

**PARTE II REGRAS PARA CONSTRUÇÃO  
E CLASSIFICAÇÃO DE NAVIOS  
IDENTIFICADOS POR SUAS MISSÕES**

**TÍTULO 16 BALSAS**

**SEÇÃO 2 ESTRUTURA**

**CAPÍTULOS**

- A ABRANGÊNCIA
- B DOCUMENTOS, REGULAMENTOS E NORMAS
- C MATERIAIS E MÃO-DE-OBRA  
- Ver Título 11
- D PRINCÍPIOS DA CONSTRUÇÃO  
- Ver Título 11
- E PRINCÍPIOS DE PROJETO DOS SISTEMAS ESTRUTURAIS LOCAIS
- F DIMENSIONAMENTOS POR SISTEMAS DA ESTRUTURA
- G PRINCÍPIOS DE PROJETO DA VIGA NAVIO  
- Ver Título 11
- H DIMENSIONAMENTO GLOBAL DA VIGA NAVIO
- I COMPLEMENTOS DA ESTRUTURA  
- Ver Título 11
- T INSPEÇÕES E TESTES  
- Ver Título 11



<b>CONTEÚDO</b>	<b>CAPÍTULO F..... 19</b>
<b>CAPÍTULO A ..... 5</b>	<b>DIMENSIONAMENTOS POR SISTEMAS DA</b>
<b>ABORDAGEM ..... 5</b>	<b>ESTRUTURA ..... 19</b>
<b>A1. APLICAÇÃO ..... 5</b>	<b>F1. FUNDO E FUNDO DUPLO ..... 19</b>
100. <i>Tipos de missões de balsas</i> ..... 5	100. <i>Espessura do fundo nas extremidades</i> ..... 19
200. <i>Proporções do casco</i> ..... 5	200. <i>Espessura do fundo a meia nau</i> ..... 19
<b>A2. DEFINIÇÕES ..... 5</b>	300. <i>Quilha</i> ..... 19
100. <i>Termos</i> ..... 5	400. <i>Conexão ao cadaste e à roda de proa</i> ..... 19
<b>A3. TOPOLOGIAS DE BALSAS ..... 6</b>	500. <i>Hastilhas, longitudinais, longarinas e</i>
100. <i>Balsas com topologia da viga-navio tipo</i>	<i>hastilhas gigantes de fundo simples</i> ..... 19
“ <i>A</i> ” ..... 6	600. <i>Teto de fundo duplo</i> ..... 20
200. <i>Balsas com topologia da viga-navio tipo</i>	700. <i>Hastilhas, longitudinais, longarinas e</i>
“ <i>B</i> ” ..... 6	<i>hastilhas gigantes de fundo duplo</i> ..... 20
<b>CAPÍTULO B ..... 11</b>	<b>F2. ANTEPARAS ..... 20</b>
<b>DOCUMENTOS, REGULAMENTOS E NORMAS.. 11</b>	100. <i>Definições</i> ..... 20
<b>B1. DOCUMENTAÇÃO PARA O RBNA ..... 11</b>	200. <i>Carregamentos</i> ..... 21
100. <i>Documentos do navio</i> ..... 11	300. <i>Chapeamento de AECs</i> ..... 21
200. <i>Documentos de componentes</i> ..... 11	400. <i>Prumos de AECs</i> ..... 21
300. <i>Documentos de mão-de-obra</i> ..... 11	500. <i>Disposições para ATQs</i> ..... 22
<b>B2. REGULAMENTOS ..... 11</b>	600. <i>Chapeamento de ATQs</i> ..... 22
100. <i>Borda livre para a estrutura</i> ..... 11	700. <i>Prumos de ATQs</i> ..... 22
<b>B3. NORMAS ..... 11</b>	800. <i>Tanques avulsos</i> ..... 23
100. <i>Normas equivalentes</i> ..... 11	<b>F3. COSTADO ..... 23</b>
<b>CAPÍTULO E ..... 12</b>	100. <i>Espessura do costado</i> ..... 23
<b>PRINCÍPIOS DE PROJETO DOS SISTEMAS</b>	200. <i>Cavernas verticais</i> ..... 23
<b>ESTRUTURAIS LOCAIS ..... 12</b>	300. <i>Cavernas horizontais</i> ..... 24
<b>E1. CÁLCULO DIRETO/DEFINIÇÕES ..... 12</b>	400. <i>Escoas que suportam cavernas verticais</i> ..... 24
100. <i>Hipóteses de cálculo</i> ..... 12	500. <i>Cavernas gigantes</i> ..... 24
200. <i>Definições</i> ..... 12	600. <i>Cavernas reforçadas</i> ..... 24
300. <i>Unidades utilizadas</i> ..... 12	700. <i>Caverna gigante suportando vau gigante</i>
<b>E2. CONFIGURAÇÕES DOS SISTEMAS</b>	<i>em balanço (cantilever)</i> ..... 24
<b>ESTRUTURAIS LOCAIS ..... 12</b>	<b>F4. CONVÉS ..... 25</b>
100. <i>Esforços solicitantes</i> ..... 12	100. <i>Espessura de convés nas extremidades</i> ..... 25
200. <i>Distribuição de esforços</i> ..... 12	200. <i>Espessura de convés resistente à meia nau</i> ..... 25
300. <i>Vão das vigas</i> ..... 12	300. <i>Longitudinais e sicordas</i> ..... 26
400. <i>Módulos para as condições de apoios das</i>	400. <i>Braçola de escotilha</i> ..... 26
<i>vigas</i> ..... 12	500. <i>Pilares</i> ..... 26
500. <i>Borboletas</i> ..... 12	<b>F5. ESTRUTURA DE POPA ..... 27</b>
600. <i>Espaçamento padrão de enrijecedores</i> ..... 13	100. <i>Estrutura de popa em treliça</i> ..... 27
<b>E3. CARREGAMENTOS LOCAIS ..... 13</b>	<b>F6. ESTRUTURA DE PROA ..... 27</b>
100. <i>Abordagem</i> ..... 13	100. <i>Estrutura de popa em treliça</i> ..... 27
200. <i>Carga de rodas</i> ..... 13	<b>F7. SUPERESTRUTURAS E CASARIAS ..... 27</b>
<b>E4. CARREGAMENTOS ..... 13</b>	100. <i>Superestruturas e casarias</i> ..... 27
100. <i>Abordagem</i> ..... 13	<b>F8. RESUMO DE FÓRMULAS PARA</b>
<b>E5. EQUAÇÕES GERAIS PARA</b>	<b>DIMENSIONAMENTO LOCAL ..... 27</b>
<b>ESPESURAS E MÓDULO RESISTENTE DE</b>	100. <i>Fórmulas e aplicação</i> ..... 27
<b>VIGAS ..... 15</b>	<b>TÓPICO ..... 28</b>
100. <i>Equação geral para espessuras</i> ..... 15	<b>CAPÍTULO G ..... 30</b>
200. <i>Equação geral para módulos resistentes</i> ..... 15	<b>PRINCÍPIOS DE PROJETO DA VIGA NAVIO ..... 30</b>
<b>E6. SELEÇÃO DOS ESCANTILHÕES A</b>	<b>G1. ABORDAGEM ..... 30</b>
<b>UTILIZAR ..... 15</b>	100. <i>Aplicação</i> ..... 30
100. <i>Espessura</i> ..... 15	<b>G2. CONFIGURAÇÃO DA ESTRUTURA</b>
200. <i>Proporções e detalhes de vigas</i> ..... 15	<b>GLOBAL ..... 30</b>
300. <i>Módulo de vigas laminadas</i> ..... 16	100. <i>Navios tipo “B”</i> ..... 30
400. <i>Módulo de vigas fabricadas</i> ..... 16	200. <i>Navios tipo “B” especiais e tipo “C”</i> ..... 30
500. <i>Dimensões mínimas de vigas fabricadas</i> ..... 16	300. <i>Navios e balsas tipo “A”</i> ..... 30
600. <i>Barra Chata</i> ..... 17	<b>G3. CARREGAMENTOS DA ESTRUTURA</b>
700. <i>Perfil L</i> ..... 17	<b>GLOBAL ..... 30</b>
	100. <i>Momento fletor longitudinal total</i> ..... 30
	200. <i>Momento em águas calmas</i> ..... 30

300. <i>Momento em ondas</i> .....	31
400. <i>Momento total</i> .....	31
<b>CAPÍTULO H</b> .....	<b>33</b>
<b>DIMENSIONAMENTO GLOBAL DA VIGA</b>	
<b>NAVIO</b> .....	<b>33</b>
<b>H1. RESISTÊNCIA DA SEÇÃO MESTRA</b> .....	<b>33</b>
100. <i>Extensão dos escantilhões a considerar</i> .....	33
200. <i>Aplicação</i> .....	33
300. <i>Módulo mínimo</i> .....	33
400. <i>Inércia mínima</i> .....	33
500. <i>Cálculo do módulo efetivo</i> .....	33
<b>H2. VERIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA</b>	
<b>LONGITUDINAL</b> .....	<b>34</b>
100. <i>Tensões da viga navio</i> .....	34

## CAPÍTULO A ABORDAGEM

### CONTEÚDOS

- A1. APLICAÇÃO
- A2. DEFINIÇÃO
- A3. TOPOLOGIAS

## A1. APLICAÇÃO

### 100. Tipos de missões de balsas

101. As embarcações que possuem a notação balsa ou barcaça devem estar em conformidade com o presente Título. No que segue, salvo indicação especial, será usado o termo geral de “balsa”.

### 200. Proporções do casco

201. Estas regras são desenvolvidas para as proporções de acordo com as seguintes dimensões:

ZONA DE NAVE- GAÇÃO	CONFIGURAÇÃO			
	B- CONVÉS ABERTO		A- CONVÉS FECHADO	
	L/D	B/D	L/D	B/D
<b>II</b>	≤ 22	≤ 6	≤ 30	≤ 7
<b>I2</b>	≤ 20	≤ 5	≤ 25	≤ 6

202. Para efeito de verificar a relação comprimento / pontal em embarcações com convés de tronco, ou seja, convés elevado na faixa ao longo da linha de centro, deve ser utilizada um pontal imaginário  $D_1$ , assim obtido:

$$D_1 = D + h_T \cdot \frac{b}{B}$$

Onde:

$h_T$ : altura do tronco;

$b$ : largura do tronco.

## A2. DEFINIÇÕES

### 100. Termos

101. Significados de termos aqui utilizados.

**Comprimento do navio L:** comprimento do navio conforme definido na Parte II, Titul 11, Seção 1,

### Capítulo A.

**Convés resistente:** Convés que compõe a aba superior da viga-navio e se estende continuamente, no mínimo, na distância de  $0,4 \times L$ , centrada a meio comprimento L. Não é necessariamente o convés de borda livre. Pode ser convés de superestrutura.

**Convés de tronco:** convés elevado, ao longo da linha de centro, em relação à faixa de convés ao lado.

**Módulo de seção mestra:** é o módulo resistente da seção a meia nau, com o material longitudinal contínuo por  $0,4 \times L$ , centrado a meio comprimento L. Caso a forma do casco nos limites a ré ou a vante se afinem, deve ser verificado que o módulo é atendido nas seções limites do  $0,4 \times L$ .

**Balsa (pontão):** unidades não propulsadas destinadas ao carregamento de cargas e/ ou equipamentos somente no convés. Umabalsa normalmente tem as seguintes características:

Unidades não propulsadas;

Inabitável;

Carrega somente carga no convés;

Tem um coeficiente de bloco de 0,9 ou maior;

Possui a relação Boca / Pontal maior que 3;e

Não possui escotilha no convés, apenas pequenas portas de visitafechadas com tampas parafusadas.

Ver nota abaixo sobre a definição de barcaça

**Barcaça:** é qualquer embarcação de carga que possui, geralmente, as seguintes características:

a. Unidades não propulsadas;

b. Não tripulada;

c. Possui a relação Boca / Pontal maior que 3

d. Possui relação entre boca e calado superior a 6

e. Possui porões de carga destinados ao carregamento de carga seca ou tanques destinados ao carregamento de cargas líquidas.

f. Possui escotilhas no convés.

**Zona de navegação:** área de navegação, classificada como função da altura de onda e outros agentes ambientais. Para efeito destas regras elas são classificadas como segue:

**II:** Áreas abrigadas, tais como lagos, lagoas, baías, rios e canais, onde normalmente não sejam verificadas ondas com alturas significativas que não apresentem

dificuldades ao tráfego das embarcações. (Área 1 da NORMAM 02)

**I2:** Áreas parcialmente abrigadas, onde eventualmente sejam observadas ondas com alturas significativas e/ou combinações adversas de agentes ambientais, tais como vento, correnteza ou maré, que dificultem o tráfego das embarcações. (Área 2 de NORMAM 02)

### **A3. TOPOLOGIAS DE BALSAS**

#### **100. Balsas com topologia da viga-navio tipo “A”**

101. De modo geral, entram nesta categoria balsas com convés completo com pequenas aberturas de acesso.

102. Seções típicas de balsas tipo “A” são mostradas nas Figuras F.A3.102.1. e F.A3.102.2., para sistemas de casco simples com sistema longitudinal e Figuras F.A3.102.3 e F.A3.102.4 para sistemas de casco simples com sistema transversal, respectivamente.

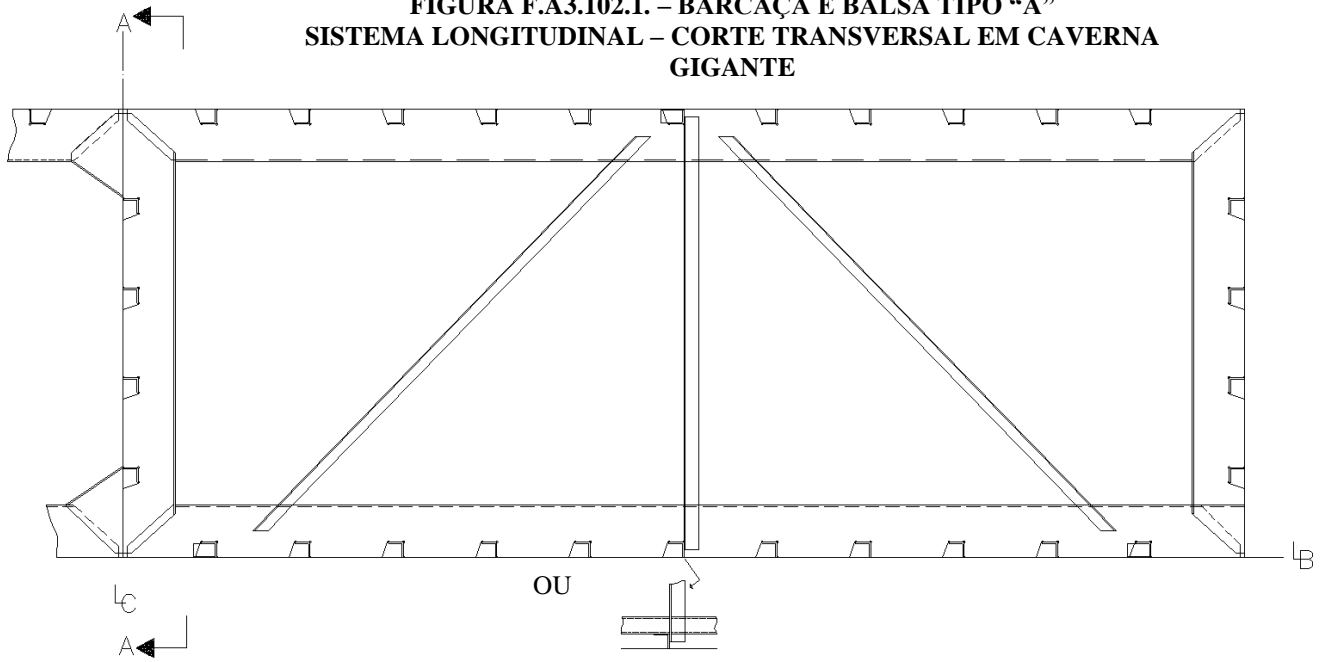
103. Em construções com treliças longitudinais ou transversais, elas devem ser arrançadas de maneira que o vão das vigas que elas suportam não seja maior que 4 m. Quando a relação L/D for maior que 16, erigir uma treliça em cada bordo. Quando esta relação for maior que 20, erigir duas treliças longitudinais em cada bordo. Entre pilares instalar perfis em diagonal, com inclinações opostas de cada lado do pilar e área mínima igual à metade da área do pilar.

#### **200. Balsas com topologia da viga-navio tipo “B”**

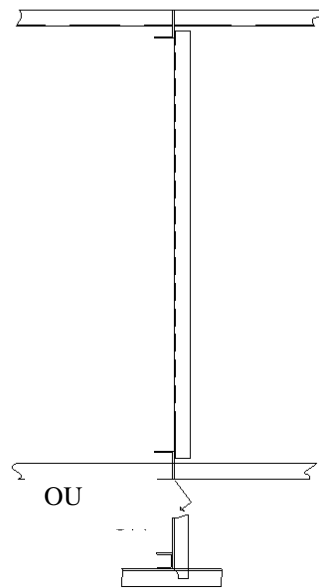
201. De modo geral, entram nesta categoria balsas com aberturas de escotilhas, múltiplos porões, com costados amarrados por anteparas e faixas de convés. Como alternativa, navios com porão único e fundo e costados duplos.

202. Seções típicas de barcas tipo “B” são mostradas nas figuras F.A3.202.1 e F.A3.202.2 para sistemas de casco duplo com estrutura longitudinal e F.A3.202.3 e F.A3.202.4 para sistemas de casco duplo com estrutura transversal, respectivamente. Topologias típicas para navios destinados ao transporte de veículos e containers estão descritas nos Títulos específicos conforme suas missões.

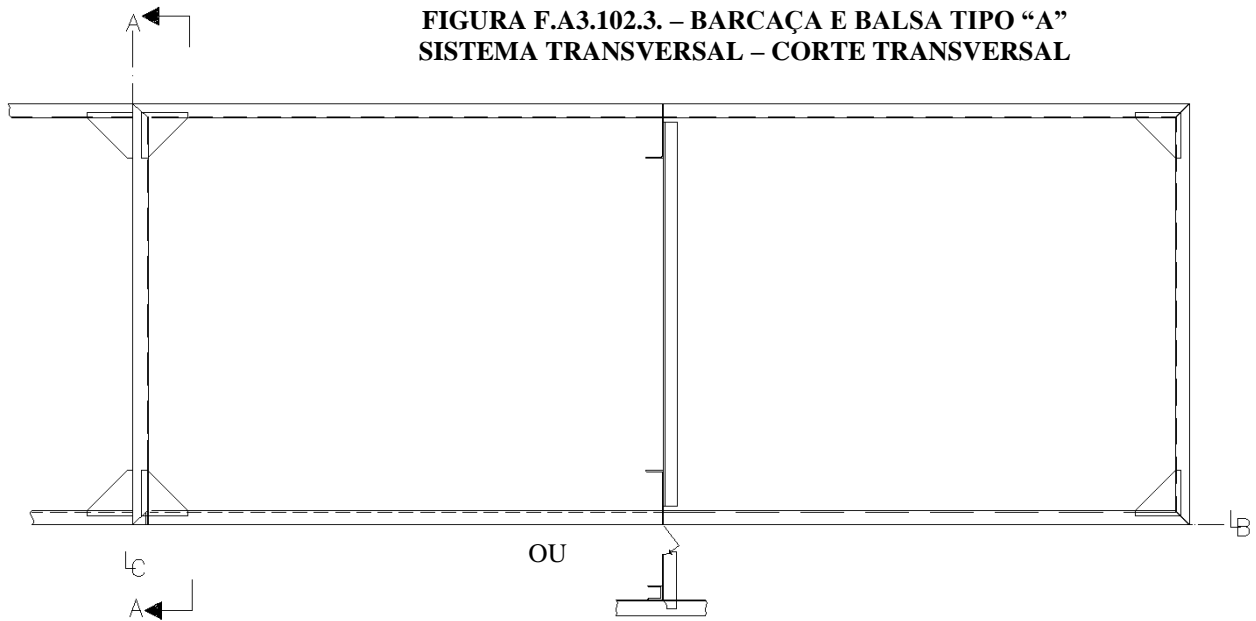
**FIGURA F.A3.102.1 – BARCAÇA E Balsa TIPO “A”  
SISTEMA LONGITUDINAL – CORTE TRANSVERSAL EM CAVERNA  
GIGANTE**



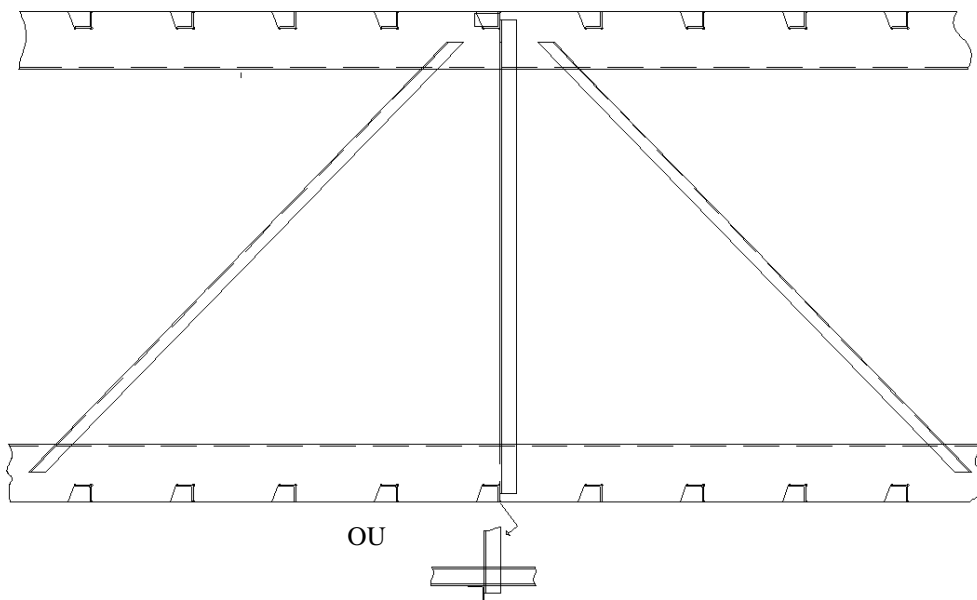
**FIGURA F.A3.102.2 –BALSAS TIPO A - SISTEMA LONGITUDINAL**



**FIGURA F.A3.102.3. – BARCAÇA E Balsa TIPO “A”  
SISTEMA TRANSVERSAL – CORTE TRANSVERSAL**

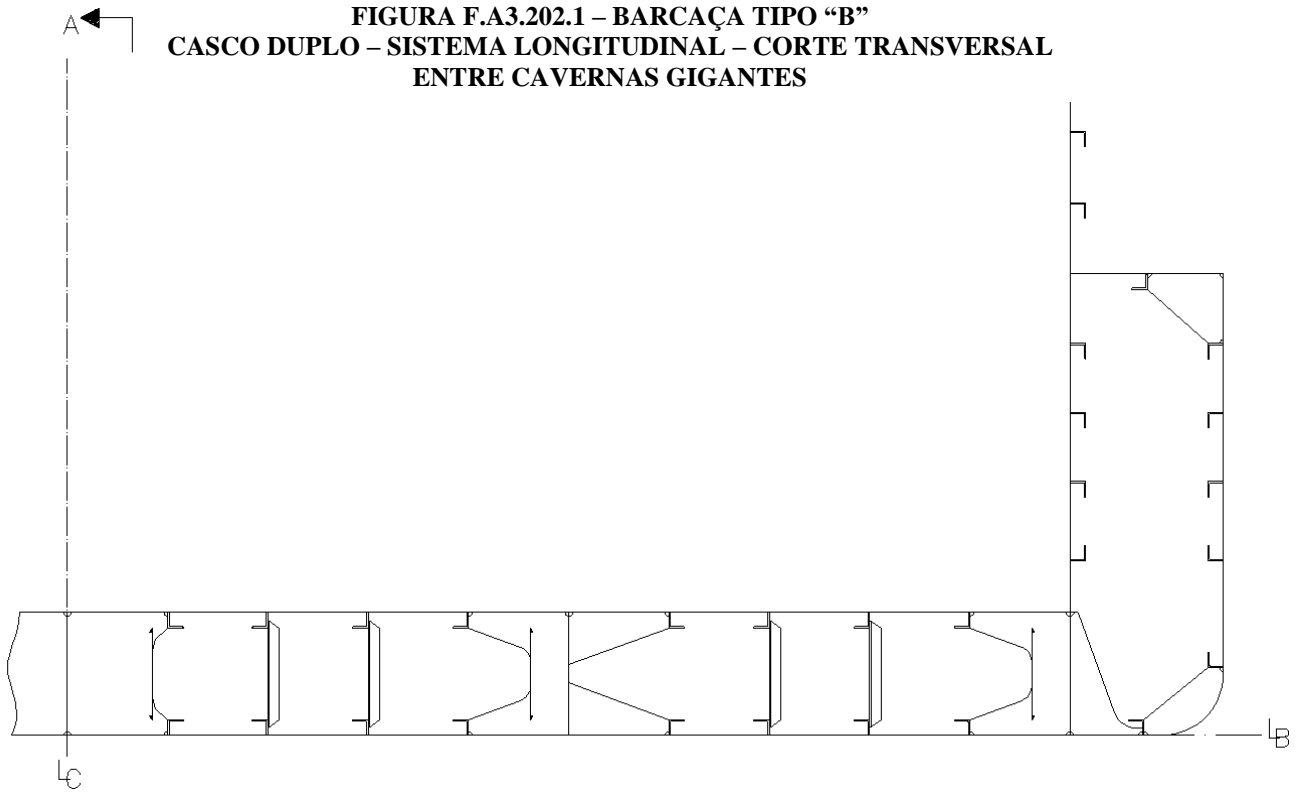


**FIGURA F.A3.102.4 SISTEMA TRANSVERSAL – CORTE LONGITUDINAL**

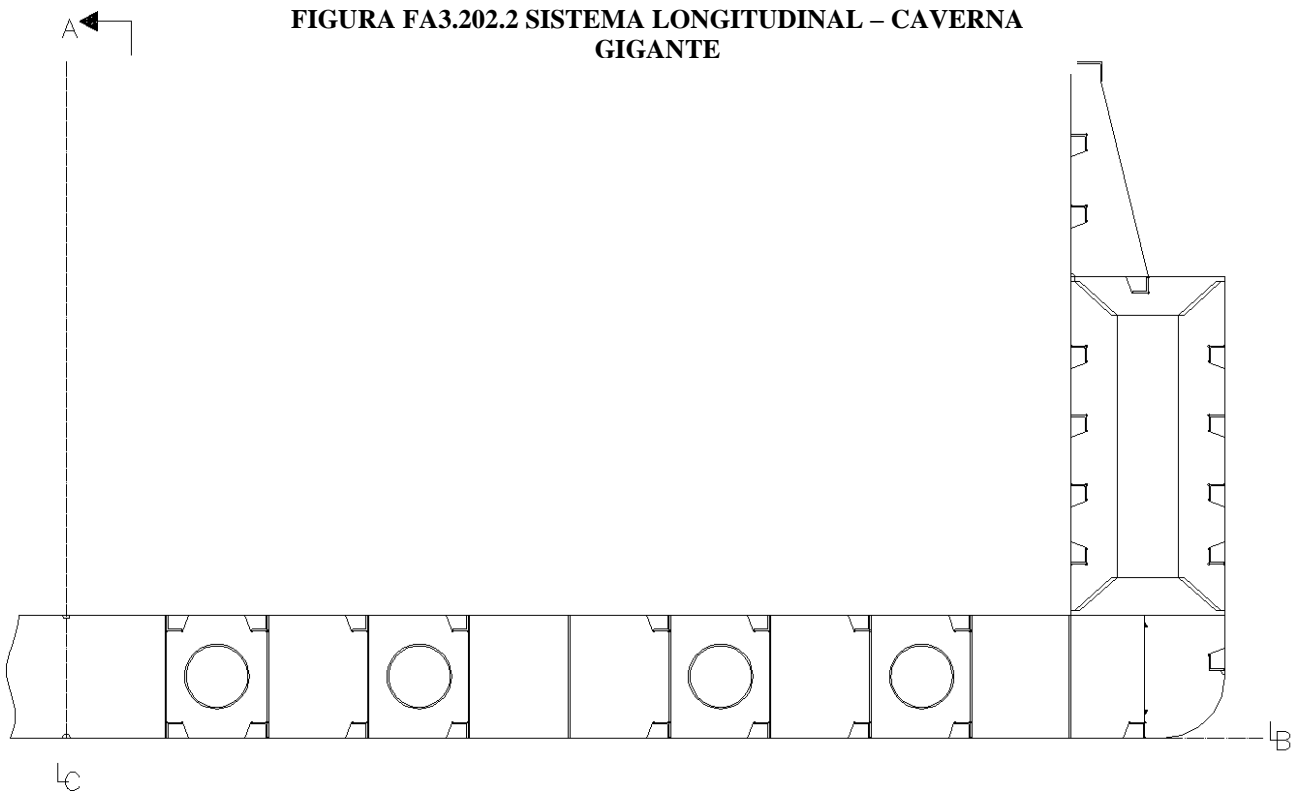




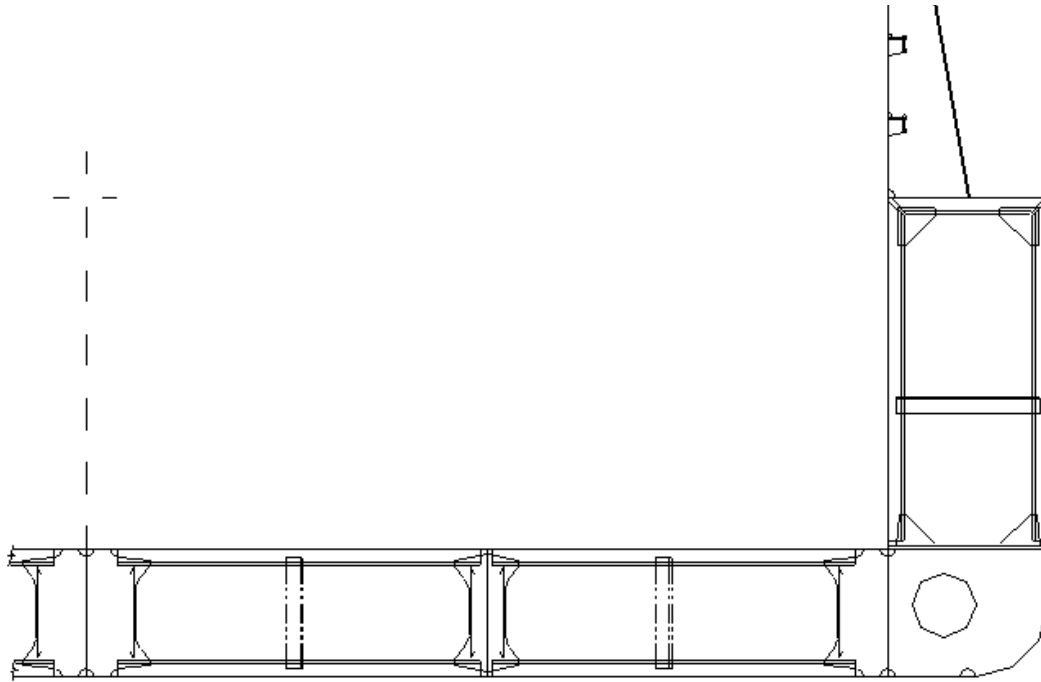
**FIGURA F.A3.202.1 – BARCAÇA TIPO “B”  
CASCO DUPLO – SISTEMA LONGITUDINAL – CORTE TRANSVERSAL  
ENTRE CAVERNAS GIGANTES**



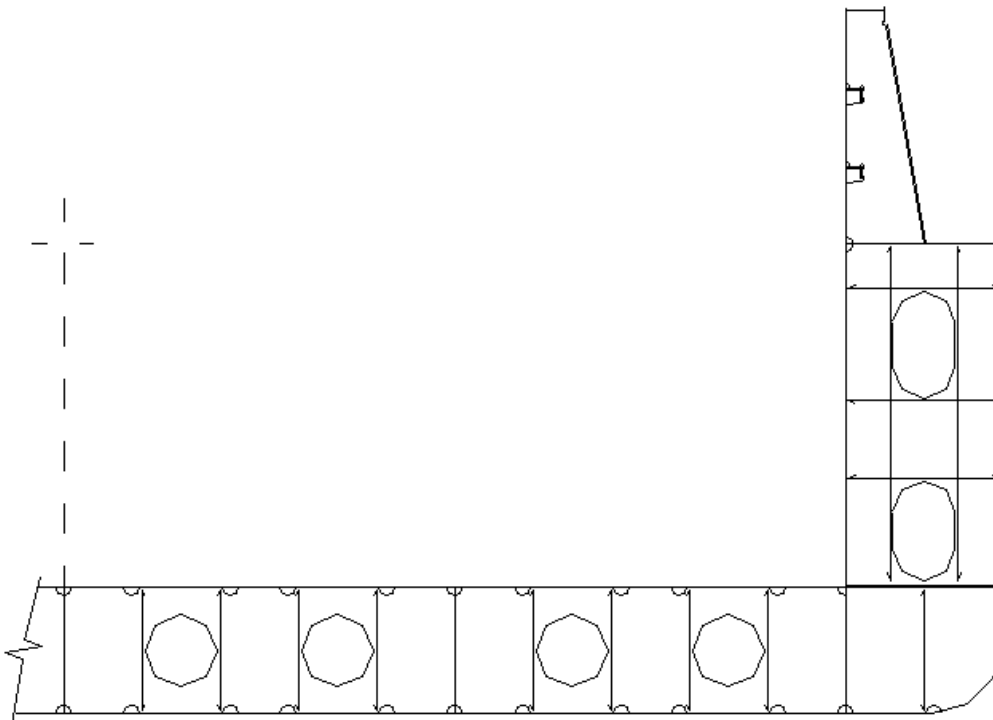
**FIGURA FA3.202.2 SISTEMA LONGITUDINAL – CAVERNA  
GIGANTE**



**FIGURA F.A3.202.3 BARCAÇA TIPO “B”  
CASCO DUPLO – SISTEMA TRANSVERSAL – CORTE TRANSVERSAL ENTRE CAVERNAS  
GIGANTES**



**FIGURA F.A3.202.4 -SISTEMA TRANSVERSAL – CAVERNAS GIGANTES**



## **CAPÍTULO B DOCUMENTOS, REGULAMENTOS E NORMAS**

### **CONTEÚDOS DO CAPÍTULO**

- B1. DOCUMENTAÇÃO PARA O RBNA
  - B2. REGULAMENTOS
  - B3. CONVENÇÕES
- 

### **B1. DOCUMENTAÇÃO PARA O RBNA**

#### **100. Documentos do navio**

101. Os documentos da estrutura do navio que devem ser submetidos a aprovação pelo RBNA, em lista não exclusiva, são:

- a. perfil estrutural, com conveses, fundo e fundo duplo;
- b. seção mestra e seções típicas, contendo:
  - dimensões principais;
  - calado estrutural máximo;
  - espaçamento dos membros longitudinais e transversais;
  - características do equipamento de fundeio incluindo massa das âncoras, diâmetro e grau das amarras;
- c. anteparas estanques comuns e anteparas de tanques, com indicação de altura de ladrões e suspiros, quando aplicável;
- d. estrutura do costado;
- e. expansão do chapeamento do casco;
- f. estrutura da popa e proa com escovéns, raposas etc. , quando aplicável;
- g. superestruturas e casarias, quando aplicável;
- h. adendos da estrutura, como braçolas de escotilhas, mastros; borda falsa, jazentes de motores e de equipamentos importantes com estrutura adjacente e detalhes, quando aplicável; e
- i. resistência longitudinal, com momentos fletores, cortantes e módulo de seção mestra, quando aplicável.

#### **200. Documentos de componentes**

- 201. Fazem parte da documentação os certificados

de inspeções e testes de materiais e componentes da estrutura, fornecidos pelo RBNA.

#### **300. Documentos de mão-de-obra**

301. Fazem parte da documentação os certificados de inspeções e testes de mão-de-obra (soldadores e onde pertinente) empregada na estrutura, fornecidos pelo RBNA.

### **B2. REGULAMENTOS**

#### **100. Borda livre para a estrutura**

101. O dimensionamento estrutural será verificado para o calado máximo requerido pela aplicação do regulamento de borda livre ou pelo calado indicado pelo projetista.

102. O cálculo da borda livre será verificado pelo RBNA de acordo com os requisitos da NORMAM 02, Capítulo 6.

103. Para navios que não sejam cobertos pela NORMAM 02, tais como os que navegam na bacia Parana-Paraguai, ou de outras bandeiras, aplicam-se os requisitos conforme a Autoridade Martima local ou conforme o Acordo para Navegao na Bacia Paran-Paraguai.

### **B3. NORMAS**

#### **100. Normas equivalentes**

101. So utilizadas as normas industriais de materiais e de construo, com o devido controle da aplicabilidade pelo RBNA.

## CAPÍTULO E PRINCÍPIOS DE PROJETO DOS SISTEMAS ESTRUTURAIS LOCAIS

### CONTEÚDO DO CAPÍTULO

- E1. CÁLCULO DIRETO/DEFINIÇÕES
- E2. CONFIGURAÇÕES DOS SISTEMAS ESTRUTURAIS LOCAIS
- E3. CARREGAMENTOS LOCAIS
- E4. CARREGAMENTOS
- E5. EQUAÇÕES GERAIS PARA ESPESSURAS E MÓDULO RESISTENTE DE VIGAS
- E6. SELEÇÃO DOS ESCANTILHÕES A UTILIZAR

### E1. CÁLCULO DIRETO/DEFINIÇÕES

#### 100. Hipóteses de cálculo

101. Mediante solicitação ou no caso de estruturas ou soluções especiais, o RBNA analisará o dimensionamento estrutural a partir de cálculo direto, em vez da aplicação expedita das REGRAS.

#### 200. Definições

201. Termos aqui utilizados.

**Enrijecedores** - vigas secundárias como perfilados de fundo e de teto de fundo duplo em hastilhas abertas, longitudinais de fundo ou fundo duplo, prumos verticais ou longitudinais, cavernas ou longitudinais de anteparas, vaus ou longitudinais de conveses.

**Vigas primárias** – as que suportam as vigas secundárias, como longarinas, hastilhas de chapa, prumos gigantes, cavernas gigantes ou escoas, vaus gigantes ou sicordas.

#### 300. Unidades utilizadas

301. As unidades são do Sistema Internacional e, de modo geral, utiliza-se nestas Regras:

- **Espaçamento de vigas** – nas fórmulas de espessura é dado em mm e nas fórmulas de módulos é dado em m.

- **Forças ou peso de cargas** – em N (ou daN para valores semelhantes aos de quilo massa ou quilo força: kg ou kgf)

## E2. CONFIGURAÇÕES DOS SISTEMAS ESTRUTURAIS LOCAIS

### 100. Esforços solicitantes

101. As chapas e vigas são dimensionadas em primeira abordagem nos sistemas estruturais locais, como fundo, fundo duplo, anteparas, costados e conveses pela aplicação de seus carregamentos. No caso de participarem da resistência da viga navio, reserva será feita para a solicitação global.

102. Quando o convés ou costado for limite de tanques, suas chapas e vigas devem ser verificadas pelas prescrições para anteparas de tanques (ATQ).

### 200. Distribuição de esforços

201. A distribuição de vigas da estrutura deve observar o modo como as cargas são distribuídas e como os esforços são disseminados às estruturas adjacentes, isto é, a quem é transferido o esforço e o que suporta o que.

202. Assim, quando o vão de um prumo ou caverna é excessivo, pode ser colocada uma escoa, que dará apoio reduzindo o vão do prumo. Esta, por sua vez receberá um carregamento distribuído pelos prumos e transmitirão uma força concentrada em cada um de seus apoios, dados por prumos ou cavernas gigantes ou por travessas ou pilares. Estes, por sua vez, terão suas extremidades apoiadas por vigas nos conveses, tetos de fundo duplo ou vigas de fundo.

### 300. Vão das vigas

301. O vão das vigas sem borboletas é medido até sua extremidade. Quando houver borboleta pode ser medido até o meio da borboleta.

### 400. Módulos para as condições de apoios das vigas

401. As vigas estruturais aqui tratadas, em princípio, são consideradas biengastadas e suportando cargas distribuídas. Quando uma extremidade somente possa ser considerada como simplesmente apoiada, o valor calculado será multiplicado por 1,15. Quando este for o caso para ambas as extremidades, o valor calculado será multiplicado por 1,30.

402. Vigas que recebem cargas por apoio de outras vigas primárias serão verificadas a partir de cargas concentradas, trazidas pela carga de reação nas extremidades destas outras vigas.

### 500. Borboletas

501. A espessura da borboleta não deve ser inferior ao valor obtido através da seguinte equação:

$$t = c^3 \sqrt{W}, \text{ em mm}$$

onde:

$c = 1,2$  para borboletas não flangeadas

$c = 0,95$  para borboletas flangeadas.

$w =$  menor módulo resistente das vigas em conexão, em  $\text{cm}^3$

sendo a largura do flange igual a  $8 \times t$

502. O comprimento das borboletas nas extremidades vigas não deve ser inferior ao obtido através da seguinte fórmula:

$$d = \phi \sqrt{\frac{w + 30}{t}}$$

$\phi$  coeficiente

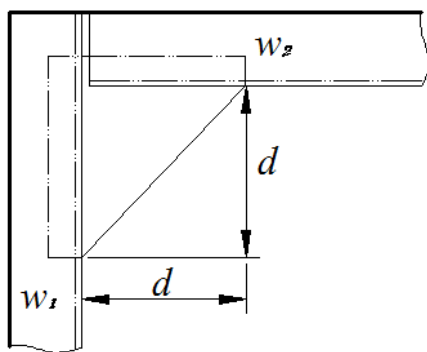
= 50 para borboletas sem flange

= 45 para borboletas com flange

$w =$  módulo de seção do enrijecedor de menor módulo. Ver Figura F.E2.502.1.

$t =$  espessura da borboleta em mm, não devendo ser assumida inferior a espessura do enrijecedor.

**FIGURA F.E2.502.1. – CONEXÕES DE ENRIJECEDORES LOCALIZADOS NO MESMO PLANO**



### 600. Espaçamento padrão de enrijecedores

601. O espaçamento padrão de enrijecedores  $E_0$  quando utilizando o sistema transversal é dado pela equação:

$$E_0 = 2 \times L + 450 \text{ mm}$$

602. O espaçamento  $E_0$  padrão de enrijecedores quando utilizando o sistema longitudinal é dado pela equação:

$$E_0 = 2.L + 550 \text{ mm}$$

## E3. CARREGAMENTOS LOCAIS

### 100. Abordagem

#### Ver Título 11

### 200. Carga de rodas

201. Salvo indicação em contrário, a carga corresponderá às classes da norma NBR-6.

203. Em embarcações que não restrinjam o tráfego de veículos, a carga por eixo, em princípio, não será inferior a 10 t, ao menos em uma faixa determinada.

## E4. CARREGAMENTOS

### 100. Abordagem

101. Os carregamentos distribuídos para os elementos da estrutura a utilizar nas equações do sub-capítulo E4. são dados como pressão, em  $\text{t/m}^2$ , ou como altura de carga, em metros, conforme indicado na Tabela T.E3.101.1. a seguir.

102. Nesta Tabela:

$h$  : maior altura que a carga pode alcançar em m;

$h_g$  : altura do suspiro referida ao convés de borda livre;

$P$  : maior peso de carga no compartimento, em t;

$V$  : volume da carga no compartimento, em  $\text{m}^3$ ;

$p_1$  : carregamento de projeto em  $\text{t/m}^2$ ;

A : embarcação tipo A;

B : embarcação tipo B.

L: comprimento conforme a Parte II, Título 11, Seção 1, Capítulo A

D: pontal conforme a Parte II, Título 11, Seção 1, Capítulo A

$d$  = calado, conforme a Parte II, Título 11, Seção 1, Capítulo A

**TABELA T.E3.101.1.PRESSÃO DE CARREGAMENTO ( $t/m^2$ )**

SISTEMA ESTRUTURAL	ÁREA DE NAVEGAÇÃO	
	I1	I2
Fundo simples - para carga no convés ou navio tipo B (o maior valor)	D d + 1,0	D d + 1,1
- para navio tipo A (carga líquida)	D + h <sub>s</sub>	D + h <sub>s</sub>
Fundo onde há fundo duplo	D+0,9	d+1,1
Teto fundo duplo com carga seca (o maior valor)	0,7×h; (P/V)×h; d	0,7×h; (P/V)×h; d
Teto fundo duplo com carga líquida	h	h
Antepara estanque comum (AEC)	Ver Sub-capítulo F2	
Antepara de tanque (ATQ)	Ver Sub-capítulo F2	
Costado	Ver Sub-capítulo F3	
Convés resistente exposto com carga $p_1 \leq 0,4 t/m^2$	0,80+ 0,005×L	0,85+ 0,006×L
Convés resistente exposto com carga $p_1 > 0,4 t/m^2$	0,80+ 0,005×L+ (p <sub>1</sub> - 0,4)	0,85+ 0,006×L+ (p <sub>1</sub> - 0,4)
Convés resistente coberto ou convés de coberta acima de 0,6×D com carga $p_1 \leq 0,4 t/m^2$	0,4+ 0,005×L	0,4+ 0,006×L
Convés resistente coberto ou convés de coberta acima de 0,6×D com carga $p_1 > 0,4 t/m^2$ (o maior valor)	0,75×h; (P/V)×h; 0,4+ 0,002×L+ (p <sub>1</sub> -0,4)	0,75×h; (P/V)×h; 0,4+ 0,003×L+ (p <sub>1</sub> -0,4)
Convés de coberta abaixo de 0,6×D (o maior valor)	0,75×h; (P/V)×h; 0,4	0,75×h; (P/V)×h; 0,4

**E5. EQUAÇÕES GERAIS PARA ESPESSURAS E MÓDULO RESISTENTE DE VIGAS**

**100. Equação geral para espessuras**

101. De modo geral as espessuras são calculadas por fórmula do tipo:

$$e = \text{coefic.} \times E \times \sqrt{p} + e_r \quad \text{mm ou}$$

$$e = \text{coefic.} \times E \times \sqrt{h \times r} + e_r \quad \text{mm}$$

onde:

coefic: coeficiente que depende de cada local. Este coeficiente está definido no Capítulo F nos Subcapítulos referentes a cada região do navio.

p : pressão de carga em  $t/m^2$  ;

E: espaçamento de enrijecedores em mm;

r: densidade da carga = 0,7 se carga seca;  
1,05 se carga líquida;  
valor especificado, se maior;

$e_r$ : espessura de margem que depende de cada local.

**200. Equação geral para módulos resistentes**

201. quando não indicado não explicitado nas várias seções, o módulo das vigas suportando cargas locais uniformemente distribuídas pode ser calculado pelas equações abaixo, levando em conta os valores indicados para cada caso:

- para vigas transversais:

$$W = 7 \times p \times E \times l^2 \text{ cm}^3 \text{ ou}$$

$$W = 7 \times h \times p \times E \times l^2 \text{ cm}^3$$

- para vigas longitudinais:

$$W = \frac{83,3}{21 - \sigma} \cdot p \cdot E \cdot l^2, \text{ em cm}^3$$

$$W = \frac{83,3}{21 - \sigma} \cdot h \cdot r \cdot E \cdot l^2, \text{ em cm}^3$$

onde:

p : pressão de carga em  $t/m^2$  ou m;

E: espaçamento de enrijecedores em m;

l: vão da viga, em m (ver Tópicos E2.300 e E2.400.);

h : altura de carga, em m.

r: densidade da carga = 0,7 se carga seca;

1,0 se carga líquida;

valor especificado, se maior; em m.

$\sigma$  = tensão de flexão da viga navio, em  $daN/mm^2$

**E6. SELEÇÃO DOS ESCANTILHÕES A UTILIZAR**

**100. Espessura**

101. A espessura mínima de chapas e de elementos de vigas é 4,5 mm.

102. A espessura calculada, diferindo das espessuras comerciais em fração de milímetros, pode ser arredondada de modo que a diferença para menor não ultrapasse 0,20 mm.

103. As espessuras reais na construção não devem diferir das dos planos além das seguintes tolerâncias:

0,3 mm	para $e < 5$ mm
0,4	para $5 \leq e < 10$
0,5	para $10 \leq e < 20$
$0,02 \times e + 0,1$	para $20 \leq e$

onde “e” é a espessura indicada nos planos.

**200. Proporções e detalhes de vigas**

201. Vigas tipo T ou L terão as seguintes cotas mínimas:

- altura da alma  $d_v$ :

$$d_v = 0,05 \times l \text{ para carga seca;} \\ 0,07 \times l \text{ para tanque;}$$

Onde

l: vão da viga, em m (ver Tópicos E2.300 e E2.400.);

- espessura da alma:

altura máxima de recortes para passagem de perfilados:

$$e = \frac{d_v}{2}$$

considerando, nas extremidades das vigas, ou locais sujeitos a esforços cortantes, instalação de chapas colares.

### 300. Módulo de vigas laminadas

301. A determinação de vigas laminadas para enrijecedores é feita considerando o módulo de seção combinado com chapa associada que tenha largura igual ao espaçamento destes enrijecedores.

302. O módulo de seção de algumas vigas e cantoneiras é apresentado na Tabela T.E5.302.1., incluindo alguns padrões de usinas siderúrgicas, combinado com área de chapa associada de 500 mm de largura e espessura igual a da alma da viga. Nesta tabela são dados 3 valores:

- área de seção do perfilado, em  $\text{cm}^2$ ;
- módulo resistente com chapa associada, em  $\text{cm}^3$ ;
- variação do módulo para variação de  $5 \text{ cm}^2$  na área de chapa associada.

303. No caso de construção de vigas primárias com perfilado “U” sobreposto aos enrijecedores, o módulo considerado é o do próprio perfilado.

304. Quando o ângulo  $\emptyset$  que a alma do perfilado faz com a chapa associada, medido no meio do vão, é menor que  $70^\circ$ , o módulo de seção tabelado é multiplicado por  $\text{sen } \emptyset$ .

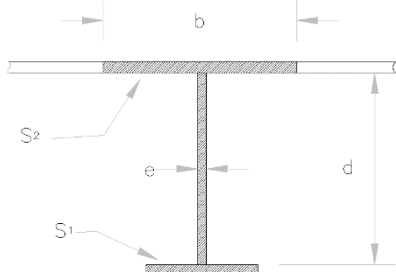
### 400. Módulo de vigas fabricadas

401. Para o módulo de vigas fabricadas pode ser usada a fórmula:

$$W = S_1 \cdot d + \frac{e \cdot d^2}{6} \cdot \left( 1 + \frac{S_2 - S_1}{S_2 + \frac{e \cdot d}{2}} \right)$$

onde as notações seguem a figura F.E.401.1:

**FIGURA.F.E5.401.1- MÓDULO DE VIGAS FABRICADAS**



sendo que:

-  $S_2$  sempre maior que  $S_1$ ;

- para cálculo da área de chapa associada a largura  $b$  considerada é determinada pelo menor dos seguintes valores:

$$b = E$$

$$b = c \times I$$

Onde:

E: largura suportada pela viga

L = vão da viga

$c_1 = 0,1$  para aba formada pela chapa associada só de um lado da alma (caso de sicorda lateral de escotilha)

$c_2 = 0,2$  para aba da chapa associada dos dois lados da alma.

402. A posição do eixo neutro pode ser determinada através da seguinte equação:

$$V_{CG} = d \frac{S_2 + 0,5 \cdot e \cdot d}{S_2 + S_1 + e \cdot d}$$

Onde:

$V_{CG}$  = posição da linha neutra, em cm

403. A inércia mínima para vigas fabricadas não deve ser inferior a seguinte equação:

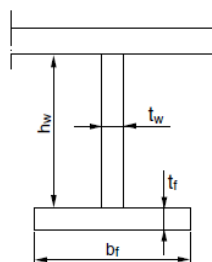
$$I = W \cdot V_{CG}$$

Onde:

I = Inércia mínima, em  $\text{mm}^4$

### 500. Dimensões mínimas de vigas fabricadas

501. As seguintes relações devem ser verificadas:



$$\frac{h_w}{t_w} \leq 65\sqrt{k}$$

$$\frac{h_f}{t_f} \leq 33\sqrt{k}$$

onde:

$k$  = é o fator de material definido na tabela T.E5.501.1.



$k$  = fator de material de acordo com a tabela T.H1.301.1

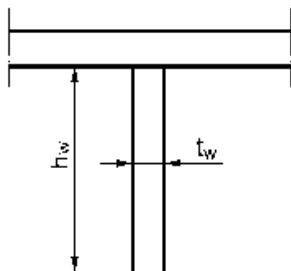
**TABELA T.E5.501.1 - FATOR DE MATERIAL**

Tensão de escoamento mínima, em N/mm <sup>2</sup>	$k$
235	1,0
315	0,78
355	0,72
390	0,68

$$b_f t_f \geq \frac{h_w t_w}{6}$$

**600. Barra Chata**

601. As dimensões das barras chatas comuns devem cumprir com os seguintes requisitos:



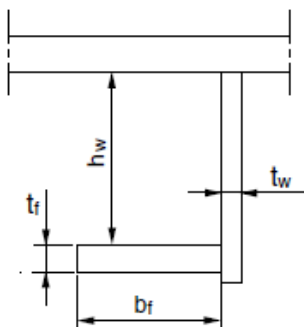
$$\frac{h_w}{t_w} \leq 20\sqrt{k}$$

onde:

$k$  = é o fator de material definido na tabela T.E5.501.1.

**700. Perfil L**

701. As dimensões do perfil L pré-fabricado deve cumprir com os seguintes requisitos:






$$\frac{h_w}{t_w} \leq 55\sqrt{k}$$

$$\frac{h_f}{t_f} \leq 16,5\sqrt{k}$$

$$b_f t_f \geq \frac{h_w t_w}{6}$$

onde:

**TABELA T.E5.302.1. - MÓDULO DE VIGAS COM CHAPA ASSOCIADA DE ÁREA 500 mm X ESPESSURA DA ALMA**

Faixa de Módulo				
	PERFILADO <i>dI x eI</i>	a - w - var. w	PERFILADO <i>dI x db x eI (eI= eb)</i>	a - w - var. w
5	50 x 5	2,5 - 4,6 - 0,10		
	60 x 5	3,0 - 6,4 - 0,12		
8	60 x 6	3,6 - 7,8 - 0,15		
	80 x 8	6,4 - 18,3 - 0,26		
30	100 x 8	8,0 - 27,7 - 0,35	63 x 63 x 6,3	7,67 - 30,4 - 0,35
	100 x 10	10,0 - 35,4 - 0,42	89 x 63 x 6,3	9,29 - 46,9 - 0,49
50			76 x 76 x 8,0	11,48 - 54,4 - 0,55
			89 x 63 x 8,0	11,48 - 57,5 - 0,66
80			102 x 89 x 6,3	11,67 - 72,0 - 0,74
			102 x 76 x 8,0	13,48 - 79,4 - 0,76
90			102 x 89 x 8,0	14,51 - 88,5 - 0,82
			102 x 76 x 9,5	16,00 - 93,3 - 0,82
120			102x 102x 8,0	15,57 - 97,5 - 0,72
			102x 102x 9,5	18,45 - 114,9 - 1,07
140			127 x 89 x 8,0	16,51 - 118,8 - 1,11
			127 x 89 x 9,5	19,67 - 140,2 - 1,20
200			127 x 127x 9,5	23,29 - 182,7 - 1,54
			152 x 102x 9,5	23,28 - 196,6 - 1,70
300			152 x 152x 9,5	28,12 - 263,1 - 2,23
			178 x 102x 12,7	33,80 - 338,6 - 2,20
400			152 x 152x 12,7	37,09 - 343,5 - 2,50
			203 x 102x 12,7	37,09 - 377,9 - 2,89
			178 x 102x 15,9	41,85 - 410,6 - 2,40
			127 x 127x 15,9	45,86 - 342,1 - 2,24
600	PERFILADO <i>dI x eI + db x eb</i>		203 x 102x 15,9	45,86 - 465,1 - 3,12
			203 x 203x 12,7	49,99 - 609,4 - 2,38
900			203 x 203x 15,9	61,98 - 752,8 - 4,90
	400 x 8 + 150x 10	47,00 - 908,6 - 9,68		
	450 x 9 + 200x 10	60,50 - 1320 - 13,34		
2000	500 x 9 + 250x 12,5	76,25 - 2014 - 20,59		
	550 x 10 + 250x 12,5	86,25 - 2345 - 23,16		

NOTA : Siglas:

*dI* : altura da alma da viga;

*eI* : espessura da alma da viga;

*db* : largura da aba da viga;

*eb* : espessura da aba da viga;

a : área só da viga em cm<sup>2</sup>;

w : módulo com chapa associada de 500 mm x e, em cm<sup>3</sup>;

var. w : variação do módulo para variação de 5 cm<sup>2</sup> entre a área efetiva da chapa associada e a área de 500 mm x e.

**CAPÍTULO F**  
**DIMENSIONAMENTOS POR SISTEMAS DA**  
**ESTRUTURA**

CONTEÚDO DO CAPÍTULO

- F1. FUNDO E FUNDO DUPLO
- F2. ANTEPARAS
- F3. COSTADO
- F4. CONVÉS
- F5. ESTRUTURA DE POPA
- F6. ESTRUTURA DE PROA
- F7. SUPERESTRUTURAS E CASARIAS  
- Ver Título 11
- F8. RESUMO DE FÓRMULAS PARA  
DIMENSIONAMENTO LOCAL

**F1. FUNDO E FUNDO DUPLO**

**100. Espessura do fundo nas extremidades**

101. Será no mínimo o maior dos seguintes valores, válido também para o costado, em mm:

$$= 0,591.L^{0,585}$$

$$e_e = 0,006.E\sqrt{D}$$

$$e_e = 0,01E$$

sendo E o espaçamento de enrijecedores em mm.

102. Para a menção I2, a espessura na parte plana do fundo a vante, a 0,15L da PV para vante, será acrescida do seguinte valor:

$$e_{fv1} = e_e \cdot \frac{\sqrt{d}}{d}$$

d: definido conforme capítulo E, E4, 102.

**200. Espessura do fundo a meia nau**

201. Será no mínimo igual à espessura nas extremidades ou aos seguintes valores em mm:

Para área de navegação I1:

$$e = 0,07 \times L + 0,007 \times (E - E_0) + 1,5 \quad \text{mm}$$

Para área de navegação I2:

$$e = 0,07 \times L + 0,007 \times (E - E_0) + 2,0 \quad \text{mm}$$

202. Para em embarcações que possam encalhar em serviço a espessura não deve ser menor que a dada pela equação:

$$e = 0,07.L + 5$$

203. O chapeamento de caixas de mar segue a fórmula acima, ajustada para o espaçamento local do painel em relação à  $E_0$ , mas terá no mínimo a espessura do fundo.

204. A espessura do bojo deve ser maior ou igual a espessura do fundo.

**300. Quilha**

301. A largura da chapa deve ser 0,1B ou 900 mm.

302. A espessura será no mínimo igual à espessura do fundo mais um acréscimo de cerca de 10% para o desgaste devido às docagens.

303. Quando aplicável, quilha de barra terá área dada por (cm<sup>2</sup>):

$$A = 0,6L + 3$$

304. Para embarcações sem propulsão esta área poderá ser reduzida de 10%.

305. Quilha de barra terá espessura dada por:

$$e = 0,3.L + 10$$

**400. Conexão ao cadaste e à roda de proa**

401. Quando aplicável, na junção com soleira de cadaste ou com roda de proa de barra, a espessura da chapa quilha deve ser aumentada de 30%, em um comprimento mínimo de 2 metros, a partir desta junção. Ver também Sub-Cap. F5 Estrutura de Popa.

**500. Hastilhas, longitudinais, longarinas e hastilhas gigantes de fundo simples**

501. Serão utilizadas longarinas ou hastilhas gigantes com espaçamento que não excedam os seguintes valores:

a. em convés aberto: 2,5 m; e

b. em convés fechado: D.

502. O módulo necessário é calculado pela equação do Sub-Capítulo E4, exceto onde indicado no que segue.

503. Para longitudinais e longarinas, usar a equação:

$$W = \frac{83,3}{21 - \sigma} \cdot p \cdot E \cdot l^2, \text{ em cm}^3$$

sendo :

E =o espaçamento de enrijecedores em m;

P=pressão em ton/m<sup>2</sup>

$\sigma$ = tensão de flexão da viga navio no fundo, em daN/mm<sup>2</sup>

504. Os vãos serão definidos pelos apoios dos elementos estruturais que os suportem, tais como pilares, prumos gigantes de anteparas ou outras vigas.

505. A cada dois enrijecedores do fundo deve ser colocada, na alma da hastilha ou longarina, barra enrijecedora de mesma espessura da hastilha ou longarina e largura de 8 vezes a espessura.

### 600. Teto de fundo duplo

601. Em embarcações do tipo **B** e com  $L \geq 50$  , deve ser construído fundo duplo.

602. Para embarcações do tipo **A**, ver **Título 31** para navios de granel líquido.

603. A espessura é o maior dos valores em mm:

$$e = 0,01 \times E$$

$$e = 0,0042 \times E \times \sqrt{p - 0,4} + c$$

onde:

c= 4,0 para sistema transversal

c= 3,0 para sistema longitudinal

sendo E o espaçamento de enrijecedores em mm, tomado com o mínimo de 500 mm e onde “e” não será menor do que:

- a espessura do fundo; e
- a espessura de antepara de tanque (ATQ) + 1,0.

604. No caso de descarga com caçambas a espessura deve ser aumentada de 3,5 mm.

### 700. Hastilhas, longitudinais, longarinas e hastilhas gigantes de fundo duplo

701. O módulo necessário para as vigas do teto e do fundo será calculado pela equação do Sub-Cap. E4., levando em conta os carregamentos respectivos do Sub-Capítulo E3. Para longitudinais do teto aplicar o item 503. deste Sub-Capítulo.

702. O módulo de seção da viga do teto não deve ser inferior a 0,8 vezes o módulo da viga do fundo e vice-versa.

703. Devem ser previstas hastilhas de chapa com espaçamento máximo de 3,00 metros ou de 5 vezes o espaçamentos de enrijecedores.

704. A espessura de hastilha de chapa é dada por:

$$e = 0,01 \times h_{FD} - 1 \text{ (mm)}$$

onde:

$h_{FD}$  é a altura do fundo duplo.

705. As hastilhas nos seus apoios não terão furos e a espessura de chapa na região a  $0,25 \times l$  dos seus apoios não será menor que:

$$e = 0,125 \times p \times E \times \frac{l}{h_{HA}} \quad (mm)$$

onde:

E: em mm

$h_{HA}$ : altura da hastilha no apoio em mm

706. Devem ser previstas longarinas de chapa com espaçamento que não exceda 4,0 metros, com espessura igual a das hastilhas.

707. Os prumos das hastilhas devem ser calculados de acordo com o Tópico F2.700.

708. No caso de descarga com caçambas o módulo deve ser multiplicado por 1,1.

709. Quando são usados pilares entre as vigas do fundo e as do teto do fundo duplo, estes serão calculados de acordo com o item F4. 700, mas não devem ser menores que o enrijecedor do teto.

710. As espessuras das hastilhas ou transversais do fundo na região dos jzantes dos motores devem atender às prescrições do Subcapítulo I2 das presentes Regras.

## F2. ANTEPARAS

### 100. Definições

101. Termos aqui utilizados:

**AEC** - antepara estanque comum - construída somente para subdivisão da embarcação ou para separação de porões, sem pressão contínua de líquido.

**ATQ** - antepara de tanque - construída para formar tanques, isto é, sujeita à pressão de líquidos; neste caso devem ser indicados nos planos as alturas de ladrões e suspiros ou regulagens de válvulas de pressão.

102. A disposição de AECs é dada na Parte 2, Título 11, Seção 1, Sub-capítulo G1.

### 200. Carregamentos

201. Será espesso em  $t/m^2$ , pelo número correspondente à altura de carga, em metros, medida do elemento estrutural considerado, até um ponto localizado do seguinte modo:

Tipo	Área de navegação	
	I1	I2
<b>AEC</b>	nível do convés principal	
<b>ATQ</b> (o maior valor)	0,4 m acima do ladrão ou do convés principal ou do convés-tronco; 1,0 m acima do teto do tanque	0,6 m acima do ladrão ou do convés principal ou do convés-tronco; 1,2 m acima do teto do tanque

### 300. Chapeamento de AECs

301. Será o maior dos valores abaixo em mm:

para a antepara de colisão

$$e = 0,004 \times E \times \sqrt{h} + 2$$

para as demais

$$e = 0,0035 \times E \times \sqrt{h} + 2$$

$$e = 0,8 \times \sqrt{L}$$

onde :

h : altura de carga, medida a partir da aresta inferior da fiada de chapa considerada, em m.

302. Anteparas horizontais terão a espessura aumentada de 1 mm.

303. Na região de fixação do tubo telescópico a espessura será aumentada de 60%.

304. A faixa inferior do chapeamento, numa altura mínima de 250 mm, em anteparas de porão, terá a espessura aumentada de 1 mm.

### 400. Prumos de AECs

401. O módulo de seção, de modo geral, será obtido pela equação:

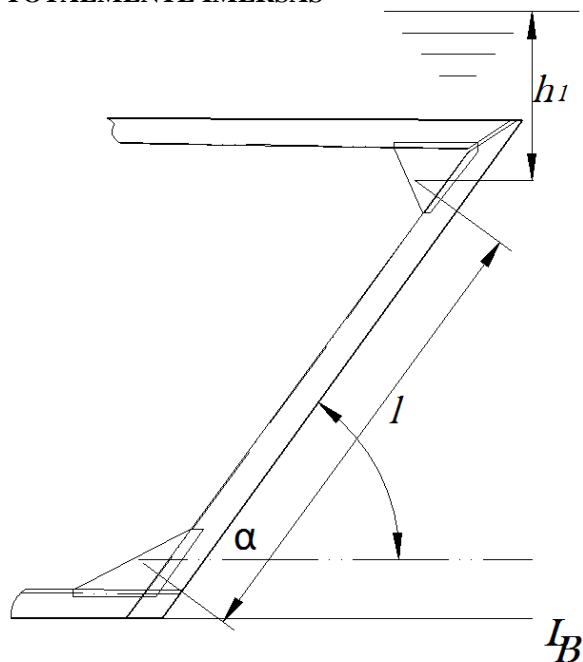
$$W = 0,887 \times E \times l^2 \times (5 \times h + 3 \times h_p)$$

onde(ver Figura):

h : altura de carga, medida a partir da extremidade superior do vão  $l$  até os níveis da tabela do item 200, em m

$h_p$  : distância vertical, medida entre extremidades do vão  $l$ , em m

**FIGURA F.F2.401.1 - CAVERNAS TOTALMENTE IMERSAS**



402. Para prumo vertical a equação se escreve:

$$W = 0,887 \times E \times l^2 \times (5 \times h + 3 \times l)$$

403. Para prumo horizontal de antepara transversal a equação se escreve:

$$W = 8,93 \times h \times E \times l^2$$

404. Para escoas que suportam prumos verticais é utilizada a equação acima, sendo “E” a média dos vãos dos prumos, acima e abaixo, que elas suportam.

405. Para prumos gigantes que suportam escoas, o módulo no pé do prumo é calculado do seguinte modo:

$$W = \sum W_i$$

onde:

$W_i$  é calculado para cada escoa “i” do seguinte modo:

$$W_i = 41,7 \times h_i \times \frac{C}{l^2} \times \frac{E_1 + E_2}{2} \times \frac{S_{i1} + S_{i2}}{2}$$

onde:

$h_i$  : altura de carga para a escoa “i”;

$l$  : vão do prumo gigante;

$S_{i1}$  e  $S_{i2}$  : espaçamentos de escoas acima e abaixo da escoa “i”;

$E_1$  e  $E_2$  : espaçamentos de gigantes de um lado e de outro do prumo gigante que está sendo calculado;

$C$  : o maior dos valores:  $l_1 \times l_2^2$  ou  $l_1^2 \times l_2$ ;

sendo:

$l_1$  e  $l_2$  as distâncias da escoa “i” até as extremidades do vão  $l$  do prumo gigante que está sendo calculado.

406. Para prumos gigantes que suportam longitudinais, o módulo de seção é calculado pelas equações dos itens 401.e 402., levando-se em conta seus espaçamentos e vãos.

407. Para prumo horizontal de antepara longitudinal a equação se escreve:

$$W = 8 \times E \times l^2 \times h_i \times y_i$$

onde:

$h_i$ : altura de carga a partir do nível do elemento considerado;

$$y_i = 0,008 \times L \times \left( 1 - \frac{d_i}{0,4 \times D} \right) + 1$$

sendo:

$d_i$ : menor distância do prumo ao convés ou ao fundo, sem ser maior que  $0,4 \times D$ ; se for maior, tomar  $y_i = 1$ .

### 500. Disposições para ATQs

501. Em princípio, os tanques não terão largura de toda extensão da boca da embarcação. A largura não deve ultrapassar  $0,7 \times B$ .

502. Serão construídos coferdames entre compartimentos que contenham produtos que corram risco de contaminação.

### 600. Chapeamento de ATQs

601. Será o maior dos valores abaixo em mm:

$$e = 0,004.E.\sqrt{h} + 2$$

$$e = 0,8.\sqrt{L}$$

onde:

$h$  : altura de carga, medida a partir da aresta inferior da fiada de chapa considerada, em m.

### 700. Prumos de ATQs

701. O módulo de seção, em geral, é obtido pela equação:

$$W = 1,19 \times E \times l^2 \times (5 \times h + 3 \times hp)$$

onde:

$h$  : altura de carga, medida a partir da extremidade superior do vão  $l$ , em m;

$h_p$  : distância vertical, medida entre extremidades do vão  $l$ , em m.

702. Quando a densidade do líquido for maior que 1, a equação será alterada proporcionalmente.

703. Para prumo vertical a equação se escreve:

$$W = 1,19 \times E \times l^2 \times (5 \times h + 3 \times l)$$

704. Para prumo horizontal de antepara transversal a equação se escreve:

$$W = 8,93 \times h \times E \times l^2$$

705. Para escoas que suportam prumos verticais é utilizada a equação acima, sendo “E” a média dos vãos dos prumos, acima e a abaixo, que ela suporta.

706. Para prumos gigantes que suportam escoas, o módulo no pé do prumo é calculado do seguinte modo:

$$W = \sum W_i$$

onde  $W_i$  é calculado para cada escoa “i” do seguinte modo:

$$W_i = 62,5 \times h_i \times \frac{C}{l^2} \times \frac{E_1 + E_2}{2} \times \frac{S_{i1} + S_{i2}}{2}$$

onde:

$h_i$ : altura de carga para a escoa “i”;

$l$  : vão do prumo gigante;

$S_{i1}$  e  $S_{i2}$  : espaçamentos de escoas acima e abaixo da escoa “i”;

$E_1$  e  $E_2$  : espaçamentos de gigantes de um lado e de outro do prumo gigante que está sendo calculado;

C : o maior dos valores:  $l_1 \times l_2^2$  ou  $l_1^2 \times l_2$

Sendo  $l_1$  e  $l_2$  as distâncias da escoa “I” até as extremidades do vão  $l$  do prumo gigante que está sendo calculado.

707. Para prumo horizontal de antepara longitudinal a equação se escreve:

$$W = 5,95 \times E \times l^2 \times h_i \times y_i$$

onde:

$h_i$ : altura de carga a partir do nível do elemento considerado;

$$y_i = 0,008 \times L \times \left(1 - \frac{d_i}{0,4 \times D}\right) + 1$$

sendo:

$d_i$ : menor distância do prumo ao convés ou ao fundo, sem ser maior que  $0,4 \times D$ ; se for maior, tomar  $y_i = 1$ .

### 800. Tanques avulsos

801. Os elementos serão calculados como de antepara de tanques, com a altura de carga medida até o nível do ladrão, mas não sendo tomada menor que 3 m acima do tanque.

## F3. COSTADO

### 100. Espessura do costado

101. A espessura nas extremidades seguirá a espessura do fundo.

102. A meia nau será no mínimo igual a espessura nas extremidades ou ao seguinte valor:

$$e = 0,095 \times L + 0,0063 \times (E - E_0) + 0,9 \quad \text{mm}$$

103. Nos locais onde haja possibilidade de arrastamento, impactos ou roçamentos de amarras utilizar o seguinte valor mínimo:

$$e = 1,1 \times \sqrt{L}$$

104. Em embarcações que fazem parte de comboios que se batem ou que estão sujeitas a impactos no costado, a espessura do cintado não deve ser menor que a dada equação:

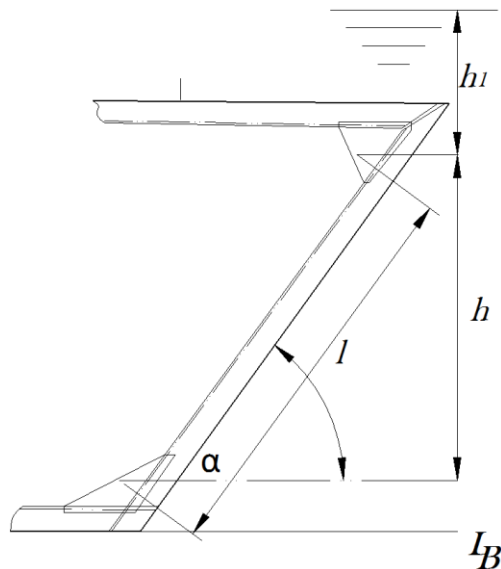
$$e = 0,075 \times L + 6,5$$

### 200. Cavernas verticais

201. A configuração geral considerada de cavernas

verticais é a de a figura a seguir:

FIGURA F.F3.201.1 - CAVERNAS VERTICAIS



202. Para cavernas totalmente imersas, por exemplo, quando extremidade superior da caverna fica abaixo da linha d'água de projeto o módulo resistente será calculado pela equação:

$$W = 0,887 \times E \times l^2 \times (5 \times h + 3 \times l \times \text{sen} \alpha)$$

onde:

E: espaçamento de cavernas, em m;

$l$ : vão da caverna: em caverna inclinada é medido na linha reta inclinada que acompanha a inclinação média da caverna, em m;

$\alpha$ : ângulo da linha citada com a horizontal;

$h$ : altura de carga= $h_1 + a$

sendo:

$h_1$ : distância vertical, medida a partir de cabeça da caverna, isto é, da extremidade superior do vão  $l$ , até a linha d'água de projeto, em m;

$a = 1,2$  para menção “I2” ou embarcação tipo A para carga líquida;

$a = 0,6$  nos outros casos;

203. Para cavernas parcialmente imersas, i.e., quando a cabeça da caverna fica acima da linha d'água de projeto, o módulo resistente é calculado pelas equações do Tópico 200.fazendo:

$$h = h_2 + a$$

onde:

$h_2$ : distância vertical, medida da cabeça da caverna até o nível do convés ou do apoio logo acima, em m.

204. Para cavernas emersas, i.e., quando, em cobertas ou superestruturas, o pé da caverna ficar acima da linha d'água de projeto, o módulo resistente é calculado pelas equações do Tópico 200., fazendo:

$$h = h_2 + 0,3$$

### 300. Cavernas horizontais

301. O módulo de cavernas horizontais longitudinais, em pés direitos total ou parcialmente imersos, é calculado pela equação:

$$W = 5,95 \times E \times l^2 \times h_i \times y_i$$

onde:

$h_i$ : altura de carga a partir do nível do elemento considerado = distância ao convés exposto + a;

$$y_i = 0,008 \times L \times \left( 1 - \frac{d_i}{0,4 \times D} \right) + 1$$

sendo:

$d_i$ : menor distância da caverna horizontal ao convés ou ao fundo, sem ser maior que  $0,4 \times D$ ; se for maior, tomar  $y_i = 1$ .

a: ver item de cavernas verticais.

302. Para cavernas horizontais transversais, como em espelho de popa, aplicar a equação do Tópico F3.300.

### 400. Escoas que suportam cavernas verticais

401. O módulo é calculado pela equação:

$$W = 4,39 \times h \times E \times l^2$$

onde:

E: média dos vãos das cavernas, acima e abaixo, que a escoa suporta;

l: vão da escoa.

h: altura de carga, medida a partir do nível de escoa, de acordo com os casos respectivos dos Tópicos F3.202./203./204.

### 500. Cavernas gigantes

501. Cavernas gigantes que suportam escoas tem o módulo calculado pela equação:

$$W = 26,3 \times h \times \frac{b}{l^2}$$

onde:

h: altura de carga para o nível da escoa suportada;

l: vão do prumo gigante.

b: o maior dos valores:  $l_1^2 \times l_2$  ou  $l_1 \times l_2^2$

sendo  $l_1$  e  $l_2$  as distâncias da escoa suportada às extremidades do vão  $l$  da caverna gigante.

502. Cavernas gigantes que suportam cavernas longitudinais tem o módulo calculado conforme os casos respectivos dos itens F3.202/203/204., ajustados para seus parâmetros de espaçamento e vão.

### 600. Cavernas reforçadas

601. Cavernas, escoas e cavernas gigantes em tanques devem ter o módulo verificado como prumo de antepara de tanque (ATQ), de acordo com o Sub Cap. F2.

602. Cavernas que suportam vau gigantes serão verificadas como pilares, suportando a carga trazida pelo vau gigante, de acordo com o Sub Cap. F4.

603. Cavernas gigantes em praça de máquinas, em princípio, serão colocadas em intervalos máximos de 5 cavernas ou 3 m, o que for menor, com altura de alma o dobro da caverna comum e módulo 4 vezes maior. Elas devem compor, juntamente com hastilhas gigantes e vau gigantes de módulos equivalentes, um anel estrutural.

604. As cavernas de proa, que ficam na região a 0,15.L da perpendicular de vante, em embarcações com roda de proa, devem ter o módulo aumentado de 30%.

605. Em costados sujeitos a impactos, por força da operação, as cavernas transversais ou as longitudinais na altura do cintado devem ter o módulo de seção multiplicado por 1,25.

### 700. Caverna gigante suportando vau gigante em balanço (cantilever)

701. As configurações de casos de carregamentos a combinar estão na Figura F.F3.701.1. e são:

- **caso 1:** carregamento por carga concentrada, trazida pela braçola de escotilha, mais a carga distribuída na faixa de convés, ambas relativas ao comprimento de convés que suporta, isto é, ao espaçamento de "cantilever" (para cargas, ver Sub-capítulo F4.);

- **caso 2:** o mesmo para um 2º convés quando houver;



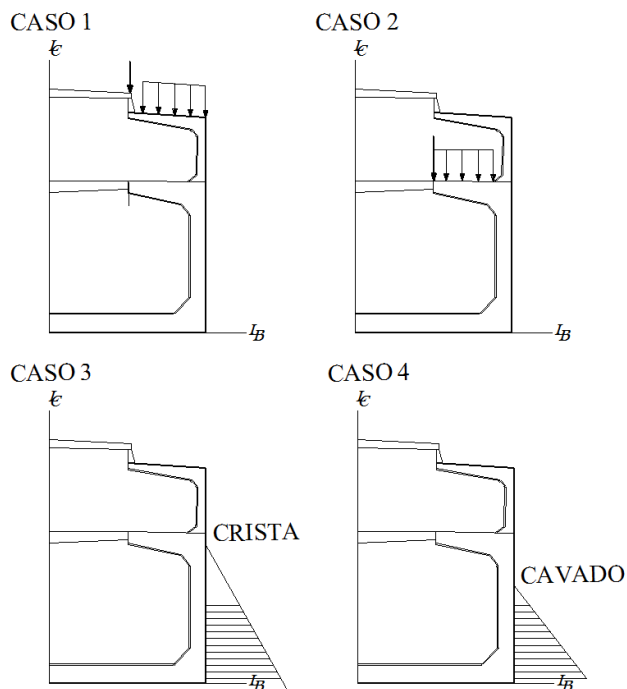
- **caso 3:** carregamento hidrostático com topo de coluna d'água na seguinte altura:

. para I2:  $d + 0,6$ , sem exceder o nível do convés; e

. para I1:  $d + 0,3$ , sem exceder o nível do convés.

- **caso 4:** somente para menção I1, carregamento hidrostático com topo de coluna d'água a  $d - 0,6$ .

**FIGURA F.F3.701.1.- CONFIGURAÇÕES DE CARREGAMENTOS A COMBINAR**



702. Os esforços atuantes devido a momentos fletores e tensões de cisalhamento são calculados para cada caso. Pode ser utilizado o método de Cross ou outro método aprovada ser apresentado. Casos são combinados de modo que se definam os momentos fletores e esforços de cisalhamento máximos nos pontos principais da estrutura.

703. A reação de apoio dada pelo convés será a carga que atua na viga horizontal que o tem como alma e que tem a braçola de escotilha e uma faixa do costado como abas.

704. O momento fletor e o esforço de cisalhamento são calculados no engaste desta viga-convés, isto é, nas extremidades da abertura da escotilha, e nos pés de caverna. A tensão combinada deve satisfazer a equação:

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma^2 + 3 \times \tau^2} \leq 13,73 \text{ daN/mm}^2 \quad (14 \text{ kgf/mm}^2)$$

705. A largura da faixa de costado que entra como aba será o menor dos seguintes valores:

- para o convés mais alto: metade da distância do convés considerado ao topo da hastilha ou ao teto de fundo duplo ou ao próximo convés quando for o caso;
- para convés intermediário: é a metade da soma destas distâncias, acima e abaixo deste convés; e
- para qualquer convés:  $0,1 \times l_e$ , onde  $l_e$  é o vão da viga, isto é, o comprimento da abertura de escotilha.

706. Quando a braçola de escotilha é uma viga com rigidez suficiente para fornecer apoio elástico na extremidade interna do vau gigante, o modelo da estrutura pode incorporar esta consideração e o modo de cálculo deve ser apresentado para aprovação.

#### F4. CONVÉS

##### 100. Espessura de convés nas extremidades-

101. Será no mínimo o maior dos seguintes valores, em mm:

$$e_e = 0,591.L^{0,585}$$

$$e_e = 0,006.E.\sqrt{d}$$

$$e_e = 0,01 \times E$$

##### 200. Espessura de convés resistente à meia nau

201. Será no mínimo igual à espessura nas extremidades ou ao maior dos seguintes valores:

$$e_{cr} = 0,01.E.\sqrt{p}$$

$$= 0,066 \times L + 3,5 \text{ (para sistema transversal)}$$

$$= 0,066 \times L + 2,5 \text{ (para sistema longitudinal)}$$

= necessária para atender ao módulo resistente da seção mestra, prescrito nesta Seção.

202. Em embarcações em que o modo de distribuição de carga não for homogêneo, a espessura deve ser verificada para esta condição.

203. Convés de tronco: o chapeamento do convés e da parte vertical seguem o dimensionamento do convés resistente.

204. Para cargas sobre rodas ver título 15.

### 300. Longitudinais e sicordas

301. O módulo necessário de vigas longitudinais do convés resistente, isto é, longitudinais e sicordas, é calculado pela equação, modificado pelo fator f, onde aplicável:

$$W = \frac{83,3}{21 - \sigma} \cdot p \cdot E \cdot l^2 \quad \text{em cm}^3$$

onde::  $l$

E = o espaçamento de enrijecedores em m;

p = carregamento para o convés considerado, em ton/m<sup>2</sup>

$\sigma$  = tensão de flexão da viga navio no convés, em daN/mm<sup>2</sup>, de acordo com o Tópico H2.101.

302. Para vigas em conveses limites de tanques, o módulo deve ser verificado pelas prescrições para antepara de tanque.

### 400. Braçola de escotilha

401. Para altura de braçola ver também prescrições da Parte II, Seção 1.

402. A braçola, e a viga acima do nível do convés, quando não contínua, deve se prolongar por pelo menos dois espaçamentos de cavernas, além da abertura da escotilha. A viga sob o convés, sicorda ou braçola, alinhada com a braçola, compõe o módulo da braçola, devendo a alma ter cota abaixo do convés de  $30xD+200$ , com espessura de  $\sqrt{L}$ , com aba.

403. Para braçola contínua devem ser atendidas as seguintes prescrições:

- área da aba do topo da braçola não menor que 0,67 vezes a área da chapa trincaniz, tomada numa largura de  $0,1xB$ ;

- o coeficiente de esbeltez da aba do topo da braçola, (l) considerado com área associada de metade da altura da braçola, não deve ser menor que 60, sendo:

$$l = E_e / r$$

onde:

$E_e$  = espaçamento dos esteios (enrijecedores verticais) em cm

I = menor momento da inércia da seção em cm<sup>4</sup>

A = área da seção em cm<sup>2</sup>

r = raio de giração =  $\sqrt{I/A}$  em cm

404. O módulo de braçola contínua lateral de escotilha não deve ser menor que o dado pela equação:

$$W = \frac{83,3}{21 - \sigma} \cdot (p \cdot b + p_e \cdot b_e) l^2 \quad \text{em cm}^3$$

onde:

p : carregamento para o convés considerado;

$p_e$  : carregamento para a escotilha considerada;

b : largura de convés suportada pela sicorda;

$b_e$  : largura da escotilha suportada pela sicorda.

$\sigma$  = tensão de flexão da viga navio na braçola, em daN/mm<sup>2</sup>,

405. O módulo de braçolas não contínuas e de vante e ré das escotilhas (levando em conta a condição de apoio das tampas de escotilhas) não deve ser menor que o dado pela equação:

$$W = 7 \cdot (p \cdot b + p_e \cdot b_e) \cdot l^2$$

406. Esteios: o módulo resistente deve ser aproximadamente 40% do módulo da aba da braçola, com espaçamento que não exceda L/20 ou 4,0 m ou o necessário para atender o coeficiente de esbeltez da aba.

### 500. Pilares

501. Em interior de tanques os pilares não devem ser de seção oca, que ficam sem solda internas nas conexões e para evitar infiltração de líquido.

502. A carga admissível sobre um pilar, em t, é dada pela equação:

$$P_s = \left( 1,26 - 4,2 \frac{l}{r} \right) \cdot A_p$$

$P_s$  = carregamento suportado pelo pilar, em toneladas

$l$  = comprimento do pilar, em m

I = menor momento de inércia da seção transversal em cm<sup>4</sup>

$A_p$  = área da seção transversal do pilar, em cm<sup>2</sup>

r = Raio de giração mínimo da seção transversal do pilar, em cm:

$$r = 10 \cdot \sqrt{\frac{I}{A}}$$

**F5. ESTRUTURA DE POPA**

**100. Estrutura de popa em treliça**

101. Vigas secundárias são suportadas por vigas primárias que formam treliças, dimensionadas como indicadas nos Sub-capítulos de fundo, antepara, costado e convés para configurações semelhantes às das Figuras F.A3.202.1. e F.A3.201.2.ajustadas para alturas no caso de popa com fundo em rampa

**F6. ESTRUTURA DE PROA**

**100. Estrutura de popa em treliça**

101. Ver Parágrafo F4.101. acima.

NOTA: para estrutura de proa do tipo de navio, ver Título 11.

**F7. SUPERESTRUTURAS E CASARIAS**

**100. Superestruturas e casarias**

101. NOTA: para a construção de superestruturas e casarias ver Título 11.

**F8. RESUMO DE FÓRMULAS PARA  
DIMENSIONAMENTO LOCAL**

**100. Fórmulas e aplicação**

101. É apresentado a seguir, para consulta rápida, a Tabela T.F8.101.1. com resumo de fórmulas práticas nestas Regras e suas aplicações.

**T.F8.101.1. - RESUMO DE FÓRMULAS**

ELEMENTO	ESPESSURAS $e =$	TÓPICO
Fundo e costado nas extremidades	$0,591L^{0,585}$ $0,006E\sqrt{d}$ ou $0,01E$	F1.100
Fundo	Para área de navegação I1: $e = 0,07 \times L + 0,007 \times (E - E_0) + 1,5$ mm Para área de navegação I2: $e = 0,07 \times L + 0,007 \times (E - E_0) + 2,0$ mm	F1.200
AEC	para a antepara de colisão $e = 0,004 \times E \times \sqrt{h} + 2$ para as demais $e = 0,0035 \times E \times \sqrt{h} + 2$  $e = 0,8 \times \sqrt{L}$	F2.300
ATQ	$0,004 E \sqrt{h} + 2$ $0,8\sqrt{L}$	F2.600
Costado	$0,095 L + 0,0063 (E - E_0) + 0,9$	F3.100
Convés	$0,591L^{0,585}$ $0,85\sqrt{L}$ nas extremidades $0,01E$ na meia-nau $0,01E\sqrt{p}$ demais	F4.100 F4.200 F4.300

ELEMENTO	MÓDULO DE VIGAS $W =$	TÓPICO
Hastilha comum e hastilha gigante	$7 p E l^2$	E2.200
Longitudinal de fundo e longarina	$\frac{83,3}{21 - \sigma} \cdot p \cdot E \cdot l^2$	E2.200
Prumo vertical comum e gigante AEC	$0,887 \times E \times l^2 (5 \times h + 3 \times l)$	F2.400
Prumo horizontal de AEC transversal	$8,93 h E l^2$	F2.400
Prumo horizontal de AEC longitudinal	$8,93 E l^2 h_1 Y_1$	F2.400
Prumo vertical comum e gigante ATQ	$1,19 \times E \times l^2 \times (5 \times h + 3 \times hp)$	F2.700
Prumo horizontal de ATQ transversal	$8,93 h E l^2$	F2.700
Prumo horizontal de ATQ longitudinal	$8,93 E l^2 h_1 Y_1$	F2.700

Caverna comum e gigante	$0,887 \times E \times l^2 \times (5 \times h + 3 \times l \times \text{sen} \alpha)$	F3.200
Longitudinal de costado	$5,95 \times E \times l^2 \times h_i \times y_i$	F3.300
Vaucomum e gigante	$7 p E l^2$	E2.600

## CAPÍTULO G PRINCÍPIOS DE PROJETO DA VIGA NAVIO

### CONTEÚDO DO CAPÍTULO

G1.	ABORDAGEM		
G2.	CONFIGURAÇÃO DA ESTRUTURA GLOBAL		
G3.	CARREGAMENTOS DA ESTRUTURA GLOBAL		

### G1. ABORDAGEM

#### 100. Aplicação

101. A resistência longitudinal é calculada para embarcações que se enquadrem nos seguintes casos:

- em que o carregamento não possa ser considerado uniformemente distribuído;
- do tipo B, que embarcam a carga ao longo do porão em um só passe ou de modo particular;
- do tipo B com comprimento  $L \geq 50,00$  metros;
- com comprimento  $L \geq 90,00$  metros; e com  $AB \geq 500$ .

### G2. CONFIGURAÇÃO DA ESTRUTURA GLOBAL

#### 100. Navios tipo “B”

101. Para definição ver Seção 1.

102. No caso de navios com porão único e fundo e costados duplos, para amarração dos costados de modo a reagir a esforços de torção, deve ser construída viga transversal de travamento no nível do convés (sem obrigação de antepara sob esta viga), do modo seguinte:

Comprimento da abertura do porão	Quantidade de vigas
----------------------------------	---------------------

$\geq 50$ m	uma
$\geq 60$ m	duas

103. No caso de navios de porão único e sem casco duplo será objeto de estudo especial pelo RBNA.

#### 200. Navios tipo “B” especiais e tipo “C”

201. Navios especiais, como os que não levam tampas de escotilhas, terão exame especial do RBNA, em cada caso.

202. Os fatores de carregamento para dimensionamentos estão indicados nos Títulos ou nas Seções pertinentes.

#### 300. Navios e balsas tipo “A”

301. Para definição ver Seção 1.

302. Em construções com treliças longitudinais ou transversais, elas devem ser arranjadas de modo que o vão das vigas por elas suportadas não seja maior que 4,00 metros.

303. Quando a razão L/D for maior que 18 deve haver pelo menos uma treliça longitudinal de cada bordo. Quando esta razão for maior que 22 deve haver pelo menos duas treliças longitudinais de cada bordo. As diagonais adjacentes devem ter inclinações contrárias e área mínima igual à metade da área do pilar.

### G3. CARREGAMENTOS DA ESTRUTURA GLOBAL

#### 100. Momento fletor longitudinal total

101. O momento fletor longitudinal total é a soma do momento em águas calmas com o momento causado por ondas, para um determinado carregamento.

#### 200. Momento em águas calmas

201. O momento em águas calmas  $M_c$  é calculado a partir da distribuição de carga e do peso leve, indicados no folheto de carregamento, nas condições de partida, de chegada ou de serviço, com carga ou lastro, com indicação de dados e do método de cálculo utilizado.

202. O cálculo deve partir das ordenadas de carga por metro, inserindo valores antes e depois de anteparas, ou outros marcos, onde o carregamento varie descontinuamente.

203. Para a condição de distribuição aproximadamente uniforme de carregamento, pode ser usado o quadro da Tabela T.G2.203.1.

204. Quando o embarque da carga é efetuado em um só passe ao longo de porão único, deve ser calculado o momento fletor para a condição de carga ocupando somente o espaço de porão a ré ou somente o espaço de porão a vante da seção mestra.

205. Em caso de porão único, deve ser calculado o momento fletor para a condição de metade da carga ocupando 40% do comprimento do porão à meia nau.

206. Nas duas condições acima, as tensões no nível do convés e no nível da aresta superior da braçola contínua só são calculadas para o momento fletor em águas calmas.

### 300. Momento em ondas

301. Quando não calculado diretamente, o momento causado por ondas, em embarcações especiais ou com  $L \geq 50$ , é calculado pela equação:

$$M_w = C_1 \times C_2 \times L^2 \times B \times (C_B + 0,7) \quad t \times m$$

onde:

$$C_1 = \begin{array}{ll} 0,8 & \text{para menção "I1"}; \\ 1,0 & \text{para menção "I2"}; \end{array}$$

$$C_2 = \begin{array}{ll} 0,007 & \text{para condição de tosamento;} \\ 0,008 & \text{para condição de alquebramento;} \end{array}$$

$C_B$ : coeficiente de bloco para a condição considerada.

### 400. Momento total

401. O momento total é dado pela soma:

$$M_t = M_c + M_w$$

**TABELA TG2.203.1. – MÓDULO RESISTENTE E INÉRCIA DE SEÇÃO MESTRA  
EMBARCAÇÃO: CONFIGURAÇÃO:**

ITEM	ELEMENTO	DIMENSÃO		Qt n	a cm <sup>2</sup>	d m	a.d cm <sup>2</sup> .m	a.d <sup>2</sup> cm <sup>2</sup> .m <sup>2</sup>	i cm <sup>2</sup> .m
		b cm	h cm						
					$\Sigma a =$		$\Sigma ad =$	$\Sigma ad^2 =$	$\Sigma i =$

b: dimensão horizontal do elemento;  
h: dimensão vertical do elemento;  
d = distância do EN de cada elemento à LB (eixo de referência);  
i = momento de inércia próprio;  
u = altura do topo de braçola contínua ou de tronco acima de D.  
EN: eixo neutro (da inércia própria) da seção mestra

Distância do EN à LB:  $z_F = \frac{\Sigma(a \times d)}{\Sigma a} =$

Distância do EN ao convés ao lado:  $Z_C = D - Z_F$

Inércia:  $I = \Sigma i + \Sigma(a \times d^2) - \frac{\Sigma(a \times d)^2}{\Sigma a} =$

Distância do EN ao topo da braçola:  $Z_U = Z_C + u$

Módulo no fundo:  $W_F = \frac{I}{z_F}$

Módulo no convés:  $W_C =$

$\frac{I}{z_C}$

Módulo no topo da braçola contínua:

$$W_v = \frac{I}{Z_B}$$

Notas:

1. Considerar só o material contínuo da braçola.
2. Considerar o convés do tronco.



**CAPÍTULO H**  
**DIMENSIONAMENTO GLOBAL DA VIGA**  
**NAVIO**

CONTEÚDO DO CAPÍTULO

- H1. RESISTÊNCIA DA SEÇÃO MESTRA  
H2. VERIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA LONGITUDINAL

**H1. RESISTÊNCIA DA SEÇÃO MESTRA**

**100. Extensão dos escantilhões a considerar**

101. Os escantilhões de elementos resistentes estruturais, com suas formas, a serem considerados nos cálculos, são os contínuos por  $0,4 \times L$  a meio comprimento do navio, descontando-se as seções das aberturas.

**200. Aplicação**

201. O módulo resistente da seção mestra é calculado nos seguintes elementos (nos seus níveis):

- convés ao lado;
- elemento de mais alta posição sobre o convés principal (p/ex: braçola contínua de escotilha ou convés tronco); e
- fundo na LC.

**300. Módulo mínimo**

301. O módulo resistente mínimo de seção mestra é calculado pela equação:

$$SM_{\min} = 0,01.C_1.L^2.B.(C_B + 0,7).k \text{ cm}^2.m$$

$C_1$  = coeficiente em ondas definido de acordo com o comprimento L, da balsa;

$C_1$  =  $0,9 C_n$  para embarcações em serviço;

$C_1$  =  $C_n$  para embarcações novas;

L = comprimento definido no título 11, seção 1, sub – capítulo A2.

$C_B$  = Coeficiente de Bloco,  $C_B$  não deve ser ‘tomado menor que 0,6

$C_n = 4,12$  para  $30 \text{ m} \leq L < 45 \text{ m}$

$C_n = 0,092L - 0,02$  para  $45 \text{ m} \leq L < 60 \text{ m}$

$C_n = 0,045L + 3,65$  para  $60 \text{ m} \leq L < 90 \text{ m}$

onde:

k= fator de material de acordo com a tabela T.H1.301.1

**TABELA T.H1.301.1 - FATOR DE MATERIAL**

Tensão de escoamento mínima, em N/mm <sup>2</sup>	k
235	1,0
315	0,78
355	0,72
390	0,68

**400. Inércia mínima**

401. A inércia mínima de seção mestra é calculada pela equação:

$$I_{\min} = 3C_1.L^3.(C_B + 0,7)$$

onde

$I_{\min}$  é dado em  $\text{cm}^2.m^2$

**500. Cálculo do módulo efetivo**

501. O cálculo do módulo real da seção mestra deve ser apresentado para aprovação do RBNA.

502. Como referência é apresentada a Tabela T.H1.502.1 para este cálculo.

503. Quando o módulo encontrado W for menor que o WR (módulo requerido pelas Regras), pode ser usada a fórmula seguinte, que dá a área necessária a acrescentar no nível do convés, em cada bordo, para alcançar este módulo WR:

$$a_R = \frac{(W_R - W) \times S_a}{(D - z_F) \times S_a - (W_R - W)}$$

onde:

$a_R$ : área a acrescentar.

$S_a$ : soma das áreas de um bordo dos elementos longitudinais da seção mestra.

$z_F$ : distância do eixo neutro à linha de base.

504. Como referência são indicadas fórmulas para seção circular da chapa do bojo:

- distância vertical à base:  $d = 0,362 \times R$

- inércia própria:  $i = 0,149 \times R^3 \times e$

- área:  $a = 1,571 \times R \times e$

onde:

R: raio do bojo

e: espessura do bojo

$$i = \frac{a}{2} \times (e^2 \times \cos^2 \theta + h^2 \times \sin^2 \theta)$$

505. Idem, para seção reta da chapa do bojo:

onde:

h : comprimento da seção (m);

$\theta$  : inclinação do bojo com a horizontal.

## H2. VERIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA LONGITUDINAL

### 100. Tensões da viga navio

101. É verificado o atendimento à seguinte equação:

$$\sigma_{RL} \leq \left( 18 - \frac{14}{0,008 \times L + 1} \right) \text{ daN/mm}^2$$

sendo

$\sigma_{RL}$  calculado pela equação:

$$\sigma_{RL} = 10 \times \frac{M_t}{W}$$

onde:

$M_t$ : momento fletor total em t × m; e

W : módulo resistente da seção mestra em cm<sup>2</sup>×m, com valores para as seguintes cotas:

- topo de braçola ou estrutura contínua;
- convés ao lado; e
- fundo.

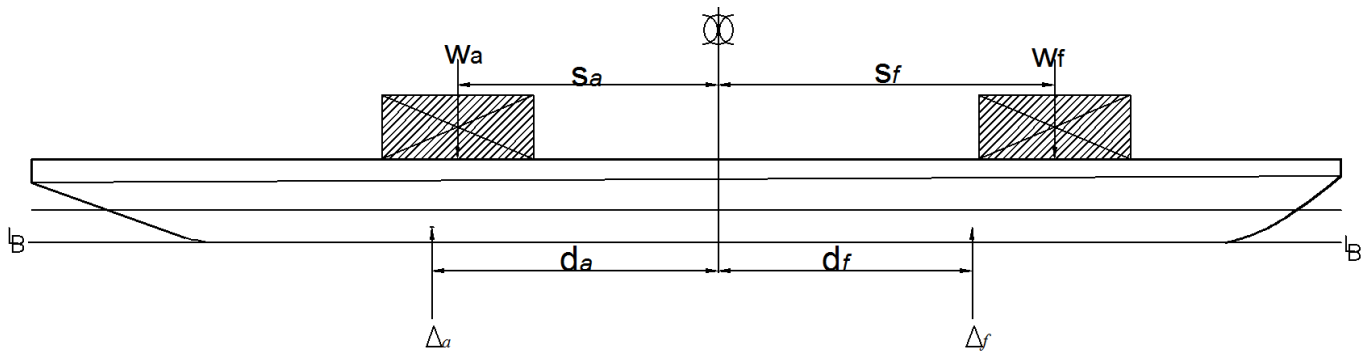
102. No cálculo da resistência longitudinal deve ser feita a verificação de que a tensão não ultrapassa 12,3 daN/mm<sup>2</sup> (12,5 kgf/mm<sup>2</sup>).

NOTA:

Chama-se a atenção para o fato que, com braçola contínua de escotilha alta em relação ao pontal, o material da aresta superior da braçola passa a trabalhar com as tensões mais altas e o material longitudinal do convés passa a ter menos influência no cálculo da inércia da viga do navio.



FIGURA F.G3.203.1. –SISTEMA REFERÊNCIA



$$\bar{x} = L(a.C_B + b)$$

onde:

L = comprimento de Regra de acordo com a Parte I Título I Seção I

$C_B$  = Coeficiente de Bloco

T = calado máximo carregado

a= Fator de correção de acordo com a formulação apresentada abaixo.

$$a = 0,239 - \frac{T}{L}$$

b= Fator de correção de acordo com a formulação apresentada abaixo.

$$b = 1,1 \frac{T}{L} - 0,003$$

Rgim16pt-pIIt16s2-abefh-00