

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

**TÍTULO 11 PARTES COMUNS A TODOS  
NAVIOS**

**SEÇÃO 2 ESTRUTURA**

**CAPÍTULOS**

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



**CONTEÚDO**

**CAPÍTULO A ..... 5**

**ABORDAGEM ..... 5**

**A1. APLICAÇÃO ..... 5**

100. Tipos de missões de navios ..... 5

200. Proporções do casco ..... 5

**A2. DEFINIÇÕES ..... 5**

100. Termos ..... 5

**A3. TOPOLOGIAS ..... 5**

100. Navios com topologia da viga-navio tipo "A" 5

200. Navios com topologia da viga-navio tipo "B" 5

300. Dragas ..... 5

**CAPÍTULO B ..... 6**

**DOCUMENTOS, REGULAMENTOS E NORMAS... 6**

**B1. DOCUMENTAÇÃO PARA O RBNA ..... 6**

100. Documentos do navio ..... 6

200. Documentos de componentes ..... 6

300. Documentos de mão-de-obra ..... 6

**B2. REGULAMENTOS ..... 6**

100. Borda livre para a estrutura ..... 6

200. Regulamentação internacional ..... 6

300. Regulamentação unificada ..... 6

**B3. NORMAS ..... 6**

100. Normas equivalentes ..... 6

**CAPÍTULO C ..... 7**

**MATERIAL E MÃO-DE-OBRA ..... 7**

**C1. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE MATERIAIS DA ESTRUTURA ..... 7**

100. Aços em geral ..... 7

200. Aço estrutural ..... 7

300. Adequação de outros aços ..... 7

**C2. MÃO DE OBRA ..... 7**

100. Capacitação ..... 7

200. Soldadores ..... 7

**CAPÍTULO D ..... 7**

**PRINCÍPIOS DA CONSTRUÇÃO ..... 7**

**D1. CONFORMIDADE COM O PROJETO ..... 7**

100. Controle de desenhos ..... 7

**D2. FABRICAÇÃO ..... 7**

100. Aberturas na estrutura ..... 7

200. Descontinuidades a evitar ..... 8

300. Elementos pré-fabricados ..... 8

400. Corte do aço ..... 8

**D3. SOLDA DE CHAPAS A TOPO ..... 8**

100. Solda a arco metálico com eletrodo revestido ..... 8

200. Solda a arco submerso ..... 8

300. Solda por eletro-escória ..... 8

400. Solda por eletro-gás ..... 9

500. Solda a arco metálico com atmosfera gasosa 9

600. Solda a arco-tungstênio com atmosfera gasosa 9

700. Processos especiais ..... 9

**D4. SOLDAS EM FILETES ..... 9**

100. Juntas em T e em cruz ..... 9

200. Juntas sobrepostas ..... 10

300. Juntas em bujão e ranhura ..... 10

400. Dimensionamento ..... 10

**D5. MONTAGEM / EDIFICAÇÃO ..... 24**

100. Ajustagem de montagens ..... 24

200. Aberturas de passagem ..... 24

300. Acesso para trabalho e inspeção ..... 24

**CAPÍTULO E ..... 24**

**PRINCÍPIOS DE PROJETO DOS SISTEMAS ESTRUTURAIS LOCAIS ..... 24**

**E1. CÁLCULO DIRETO/DEFINIÇÕES ..... 24**

100. Hipóteses de cálculo ..... 24

200. Definições ..... 24

300. Unidades utilizadas ..... 25

**E2. CONFIGURAÇÕES DOS SISTEMAS ESTRUTURAIS LOCAIS ..... 25**

100. Esforços solicitantes ..... 25

200. Distribuição de esforços ..... 25

300. Vão das vigas ..... 25

400. Módulos para as condições de apoios das vigas 25

500. Borboletas ..... 25

600. Espaçamento padrão de enrijecedores ..... 26

**E4. EQUAÇÕES GERAIS PARA ESPESSURAS E MÓDULO RESISTENTE DE VIGAS ..... 28**

100. Equação geral para espessuras ..... 28

200. Equação geral para módulos resistentes ..... 28

**E5. SELEÇÃO DOS ESCANTILHÕES A UTILIZAR ..... 28**

100. Espessura ..... 28

200. Proporções e detalhes de vigas ..... 28

300. Módulo de vigas laminadas ..... 28

400. Módulo de vigas fabricadas ..... 29

500. Dimensões mínimas de vigas fabricadas ..... 29

**CAPÍTULO F ..... 32**

**DIMENSIONAMENTOS POR SISTEMAS DA ESTRUTURA ..... 32**

**F1. FUNDO E FUNDO DUPLO ..... 32**

100. Espessura do fundo nas extremidades ..... 32

200. Espessura do fundo a meia nau ..... 32

300. Quilha ..... 32

400. Conexão ao cadaste e à roda de proa ..... 32

500. Hastilhas, longitudinais, longarinas e hastilhas gigantes de fundo simples ..... 32

600. Teto de fundo duplo ..... 33

700. Hastilhas, longitudinais, longarinas e hastilhas gigantes de fundo duplo ..... 33

**F2. ANTEPARAS ..... 33**

100. Definições ..... 33

200. Carregamentos ..... 34

300. Espessura de AECs ..... 34

400. Prumos de AECs ..... 34

500. Disposições para ATQs ..... 35

600. Espessura de ATQs ..... 35

700. Prumos de ATQs ..... 35

800. Tanques avulsos ..... 36

**F3. COSTADO ..... 36**

100. Espessura do costado ..... 36

200. <i>Cavernas</i> .....	36	200. <i>Aplicação</i> .....	48
300. <i>Cavernas horizontais</i> .....	37	300. <i>Módulo mínimo</i> .....	48
400. <i>Escoas que suportam cavernas verticais</i> .....	37	400. <i>Inércia mínima</i> .....	48
500. <i>Cavernas gigantes</i> .....	37	500. <i>Cálculo do módulo efetivo</i> .....	48
600. <i>Cavernas reforçadas</i> .....	37	<b>H2. VERIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA</b>	
700. <i>Caverna gigante suportando vau gigante em balanço (cantilever)</i> .....	37	<b>LONGITUDINAL</b> .....	<b>50</b>
<b>F4. CONVÉS</b> .....	<b>38</b>	100. <i>Tensões da viga navio</i> .....	50
100. <i>Espessura de convés nas extremidades</i> .....	38	200. <i>Tensões em topo de braçola contínua e de tronco</i> .....	50
200. <i>Espessura de convés resistente à meia nau</i> .....	38	<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>50</b>
300. <i>Espessura de convés de coberta</i> .....	39	<b>COMPLEMENTOS DA ESTRUTURA</b> .....	<b>50</b>
400. <i>Vaus e vigas transversais</i> .....	39	<b>I1. JAZENTES DE MOTORES DE PROPULSÃO, DE CAIXAS REDUTORAS E DE MANCAIS DE ESCORA</b> .....	<b>50</b>
500. <i>Longitudinais e sicordas</i> .....	39	100. <i>Configuração</i> .....	50
600. <i>Braçola de escotilha</i> .....	39	200. <i>Orientação para escantilhões</i> .....	50
700. <i>Pilares</i> .....	39	300. <i>Vigas Longitudinais</i> .....	51
<b>F5. ESTRUTURA DE POPA</b> .....	<b>40</b>	400. <i>Hastilhas</i> .....	51
100. <i>Cadaste de barra</i> .....	40	500. <i>Espessura do fundo na região da fundação do motor</i> .....	51
200. <i>Cadaste de chapa</i> .....	40	<b>I2. MASTROS E OUTROS</b>	
300. <i>Soleira de cadaste</i> .....	40	<b>COMPLEMENTOS</b> .....	<b>51</b>
400. <i>Bosso estrutural suporte de pino inferior do leme</i> .....	40	100. <i>Aplicação de esforços em mastros e em colunas suportes de guindastes</i> .....	51
500. <i>Suporte de leme semi-suspenso</i> .....	40	200. <i>Borda falsa</i> .....	51
600. <i>Bosso do tubo telescópico</i> .....	41	300. <i>Tensão no material</i> .....	52
700. <i>Pés de galinha</i> .....	41	<b>I3. REFORÇOS PARA MOVIMENTOS DO NAVIO</b> .....	<b>52</b>
<b>F6. ESTRUTURA DE PROA</b> .....	<b>41</b>	100. <i>Forças do movimento do navio</i> .....	52
100. <i>Roda de proa de chapa</i> .....	41	200. <i>Acelerações, forças induzidas e valores</i> .....	52
200. <i>Roda de proa de barra</i> .....	41	300. <i>Tensão no material</i> .....	52
300. <i>Fundo plano a vante</i> .....	41	<b>CAPÍTULO T</b> .....	<b>52</b>
400. <i>Outros reforços</i> .....	41	<b>INSPEÇÕES E TESTES</b> .....	<b>52</b>
<b>F7. SUPERESTRUTURAS E CASARIAS</b> .....	<b>41</b>	<b>T1. INSPEÇÕES DE MATERIAIS</b> .....	<b>52</b>
100. <i>Configuração</i> .....	41	100. <i>Abordagem</i> .....	52
200. <i>Chapeamento de anteparas externas</i> .....	41	<b>T2. INSPEÇÕES DA CONSTRUÇÃO</b> .....	<b>52</b>
300. <i>Prumos de anteparas externas</i> .....	41	100. <i>Elementos de sub montagens</i> .....	52
400. <i>Chapeamento de convés</i> .....	42	<b>T3. INSPEÇÃO DA SOLDAGEM DE PRODUÇÃO</b> .....	<b>52</b>
500. <i>Vigas</i> .....	42	100. <i>Condições ambientais</i> .....	52
600. <i>Pilares</i> .....	42	200. <i>Supervisão da soldagem</i> .....	52
<b>F8. RESUMO DE FÓRMULAS PARA DIMENSIONAMENTO LOCAL</b> .....	<b>42</b>	300. <i>Proteção individual</i> .....	53
100. <i>Fórmulas e aplicação</i> .....	42	400. <i>Seqüência de soldagem</i> .....	53
<b>TÓPICO</b> .....	<b>43</b>	<b>T4. PREPARAÇÃO PARA A SOLDAGEM</b> .....	<b>53</b>
<b>CAPÍTULO G</b> .....	<b>44</b>	100. <i>Montagem</i> .....	53
<b>PRINCÍPIOS DE PROJETO DA VIGA NAVIO</b> .....	<b>44</b>	200. <i>Pré-aquecimento</i> .....	53
<b>G1. ABORDAGEM</b> .....	<b>44</b>	300. <i>Limpeza das juntas</i> .....	53
100. <i>Aplicação</i> .....	44	400. <i>Soldas provisórias e ponteamtos</i> .....	53
<b>G2. CONFIGURAÇÃO DA ESTRUTURA GLOBAL</b> .....	<b>44</b>	500. <i>Goivagem</i> .....	54
100. <i>Navios tipo "B"</i> .....	44	600. <i>Martelamento</i> .....	54
200. <i>Navios tipo "B" especiais e tipo "C"</i> .....	44	700. <i>Tratamento térmico</i> .....	54
300. <i>Navios e balsas tipo "A"</i> .....	44	<b>T5. INSPEÇÃO DA SOLDAGEM</b> .....	<b>54</b>
<b>G3. CARREGAMENTOS DA ESTRUTURA GLOBAL</b> .....	<b>44</b>	100. <i>Qualidade das soldas</i> .....	54
100. <i>Momento fletor longitudinal total</i> .....	44	200. <i>Ensaio não destrutivo</i> .....	54
200. <i>Momento em águas calmas</i> .....	44	300. <i>Reparos das soldas</i> .....	54
300. <i>Momento em ondas</i> .....	45	<b>T6. TESTES DE ESTANQUEIDADE E DE RESISTÊNCIA ESTRUTURAL</b> .....	<b>56</b>
400. <i>Momento total</i> .....	45	100. <i>Locais de testes</i> .....	56
<b>CAPÍTULO H</b> .....	<b>48</b>	200. <i>Pressão nos testes</i> .....	56
<b>DIMENSIONAMENTO GLOBAL DA VIGA NAVIO</b> .....	<b>48</b>		
<b>H1. RESISTÊNCIA DA SEÇÃO MESTRA</b> .....	<b>48</b>		
100. <i>Extensão dos escantilhões a considerar</i> .....	48		

**CAPÍTULO A  
 ABORDAGEM**

CONTEÚDO DO CAPÍTULO

- A1. APLICAÇÃO
- A2. DEFINIÇÕES
- A3. TOPOLOGIAS

**A1. APLICAÇÃO**

**100. Tipos de missões de navios**

101. Estas Regras aplicam-se às estruturas de embarcações/navios denominados de Título 11, cujo tipo/serviço é o transporte de carga seca em geral.

102. Para embarcações sem propulsão, como balsas, barcaças e pontões em Navegação Interior, ver Título 16 das Regras para Navegação Interior.

**200. Proporções do casco**

201. Estas Regras são desenvolvidas para proporções entre as dimensões do casco obedecendo às seguintes relações limites:

ZONA DE NAVEGAÇÃO	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. Em embarcações com convés tronco (convés elevado na faixa ao longo da linha de centro), para efeito de verificar a relação comprimento / pontal, deve ser utilizado um pontal fictício D1 assim obtido:

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

onde:

$h_T$  : altura do tronco

$b$  : largura do tronco

**A2. DEFINIÇÕES**

**100. Termos**

101. Significados de termos aqui utilizados.

**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 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  $0,4 \times L$ .

**A3. TOPOLOGIAS**

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

101. De modo geral, navios com convés completo com pequenas aberturas de acesso.

102. As topologias típicas para navios tanques de derivados de petróleo, químicos e gases liquefeitos, são tratadas em Títulos específicos.

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

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

202. As topologias típicas para navios para transporte de veículos e de “containers” são tratadas em Títulos específicos.

**300. Dragas**

301. As dragas que tenham escolhido a classificação para Navegação Interior em Área 2, que operem em despejo ou dragagem fora dos limites desta área, são enquadradas como navio tipo “B”, de acordo com a NORMAM 01. Elas devem atender aos requisitos adicionais da NORMAM 02.

302. As dragas que operem exclusivamente em navegação interior, em quaisquer condições, são enquadradas como navio tipo “C”, de acordo com a NORMAM 02.

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

### CONTEÚDO DO CAPÍTULO

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

#### **B1. DOCUMENTAÇÃO PARA O RBNA**

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

101. Os documentos da estrutura do navio a aprovar 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;
  - menção da CLASSE selecionada, (com as notações de zona de navegação de serviço/atividade; e
  - massa das âncoras e especificação das amarras e equipamento de fundeio, amarração e reboque;
- c. anteparas estanques comuns e anteparas de tanques, com indicação de altura de ladrões e suspiros;
- d. costado;
- e. expansão do chapeamento do casco;
- f. popa com cadaste, pés de galinha etc;
- g. proa com escovéns, raposas etc;
- h. superestruturas e casarias;
- i. adendos da estrutura, como braçolas de escotilhas, mastros; borda falsa, jazentes de motores e de equipamentos importantes com estrutura adjacente e detalhes; e
- j. resistência longitudinal, com momentos fletores, cortantes e módulo de seção mestra.

##### **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 RBNA verifica o cálculo de borda livre de acordo com a NORMAM 02, Capítulo 6.

##### **200. Regulamentação internacional**

201. Estas Regras indicam, nos itens próprios, os casos específicos em que a DPC adota regulamentação internacional na navegação nacional.

##### **300. Regulamentação unificada**

301. Estas Regras indicam, nos itens próprios, os casos específicos em que a DPC adota regulamentação unificada na navegação fluvial internacional, como no Acordo de Transporte Fluvial pela Hidrovia Paraguai - Paraná (Porto de Cáceres - Porto de Nueva Palmira).

#### **B3. NORMAS**

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

101. São utilizadas as normas industriais de materiais e de construção, com o devido controle da aplicabilidade pelo RBNA.

## CAPÍTULO C MATERIAL E MÃO-DE-OBRA

### CONTEÚDO DO CAPÍTULO

- C1. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE MATERIAIS DA ESTRUTURA
- C2. MÃO-DE-OBRA

### C1. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE MATERIAIS DA ESTRUTURA

#### 100. Aços em geral

101. Todo o aço empregado na estrutura e seus complementos, na construção ou reparo, em partes compreendidas no âmbito da classificação, serão testados na presença do vistoriador para comprovação de atendimento aos requisitos destas REGRAS, na sua PARTE III – MATERIAIS-ENQUADRAMENTO.

102. Outros materiais e equipamentos com características diferentes das especificadas nas Regras podem ser utilizados mediante a comprovação de identificação de características pelo vistoriador e aprovação especial do RBNA para a aplicação desejada.

#### 200. Aço estrutural

201. O aço a ser empregado nas embarcações é o aço naval comum, conforme Parte III destas Regras, que segue a norma ASTM A-131.

202. Pode ser aceito aço a partir da norma ASTM A-36, sendo que, para a menção I2, será mediante testes e certificado de conformidade com a norma A-131.

#### 300. Adequação de outros aços

301. O Fator de material para os aços utilizados na construção deve ser adotado como segue:

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

### C2. MÃO DE OBRA

#### 100. Capacitação

101. Estas Regras pressupõem pessoal com formação profissional adequada para a construção da estrutura do casco.

### 200. Soldadores

201. Os soldadores empregados na obra devem ser qualificados pelo RBNA para os tipos de solda que executarem, na forma prescrita na Parte 5 destas regras.

## CAPÍTULO D PRINCÍPIOS DA CONSTRUÇÃO

### CONTEÚDO DO CAPÍTULO

- D1. CONFORMIDADE COM O PROJETO
- D2. FABRICAÇÃO
- D3. SOLDA DE CHAPAS A TOPO
- D4. SOLDAS EM FILETES
- D5. MONTAGEM / EDIFICAÇÃO

### D1. CONFORMIDADE COM O PROJETO

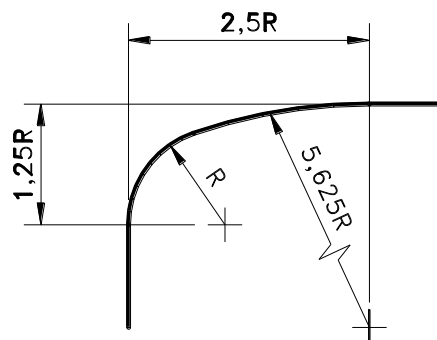
#### 100. Controle de desenhos

101. A supervisão da construção é feita após a aprovação dos planos, para verificação de conformidade.

### D2. FABRICAÇÃO

#### 100. Aberturas na estrutura

101. As aberturas e recortes na estrutura devem ter sempre seus cantos arredondados. Em princípio, para cantos de escotilha deve ser usado o seguinte esquema:



onde:

R= 0,04 x b (não precisa ser maior que 480mm)

b: é a largura da abertura da escotilha

103. Os bueiros no fundo e topos de tanques, recortados nas almas das vigas, devem ser suficientes para permitir o escoamento do líquido até o local de aspiração e não permitir bolsas de ar que não cheguem aos suspiros. Estes bueiros não devem ter altura maior que 0,25 da altura da viga nem devem ter menos que 25 mm de raio.

#### **200. Descontinuidades a evitar**

201. Os engastes de vigas, ou partes estruturais, em outros elementos devem se prolongar nos elementos engastantes, a partir do ponto de engaste, para serem efetivos.

202. Devem ser observados os lados de posições de espessuras dos elementos, em relação às linhas moldadas, para que, quando soldados em lados opostos de uma chapa, fiquem alinhados.

203. Devem ser evitados os pontos "duros" na estrutura, isto é, quando pontas de borboletas, prumos ou de qualquer elemento, terminarem abruptamente sobre painel de chapa, por detrás desta deve ser colocado barra chata ou reforço que lhe seja alinhado e que impeça efeito de "punção".

204. Deve ser mantida continuidade estrutural da viga navio, observando a variação gradual de inércia das seções transversais em extremidade de anteparas e de vigas primárias.

#### **300. Elementos pré-fabricados**

301. No caso de dobra em chapas para flanges, o raio não deve ser menor que duas vezes a espessura.

302. No caso de construir cantoneira com flange dobrado, verificar, além da prescrição anterior, que o módulo, para a geometria adotada, com chapa associada, não é menor do que o obtido com a cantoneira laminada.

#### **400. Corte do aço**

401. O processo de corte, a acetileno ou outro, não deve deixar resíduos ou escamas que prejudiquem a qualidade dos chanfros para soldas.

### **D3. SOLDA DE CHAPAS A TOPO**

#### **100. Solda a arco metálico com eletrodo revestido**

101. A soldagem manual de juntas à topo com eletrodo revestido dispensa a preparação de chanfro angular entre as arestas, em materiais com espessura até 7 mm.

102. As juntas com espessuras acima de 7 mm são preparadas para soldagem chanfrando as arestas em V

ou X, com ângulo interno maior que 45°, abertura de raiz entre 3 e 5 mm e altura máxima do nariz, no chanfro, de 3 mm.

103. A remoção do metal de adição e metal base na raiz de juntas parcialmente soldadas será executada por meio de processo adequado, antes da aplicação de passes subseqüentes, de modo a se obter metal sem descontinuidades e assegurar penetração total.

104. Quando, em técnicas comuns de soldagem, for impraticável a execução da contra solda, será permitida a soldagem unilateral de juntas chanfradas em V, formando um ângulo de 40° a 50°, sem nariz, abertura de raiz entre 4 e 8 mm e cobre-juntas.

105. Os cobre-juntas devem ser soldados a uma das peças a soldar. As suas emendas são com soldas de penetração total.

107. De modo geral as juntas serão preparadas para soldagem de acordo com os requisitos das tabelas T.D3.107.1. e T.D3.107.2.

#### **200. Solda a arco submerso**

201. A soldagem automática ou semi-automática a arco submerso, utilizando combinações de arame ou fita e fluxo de juntas à topo, dispensa a preparação de chanfro angular entre as arestas em materiais com espessura até 16 mm. Normalmente, a soldagem será executada nas posições plana e horizontal e em materiais com espessura acima de 5 mm.

202. Os materiais com espessura acima de 16mm serão preparados para execução da soldagem chanfrando as arestas em V ou X, com ângulo interno de 60° e altura máxima no nariz do chanfro de 7 mm. Projetos e detalhes de juntas alternativas serão considerados se especialmente aprovados pelo RBNA, dependendo da aplicação específica e da variação na técnica usualmente empregada.

203. De modo geral as juntas serão preparadas para soldagem de acordo com os requisitos da tabela T.D3.107.3.

#### **300. Solda por eletro-escória**

301. A soldagem automática por eletro-escória, com combinações de arame(s) ou tubo guia consumível e fluxo, de juntas à topo dispensa a preparação de chanfro angular entre as arestas das chapas. Normalmente a soldagem será executada apenas na posição vertical e em materiais com espessura acima de 20 mm.

302. Quando empregando o processo de soldagem por eletro-escória haverá necessidade da utilização de chapa apêndice para início da soldagem e de sapatas de retenção refrigeradas a água ou de cobre para conter o metal de solda e escória fundidos.



303. Devido a superaquecimento na junta soldada pelo lento deslocamento da fonte de calor, é exigida a aplicação de tratamento térmico de normalização após a execução da soldagem.

304. Projetos e detalhes de juntas alternativas serão considerados se especialmente aprovados pelo RBNA, dependendo da aplicação específica, da comprovação do procedimento para tratamento térmico, posterior à soldagem, e da variação na técnica usualmente empregada.

#### **400. Solda por eletro-gás**

401. A soldagem automática por eletro-gás utilizando combinações de arame sólido ou tubular e gases de juntas à topo será empregada apenas na posição plana com deslocamento vertical e em materiais com espessura entre 10 e 75 mm.

402. Os materiais serão preparados com chanfro opcional em V, formando um ângulo interno maior que 45°, sem nariz, abertura de raiz entre 17 e 20 mm e sapatas refrigeradas a água para retenção do metal de solda e escória fundida.

403. Os requisitos para aplicação e aprovação da soldagem por eletro-gás são similares aos da soldagem por eletro-escória.

#### **500. Solda a arco metálico com atmosfera gasosa**

501. A soldagem semi-automática ou automática a arco metálico, em atmosfera gasosa com combinações de arame e gás ou gases, de juntas à topo, seguem os requisitos do item D3.100.

502. A soldagem de alumínio e ligas à base de alumínio atenderão os requisitos que seguem e a tabela T.D3.203.1.

503. A soldagem a arco metálico com atmosfera gasosa de juntas à topo dispensa a preparação de chanfro angular entre as arestas para espessuras até 5 mm.

504. Os materiais com espessura entre 5 e 12 mm terão arestas com chanfro em V, com ângulo interno maior que 60°, abertura de raiz de 3 mm e altura do nariz no chanfro entre 1 e 3 mm.

505. Os materiais com espessura entre 12 e 25 mm terão arestas com chanfro em V, com ângulo interno variando de 50 a 70°, abertura de raiz de 3 mm e altura do nariz no chanfro entre 3 e 5 mm.

#### **600. Solda a arco-tungstênio com atmosfera gasosa**

601. A soldagem manual ou automática a arco tungstênio com atmosfera gasosa utilizando vareta e gás ou mistura de gases em juntas à topo de aços carbono e aços liga serão preparados para execução da soldagem

de acordo com os requisitos do item D3.100.

602. Para soldagem em alumínio e ligas à base de alumínio são atendidos os requisitos que seguem e tabela T.D3.203.2.

603. Os materiais com espessura até 2 mm terão juntas do tipo flange alinhado, de acordo com os requisitos da tabela T.D3.203.2.

604. A soldagem de juntas a topo com arco-tungstênio com atmosfera gasosa dispensa a preparação de chanfro angular entre as arestas, em materiais com espessura até 4 mm.

605. As juntas com espessuras entre 4 e 10 mm terão chanfros em V com ângulo interno de 60°, sem nariz no chanfro e abertura de raiz de 2 mm.

#### **700. Processos especiais**

701. Processos especiais para soldagem, empregando variações nas técnicas básicas especificadas nesta parte, são admitidas com a aprovação específica do RBNA, dependendo da variação em relação a boa prática de soldagem e após ensaios de adequabilidade.

### **D4. SOLDAS EM FILETES**

#### **100. Juntas em T e em cruz**

101. A menos que de outra forma especificada, as conexões serão soldadas por ambos os lados da junta e, dependendo do grau de solicitação da estrutura, serão requeridas soldas contínuas de filete duplo. Os filetes devem contornar as espessuras nas extremidades e bueiros (“scallops”) de vigas.

102. Os elementos que limitam compartimentos estanques terão soldas contínuas de filete duplo.

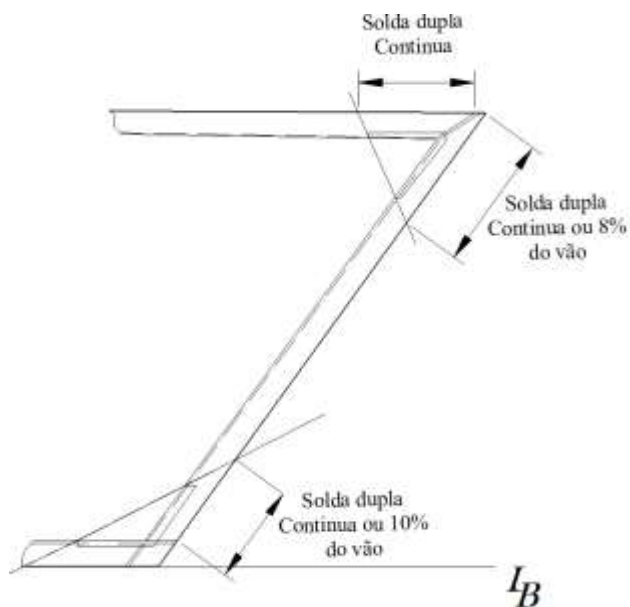
103. Nas conexões com solicitação moderada, será permitida a execução de soldas intermitentes dos tipos escalonado, encadeado e em bueiros (“scallops”), conforme indicado na figura F.D4.103.1, exceto nos seguintes locais e uniões:

- a. no interior de tanques de água (lastro);
- b. em áreas externas do casco;
- c. em hastilhas à longarina central;
- d. em hastilhas ao bojo;
- e. em hastilhas e longarinas nas regiões dos motores;
- f. em vigas primárias, como prumos gigantes, cavernas gigantes, vaus gigantes e sicordas,
- g. nas regiões da máquina do leme e hélice;
- h. no interior da saia do leme, exceto em áreas inacessíveis, onde a solda bujão será permitida; e
- i. nos jazentes e suas ligações.

104. Em locais onde permitidos, mas sujeitos a toques ou impactos, o passo da solda intermitente em escalão será igual ao comprimento do filete.

105. Nas extremidades de enrijecedores de painéis, como cavernas, sicordas, vaus e prumos soldados intermitentemente, são exigidas soldas duplas contínuas com extensão de, pelo menos, até uma linha de extensão da aresta externa da borboleta ou 10% do vão da viga na estrutura, conforme indica a figura a seguir.

**FIGURA F.D4.103.1**



106. A dimensão da garganta de soldas em filete será de pelo menos 70% da dimensão da perna de solda.

107. Quando a espessura do elemento mais fino a ser soldado exceder 25 mm, a dimensão da solda será especialmente considerada pelo RBNA.

**200. Juntas sobrepostas**

201. As soldas de juntas sobrepostas somente serão permitidas em membros estruturais solicitados moderadamente e especialmente aprovadas pelo RBNA.

202. Quando for inevitável a soldagem de juntas sobrepostas em longarinas a 0,4L, conexões suportando estruturas de máquinas, caldeiras e vasos submetidos a pressão, serão exigidas soldas contínuas em ambas as arestas e perna com dimensão igual à espessura do elemento mais fino.

203. As demais juntas sobrepostas serão executadas com soldas contínuas por ambos os lados e dimensionadas de modo tal que a soma das duas pernas da solda seja pelo menos igual a 1,5 vezes a espessura do elemento mais fino.

204. A menos que seja especialmente especificado, a largura de sobreposição será igual a 2 vezes a espessura do elemento mais fino, mais 25 mm

**300. Juntas em bujão e ranhura**

301. As soldas de juntas em bujão e ranhura somente serão permitidas quando inevitável e especialmente aprovadas.

302. As juntas em bujão e ranhuras terão as aberturas, no elemento externo, com faces perpendiculares ao elemento interno e com dimensões suficientes para permitir fusão completa em toda extensão do contorno da abertura. De modo geral as juntas serão preparadas de acordo com os requisitos da figura F.D4.302.1.

**400. Dimensionamento**

401. As dimensões dos filetes são mostradas nas Tabelas T.D4.401.1 a T.D4.401.6.

402. Anotações nestas Tabelas:

- a. as dimensões especificadas são as da garganta do filete, em mm;
- b. "e" é a espessura do elemento mais fino;
- c. tipos, conforme croquis nas figuras F.D4.103.1 e F.D4.302.1 :

A - SOLDA DUPLA CONTÍNUA ESTANQUE

B - SOLDA DUPLA CONTÍNUA NÃO ESTANQUE

C - SOLDA EM CADEIA

D - SOLDA EM ESCALÃO

E - SOLDA EM BUEIRO ("SCALLOP")

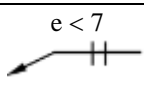
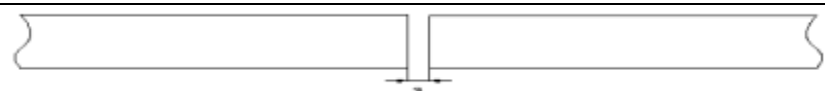
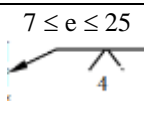
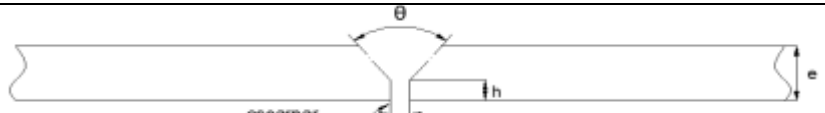
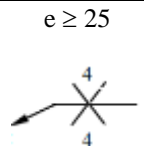
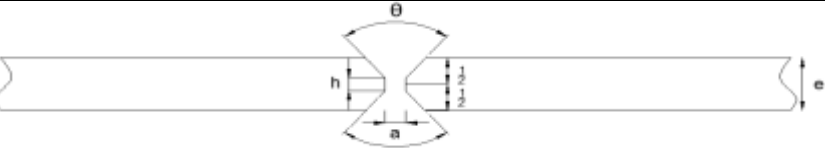
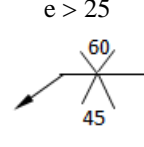
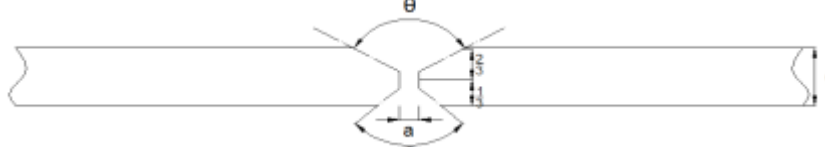
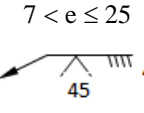
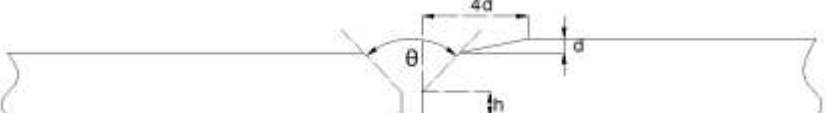
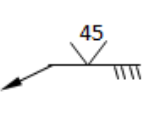

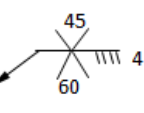
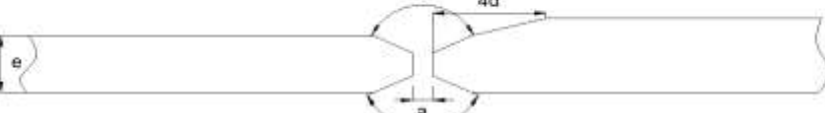
403. A dimensão da garganta não deve ser menor que:

- a. 3,0 mm para processos automáticos utilizando metais de adição de grande penetração;
- b. 3,5 mm para todos os processos aplicando soldas em filetes contínuos ou intermitentes;
- c. 4,0 mm para aço naval de alta resistência.

404. Em soldas intermitentes a garganta deve ter a dimensão da tabela que segue:

e	garganta
4,8	3,5
6,4	4,0
7,9	4,5
9,5	5,0
12,5	5,5

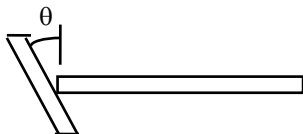
**TABELA T.D3.107.1. - SOLDAS DE CHAPAS A TOPO (MANUAL) SOLDAGEM A ARCO METÁLICO COM ELETRODO REVESTIDO**

SIMBOLOGIA	DETALHE DO CHANFRO	DIMENSÕES
 <p><math>e &lt; 7</math></p>		<p><math>e = 7\text{mm}</math>  <math>a = 3\text{mm}</math></p>
 <p><math>7 \leq e \leq 25</math></p>	 <p>escarnar</p>	<p><math>e = 7 \sim 25\text{mm}</math>  <math>a = 3 \sim 5\text{mm}</math>  <math>h = 0 \sim 3\text{mm}</math>  <math>\theta = 45 \sim 60^\circ</math></p>
 <p><math>e \geq 25</math></p>		<p><math>e = 25\text{mm}</math>  <math>a = 3 \sim 5\text{mm}</math>  <math>h = 0 \sim 3\text{mm}</math>  <math>\theta = 45 \sim 60^\circ</math></p>
 <p><math>e &gt; 25</math></p>		<p><math>e = 25\text{mm}</math>  <math>a = 3 \sim 5\text{mm}</math>  <math>h = 0 \sim 3\text{mm}</math>  <math>\theta_1 = 45 \sim 60^\circ</math>  <math>\theta_2 = 60 \sim 75^\circ</math></p>
 <p><math>7 &lt; e \leq 25</math></p>	 <p>escarnar</p>	<p><math>e = 7 \sim 25\text{mm}</math>  <math>a = 3 \sim 5\text{mm}</math>  <math>h = 0 \sim 3\text{mm}</math>  <math>\theta = 45 \sim 60^\circ</math></p>
 <p>45</p>		<p><math>a = 3 \sim 5\text{mm}</math>  <math>h = 0 \sim 3\text{mm}</math></p>
 <p>45 60</p>		<p><math>\theta_1 = 60 \sim 75^\circ</math>  <math>\theta_2 = 45 \sim 60^\circ</math></p>

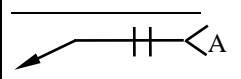

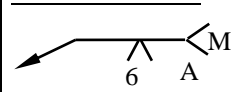
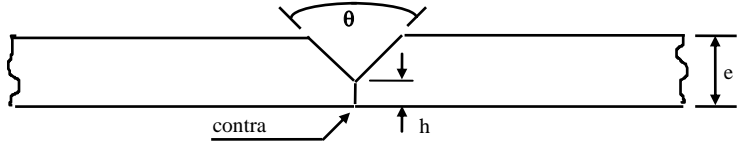
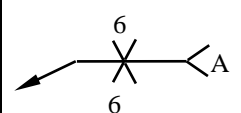
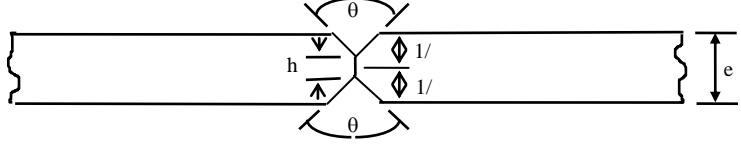
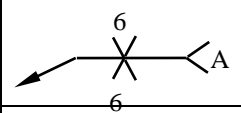
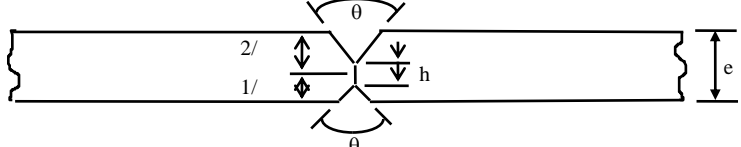
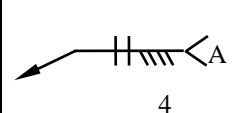
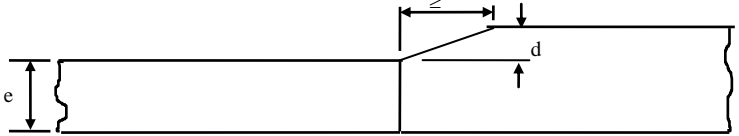
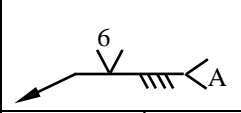
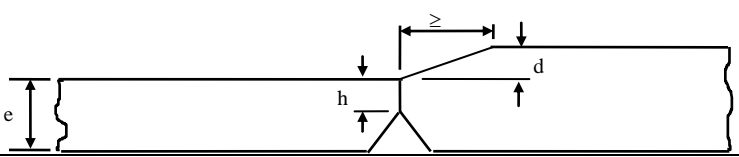
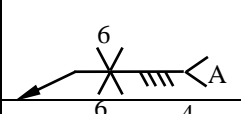
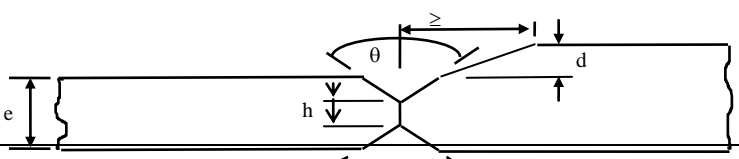
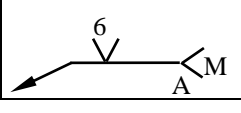
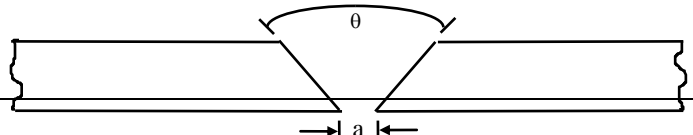
**TABELA T.D3.107.2. - SOLDAS DE CHAPAS A TOPO (MANUAL OU SEMI-AUTOMÁTICA) SOLDAGEM A ARCO METÁLICO COM ELETRODO REVESTIDO**

SOLDA MANUAL OU SEMI-AUTOMÁTICA		(1)
SIMBOLOGIA	DETALHE DO CHANFRO	DIMENSÕES
		$e = 7\text{mm}$ $a = 0 \sim 3\text{mm}$
		$e = 7 \sim 12\text{mm}$ $a = 0 \sim 3\text{mm}$ $h = 0 \sim 3\text{mm}$ $\square = 45 \sim 60^\circ$
		$e = 12\text{mm}$ $a = 0 \sim 5\text{mm}$ $h = 0 \sim 3\text{mm}$ $\theta = 45 \sim 60^\circ$
		$e_1 = 14\text{mm}$ $e_2 = 19\text{mm}$ $a = 0 \sim 3\text{mm}$ $h = 0 \sim 3\text{mm}$ $\theta = 25^\circ$ $\theta = 45 \sim 50^\circ$
		$e_1 = 14\text{mm}$ $e_2 = 19\text{mm}$ $a = 0 \sim 3\text{mm}$ $h = 0 \sim 3\text{mm}$ $\theta = 45 \sim 50^\circ$
		$a = 0 \sim 3\text{mm}$ $h \geq 4\text{mm}$

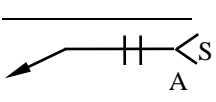
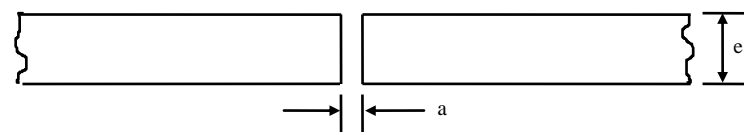
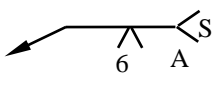
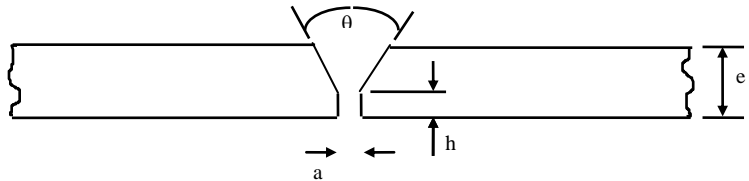
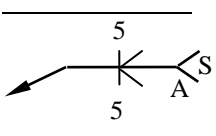
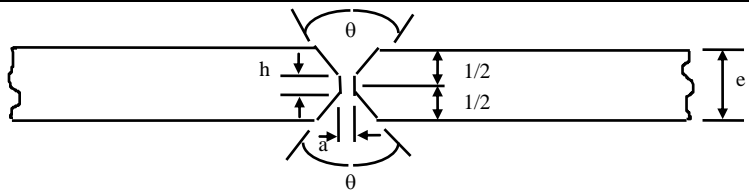
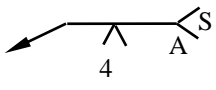
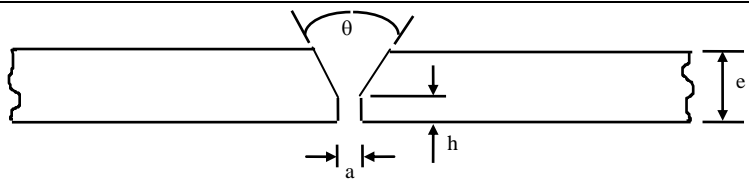
(1) Solda automática empregada se possível.  
 (2) Não deve ser empregada em conveses resistentes, castelo e tombadilho.

(3)  Quando  $\theta < 45^\circ$  chanfrar.

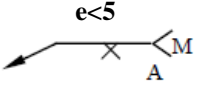

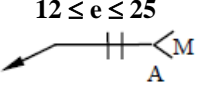

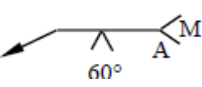
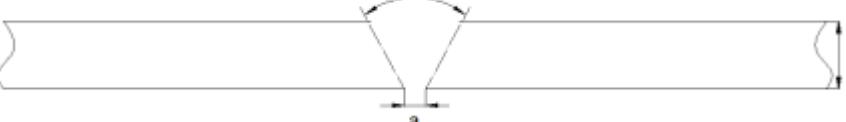
**TABELA T.D3.107.3. - SOLDAS DE CHAPAS A TOPO (SEMI-AUTOMÁTICA) SOLDAGEM A ARCO SUBMERSO**

SIMBOLOGIA	DETALHE DO CHANFRO	DIMENSÕES
<p><math>e \leq 16</math></p> 		<p><math>e = 5 \sim 16\text{mm}</math></p>
<p><math>16 \leq e \leq 25</math></p> 		<p><math>e = 16 \sim 25\text{mm}</math>  <math>h = 6 \sim 7\text{mm}</math>  <math>\square\square = 60^\circ</math></p>
<p><math>25 \leq e \leq 30</math></p> 		<p><math>e = 25 \sim 30\text{mm}</math>  <math>h = 6 \sim 8\text{mm}</math>  <math>\theta = 60 \sim 70^\circ</math></p>
<p><math>e &gt; 30</math></p> 		<p><math>e = 30\text{mm}</math>  <math>h = 6 \sim 8\text{mm}</math>  <math>\theta = 60 \sim 70^\circ</math></p>
<p><math>e \leq 16</math></p> 		<p><math>e = 5 \sim 16\text{mm}</math></p>
<p><math>16 &lt; e \leq 25</math></p> 		<p><math>e = 16 \sim 25\text{mm}</math>  <math>a = 6 \sim 7\text{mm}</math>  <math>\theta = 60^\circ</math></p>
<p><math>e &gt; 25^4</math></p> 		<p><math>e = 25\text{mm}</math>  <math>h = 0 \sim 3\text{mm}</math>  <math>\theta = 60 \sim 70^\circ</math></p>
		<p><math>a = 6 \sim 8\text{mm}</math>  <math>\theta = 40 \sim 50^\circ</math></p>

**TABELA T.D3.203.1. - SOLDAS DE CHAPAS A TOPO (SEMI AUTOMÁTICA OU AUTOMÁTICA)  
 SOLDAGEM A ARCO METÁLICO COM ATMOSFERA GASOSA**

SOLDA SEMI-AUTOMÁTICA OU AUTOMÁTICA		
SIMBOLOGIA	DETALHE DO CHANFRO	DIMENSÕES
<p><math>e &lt; 5</math></p> 		<p><math>e = 1,5 \sim 5\text{mm}</math>  <math>a = 0 \sim 2\text{mm}</math></p>
<p><math>5 \leq e \leq 12</math></p> 		<p><math>e = 5 \sim 12\text{mm}</math>  <math>a = 0 \sim 3\text{mm}</math>  <math>h = 1 \sim 3\text{mm}</math>  <math>\square = 60 \sim 90^\circ</math></p>
<p><math>12 \leq e \leq 25</math></p> 		<p><math>e = 12 \sim 25\text{mm}</math>  <math>a = 0 \sim 3\text{mm}</math>  <math>h = 3 \sim 5\text{mm}</math>  <math>\theta = 50 \sim 70^\circ</math></p>
<p><math>8 &lt; e \leq 25</math></p> 		<p><math>e = 8 \sim 25\text{mm}</math>  <math>a = 3 \sim 7\text{mm}</math>  <math>h = 2 \sim 4\text{mm}</math>  <math>\theta = 45 \sim 60^\circ</math></p>

**TABELA T.D3.203.2. - SOLDAS DE CHAPAS A TOPO (MANUAL OU AUTOMÁTICA)  
 SOLDAGEM A ARCO TUNGSTÊNIO COM ATMOSFERA GASOSA**

SIMBOLOGIA	DETALHE DO CHANFRO	DIMENSÃO S
		$e = 0,3 \sim 2\text{mm}$ $R = e$
		$e = 2 \sim 4 \text{ mm}$ $a = 2 \sim 2 \text{ mm}$
		$e = 4 \sim 10 \text{ mm}$ $a = 0 \sim 2 \text{ mm}$ $\theta = 60^\circ$

e = Espessura do material.

a = Abertura da raiz.

h = Altura do nariz.

d = Diferença de espessura.

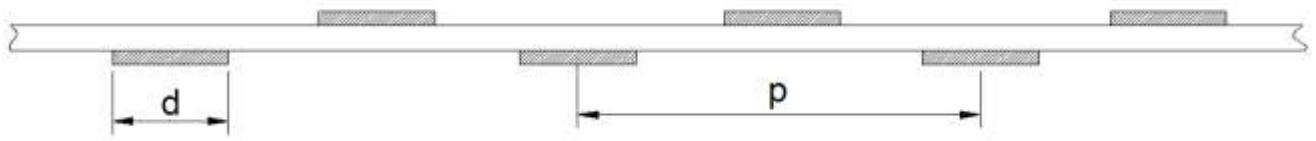
R = Raio de Curvatura.

H = Altura do flange.

$\theta$  = Ângulo do chanfro.

**FIGURA F.D4.103.1. - SOLDAS EM FILETE - INTERMITENTES**

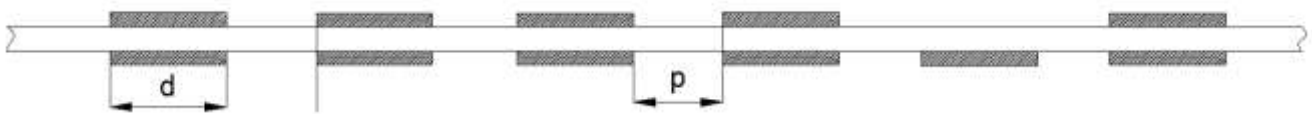
**A - SOLDA INTERMITENTE EM ESCALÃO**



$d \geq 75\text{mm}$   
 $p \leq 300\text{mm}$

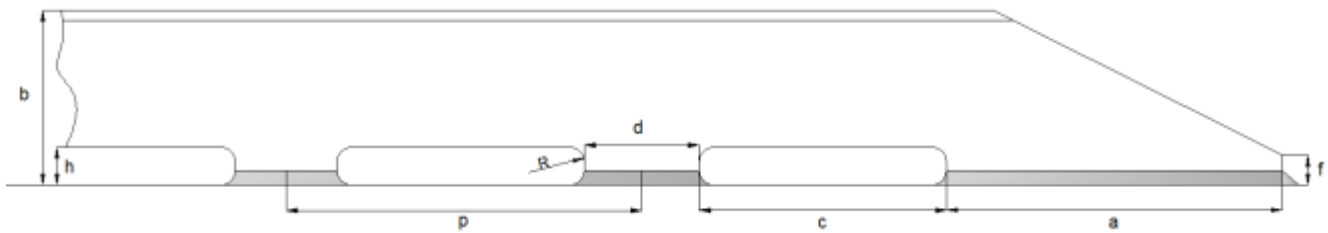
Nota: ver parágrafo D4.104.

**B - SOLDA INTERMITENTE EM CADEIA**



$d \geq 75\text{mm}$   
 $p \leq 200\text{mm}$

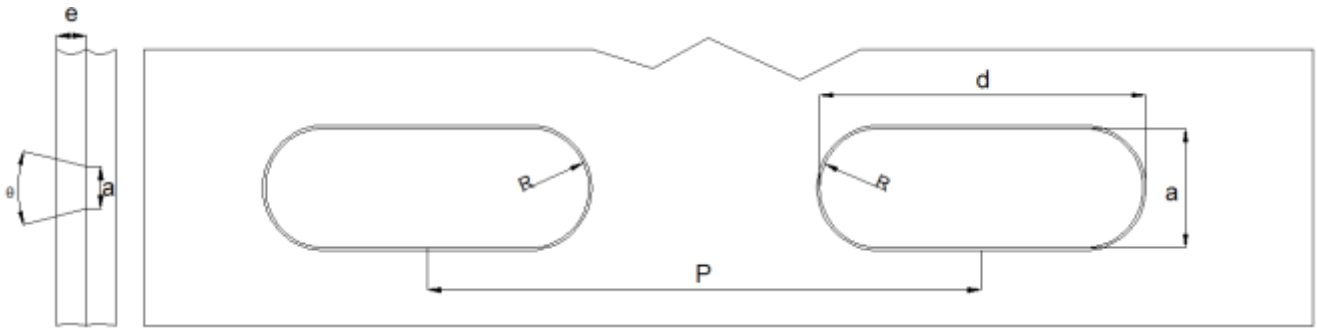
**C - SOLDA INTERMITENTE EM BUEIROS (“SCALLOPS”)**



$a \geq 0,75 b$   
 $c \leq 150\text{mm}$   
 $d \leq 75\text{mm}$   
 $f \geq 0,25 b$  ou, no mínimo, 20mm  
 $h \leq 0,25 b$ , sem exceder 75mm  
 $P \leq 150\text{mm}$   
 $R \geq 25\text{mm}$

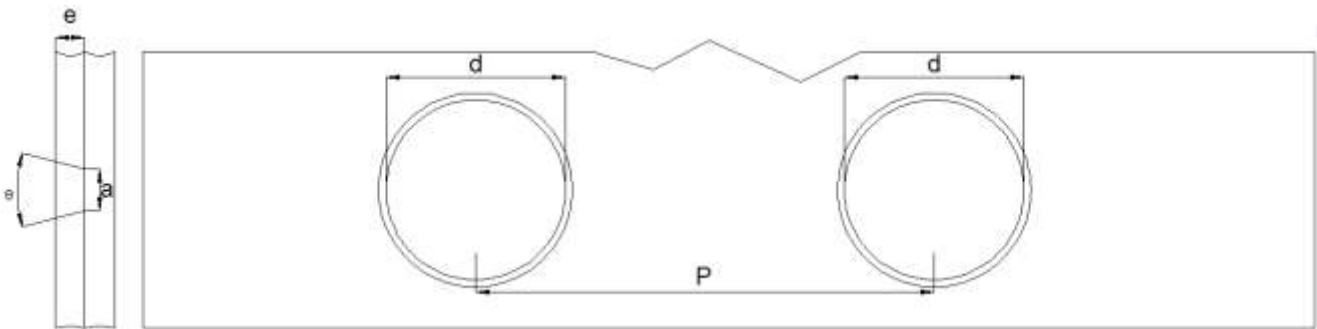


**FIGURA F.D4.302.1. - SOLDAS EM FILETE - BUJÃO EM RANHURA E CIRCULAR D - SOLDAS EM BUJÃO RANHURA**



$a \geq e$   
 $50 \text{ mm} > d \leq 4 e$ , adotar maior dos valores  
 $P \leq 225 \text{ mm}$   
 $R \geq e/2$   
 $30^\circ > \theta \leq 50^\circ$

**E - SOLDAS EM BUJÃO CIRCULAR**



$d \leq 4 \times e$  ou, no mínimo, 25mm  
 $p \leq 150 \text{ mm}$   
 $\theta \geq 60^\circ$

**TABELA T.D4.401.1 - DIMENSÕES DE SOLDA EM FILETE - FUNDO**

**FUNDO SINGELO**

MEMBROS ESTRUTURAIS			SOLDAS EM FILETE				
			DUPLA CONTÍNUA		INTERMITENTE		
			A	B	C	D	E
<b>HASTILHAS</b>	ao chapeamento do casco	fundo à vante, tanques profundos e pique tanques	0,30e	0,20e	200	225	125
		outras partes	---	0,14e	200	300	150
	à barra face	praça de máquinas praça de caldeiras	0,20e	0,15e	200	225	125
		outras partes	---	0,12e	200	300	150
	nas extremidades	costado e antepara longitudinal	0,35e	0,25e	---	---	---
		longarinas	0,35e	0,20e	---	---	---
<b>LONGARINA CENTRAL</b>	à chapa quilha	fundo à vante	0,40e	0,35e	---	---	---
		outras partes	---	0,12e	200	300	150
	à barra face	---	0,12e	200	300	150	
<b>LONGARINA LATERAL</b>	ao chapeamento do casco	fundo à vante	0,35e	0,20e	200	---	100
		outras partes	---	0,12e	200	300	150
	à barra face	praça de máquinas praça de caldeiras	---	0,30e	150	200	100
		outras partes	---	0,12e	200	300	150
<b>MEMBROS DIVERSOS</b>	do chapeamento do casco	fundo à vante	0,35e	0,20e	150	200	100
		outras partes	---	0,12e	200	300	150

**TABELA T.D4.401.1 - DIMENSÕES DE SOLDA EM FILETE - FUNDO (continuação)**

**FUNDO DUPLO**

MEMBROS ESTRUTURAIS			SOLDAS EM FILETE				
			DUPLA CONTÍNUA		INTERMITENTE		
			A	B	C	D	E
<b>HASTILHA COMPLETA</b>	ao chapeamento do casco	fundo à vante pique tanques	0,35e	0,20e	200	225	125
		outras partes	---	0,12e	200	300	150
	ao chapeamento do teto do fundo duplo	fundo à vante	0,35e	0,20e	200	250	125
		praça de máquinas praça de caldeiras	0,40e	0,40e	---	---	---
		outras partes	---	0,12e	200	300	150
	às chapas marginal ou do bojo		0,40e	0,40e	---	---	---
	aos reforços estruturais		---	0,12e	200	300	150
<b>HASTILHA ABERTA</b>	às cavernas de fundo	chapeamento do casco teto do fundo duplo	---	0,12e	200	300	150
	às chapas marginal ou do bojo	chapeamento do casco teto do fundo duplo	0,35e	0,35e	---	---	---
<b>LONGARINA CENTRAL</b>	ao chapeamento do casco	fundo à vante	0,35e	0,25e	---	---	---
		chapa quilha	0,40e	0,25e	---	---	---
		outras partes	---	0,12e	200	200	150
	ao chapeamento do teto do fundo duplo	praça de máquinas praça de caldeiras	0,35e	0,25e	---	---	---
		outras partes	---	0,12e	125	150	---
<b>LONGARINA LATERAL</b>	ao chapeamento do casco	fundo à vante jazente de motor	0,35e	0,25e	150	100	100
		outras partes	---	0,15e	200	250	125
	ao chapeamento do teto do fundo duplo	praça de máquinas praça de caldeiras	0,35e	0,25e	150	150	100
		outras partes	0,35e	0,14e	200	300	150

<b>PRUMOS</b>	ao chapeamento	hastilhas sob anteparas	---	0,14e	150	175	100
		extremidades	---	0,30e	---	---	---
		outras partes	---	0,12e	200	300	150
<b>BORBOLETA</b>	ao chapeamento, à chapa, às longarinas	do casco marginal	---	0,30e	---	---	---

**TABELA T.D4.401.2 - DIMENSÕES DE SOLDA EM FILETE - ANTEPARA**

MEMBROS ESTRUTURAIS			SOLDAS EM FILETE				
			DUPLA CONTÍNUA		INTERMITENTE		
			A	B	C	D	E
<b>ANTEPARA</b>	ao chapeamento do casco e ao teto do fundo duplo	estanque a óleo e água	0,40e	0,40e	---	---	---
		exposta em superestruturas e casarias	0,35e	0,35e	---	---	---
		diafragma	---	0,35e	200	200	150
		não estanque	---	0,25	200	225	150
<b>PRUMOS</b>	ao chapeamento	antepara estanque	---	0,14e	200	250	150
		extremidades	---	0,18e	---	---	---
		outras partes	---	0,12e	200	300	150

**TABELA T.D4.401.3 - DIMENSÕES DE SOLDA EM FILETE – COSTADO**

MEMBROS ESTRUTURAIS			SOLDAS EM FILETE				
			DUPLA CONTÍNUA		INTERMITENTE		
			A	B	C	D	E
<b>CAVERNA TRANSVERSAL</b>	ao chapeamento do casco	fundo à vante tanques profundos	---	0,15e	150	150	125
		pique de ré	---	0,25e	---	---	---
		outras partes	---	0,12e	200	275	150
<b>CAVERNA LONGITUDINAL</b>	ao chapeamento do teto do fundo duplo	fundo à vante	---	0,15e	200	225	125
		pique de ré	---	0,20e	---	---	---
		outras partes	---	0,12e	200	300	150
<b>CAVERNA GIGANTE ESCOA E</b>	ao chapeamento do casco e à barra face		---	0,15e	200	225	125
<b>CAIXA DE MAR</b>	ao chapeamento do casco	interno	0,50e	---	---	---	---
		externo	0,30e	---	---	---	---
<b>RODA DE PROA</b>	ao chapeamento do casco	barra	0,70e	---	---	---	---
	à chapas diafragma e reforços	chapa	0,25e	0,25e	175	225	125
<b>BOLINA</b>	ao chapeamento do casco		---	0,12e	200	300	150

**TABELA T.D4.401.4 - DIMENSÕES DE SOLDA EM FILETE - CONVÉS**

MEMBROS ESTRUTURAIS			SOLDAS EM FILETE				
			DUPLA CONTÍNUA		INTERMITENTE		
			A	B	C	D	E
<b>CONVÉS</b>	ao chapeamento	resistente estanque exposto	0,40 e	0,40e	---	---	---
		outras partes	---	0,30e	---	---	---
<b>VAUS</b>	ao chapeamento	pique de vante tanques profundos	---	0,13e	200	250	125
		pique de ré	---	0,20e	---	---	---
		gigantes	---	0,15e	200	250	125
		outras partes	---	0,12e	200	275	150
	à barra face		---	0,12e	200	275	150
	nas extremidades		---	0,15e	---	---	---
<b>SICORDAS</b>	em 0,15 do vão, de cada lado de anteparas e de pilares		---	0,25e	---	---	---
	à barra face		---	0,15e	200	250	125
	outras partes		---	0,11e	200	275	150
<b>LONGITUDINAIS</b>	ao chapeamento	convés	---	0,15e	200	250	125
		outras partes	---	0,12e	200	275	150
<b>VIGAS DE REFORÇO</b>	ao chapeamento	dentro de tanques	---	0,18e	175	250	125
		fora de tanques	---	0,12e	200	300	150
	nas extremidades	com borboletas	---	0,18e	---	---	---
		sem borboletas	---	0,30e	---	---	---
	à barra face	extremidades	---	0,18e	---	---	---
		outras partes	---	0,12e	200	300	150

<b>PILARES</b>	ao convés	extremidades	---	0,38e	---	---	---
<b>BRAÇOLAS DE ESCOTILHA</b>	ao chapeamento do convés		0,40e	---	---	---	---
	à barra face nas extremidades à cantos de aberturas		0,50e	---	---	---	---
	à reforços longitudinais		---	0,30e	---	---	---
	à esteios		---	0,12e	175	225	125
	outras partes		---	0,11e	200	275	150

**TABELA T.D4.401.5 - DIMENSÕES DE SOLDA EM FILETE - ADENDOS À ESTRUTURA**

MEMBROS ESTRUTURAIS			SOLDAS EM FILETE				
			DUPLA CONTÍNUA		INTERMITENTE		
			A	B	C	D	E
<b>MASTROS</b>	ao chapeamento		---	0,43e	---	---	---
<b>JAZENTES</b>	ao chapeamento do casco ao teto do fundo duplo à chapa de face	motor principal auxiliar essencial mancal de escora	0,43e	0,43e	---	---	---
		caldeira outros auxiliares	0,35e	0,35e	---	---	---
<b>BRAÇOLAS DE VENTILADORES</b>	ao chapeamento	juntas expostas	---	---	---	---	---
		outras juntas	0,35e	0,20e	---	---	---

**TABELA T.D4.401.6 - DIMENSÕES DE SOLDA EM FILETE – EQUIPAMENTOS**

MEMBROS ESTRUTURAIS			SOLDAS EM FILETE				
			DUPLA CONTÍNUA		INTERMITENTE		
			A	B	C	D	E
<b>TAMPAS DE ESCOTILHA</b>	ao chapeamento	estanque	0,30e	---	---	---	---
		outras partes	---	0,15e	---	---	---
	a gigantes e reforços	chapeamento barra face	---	0,12e	200	275	125
		extremidades	---	0,18e	---	---	---

<b>LEMES</b>	ao diafragma horizontal	chapeamento lateral	---	---	150	150	---
		diafragma vertical	---	0,24e	---	---	---
		eixo da madre	---	0,35e	---	---	---
	ao diafragma vertical	chapeamento lateral	---	---	150	150	---
		fundidos nas extremidades	---	0,35e	---	---	---
	ao eixo da Madre	chapeamento lateral	0,43e	0,43e	---	---	---
		fundidos nas extremidades	penetração completa				
	soldas bujão no chapeamento lateral		0,43e	0,43e	---	---	---

## D5. MONTAGEM / EDIFICAÇÃO

### 100. Ajustagem de montagens

101. A sub-montagem de conjuntos, a montagem de blocos e a edificação do navio deve levar em conta tolerâncias para ajustes, de modo a evitar introdução de tensões adicionais no posicionamento e na soldagem e manter a geometria projetada.

### 200. Aberturas de passagem

201. Devem ser previstas aberturas de visitas suficientes para acesso e arranjos tais que permitam locomoção, serviço e inspeção no interior de tanques com segurança.

### 300. Acesso para trabalho e inspeção

301. A estrutura edificada deve prever meios seguros de acesso e de posicionamento (andaimes etc.) para inspeção detalhada, mesmo durante a operação do navio.

## 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. EQUAÇÃO GERAL PARA ESPESSURAS E MÓDULO RESISTENTE DE VIGAS
- E5. SELEÇÃO DOS ESCANTILHÕES A UTILIZAR

## E1. CÁLCULO DIRETO/DEFINIÇÕES

### 100. Hipóteses de cálculo

101. Quando o projetista aplicar 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 em mm e nas fórmulas de módulos é 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, costadas e conveses, para seus carregamentos, com a reserva, no caso de participarem da resistência da viga navio, 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 só pode ser considerada simplesmente apoiada, o valor calculado será multiplicado por 1,15. Quando este for o caso de ambas as extremidades, o valor calculado será multiplicado por 1,3.

402. No caso de vigas que recebem cargas por apoio de outras vigas primárias, elas são 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:

$$t = c\sqrt[3]{w}, \text{ em mm}$$

onde:

c = 1,2 para borboletas não flangeadas

c = 0,95 para borboletas flangeadas.

w = menor modulo resistente das vigas em conexão, em cm<sup>3</sup>

sendo a largura do flange =  $8 \times e$

502. A dimensão “d” do lado de borboleta, medida nas arestas dos perfilados que une, isto é, sem incluir a parte sobreposta, é dada pela equação:

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

$\phi$  = coeficiente

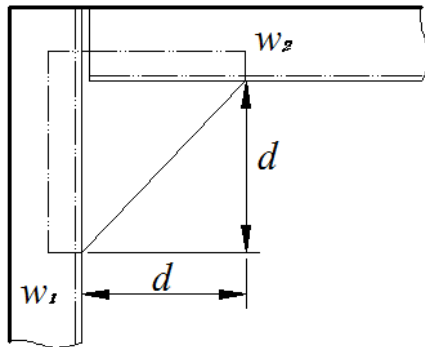
= 50 para borboletas sem flange

= 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**



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

### 600. Espaçamento padrão de enrijecedores

601. O espaçamento  $E_0$  padrão de enrijecedores 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:

### E3. CARREGAMENTOS LOCAIS

#### 100. Abordagem

101. Os carregamentos distribuídos para os elementos da estrutura, a utilizar na equação do sub-capítulo E4., são dados como pressão, em  $t/m^2$ , 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;

$h_s$ : 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  $m^3$ ;

$p_1$ : carregamento de projeto em  $t/m^2$ ;

A : embarcação tipo A;

B : embarcação tipo B.

**TABELA T.E3.101.1. PRESSÃO DE CARREGAMENTO (t/m<sup>2</sup>)**

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 <sub>1</sub> ≤ 0,4 t/m <sup>2</sup>	0,80+ 0,005×L	0,85+ 0,006×L
Convés resistente exposto com carga p <sub>1</sub> > 0,4 t/m <sup>2</sup>	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 <sub>1</sub> ≤ 0,4 t/m <sup>2</sup>	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 <sub>1</sub> > 0,4 t/m <sup>2</sup> (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 cobertura abaixo de 0,6×D (o maior valor)	0,75×h; (P/V)×h; 0,4	0,75×h; (P/V)×h; 0,4

#### E4. 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;

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 explicitamente nas várias seções, o módulo das vigas suportando cargas locais uniformemente distribuídas pode ser calculado pela equação 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;

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

#### E5. 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  $d_v$ :

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

- espessura da alma:

$$e = \frac{d_v}{100} + 3$$

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. É dado na Tabela T.E4.302.1. o módulo de seção de algumas vigas e cantoneiras, 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:

- a. área de seção do perfilado, em cm<sup>2</sup>;
- b. módulo resistente com chapa associada, em cm<sup>3</sup>;
- c. variação do módulo para variação de 5 cm<sup>2</sup> 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 Ø que a alma do perfilado faz com a chapa associada, medido no meio do vão, é menor que 70º, o módulo de seção tabelado é multiplicado por sen Ø.

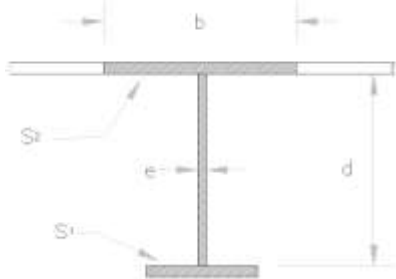
**400. Módulo de vigas fabricadas**

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

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

onde as notações seguem a figura F.E5.401.1.:

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



sendo que:

- S<sub>2</sub> sempre maior que S<sub>1</sub>;

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

b = E  
 b = c × l

Onde:

E: largura suportada pela viga

I = vão da viga

c<sub>1</sub> = 0,1 para aba formada pela chapa associada só de um lado da alma (caso de sicorda lateral de escotilha)

c<sub>2</sub>= 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:

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

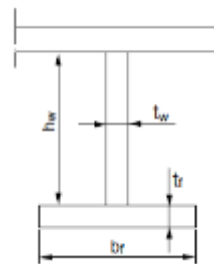
onde:

V<sub>CG</sub> = posição da linha neutra, em cm

$$I = W.V_{CG}$$

**500. Dimensões mínimas de vigas fabricadas**

501. As seguintes relações devem ser verificadas para vigas tipo T:



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

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

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

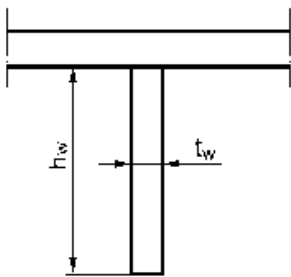
onde:

k = é o fator de material definido em

**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

502. As seguintes relações devem ser verificadas para vigas tipo barra chata:

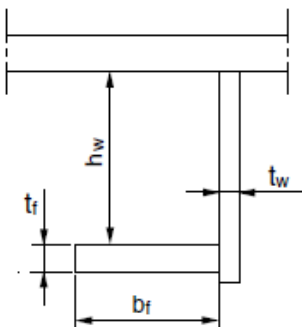


$$\frac{h_w}{t_w} \leq 20\sqrt{k}$$

onde:

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

503. As seguintes relações devem ser verificadas para vigas fabricadas tipo L:



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

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

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

onde:

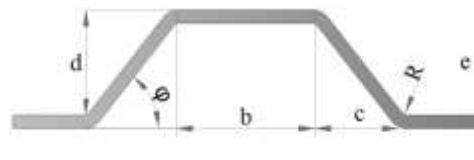
$k$  = fator de material de acordo com a tabela T.E5.501.1.

### 600. Módulo de anteparas corrugadas

601. O módulo resistente de cada gomo (tipo Z) é calculado pela fórmula que segue. Ver Figura F.E5.601.1

$$w = \left[ \frac{b}{2} \cdot d + \frac{\sqrt{c^2 + d^2}}{c} \cdot \frac{d^2}{6} \right] \cdot e$$

FIGURA F.E5.601.1 - ANTEPARA CORRUGADA






onde:

$e$  = espessura da chapa;

$R = 3xe$

**TABELA T.E4.302.1. - MÓDULO DE VIGAS COM CHAPA ASSOCIADA DE ÁREA  
 500 mm X ESPESSURA DA ALMA**

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

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

$$= 0,006 \times E \times \sqrt{d}$$

$$= 0,01 \times E$$

sendo E o espaçamento de enrijecedores em mm.

102. Para a Menção I2, a espessura em parte plana de fundo a vante, de  $0,15 \times L$  da PV para vante, será acrescida do seguinte valor:

$$e_{fv1} = ee \times \frac{\sqrt{d}}{d}$$

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

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

$$\text{para I1: } e = 0,1 \times L + 0,007 \times (E - E_0) + 1,5 \text{ mm}$$

$$\text{Para I2: } e = 0,1 \times L + 0,007 \times (E - E_0) + 2,0 \text{ mm}$$

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

$$e = 0,07 \times L + 5 \text{ mm}$$

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 será no mínimo igual à espessura do fundo.

##### 300. Quilha

301. A largura de chapa deve ser  $0,1 \times B$  ou 900 mm.

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

303. Quilha de barra terá área dada por:

$$A = 0,6 \times L + 3 \text{ cm}^2$$

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

305. Quilha de barra terá espessura dada por:

$$e = 0,3 \times L + 10 \text{ mm}$$

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

401. 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>, nos casos em que  $\sigma$  não for calculado, fazer  $\sigma = 9$ .

504. Os vãos serão definidos pelos apoios dos elementos estruturais que as 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 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 parágrafo 503. deste Sub- Capítulo.

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

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

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

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

onde:

$h_{FD}$  é a altura do fundo duplo em mm.

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:

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

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 só 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 jazentes dos motores devem atender às prescrições do Sub-capítulo 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 indicadas 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 expresso 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. Espessura de AECs**

301. Será o maior dos valores abaixo em mm:

$e = 0,004 \times E \times \sqrt{h} + 2$  para a antepara de colisão

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

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

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:

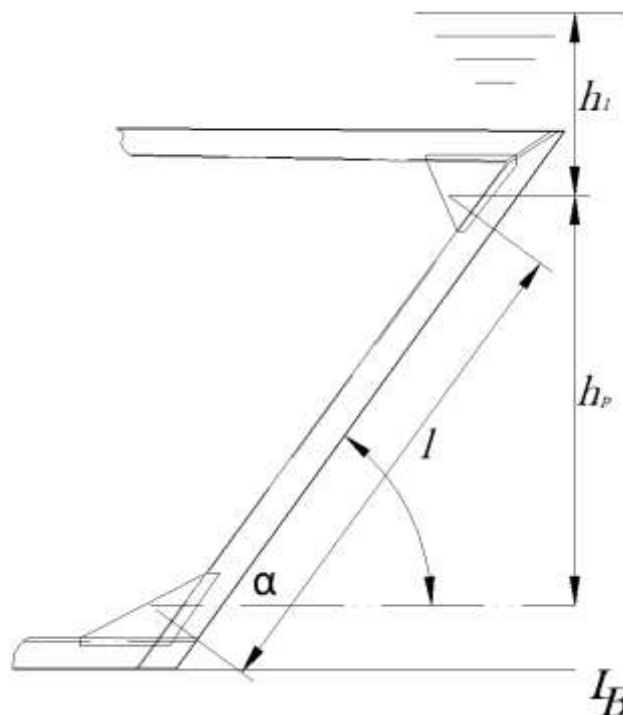
$W = 0,887 \times E \times l^2 \times (5 \times h + 3 \times h_p)$

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<sub>p</sub> : distância vertical, medida entre extremidades do vão l, em m

**FIGURA F.F2.401.1 - PRUMOS DE AECs**



402. Para prumo vertical a equação se escreve:

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

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

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

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<sub>i</sub> 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<sub>i</sub> 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:

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

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. Espessura 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:

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

706. 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.

707. 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  $l_{i1}$  e  $l_{i2}$  as distâncias da escoa “I” até as extremidades do vão  $l$  do prumo gigante que está sendo calculado.

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

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

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:

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

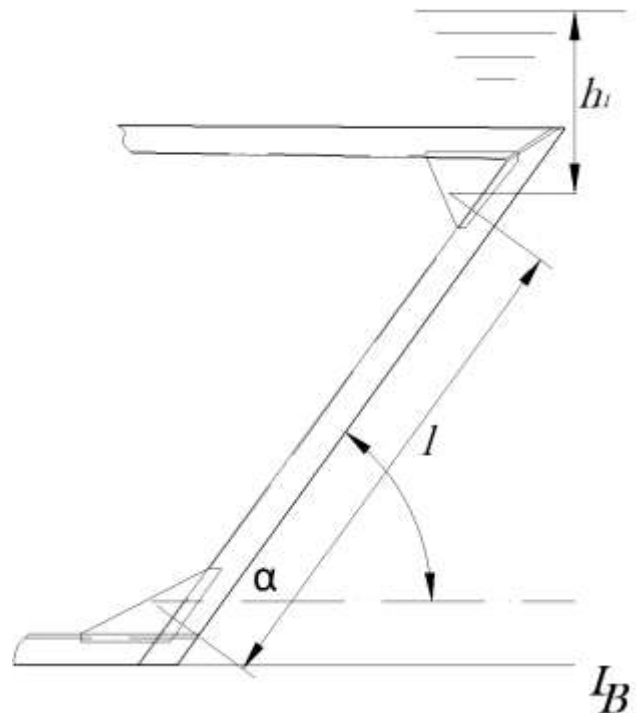
104. Em embarcações que fazem parte de comboios que se batem ou que estão sujeitas a impactos no costado, a espessura do cintado não deve ser menor que a dada equação:

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

### 200. Cavernas

201. A configuração geral considerada de cavernas é a da figura a seguir:

FIGURA F.F3.201.1. CAVERNAS VERTICAIS



202. Para cavernas totalmente imersas, i.e., quando a 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. Ver Figura F.F3.201.1.;

$\alpha$ : 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 longitudinais, em pés direitos total ou parcialmente imersos, é calculado pela equação:

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

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;

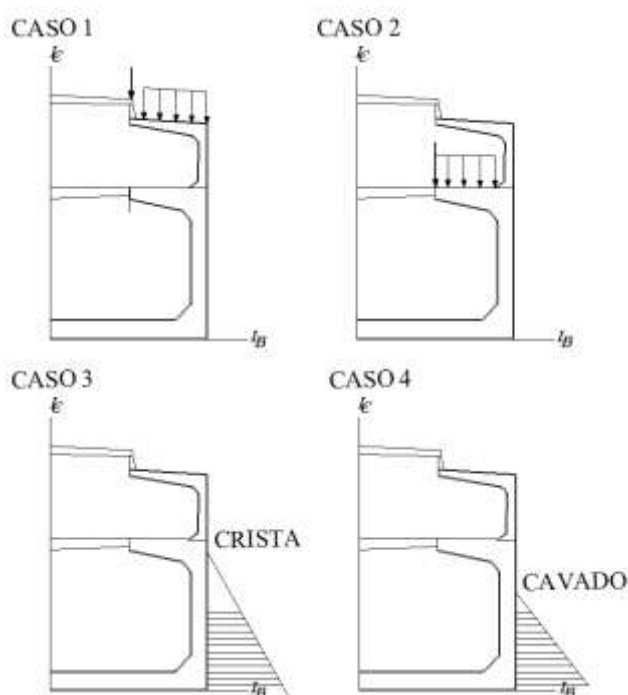
- **caso 3:** carregamento hidrostático com topo de coluna d'água na seguinte altura:

. 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 de momentos fletores e de cisalhamento são calculados para cada caso. Pode ser utilizado o método de Cross ou outro método aprovado a ser apresentado. Os 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 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:

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

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

$$= 0,01 \times E$$

##### 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. Para espessura que suporta carga de rodas ver o Título 15 destas Regras.

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

### 300. Espessura de convés de coberta

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

$$e_{DC} = 0,009 \times E$$

$$= 0,01 \times E \times \sqrt{p}$$

### 400. Vaus e vigas transversais

401. O módulo resistente de vigas transversais do convés resistente, isto é, vaus e vaus gigantes, e de vigas dos demais conveses, é calculado pela equação do item E4.

402. O valor mínimo do vão para a equação citada acima é  $0,2 \times B$ .

403. Em embarcações em que o modo de distribuição de carga não for homogêneo, o módulo das vigas deve ser verificado para esta condição.

404. Para vigas que suportam carga de rodas ver o Título 15 destas Regras.

### 500. Longitudinais e sicordas

501. O módulo necessário de vigas longitudinais do convés resistente, isto é, longitudinais e sicordas, é calculado pela equação:

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

onde:

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>, nos casos em que  $\sigma$  não for calculado, fazer  $\sigma = 9$ .

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

### 600. Braçola de escotilha

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

602. A braçola, i.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

$30 \times D + 200$ , com espessura de  $\sqrt{L}$ , com aba.

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

a. área da aba do topo da braçola não menor que 0,67 vezes a área da chapa trincaniz, tomada numa largura de  $0,1 \times B$ ;

b. o coeficiente de esbeltez da aba do topo da braçola, (1) 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

604. O módulo de braçola contínua lateral de

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

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.

604. 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:

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

605. 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.

### 700. Pilares

701. 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.

702. A carga suportada por um pilar, em t, é dada pela equação:

$$P_a = p \cdot A_c + P_i$$

onde:

p: carregamento da área suportada em t/m<sup>2</sup>

A<sub>c</sub>: área suportada pelo pilar considerado

P<sub>i</sub>: carregamento de pilares acima do pilar considerado, se existentes

703. A carga admissível sobre um pilar é dada pela equação:

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

P<sub>s</sub> = 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<sub>p</sub> = 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. Cadaste de barra

101. A área da barra é dada pela equação:

$$A = 0,54 \times L + 2,7 \quad \text{cm}^2$$

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

103. A espessura mínima da barra é dada pela equação:

$$e = 0,27 \times L + 9 \quad \text{mm}$$

104. São dados os acréscimos de:

- 10%, quando o cadaste é ligado à soleira que suporta o pino do leme; e
- 20%, quando a soleira suporta tubulão do hélice.

### 200. Cadaste de chapa

201. A espessura das chapas não será menor que 0,3 vezes a espessura do cadaste de barra, em uma distância

de 1,7 vezes sua largura, a partir da aresta de ré, e o módulo resistente da Seção horizontal em relação ao eixo longitudinal, será 1,5 vezes o do cadaste de barra.

### 300. Soleira de cadaste

301. O módulo resistente da seção transversal da soleira, junto ao seu engastamento no cadaste, em relação a um eixo vertical, é dado pela equação:

$$W = 0,35 \times A \times V^2 \times a \quad \text{cm}^3$$

onde:

A : área do leme em m<sup>2</sup>;

V : velocidade da embarcação em km/h;

a : distância do pino do leme à seção que pode ser considerada como engaste da soleira no cadaste.

302. São dados os acréscimos de:

- 10%, quando a soleira suporta o pino do leme;
- 20%, quando a soleira suporta o tubulão do hélice.

303. A junção da soleira, cadaste e quilha deve ser feita com material de seção compatível e com variações graduais.

### 400. Bosso estrutural suporte de pino inferior do leme

401. A altura de apoio efetivo deve ser de 1,0 a 1,2 vezes o diâmetro do pino e a espessura do material, após usinagem, deve ser no mínimo de 0,33 vezes este diâmetro.

### 500. Suporte de leme semi-suspenso

501. A força calculada no leme, de acordo com a Parte 2, Seção 3, é aplicada no suporte do pino inferior do leme.

502. O suporte do leme é calculado, em cada parte, como viga em balanço, para os esforços atuantes de momento fletor, força normal e força cortante.

503. As tensões devem satisfazer à equação:

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

onde :

σ: tensão normal mais tensão de flexão

τ: tensão de cisalhamento mais tensão de torção



### 600. Bosso do tubo telescópico

601. O material do bosso estrutural, após usinagem, terá as seguintes dimensões mínimas, em mm:

- espessura (o menor valor):  $e = 0,35 \times d_e$   
ou  $e = (0,84 \times L + 13) \times a$
- comprimento:  $c = 3,0 \times d_e$

onde:

$d_e$  : diâmetro do eixo propulsor, em mm

$a$  : = 0,9 para zona I2;

$a$  : = 0,85 para zona I1.

### 700. Pés de galinha

701. Quando forem construídos dois pés de galinha, o ângulo entre eles, no encontro com o bosso do hélice, deve ser o mais próximo possível de 90°. Suas dimensões são indicadas por:

- espessura: o maior valor:

$$0,33.d_e \text{ ou } 0,02.b, \text{ em mm}$$

- área de cada um:

$$0,44.d_e^2, \text{ em mm}^2$$

onde:

$d_e$  = diâmetro do eixo propulsor, em mm.

$B$  = comprimento do pé de galinha, medido do centro do eixo ao casco, em m.

702. Quando o pé de galinha for de chapa dupla, o módulo deve ser, no mínimo, igual ao da seção sólida.

703. A fixação dos pés de galinha no casco deve ser feita com estrutura que se engaste nas vigas do fundo e distribua os esforços. A espessura do chapeamento, neste local, será aumentada de 50%.

704. Quando o pé de galinha é único, seu módulo resistente em relação ao eixo longitudinal deve variar de 2 vezes, junto ao bosso, até 4 vezes, junto ao casco, o módulo resistente do eixo propulsor.

## F6. ESTRUTURA DE PROA

### 100. Roda de proa de chapa

101. A espessura, em mm, é dada pela equação:

$$e = 0,09 \times L + 5$$

102. Devem ser previstas buçardas para reforço, com espessura da ordem de 0,7 vezes a espessura da roda de proa e com espaçamentos da ordem de 500 mm.

### 200. Roda de proa de barra

101. A área e a espessura seguem o Tópico F5.100.

### 300. Fundo plano a vante

301. Ver item Sub-capítulo F1.

### 400. Outros reforços

401. Deve haver uma longarina lateral de chapa, na região a  $0,2 \times L$  da PV.

402. Ainda, deve ser previsto reforço intercostal, de modo que o comprimento do painel de chapa não exceda 4 vezes a largura.

## F7. SUPERESTRUTURAS E CASARIAS

### 100. Configuração

101. Quando o comprimento de superestrutura ou casaria exceder  $L/6$ , o convés acima será considerado convés resistente, ou seja, como topo da viga navio, e será dimensionado como tal.

102. A rigidez global da construção é considerada como em um pórtico transversal, de modo a fixá-la ao casco.

### 200. Chapeamento de anteparas externas

201. A espessura é dada pela equação:

$$e = 0,007 \times E + 0,01 \times L \quad (\text{mm})$$

com mais 1 mm para antepara frontal de superestrutura ou casaria,

onde:

$E$ : espaçamento de enrijecedores em mm.

202. A espessura mínima de anteparas de superestruturas ou casarias é de 4,5 mm.

### 300. Prumos de anteparas externas

301. O módulo de seção dos prumos é dado por:

$$W = 1,5.E.I^2.\sqrt{L}$$

sendo  $E$  o espaçamento de enrijecedores em m.

302. Em antepara frontal de superestruturas: mais 10%.

303. O módulo e espessura mínimos para prumos de antepara frontal de superestruturas são  $8 \text{ cm}^3$  e 5 mm.

304. Quando os prumos forem cortados para janelas etc., serão colocados perfilados horizontais acima e abaixo das aberturas, descarregando nos prumos intactos adjacentes, os quais serão dimensionados para o novo espaçamento que cada um suporta.

#### 400. Chapeamento de convés

401. A espessura dos conveses é dada pela equação:

$$e = 0,1 \times L + 1,5 \quad \text{mm}$$

402. A espessura mínima de convéses de superestruturas e casarias é 4,5 mm.

#### 500. Vigas

501. O módulo de longitudinais e sicordas de superestruturas que se enquadrem no item 101. acima, é dado pela equação:

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

onde::

E - = o espaçamento de enrijecedores em m;

p= pressão em ton/m<sup>2</sup>

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

onde:

p: 0,5 t/m<sup>2</sup> para convés de superestrutura;

p: 0,45 t/m<sup>2</sup> para os demais conveses de casarias;

E: espaçamento, em m.

502. O módulo das demais vigas é dado pela equação:

$$W = 7 \times p \times E \times l^2$$

#### 600 Pilares

601. Ver Sub-capítulo F4.

### 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 d nestas Regras e suas aplicações.

**T.F8.101.1. - RESUMO DE FÓRMULAS**

ELEMENTO	ESPESSURAS e =	TÓPICO
Fundo e costado nas extremidades	$0,591L^{0,585}$ ou $0,006E\sqrt{d}$ ou $0,01E$	F1.100
Fundo	$0,1L + 0,007(E - E_0) + 2,0$	F1.200
AEC	$0,004E\sqrt{h} + 1$ antepara de colisão $0,0035E\sqrt{h} + 1$ demais anteparas	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	$7 p E l^2$	E2.600
Longitudinal de fundo e longarina	$W = \frac{83,3}{21 - \sigma} \cdot p \cdot E \cdot l^2$	F1.500
Prumo vertical comum e gigante AEC	$0,877 E l^2 (5 h + 3 \text{ sen } x)$	F2.400
Prumo horizontal de AEC transversal	$4,39 h E l^2$	F2.400
Prumo horizontal de AEC longitudinal	$8,93 E l^2 h_1 Y_1$	F2.400
Prumo vertical comum e gigante ATQ	$1,19 E l^2 (5 h + 3 l)$	F2.700
Prumo horizontal de ATQ transversal	$5,95 h E l^2$	F2.700
Prumo horizontal de ATQ longitudinal	$8,93 E l^2 h_1 Y$	F2.700
Caverna comum e gigante	$0,877 E l^2 (5 h + 3 \text{ sen } x)$	F3.200
Longitudinal de costado	$8,93 E l^2 h_1 Y_1$	F3.300
Vau comum e gigante	$7 p E l^2$	E2.600
Longitudinal de convés e sicorda	$W = \frac{83,3}{21 - \sigma} \cdot p \cdot E \cdot l^2$	F7.500

## **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:

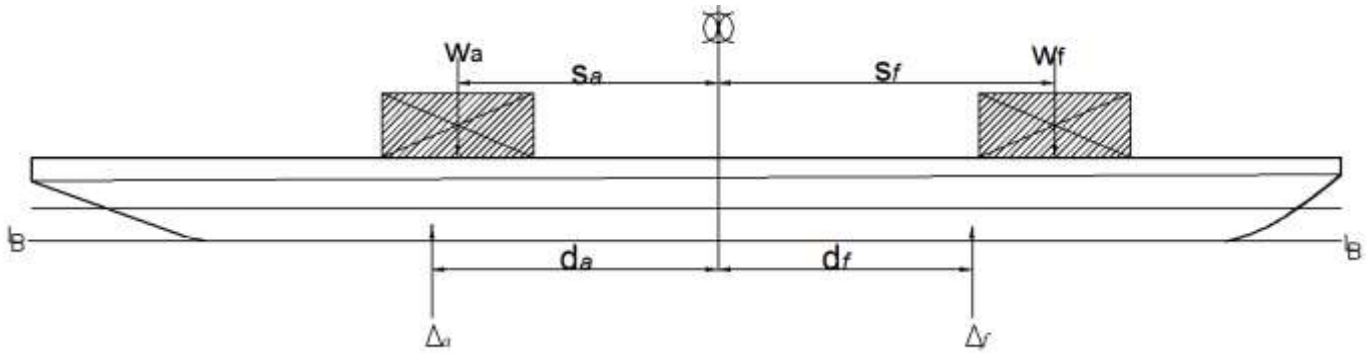
$$M_t = M_c + M_w$$



$$M_c = \frac{1}{2}(W_a s_a + W_f \cdot s_f) - \frac{1}{2}(\Delta_a d_a + \Delta_f d_f)$$

$$M_c = \frac{1}{2}(W_a s_a + W_f \cdot s_f) - \frac{1}{2} \Delta \cdot \tilde{x}$$

FIGURA F.G3.203.1. – SISTEMA REFERÊNCIA



$$\tilde{x} = L(a \cdot C_B + b)$$

onde:

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

Cb = 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.

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

Δ = Deslocamento carregado para a condição de carregamento considerada, em toneladas

## 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 (em  $\text{cm}^2 \times \text{m}$ ):

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

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

C = 0.9 C<sub>n</sub> para embarcações em serviço;

C = C<sub>n</sub> para embarcações novas;

$$C_n = 0,004L + 5,65, \quad 30 \leq L < 60 \text{ m}$$

$$C_n = 0,028L + 4,18, \quad 60 \leq L \leq 90 \text{ m}$$

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

C<sub>B</sub> = Coeficiente de Bloco, C<sub>B</sub> não deve ser ‘tomado menor que 0,6

### 400. Inércia mínima

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

$$I_{\min} = C_1 \times W_{\min} \times L \quad (\text{cm}^2 \times \text{m}^2)$$

onde:

$$C_1 = \begin{matrix} 0,014 & \text{para menção "I1"}; \\ 0,020 & \text{para menção "I2"} \end{matrix}$$

### 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<sub>R</sub>: área a acrescentar.

S<sub>a</sub>: soma das áreas de um bordo dos elementos longitudinais da seção mestra.

z<sub>F</sub>: 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

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

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

onde:

h : comprimento da seção (m);

θ : 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.

### 200. Tensões em topo de braçola contínua e de tronco

201. 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.

## CAPÍTULO I COMPLEMENTOS DA ESTRUTURA

### CONTEÚDO DO CAPÍTULO

- JAZENTES DE MOTORES DE PROPULSÃO, DE CAIXAS REDUTORAS E DE MANCAIS DE ESCORA
- MASTROS E OUTROS COMPLEMENTOS
- REFORÇOS PARA MOVIMENTOS DO NAVIO

## II. JAZENTES DE MOTORES DE PROPULSÃO, DE CAIXAS REDUTORAS E DE MANCAIS DE ESCORA

### 100. Configuração

101. As longarinas suportes devem ser contínuas entre as anteparas extremas da praça de máquinas e com hastilhas gigantes até os costados e pilares que distribuam os esforços estáticos e dinâmicos.

### 200. Orientação para escantilhões

201. Além do cálculo como vigas de fundo, os elementos longitudinais dos jazentes devem seguir a seguinte orientação:

Potência P da máquina (kW)	Espessuras das longitudinais (mm)	
	Alma	Aba
P ≤ 100	8	12
100 < P ≤ 250	8	16
250 < P ≤ 500	10	19
500 < P ≤ 1000	13	25
1000 < P ≤ 1750	13	28
1750 < P ≤ 2500	14	31
2500 < P ≤ 3500	16	35
3500 < P	19	44

202. A partir das forças de peso ou geradas por movimento do navio verificar que as tensões no jazente e na estrutura do navio a tensão combinada não ultrapassa o valor a seguir:

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

onde :

$\sigma$ : tensão de flexão

$\tau$ : tensão de cisalhamento.

### 300. Vigas Longitudinais

301. O módulo de seção da viga longitudinal na região da fundação do motor, não deve ser inferior ao obtido através da seguinte formulação.

$$w = 7 \cdot p \cdot b \cdot l_E^2, \text{ em cm}^3$$

p = pressão das vigas, em ton/m<sup>2</sup>

Onde:

$$b = \frac{B_1 - n_E \cdot S}{2(n_E + 1)} + \frac{S}{2}$$

B<sub>1</sub> = largura da praça de máquinas.

n<sub>E</sub> = número de motores

S = Espaço entre as vigas longitudinais (que sustentam o motor), em m.

l<sub>E</sub> = comprimento da fundação do motor, em m

### 400. Hastilhas

401. O módulo de seção das hastilhas na região da fundação do motor, não deve ser inferior ao fornecido pela seguinte formulação:

$$w = 7 \cdot p \cdot E \cdot l^2 + 175 \cdot \frac{P}{L_E \cdot n_R}$$

Onde:

p = utilizada para o cálculo das hastilhas comuns, em ton/m<sup>2</sup>

E = espaçamento entre os perfis comuns, em m.

l = espaçamento entre enrijecedores, em m.

Le = comprimento efetivo, em m, da fundação do motor requerida para parafusar o assetamento do motor, assim como especificado pelo fabricante

P = potência máxima desenvolvida pelo motor, em kW.

n<sub>R</sub> = numero de revoluções por minuto do eixo desenvolvendo a potência máxima (desconsiderar as perdas por atrito, etc. da instalação)

402. O módulo de seção das hastilhas na seção A-A (ver figura F.II.301.1) deve ser pelo menos 0,6 vezes o determinado em II.401.

FIGURA F.II.401.1 – HASTILHA NA REGIÃO DO MOTOR – 1ª VERSÃO

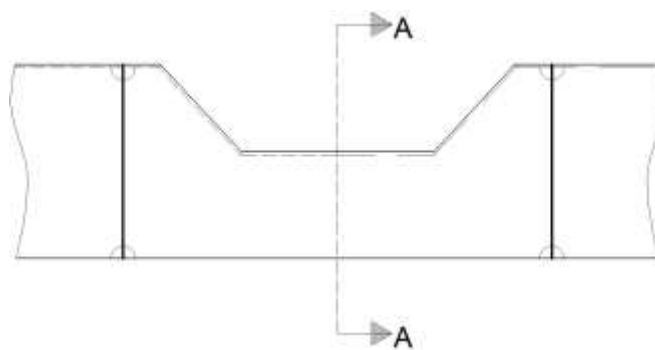
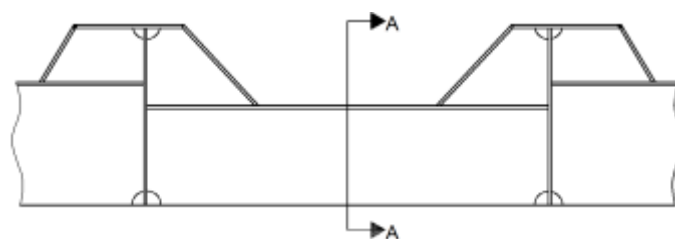


FIGURA F. FIGURA F.II.401.1 – HASTILHA NA REGIÃO DO MOTOR – 2ª VERSÃO



### 500. Espessura do fundo na região da fundação do motor

501. A espessura do chapeamento do fundo na região da fundação do motor (em mm) deve ser determinada utilizando a seguinte formula:

$$t = t_0 + 2,3 \cdot \frac{P}{n_R}$$

t<sub>0</sub> = espessura do fundo na região a meia nau, em mm.

## 12. MASTROS E OUTROS COMPLEMENTOS

### 100. Aplicação de esforços em mastros e em colunas suportes de guindastes

101. O esquema de esforços aplicado nos mastros pelos aparelhos de movimentação de carga deve ser apresentado para verificação das tensões nos mastros.

102. A partir do diagrama de forças do sistema de carga, calcular as tensões no mastro e na estrutura de engastamento no convés, ou conveses, e nas anteparas.

### 200. Borda falsa

201. Calcular as tensões no engastamento para as seguintes forças horizontais aplicadas no corrimão superior:

- a. para a Menção I2: 200 kgf/m; e
- b. para a Menção I1: 100 kgf/m.

### 300. Tensão no material

301. Deve atender à equação:

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

(14 kgf/mm<sup>2</sup>)

onde :

$\sigma$ : tensão normal mais tensão de flexão

$\tau$ : tensão de cisalhamento mais tensão de torção

### I3. REFORÇOS PARA MOVIMENTOS DO NAVIO

#### 100. Forças do movimento do navio

101. No caso de bases para suporte de elementos em partes altas ou de mastros de embarcações que operam em locais em que haja oscilações significativas, deve ser verificada a resistência para o efeito devido à força horizontal causada pelo balanço, aplicada no centro de gravidade dos elementos a serem suportados.

#### 200. Acelerações, forças induzidas e valores

201. A aceleração, força induzida e valores são apresentados na Seção 1 da Parte II destas Regras, Sub-capítulo C2.

### 300. Tensão no material

301. Os módulos dos elementos em apoios, engastamentos e na estrutura suporte são verificados para que as tensões resultantes atendam à equação:

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

(14 kgf/mm<sup>2</sup>)

onde :

$\sigma$ : tensão normal mais tensão de flexão

$\tau$ : tensão de cisalhamento mais tensão de torção

## CAPÍTULO T INSPEÇÕES E TESTES

### CONTEÚDO DO CAPÍTULO

- T1. INSPEÇÕES DE MATERIAIS
- T2. INSPEÇÕES DA CONSTRUÇÃO
- T3. INSPEÇÃO DA SOLDAGEM DE PRODUÇÃO
- T4. PREPARAÇÃO PARA A SOLDAGEM
- T5. INSPEÇÃO DA SOLDAGEM
- T6. TESTES DE ESTANQUEIDADE E DE RESISTÊNCIA ESTRUTURAL

### T1. INSPEÇÕES DE MATERIAIS

#### 100. Abordagem

101. Ver Parte III destas REGRAS.

### T2. INSPEÇÕES DA CONSTRUÇÃO

#### 100. Elementos de sub montagens

101. Em grupos sub montados, prevenir ou corrigir eventuais empenos devidos ao aquecimento por soldagem.

### T3. INSPEÇÃO DA SOLDAGEM DE PRODUÇÃO

#### 100. Condições ambientais

101. A soldagem não deve ser executada sob chuva, vento forte e poeiras abrasivas. Podem ser executadas, neste caso, em áreas efetivamente protegidas contra intempéries.

102. A soldagem de juntas, onde houver umidade, será permitida após secagem por chama de, no mínimo, 100 mm de cada lado das bordas.

103. A soldagem de juntas em ambientes com temperatura até 5° C será permitida se submetida a aquecimento de 50° C numa faixa de 150 mm de cada lado das bordas.

#### 200. Supervisão da soldagem

201. Os vistoriadores devem comprovar que somente sejam utilizados procedimentos de soldagem qualificados e que todos os soldadores e operadores

empregados na soldagem estão qualificados para o serviço em que atuem.

202. As operações de soldagem serão executadas em conformidade com os procedimentos aprovados e à satisfação do vistoriador.

### **300. Proteção individual**

301. Os soldadores devem ter os dispositivos convencionais de segurança para proteção individual.

302. Na soldagem em áreas confinadas será exigida a instalação de equipamento de ventilação forçada.

### **400. Seqüência de soldagem**

401. A soldagem deve seguir seqüência que não impeça liberdade de expansão das juntas a serem soldadas em seguida.

402. A soldagem deve ser inicializada nos locais restritos que possuam menor liberdade de movimento e progredir de modo a se afastar simetricamente em todas as direções.

403. Para união de blocos na pré-edificação ou edificação as soldas devem progredir da quilha para o convés e da seção mestra para as extremidades.

404. Na soldagem do chapeamento para formação de painéis e dos enrijecedores destes painéis, as soldas serão executadas do centro para os bordos. Soldas nas extremidades de cordões dos painéis e de enrijecedores somente são complementadas no estágio da edificação, interrompendo primeira solda de um cordão que cruza outro cordão ainda não soldado, que é soldado posteriormente. As emendas de enrijecedores são feitas após isto.

405. Em conveses e teto do fundo duplo as soldas devem progredir da linha de centro para os bordos.

406. Na soldagem de juntas verticais com eletrodo revestido de baixo hidrogênio será empregada apenas a progressão ascendente, exceto em passes de raiz, que terão remoção total na goivagem.

## **T4. PREPARAÇÃO PARA A SOLDAGEM**

### **100. Montagem**

101. As partes a serem soldadas devem ser ajustadas de modo uniforme e preciso, a fim de assegurar a conformidade com os planos aprovados.

102. Os dispositivos auxiliares de montagens, utilizados para ajustar e alinhar partes a serem soldadas, devem ser empregados de modo que lhes permitam expansão e contração. Preferencialmente serão usados dispositivos que controlem a deformação angular.

103. De modo geral a correção de ajustagens, distorções e remoção de dispositivos auxiliares de montagem será permitida com o controle do vistoriador.

### **200. Pré-aquecimento**

201. Quando requerido, será realizado de acordo com procedimento de soldagem aprovado e à satisfação do vistoriador.

202. O pré-aquecimento será recomendado nas ocasiões de soldagem de aços especiais, peças de grande espessura, membros estruturais sujeitos a vibrações excessivas ou umidade, ou em casos de temperatura inferior a 5° C.

203. Em geral a temperatura de aquecimento será obtida do lado oposto à fonte. Todavia no caso de somente ser possível obter a temperatura pelo lado da fonte ou o pré-aquecimento ser realizado por meio de chama, o processo deve ser interrompido, no mínimo, por um minuto a cada 25mm de espessura do material, de modo a equalizar simetricamente a temperatura da peça antes da medição.

### **300. Limpeza das juntas**

301. As juntas a serem soldadas devem estar isentas de óleo, graxa, resíduos de ensaios ou de qualquer substância prejudicial a boa qualidade das soldas, a pelo menos 20mm de cada lado das bordas.

302. Óxidos de corrosão, depósitos de carbono e escória em passes ou camadas subsequentes da soldagem devem ser removidos por meio de escova de aço ou processo adequado.

303. A escória proveniente do oxicorte deve ser removida, no mínimo, por esmerilhadeira, para eliminar resíduos resultantes das superfícies escarvadas.

304. Na soldagem a arco metálico ou tungstênio com atmosfera gasosa, a limpeza do chanfro e bordas será tal que a superfície do material se torne brilhante, no mínimo, numa faixa de 10 mm pelos lados interno e externo da junta.

### **400. Soldas provisórias e ponteamientos**

401. As soldas provisórias e ponteamientos empregados na montagem inicial poderão ser aceitos como soldas definitivas se comprovadamente executados com o mesmo metal de adição utilizado na produção, considerados de boa qualidade pelo vistoriador e sem interferência na seqüência de soldagem.

402. As áreas de soldas provisórias e ponteamientos, serão examinadas à satisfação do vistoriador, que poderá requerer exame por método não destrutivo para detecção de descontinuidades.

## **500. Goivagem**

501. A remoção de metais de adição e base no lado oposto em juntas parcialmente soldadas deve ser executada de modo a eliminar as descontinuidades e a assegurar penetração total para aplicação de passes subsequentes.

502. As goivagens de juntas em locais importantes serão examinadas à satisfação do vistoriador, que poderá requerer exame por método não destrutivo para detecção de descontinuidades.

503. Trincas, escórias, porosidade ou outros defeitos prejudiciais serão removidos antes de aplicação de passes subsequentes.

## **600. Martelamento**

601. O martelamento não será permitido em passes de raiz, passes singelos, passes de acabamento e em materiais com espessura inferior a 15 mm.

602. O martelamento para correção de distorções ou redução de tensões residuais será executado imediatamente após a soldagem e limpeza da junta de cada passe.

## **700. Tratamento térmico**

701. Quando requerido, será realizado de acordo com o procedimento de soldagem aprovado e à satisfação do vistoriador.

## **T5. INSPEÇÃO DA SOLDAGEM**

### **100. Qualidade das soldas**

101. A inspeção não deve ser realizada imediatamente após a execução da soldagem pois alguns materiais e elementos retidos na solda tendem a propagar trincas com retardo.

102. As soldas obtidas devem ser de boa qualidade, isentas de trincas, livres de inclusões de escória, sobreposição, falta de fusão e penetração.

103. As superfícies das soldas serão examinadas visualmente em toda a sua extensão antes da aplicação de ensaios e pintura, de modo a controlar seu acabamento superficial quanto a mordeduras, porosidades, respingos e abertura de arco.

104. Quando comprovadamente são empregados metais de adição com grande penetração, a dimensão da garganta da solda poderá ser reduzida em até 15 % do valor especificado na tabela T.D4.401.1/9., se especialmente aprovado pelo vistoriador.

105. Onde a abertura de contato entre as superfícies exceder 2 mm, até 5 mm, a dimensão das pernas da

solda é aumentada na proporção do valor da abertura. Quando exceder 5 mm, deve ser submetido ao vistoriador o procedimento de soldagem, detalhes do dimensionamento da solda e a qualidade da junta acabada para aprovação.

### **200. Ensaios não destrutivos**

201. Na avaliação dos ensaios radiográficos e ultrassônicos serão adotados os requisitos das normas NBR-8420 e ASTM E-164, respectivamente, ou de outras entidades reconhecidas.

202. As inspeções de soldagem em juntas que sofreram remoção de material na raiz, passes de raiz, passes intermediários e acabamento, serão realizadas de acordo com os requisitos da tabela T.T5.202.1. e à satisfação do vistoriador.

203. As quantidades de radiografias e pontos por ultrassom estão indicadas na tabela T.T5.203.1. A extensão exigida na Tabela para radiografias admite substituição por ultrassom, até um máximo de 50% da extensão requerida, desde que sejam examinados pelo menos 1000 mm do comprimento de cada cordão de solda.

204. O exame por meio de líquido penetrante ou partículas magnéticas será realizado na quantidade de pontos à satisfação do vistoriador e na extensão de pelo menos 1000 mm no comprimento de cada cordão de solda.

205. A inspeção e ensaios não destrutivos da soldagem dos locais importantes serão realizados nas interseções de topos e bainhas dos membros estruturais indicados na tabela T.T5.202.1.

### **300. Reparos das soldas**

301. O reparo de juntas com descontinuidades ou defeitos inaceitáveis será feito em toda a extensão da área defeituosa até sua eliminação completa, de acordo com procedimento de soldagem aprovado, por soldadores qualificados.

302. Nas áreas adjacentes às juntas reparadas são exigidos ensaios adicionais para comprovação da extensão das descontinuidades. Quando forem detectadas descontinuidades acima dos limites permissíveis, o vistoriador rejeitará totalmente a junta ou requisitará ensaios suplementares, até estabelecer o limite a reparar e comprovar da inexistência de descontinuidades inaceitáveis.

**TABELA T.T5.202.1. - MODO DE INSPEÇÃO DA SOLDAGEM**

MEMBROS ESTRUTURAIS	I1 c/ L ≤ 90			I1 c/ L > 90 ou I2 c/ L ≤ 90			I2 c/ L > 90		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
<b>REGIÃO DE MEIA NAU</b>									
Chapa quilha	LP	VISUAL	LP	LP/PM	VISUAL	RX/US	LP/PM	VISUAL	RX/US
Bainhas na fiada do bojo	LP	VISUAL	LP	LP/PM	VISUAL	RX/US	LP/PM	VISUAL	RX/US
Painéis do costado	LP	VISUAL	LP	LP/PM	VISUAL	RX/US	LP/PM	VISUAL	RX/US
Fiada do cintado	LP	VISUAL	LP	LP/PM	VISUAL	RX/US	LP/PM	VISUAL	RX/US
Convés do trincaiz	LP	VISUAL	LP	LP/PM	VISUAL	RX/US	LP/PM	VISUAL	RX/US
Arestas em escotilhas no convés resistente	LP	VISUAL	LP	LP	VISUAL	US	LP/PM	VISUAL	RX/US
Juntas circunferências em mastros	LP	VISUAL	LP	LP	VISUAL	US	LP/PM	VISUAL	RX/US
Descontinuidades em superestrutura	VISUAL	VISUAL	LP	LP	VISUAL	US	LP/PM	VISUAL	US
Longarinas (1)	-----	VISUAL	VISUAL	-----	VISUAL	LP	-----	VISUAL	LP
Teto do fundo duplo (1)				LP	VISUAL	LP	LP	VISUAL	LP
Anteparas (1)	VISUAL	VISUAL	VISUAL	LP	VISUAL	LP	LP	VISUAL	LP
Sicordas (1)	-----	VISUAL	VISUAL	-----	VISUAL	LP	-----	VISUAL	LP
<b>REGIÃO FORA DA MEIA NAU</b>				<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Roda de proa	LP	VISUAL	LP	LP	VISUAL	US	LP/PM	VISUAL	RX/US
Cadaste	LP	VISUAL	LP	LP	VISUAL	US	LP/PM	VISUAL	RX/US
Pés-de-galinha	LP	VISUAL	LP	LP	VISUAL	US	LP/PM	VISUAL	RX/US
Membros sujeitos a vibrações excessivas	LP	VISUAL	LP	LP	VISUAL	US	LP/PM	VISUAL	RX/US
Peças de grande espessura	LP	VISUAL	LP	LP	VISUAL	US	LP/PM	VISUAL	RX/US

**NOTAÇÕES:**

A - JUNTAS QUE SOFRERAM  
REMOÇÃO DE MATERIAL  
B - PASSES SUBSEQUENTES  
C - PASSES DE ACABAMENTO

LP - LÍQUIDO PENETRANTE  
PM - PARTÍCULA MAGNÉTICA  
RX - RAIOS X  
US - ULTRA-SOM

(1) ELEMENTOS CONTRIBUINTES DA RESISTÊNCIA LONGITUDINAL ESCOLHIDOS ALEATORIAMENTE PELO VISTORIADOR

**TABELA T.T5.203.1. - QUANTIDADE DE RADIOGRAFIAS / PONTOS POR ULTRA-SOM**

COMPRIMENTO (m) (1)	I1 c/ L ≤ 90 (2)	I1 c/ L > 90	I2
L ≤ 20	-----	06	08
L < 30	-----	08	10
L < 40	06	10	12
L < 50	08	12	16
L < 60	10	16	20
L < 70	12	20	24
L < 80	18	24	28
L < 90	22	28	34
L ≥ 90 (3)	26	34	42

(1) Para comprimento L intermediário obter a quantidade por interpolação linear.  
 (2) Os exames por radiografia ou ultra-som, serão realizados conforme condições encontradas pelo vistoriador.  
 (3) Para comprimento L ≥ 90m adicionar o valor da coluna que corresponder ao comprimento total.

**T6. TESTES DE ESTANQUEIDADE E DE RESISTÊNCIA ESTRUTURAL**

**100. Locais de testes**

101. Os compartimentos estanques da estrutura serão testados do modo que segue, antes da embarcação ser lançada e antes da pintura ou outro revestimento.

102. Os testes são realizados por pressão hidrostática.

103. As estruturas estanques que não forem especificadas no que segue devem ser testadas com um jato de mangueira com água na pressão de 2kgf/cm<sup>2</sup>, com o bico afastado de 2,00 metros.

**200. Pressão nos testes**

201. A altura de coluna d'água para os testes dos diversos compartimentos é dada a seguir:

COMPARTIMENTO	ALTURA DE COLUNA D'ÁGUA
tanques de água ou óleo	maior dos valores : - altura do suspiro; - altura do ladrão; - 1 m acima do teto
espaços vazios	idem (*)
tanques de carga	maior dos valores: - altura do suspiro; - altura do ladrão; - 1,2 m acima do teto; - 1 m acima da braçola do escotilhão
tanques independentes	maior dos valores: - altura do suspiro; - altura do ladrão; - 3 m acima do teto

\* Nota: em alguns casos pode ser solicitado ao RBNA a execução dos testes com ar sob pressão de 0,1 kgf/cm<sup>2</sup>, com a devida informação sobre precauções contra os riscos de acidentes, que podem advir com este procedimento.

Rgim16pt-pIIt11s2-abcdefg hit-00