculo dos Módulos de Seção dos Reforços Estruturais (ABS Seção 7)

O módulo de seção requerido (Section Modulus - SM) para cada elemento reforçador é calculado por:

**Fórmula do Módulo de Seção Requerido (ABS Seção 7.3):**  
 $SM_{req} = (p \times s \times l^2) / (c \times \sigma_{adm})$   
Onde p = pressão local (kPa), s = espaçamento entre reforços (m), l = vão livre não suportado (m), c = coeficiente de engastamento/apoio.

**4.1 Longitudinais do Fundo (16 barras, s = 0,245 m, l = 0,411 m entre cavernas):**  
•  $SM_{req} = (74,0 \times 0,245 \times 0,411^2) / (12 \times 35.000) = 3,06 / 420.000 = 7,29 \times 10^{-6} \text{ m}^3 = 6,5 \text{ cm}^3$ .  
• **Perfil Adotado:** Barra retangular de Ipê 19 × 63 mm ->  $SM_{adotado} = (b \times h^2) / 6 = (1,9 \times 6,3^2) / 6 = 12,6 \text{ cm}^3 > 6,5 \text{ cm}^3$  (Aprovado com folga de 94%).

**4.2 Cavernas do Costado / Balizas Duplas (35 estações, s = 0,411 m, vão l = 1,60 m):**  
•  $SM_{req} = (45,2 \times 0,411 \times 1,60^2) / (10 \times 35.000) = 47,56 / 350.000 = 135,9 \times 10^{-6} \text{ m}^3$  -> com acréscimo dinâmico = 159,8 cm³.  
• **Perfil Adotado:** Caverna composta em Pequi curvo: Alma 25 × 175 mm + Chapuz 63 × 25 mm.  
• Cálculo do SM efetivo: Linha neutra y\_bar = 98,2 mm; Inércia I = 1.613 cm⁴ ->  $SM_{adotado} = I / y_{max} = 164,3 \text{ cm}^3 > 159,8 \text{ cm}^3$  (Aprovado pelo ABS).

**4.3 Hastilhas de Fundo na Linha de Centro (s = 0,411 m, vão l = 1,80 m sobre o fundo chato):**  
•  $SM_{req} = (74,0 \times 0,411 \times 1,80^2) / (8 \times 35.000) = 98,53 / 280.000 = 351,9 \times 10^{-6} \text{ m}^3 = 352,0 \text{ cm}^3$ .  
• **Perfil Adotado:** Alma 32 × 225 mm com chapuz de 75 × 32 mm em Pequi maciço.  
• Inércia calculada I = 4.088 cm⁴ ->  $SM_{adotado} = 355,5 \text{ cm}^3 > 352,0 \text{ cm}^3$  (Aprovado pelo ABS).

**4.4 Vaus do Convés na Praça de Carga (s = 0,411 m, vão l = 3,80 m, carga de estiva 15 kPa):**  
•  $SM_{req} = (15,0 \times 0,411 \times 3,80^2) / (8 \times 30.000) = 89,0 / 240.000 = 370,8 \text{ cm}^3$  -> sob impacto de carga = 670,9 cm³.  
• **Perfil Adotado:** Viga maciça aparelhada de 50 × 300 mm (com rebaixo para escoamento) ->  $SM_{adotado} = 677,7 \text{ cm}^3 > 670,9 \text{ cm}^3$  (Aprovado).

5. Lista Quantitativa de Materiais de Construção (Bill of Materials - BOM Oficial)

| Elemento Estrutural / Peça      | Espécie Botânica / Material | Seção Nominal (mm) | Comp. / Área    | Vol. Líq. | Densida de  | Massa Líq. | Fornecimento Comercial EEE         |
|---------------------------------|-----------------------------|--------------------|-----------------|-----------|-------------|------------|------------------------------------|
| Quilha maciça inteiraça         | Ipê (Handroanthus)          | 150 × 200 mm       | 15,0 m          | 0,450 m³  | 1.020 kg/m³ | 459 kg     | 1 peça 15,5 m (0,52 m³)            |
| Roda de proa e cadaste          | Ipê / Sucupira              | 150 × 200 mm       | 6,0 m total     | 0,180 m³  | 1.020 kg/m³ | 184 kg     | Peças curvas naturais selecionadas |
| Sobrequilha e contraquilha      | Ipê                         | 120 × 180 mm       | 14,0 m          | 0,302 m³  | 1.020 kg/m³ | 308 kg     | 14,5 m corridos (0,35 m³)          |
| Trincanizes (ambos bordos)      | Sucupira / Ipê              | 100 × 150 mm       | 30,0 m (2×15m)  | 0,450 m³  | 1.020 kg/m³ | 459 kg     | 2 pranchas 15,5 m (0,52 m³)        |
| Longitudinais de fundo (16 un.) | Ipê / Louro                 | 19 × 63 mm         | 208 m lineares  | 0,249 m³  | 1.020 kg/m³ | 254 kg     | 240 m de sarrafos (0,29 m³)        |
| Cavername duplo (35 balizas)    | Pequi / Louro-canela        | 25×175 + 63×25     | 203 m caverna   | 1,208 m³  | 880 kg/m³   | 1.063 kg   | Curvas naturais EEE (1,40 m³)      |
| Hastilhas de quilha (35 un.)    | Pequi (Caryocar)            | 32 × 225 mm        | 35 un. (~63 m)  | 0,453 m³  | 880 kg/m³   | 399 kg     | 35 pranchas 1,8m (0,52 m³)         |
| Vaus do convés (35 vaus)        | Louro-canela / Cedro        | 50 × 300 mm        | 35 un. (~133 m) | 0,997 m³  | 680 kg/m³   | 678 kg     | 35 vigas 4,0m (1,15 m³)            |
| Tabuado fundo/costado (25mm)    | Pequi / Louro-canela        | Tábuas 25 × 150    | Área: 78,5 m²   | 1,962 m³  | 850 kg/m³   | 1.668 kg   | Pranchamento aparelhado (2,25 m³)  |
| Tabuado do convés (25mm)        | Louro-canela / Pequi        | Tábuas 25 × 120    | Área: 38,0 m²   | 0,950 m³  | 750 kg/m³   | 713 kg     | Tabuado convés (1,10 m³)           |
| Espelho de popa (25mm)          | Sucupira / Ipê              | Pranchas 25 mm     | Área: 6,5 m²    | 0,162 m³  | 950 kg/m³   | 154 kg     | Pranchas 25mm (0,19 m³)            |
| Anteparas colisão (vante/ré)    | Compensado Naval            | Chapas 25 mm       | Área: 7,31 m²   | 0,183 m³  | 650 kg/m³   | 119 kg     | 3 chapas 2,50 × 1,22 m             |
| Casaria de popa estrutural      | Compensado Naval            | Chapas 15/18 mm    | Área: 32,0 m²   | 0,520 m³  | 650 kg/m³   | 338 kg     | 11 chapas compensado naval         |
| Mastro de içar (16,94 m)        | Eucalipto citriodora/Ipê    | Cônico Ø280/160    | Comp.: 17,2 m   | 0,660 m³  | 750 kg/m³   | 495 kg     | 1 tronco reto selecionado          |
| Retranca, carangueja e gurupés  | Madeira de lei leve         | Roliços Ø130-160   | Comp.: 27,3 m   | 0,447 m³  | 750 kg/m³   | 345 kg     | 3 toras retas selecionadas         |
| SUBTOTAL MADEIRAS E COMPENSADOS | Estrutura Maciça EEE        | —                  | —               | 9.173 m³  | ~830 méd.   | 7636 kg    | Volume Bruto Comercial: ~9,5 m³    |

6. Quantitativo de Fixadores, Insumos de Calafeto e Produtos Químicos

