

PARTE II REGRAS PARA CONSTRUÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE NAVIOS DE MADEIRA

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**
- F PRINCÍPIOS DE PROJETO DOS SISTEMAS
ESTRUTURAIS LOCAIS**

CONTEÚDO

CAPÍTULO A5

ABORDAGEM5

A1. APLICAÇÃO5

100. Tipos de missões de navios5

A2. DEFINIÇÕES5

100. Definições5

A3. TOPOLOGIAS6

100. Topologias6

CAPÍTULO B10

DOCUMENTOS, REGULAMENTAÇÃO E NORMAS10

B1. DOCUMENTAÇÃO PARA O RBNA10

100. Documentos do navio10

200. Documentos de componentes10

300. Documentos de mão de obra10

400. Referências10

B2. REGULAMENTAÇÃO11

100. Borda livre11

B3. NORMAS11

100. Normas equivalentes11

CAPÍTULO C11

MATERIAL E MÃO-DE-OBRA11

C1. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE MATERIAIS DA ESTRUTURA11

100. Madeiras em geral11

200. Densidade da madeira11

300. Aço estrutural13

400. Materiais compostos13

C2. MÃO DE OBRA13

100. Capacitação13

200. Soldadores13

CAPÍTULO D13

PRINCÍPIOS DA CONSTRUÇÃO13

D1. QUILHA, SOBREQUILHA E RODA DE PROA 13

100. Quilha13

200. Sobrequilha14

300. Roda de proa14

D2. CONVÉS15

100. Tabuado do convés15

200. Junção dos vaus com cavernas e convés16

D3. COSTADO E FUNDO18

100. Detalhes construtivos do tabuado do
costado e fundo18

200. Hastilhas e primeiros trechos de caverna19

300. Cavernas duplas19

400. Cavernas simples19

500. Construção de casco em “V”19

D4. ESTRUTURA DA PRAÇA DE

MÁQUINAS20

100. Fundação20

200. Fundação dos equipamentos de convés20

D5. CADASTE20

100. Cadaste20

D6. CALAFETO20

100. Estanqueidade do casco20

CAPÍTULO F21

PRINCÍPIOS DE PROJETO DOS SISTEMAS

ESTRUTURAIS LOCAIS21

F1. NUMERAIS DE CÁLCULO21

100. Numerais de cálculo21

F2. COSTADO E FUNDO21

100. Tabuado do costado e fundo e espaçamento
padrão de cavernas21

200. Quilha, sobrequilha calcanhar e roda de

proa

25

300. Cadaste e apoio do tubo telescópico25

400. Cavernas25

500. Cavernas simples28

600. Cavernas laminadas28

700. Cavernas para cascos em “V”28

800. Arranjos equivalentes28

F3. ANTEPARAS RETARDANTES28

100. Aplicação28

200. Anteparas de madeira28

300. Anteparas de aço29

F4. CONVÉS29

100. Tabuado do convés29

200. Reduções30

300. Arranjos equivalentes30

F5. SUPERESTRUTURA31

100. Aplicação31

200. Pressão considerada para o primeiro
convés acima do convés exposto31

300. Espessura do tabuado dos conveses da
superestrutura31

400. Vaus, sicordas e pilares da superestrutura

31

F6. LIGAÇÕES32

100. Fixadores32

200. Ligações por escarvas32

300. Ligações com pinos metálicos37

400. Parafusos auto-atarrachantes37

500. Parafusos de cabeça francesa37

600. Parafusos com porca37

700. Pregos37

800. Detalhes das ligações38

F7. DIMENSIONAMENTO DOS FIXADORES

42

100. Fixadores42

200. Parafusos42

CAPÍTULO A ABORDAGEM

CONTEÚDO DO CAPÍTULO

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

A1. APLICAÇÃO

100. Tipos de missões de navios

101. A presente Parte II, Título 11, seção 2 aplica-se a navios com casco de madeira conforme definido na Parte II, Título 11, Seção 1, A1.100 com as proporções de casco definidas em A1.200.

A2. DEFINIÇÕES

100. Definições

101. Significados de termos aqui utilizados.

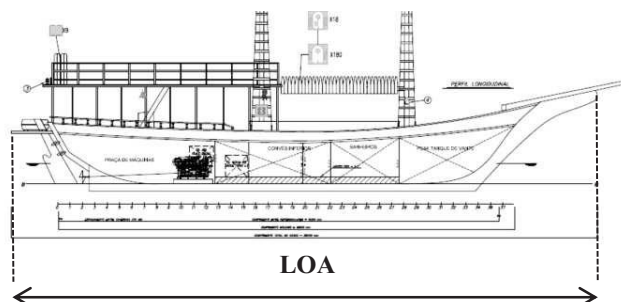
Convés resistente: convés que compõe a aba superior da viga-navio e se estende continuamente, no mínimo, na distância de $0,4 \times L$, centrada a meio comprimento L . Não é necessariamente o convés de borda livre. Pode ser convés de superestrutura.

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 $0,4 \times L$.

Comprimento total LOA: é a distância em metros medida paralelo a linha d'água estática da parte de vante da roda de proa à parte de ré da roda de popa ou espelho de popa. (Figura A2.101.1), conforme definido na Parte II Título 11 Seção 1. É este o comprimento utilizado para o dimensionamento nas diversas fórmulas e tabelas apresentadas nesta seção.

FIGURA A2.101.1 – COMPRIMENTO TOTAL



Perpendicular de vante: é uma linha vertical em ângulo reto com a linha de flutuação da borda livre de verão e a parte externa da roda de proa.

Perpendicular de ré: é uma linha vertical em ângulo reto com a linha de flutuação do calado máximo tirada na interseção dessa linha com a madre do leme.

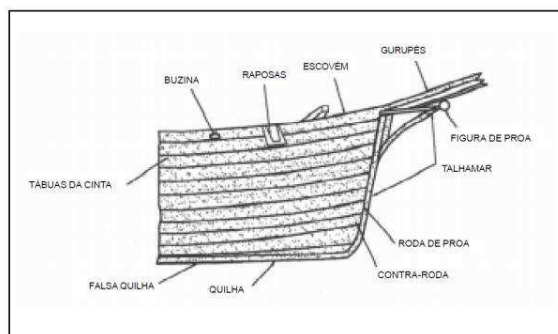
Observações:

a. No caso de embarcações sem madre de leme aplica-se o dito para o comprimento da linha de flutuação.

b. No caso de balsa e barças adota-se para este valor o comprimento entre espelhos

c. No caso de embarcação com talhamar em que a linha de flutuação do calado máximo interceptar o talhamar, e não a roda de proa, a perpendicular de vante deve ser tomada no prolongamento da linha a roda de proa antes do talhamar.

Talhamar: definido como uma combinação de várias peças de madeira, formando um corpo que sobressai da parte superior da roda de proa; serve geralmente para fornecer o apoio necessário à fixação do gurupés e principalmente para dar um aspecto elegante à proa do navio. O nome talhamar também pode ser usado para significar a aresta externa da proa do navio ou a peça que constitui essa aresta, colocada externamente à roda de proa.



Densidade básica: define-se o termo prático “densidade básica” da madeira como sendo a massa específica convencional obtida pelo quociente da massa seca pelo volume saturado

Ligações: São todos os dispositivos que permitem assegurar a união e a transmissão de esforços entre os elementos de uma estrutura.

Alefriz: rebaixo ao longo da quilha de um casco de madeira, nos dois bordos, onde é cravada a primeira fileira de chapas do chapeamento exterior do casco.

Tábua do resbordo: primeira tábua do fundo, em ambos os portos, junto ao alefriz da quilha.

102. Nomenclatura das partes estruturais

Ver figuras F.B1.101.1. a F.B1.101.2.

Grã: o termo indica o arranjo, a orientação dos tecidos em relação ao eixo principal do tronco. Pode ser direita quando há paralelismo dos tecidos; reversa quando os tecidos se entrecruzam. E ondulada quando mantém suaves movimentos formando belos desenhos. Nas madeiras de grã direita, fibras retas e longitudinais, o corte no fio produz bom acabamento.

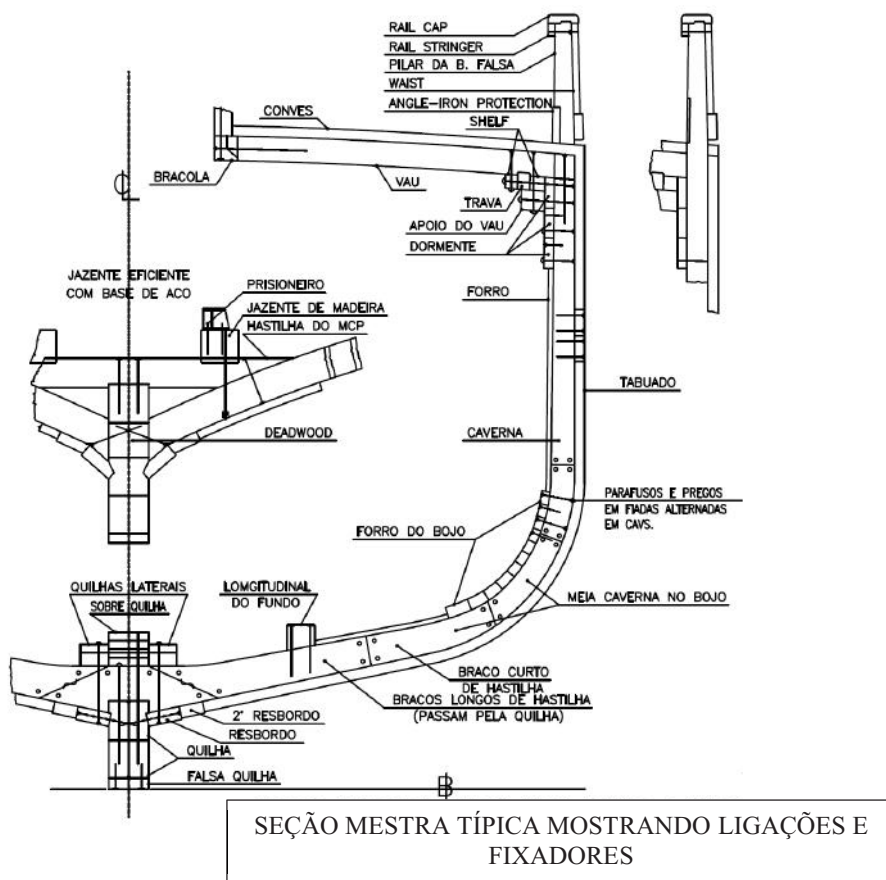
Linheira: madeira com grã direita de fibras bem alinhadas no sentido longitudinal do tronco.

A3. TOPOLOGIAS

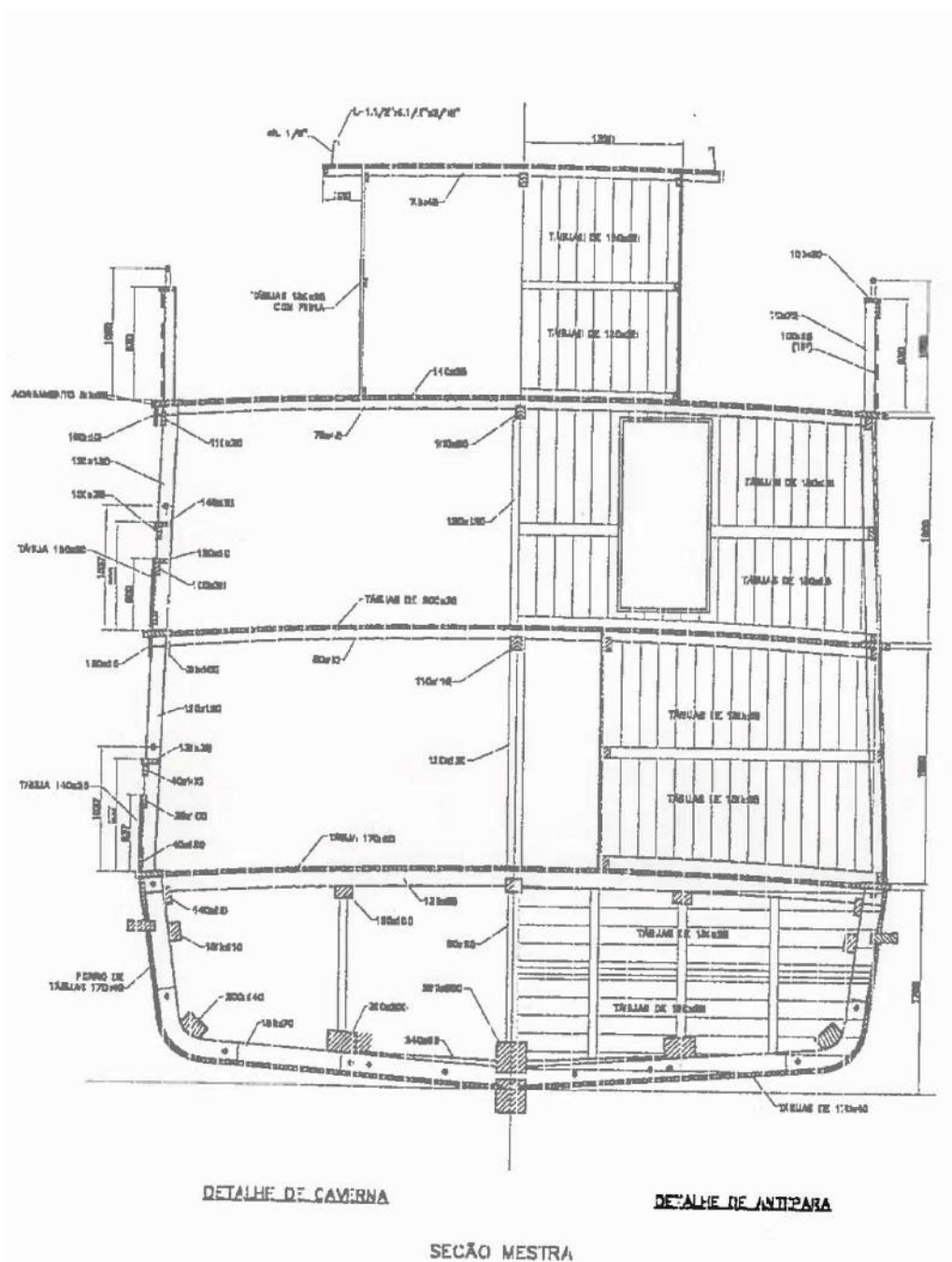
100. Topologias

101. As figuras F.E2.101.1 a F.E2.101.3 mostram arranjos estruturais típicos.

FIGURA F.A3.101.1. – NOMENCLATURA – SEÇÃO MESTRA TÍPICA

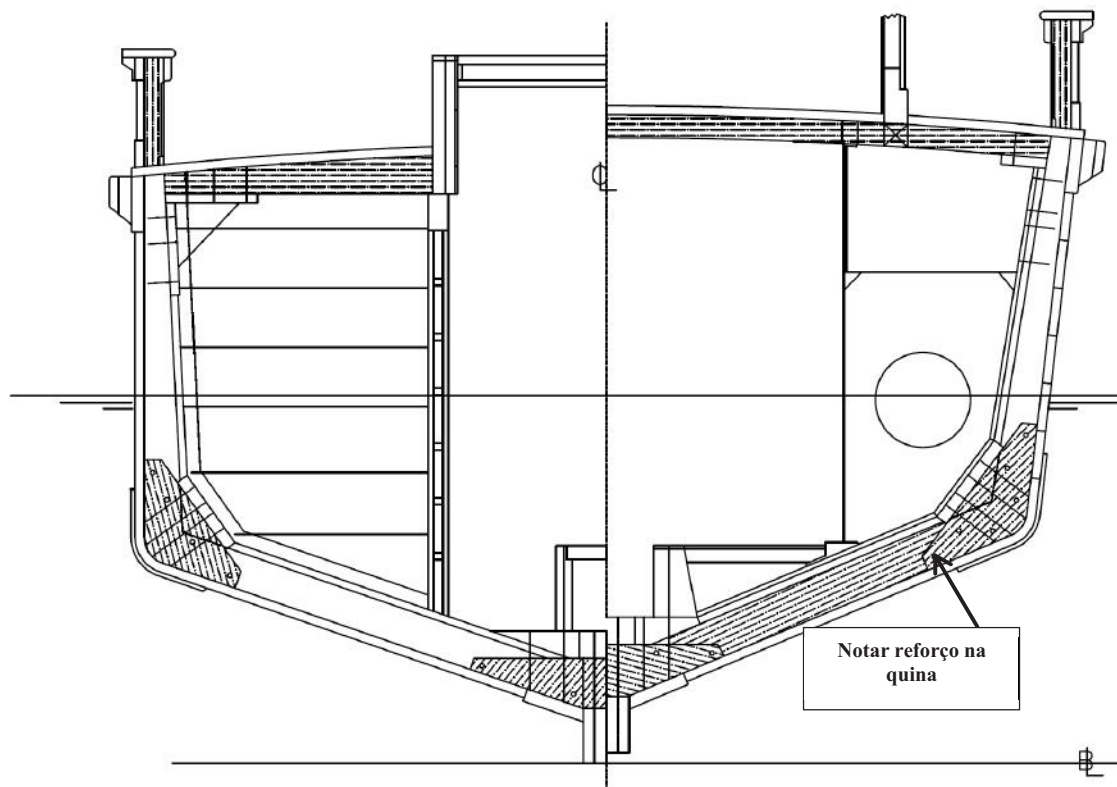


Fonte: Fishing Boats of the World, volume 2



Fonte: Projeto local

FIGURA F.A3.101.3 – SEÇÃO MESTRA TÍPICA DE CASCO EM “V”



Fonte: Fishing Boats of the World, volume 2

CAPITULO B DOCUMENTOS, REGULAMENTAÇÃO E NORMAS

CONTEÚDO DO CAPÍTULO

- B1. DOCUMENTAÇÃO PARA O RBNA
 - B2. REGULAMENTAÇÃO
 - 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. Seção longitudinal e plano do convés
- b. Seção Mestra com detalhes das ligações das cavernas com a quilha e com os vaus
- c. Anteparas retardantes comuns e anteparas de tanques, com indicação de altura de ladrões e suspiro
- d. Popa com cadaste, pés de galinha etc;
- e. Proa com escovéns, raposas etc;
- f. Superestruturas e casarias;
- g. Adendos da estrutura, como braçolas de escotilhas, mastros;
- h. Borda falsa, jazentes de motores e de equipamentos importantes com estrutura adjacente e detalhes etc;
- i. Resistência longitudinal, com momentos fletores, cortantes e módulo de seção mestra, onde requerido.

Notas:

- a. Os planos devem conter informações sobre o tipo de material especificado para as várias partes do navio.
- b. Os planos devem trazer detalhes e especificação das ligações entre os membros estruturais e seu dimensionamento.
- c. A simbologia do detalhamento das ligações deve estar em conformidade com a NBR 7190:1997.

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 mão de obra (incluindo soldadores onde pertinente) empregada na estrutura, fornecidos pelo RBNA.

400. Referências

401. A presente regra foi desenvolvida a partir do estudo das seguintes regras e trabalhos:

- a. Regras para Classificação e Construção de Navios de Madeira, RBNA, 1985;
- b. Regras do RBNA para navios de aço (interior e mar aberto), 2018;
- c. Regra do RBNA para navios de madeira, edições 2002 e 2013;
- d. Carpintaria e Construção Naval de Madeira: Apontamentos, Milton Silva Valente, Livraria Avelar Machado, 1948;
- e. Wooden Shipbuilding, Charles Desmond, The Rudder Publishing Co., New York, 1919;
- f. Structural Design of Sea Going Ships, N. Barabanov, Mir Publishers;
- g. Fichas de Características das Madeiras Brasileiras, 2ª edição, IPT, 1989;
- h. Suggested Standard Scantlings, by Dwight S. Simpson, Fishing Boats of the World, Volume 2, FAO, 1960.
- i. Norma NBR 7190:1997, ABNT;
- j. Estruturas de Madeira CAP.6, UFPR-2007;
- k. Arte Naval, Comte. Maurílio Fonseca.
- l. Madeira: uso e conservação, Armando Luiz Gonzaga, IPHANMONUMENTA, 2006.

B2. REGULAMENTAÇÃO

100. Borda livre

101. **Borda livre para a estrutura** O dimensionamento estrutural será verificado para o calado máximo pela regulamentação de borda livre aplicável ou pelo calado indicado pelo projetista.

102. Para embarcações de Bandeira Brasileira, o RBNA verifica o cálculo de borda livre de acordo com a NORMAM 02, capítulo 6, ou NORMAM 01, capítulo 7.

103. Para embarcações de outras Bandeiras, são aplicáveis os regulamentos da Autoridade Marítima local.

104. Para embarcações que navegam na Hidrovia Paraná-Paraguai, são aplicados os requisitos da Legislação daquela hidrovia.

B3. NORMAS

100. Normas equivalentes

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

102. Os testes devem ser acompanhados por vistoriador do RBNA e os resultados apresentados conforme essa norma.

103. Os critérios de aceitação deverão ser feitos com comparação com as características apresentadas na Parte III Título 61 Seção 2, baseados na referência “Fichas de Características das Madeiras Brasileiras, 2ª edição, IPT, 1989”.

104. 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.

200. Densidade da madeira

201. Os escantilhões para os elementos de madeira estão baseados nas seguintes densidades mínimas, medidas para madeira seca em ambiente arejado com cerca de 15% de umidade:

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. Madeiras em geral

101. As madeiras utilizadas na estrutura do casco devem ser: testadas conforme o Anexo B da Norma NBR 7190:1997, ABNT.

TABELA T.E1.01.1. – DENSIDADES E GRUPOS

Descrição	Grupo	Densidade mínima
Cavernas e hastilhas	1	0,720 g/cm ³
Quilha, cadaste, roda de proa, calcanhar	2	0,640 g/cm ³
Tabuado do costado, dormentes, contra-dormentes, es-coas, borboletas, vaus	3	0,560 g/cm ³
Tabuado do convés	4	0,430 g/cm ³

202. Quando a densidade da madeira a ser aplicada diferir da densidade padrão apresentada em E1.201, as dimensões ou módulos tabelados (largura, módulo de seção, espessura) deve ser aumentado ou diminuído em proporção direta com a razão das densidades:

$$M_a = \left(\frac{D_p}{D_a} \right) * M_t$$

onde:

Ma = medida requerida

Mt = medida tabelada

Dp = densidade padrão conforme E2.101

Da = densidade da madeira a ser empregada

203. A largura tabelada, contudo, não deve ser diminuída mais que 6%.

204. Os escantilhões de peças laminadas devem ser baseados na densidade da madeira natural e não devem ser corrigidos pela densidade final na condição laminada.

205. Para cálculo direto, utilizar a tabela de propriedades das principais madeiras brasileiras na Parte III, Título 61, das presentes Regras.

206. Quando a madeira for impregnada, o material deve ser aprovado pelas Autoridades Nacionais quando a sua toxicidade.

300. Aço estrutural

301. O aço empregado na construção de reforços estruturais, tanques, anteparas retardantes ou outros componentes estruturais deve ser o aço naval A-131, conforme as Regras para Navegação Interior Parte III.

302. Pode ser aceito aço a partir da norma ASTM A-36, mediante análise do RBNA.

400. Materiais compostos

401. O emprego de materiais compostos como resinas reforçadas com fibra de vidro, terão suas características e o dimensionamento dos elementos especialmente verificados pelo RBNA em suas Regras para Classificação e Construção de Navios de Plástico Reforçado com Fibra de Vidro (FRP).

C2. MÃO DE OBRA

100. Capacitação

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

102. A construção de embarcações cobertas pelo presente Título deve normalmente ser realizada em estaleiros ou locais que possuem experiência na construção e reparo de navios de madeira.

103. O estaleiro ou local de construção deverá ser submetido a inspeção geral pelo RBNA para verificar sua capacidade e qualidade de construção.

200. Soldadores

201. Onde forem realizadas soldas em aço ou outro material metálico, os soldadores empregados na obra devem ser qualificados pelo RBNA para os tipos de solda que executarem, na forma prescrita nas Regras para Navegação Interior, Parte III.

CAPÍTULO D PRINCÍPIOS DA CONSTRUÇÃO

CONTEÚDO DO CAPÍTULO

D1. QUILHA, SOBREQUILHA E RODA DE PROA

D2. CONVÉS

D3. COSTADO E FUNDO

D4. ESTRUTURA DA PRAÇA DE MÁQUINAS

D5. CADASTE

D6. CALAFETO

D1. QUILHA, SOBREQUILHA E RODA DE PROA

100. Quilha

101. A quilha normalmente é construída segundo os seguintes requisitos:

- de uma só peça quando o comprimento da quilha for inferior a 10 metros;

- de duas peças, quando o comprimento estiver entre 10 e 20 metros;
 - de três ou mais peças, quando o comprimento for maior que 20 metros.
- a. A ligação entre duas peças da quilha deve ser feita por meio de escarva de dentes. As escarvas devem estar em conformidade com os requisitos do Capítulo F, Subcapítulo F6. abaixo.

107. As escarvas não devem ser submetidas a sobrecargas, devendo distar:

- um espaçamento de cavernas de qualquer antepara;
- dois espaçamentos de cavernas de jazes de motores;
- quatro espaçamentos de caverna de um mastro apoiado na sobrequilha.

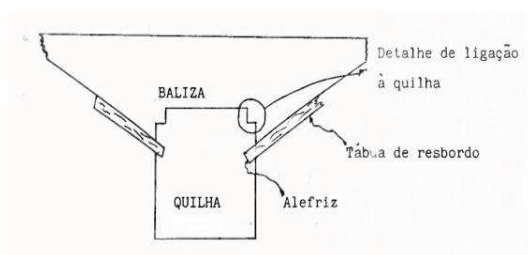
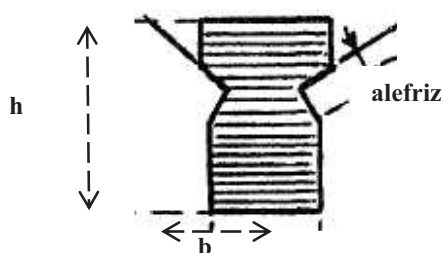
108. A quilha deve ser construída em madeira rígida e de alta resistência contra a ação de insetos xilófagos, ou seja, proteção natural contra insetos.

109. A madeira usada na construção de uma quilha deve ser linheira* e sem brancos (a parte branca da madeira não deve ser usada.), livre de trincas, rachaduras e nós.

* Ver definição em A2.101.

110. A quilha deve ser riscada no sentido do veio (fibra) da madeira.

111. A relação entre a altura e a largura da quilha (h/b) não deve ser superior a 3.

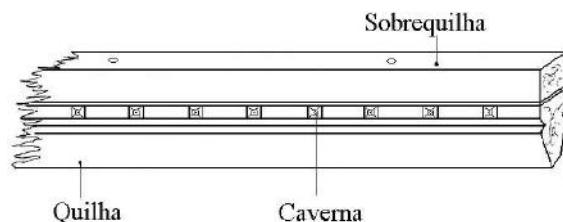


Fonte: RBNA Regras para Navios de Madeira, 1985

200. Sobrequilha

201. A sobrequilha deve ser construída de madeira semelhante à da quilha.

FIGURA F.D3.D1 201.1 - SOBREQUILHA



Fonte: RBNA Regras para Navios de Madeira, 1985

202. As junções das peças da sobrequilha devem ser feitas por escarvas, obedecendo aos requisitos de D1.101 acima.

203. Quando a sobrequilha for submetida a grandes esforços de flexão oriundos da área de navegação, tipo de carregamento ou uma combinação de ambos, devem ser adicionados reforços obedecendo aos seguintes requisitos:

- a. colocar de cada lado da sobrequilha, de proa à popa, uma outra viga assentada por uma das faces sobre as cavernas, e pela outra na própria sobrequilha;
- b. assentar na face superior da sobrequilha, ao longo de todo o seu comprimento, uma segunda sobrequilha;
- c. uma combinação dos métodos acima.

204. O emprego de uma segunda sobrequilha será obrigatório nas embarcações em que o número de seções que compõem a sobrequilha for superior a três.

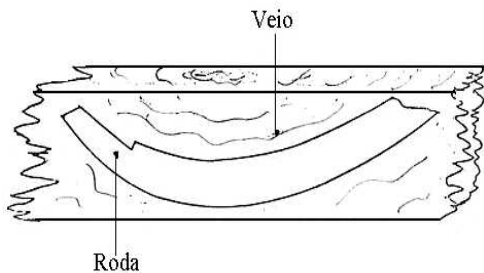
300. Roda de proa

301. A roda de proa deverá ser construída atendendo aos mesmos requisitos que a quilha. A parte curva da roda de proa deve ser inteira, sem escarvas. As escarvas devem ser feitas na parte retilínea.

FIGURA F.D3.301.1. – RODA DE PROA



F.D3.303.2. - MADEIRA PARA RODA DE PROA



302. A madeira usada na roda de proa deve ter veios no sentido da curva da roda. Não deve ser usada a parte linheira da madeira, para que a curva seja mais resistente ao impacto. A parte branca da madeira não deve ser usada. A madeira deve ser livre de brancos, trincas, rachaduras e nós.

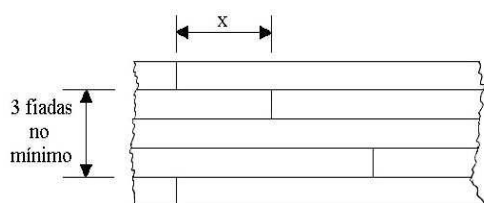
D2. CONVÉS

100. Tabuado do convés

101. O topo das tábuas deve cair sempre sobre os vaus. Sobre um mesmo vau, não podem cair topos que não distem entre si pelo menos 3 fiadas.

102. Os topos de tabuas adjacentes devem estar defasados de uma distância mínima $x = 1200$ mm.

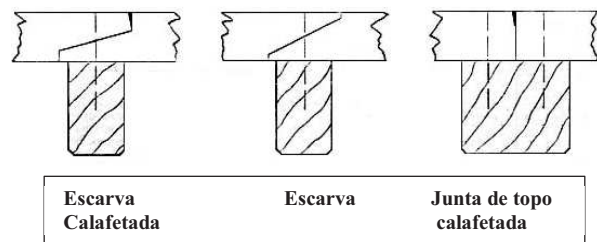
FIGURA F.D2.102.1 – DEFASAMENETO DOS TOPOS



Fonte: RBNA Regras para Navios de Madeira, 1985

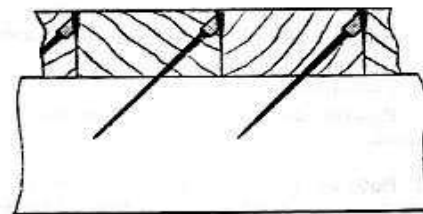
103. Os topos devem ser escarvados, a menos que os vaus tenham suficiente largura para receber juntas de topo calafetadas.

FIGURA F.D2.103.1 – TOPOS ESCARVADOS

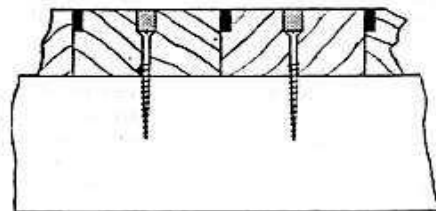


104. A fixação das tábuas no vau deve ser feita por meio de parafusos verticais ou pregos laterais, conforme figura F.D2.104.1.

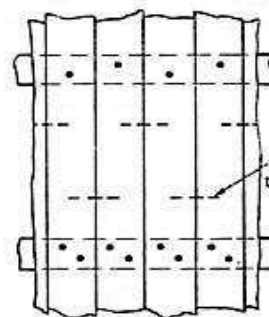
FIGURA F.D2.104.1. – LIGAÇÕES DE TÁBUAS NO VAU



Ligação não aparente



Ligação por parafusos



Conectores horizontais devem ser instalados onde necessário

Vista do convés mostrando o arranjo de ligações simples ou duplas

105. O comprimento mínimo das tábuas do convés deve ser de 6 metros, salvo junto a escotilhas ou nas extremidades das fiadas.

106. Os rebaixos para os parafusos ou pregos devem ser posteriormente tapados com rolhas da mesma madeira.

200. Junção dos vaus com cavernas e convés

201. O arranjo mais seguro consiste em:

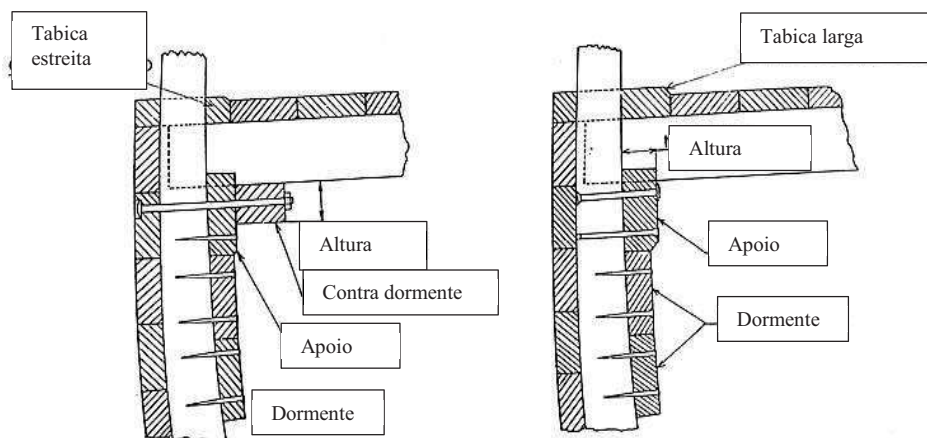
a. dormente dos vaus – consiste em uma fiada de tábuas internas pregadas na caverna;

b. apoio dos vaus – consiste em uma viga de maior espessura que o dormente, parafusada com parafusos passantes à caverna. Esta peça vai encaixada no vau;

c. contra-dormente – em algumas embarcações, coloca-se adicionalmente um contra-dormente, caso em que o dimensionamento do vau poderá ser reduzido. O contra-dormente não se encaixa no vau, e fica fixado à caverna pelo mesmo parafuso passante que o apoio do vau;

d. tabica: uma tábua com espessura maior que a do convés na primeira fiada do convés, cobrindo o tabuado do costado e o vau, e de largura suficiente para cobrir o apoio do vau.

FIGURA F.D2.201.1. – JUNÇÃO DOS VAUS COM CAVERNAS E CONVÉS



Fonte: Fishing Boats of the World, volume 2

203. Caso sejam empregados arranjos diferentes, tais como cantoneiras de aço ou apoio singelo do vau sem encaixe, devem ser colocadas borboletas entre as cavernas e vaus.

D3. COSTADO E FUNDO

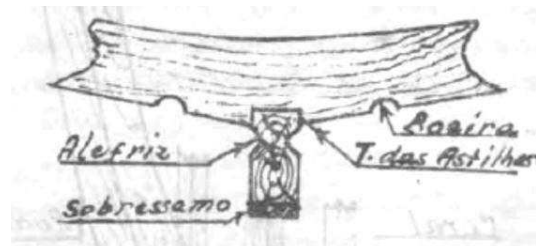
100. Detalhes construtivos do tabuado do costado e fundo

101. As tábuas não devem ter comprimento inferior a 6 metros, exceto nas extremidades da embarcação.

102. A união das tábuas deve obedecer aos seguintes requisitos:

- a. a união de duas tábuas é feita sobre uma hastilha ou uma caverna;
- b. os topos de fiadas de tábuas adjacentes devem estar defasados no mínimo por 3 espaçamentos de caverna;
- c. os topos de fiadas separadas por uma fiada intermediária devem estar defasados no mínimo por 2 espaçamentos de caverna;
- d. os topos de fiadas separadas por duas fiadas intermediárias devem estar defasados no mínimo por um espaçamento de caverna;
- e. os topos da fiada do resbordo devem estar defasados de quaisquer escarvas da quilha por 1500 mm no mínimo; os topos das fiadas do rebordo de BB e BE devem estar defasados no mínimo por três espaçamentos de caverna;
- f. em cada uma das faces da quilha será feito um entalhe triangular onde encaixa a fiada do resbordo, ao longo de todo seu comprimento, ao qual se dá o nome de alefriz;
- g. as hastilhas devem ser encaixadas na parte superior da quilha, acima do alefriz.; ver figura F.D3.102.1 abaixo;

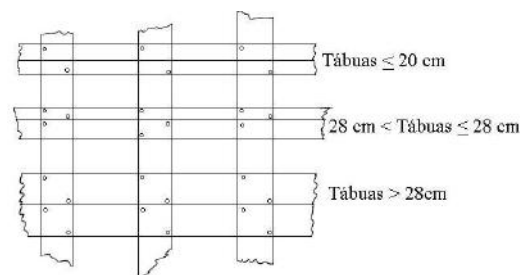
FIGURA F.D3.102.1. – ENCAIXES NA QUILHA



Fonte: Carpintaria e Construção Naval

- h. cada fiada do tabuado deve ser fixada sobre todas as cavernas.
- i. o arranjo das fixações é fornecido nas Tabelas T D3.102.2 e T.D3.104. abaixo

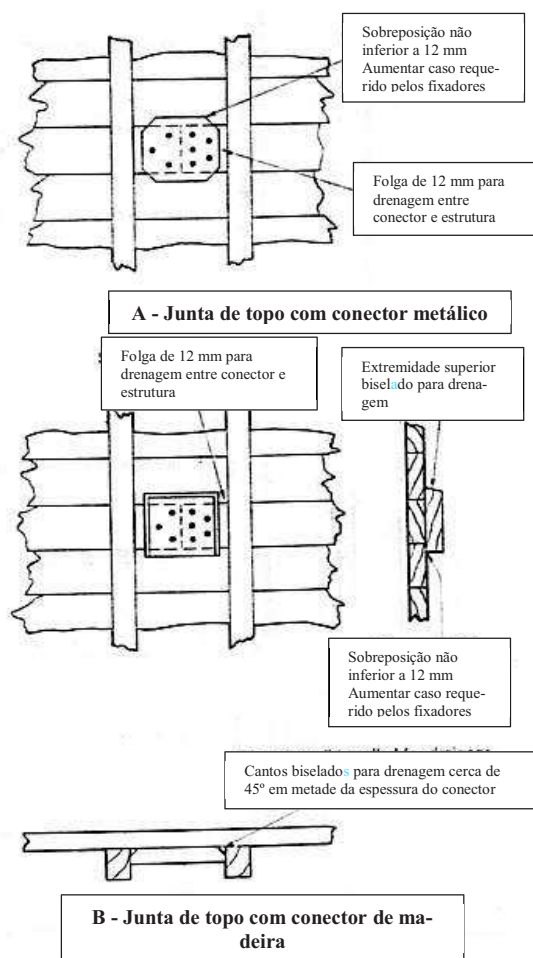
FIGURA F.D3.102.2 – ARRANJO DAS FIXAÇÕES



Fonte: Carpintaria e Construção Naval

103. Nas tábuas cujos topos fiquem situados entre cavernas, a junção dos topos deve ser feita com sobreposta de mesma espessura que o tabuado, com sobreposição de 12 mm para cada tábua adjacente na largura. Deve ser deixado espaço de drenagem mínimo de 12 mm entre a extremidade da sobreposta e a caverna mais próxima para drenagem. As sobrepostas de metal devem ter espessura mínima de 1/6 da espessura da tábua do resbordo.

FIGURA F.D3.104.1 – LIGAÇÕES DE TOPO



105. Calafetagem adequada deve ser provida entre as fiadas do tabuado.

106. Quando as junções do tabuado forem feitas por escarvas, estas devem ter comprimento mínimo de quatro vezes a espessura da tabua. As escarvas devem incidir sobre as cavernas.

200. Hastilhas e primeiros trechos de caverna

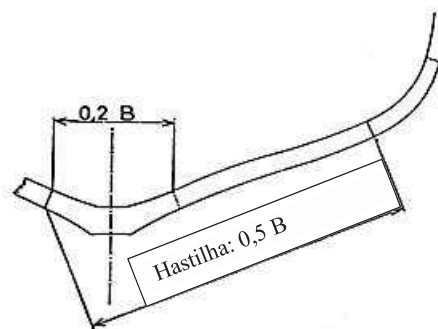
201. O comprimento dos braços da hastilha deve ser maior ou igual a $0,15 \cdot B$ para cada bordo, medido a partir do alefriz.

202. O primeiro topo da caverna conectada à hastilha deve ter comprimento maior ou igual a $0,4 \cdot B$, medido a partir do alefriz.

203. Quando cada meia hastilha estender-se até o bojo, os topos de cada meia hastilha devem estar um de cada

bordo, distando $0,2 \cdot B$ um do outro, e cada braço de hastilha deve ser maior ou igual a $0,5 \cdot B$.

FIGURA F.D3.203.1. – MEIA HASTILHA



204. As hastilhas devem ser encaixadas no topo da quilha.

300. Cavernas duplas

301. Quando as cavernas de madeira forem cavernas naturais com duas meias cavernas, as juntas de cada meia caverna devem ser de topo.

302. Deve existir uma defasagem de 5 vezes a altura da caverna entre os topos de duas mesmas cavernas adjacentes.

303. Os escantilhões de cada meia caverna diminuem em direção ao convés, e aumentam em direção à quilha, conforme mostra a Tabela T.F12.403.1. do Sub-capítulo F12.

400. Cavernas simples

401. A junção das cavernas simples pode ser de topo ou escarvada.

402. Quando a junção for de topo, deve haver reforço lateral da mesma espessura da caverna.

403. As juntas escarvadas devem ser coladas, ter dimensão mínima de 6 vezes a largura da caverna, e estar em conformidade com os requisitos do Subcapítulo F4.

500. Construção de casco em “V”

501. A região do bojo, onde as cavernas formam um ângulo, deve ser reforçada por uma borboleta, dimensionada conforme o Subcapítulo F2. e a Figura F.A3.101.23.

502. Caso não haja hastilha na linha de centro, a junção deve ser reforçada com uma hastilha sobreposta de mesma

largura que a meia caverna, com extensão de $0,2 \cdot B$ entre os topos de BB e BE.

D4. ESTRUTURA DA PRAÇA DE MÁQUINAS

100. Fundação

101. A estrutura da fundação das máquinas deverá estar apoiada nas hastilhas e possuir dimensões semelhantes aos membros da sobrequilha. A fundação deverá ser reforçada tanto longitudinalmente quanto transversalmente. As longitudinais deverão ter a mesma altura das hastilhas e se estender pelo menos dois metros além da máquina.

102. O jazente deverá ser de madeira resistente e travado nas cavernas com dentes embutidos, fixados no tabuado com parafuso de latão com rosca de máquina.

200. Fundação dos equipamentos de convés

201. Onde houver molinetes, cabrestantes, guinchos e outros equipamentos de convés a espessura deve ser aumentada de 5 centímetros. Se necessário, poderão ser colocados pilares sob a fundação.

D5. CADASTE

100. Cadaste

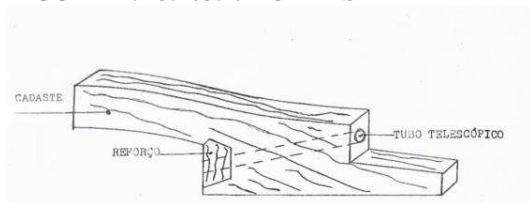
101. O cadaste deve seguir o mesmo procedimento de construção da quilha.

102. A espessura do cadaste deve ser superior três vezes ao tubo telescópico da embarcação, para que haja resistência da madeira na região de ré.

103. O cadaste não poderá ter emendas na região do tubo telescópico.

104. O cadaste deverá receber um reforço de madeira na região externa da embarcação. Este reforço deverá ser fixado transversalmente no sentido da fibra e seu encaixe em forma de escarva.

FIGURA F.D5.103.1. – CADASTE



Fonte: RBNA Regras para Navios de Madeira, 1985

D6. CALAFETO

100. Estanqueidade do casco

101. Para que o navio de madeira seja estanque, além da boa união das juntas em todo seu forro exterior é necessário que as juntas e escarvas sejam calafetadas por estopa alcatroada ou equivalente.

102. Nas obras mortas as juntas são preenchidas com massa a base de óleo de linhaça ou equivalente.

103. Para cada 25 milímetros de espessura da madeira a calafetar deve ser introduzida uma camada de estopa.

104. A estopa não deve preencher a junta, mas não deve ser inserida através de toda a profundidade da junta.

105. Os produtos utilizados no calafeto devem ser de boa qualidade e compatíveis entre si, bem como compatíveis com a tinta de revestimento.

106. As cabeças dos pregos são tapadas com rolha de madeira do mesmo tipo que as peças sendo ligada ou por massa.

CAPÍTULO F PRINCÍPIOS DE PROJETO DOS SISTEMAS ESTRUTURAIS LOCAIS

CONTEÚDO DO CAPÍTULO

- F1. NUMERAIS DE CÁLCULO
- F2. COSTADO E FUNDO
- F3. ANTEPARAS RETARDANTES
- F4. CONVÉS
- F5. SUPERESTRUTURA
- F6. FIXADORES

F1. NUMERAIS DE CÁLCULO

100. Numerais de cálculo

101. As tabelas para dimensionamento apresentadas no Capítulo F têm por base os seguintes numerais de cálculo:

$$N = \sqrt[3]{\frac{LOA * B * D}{2,83}}$$

$$F = \left[\left(\frac{B + D}{2} \right) \right]^2$$

onde:

LOA = comprimento total da embarcação;

B = boca da embarcação

D = pontal da embarcação

sendo as medidas acima tais como definidas na Parte II, Título 11, seção 1, sub-capítulo A2 das presentes regras para navios construídos de madeira.

F2. COSTADO E FUNDO

100. Tabuado do costado e fundo e espaçamento padrão de cavernas

101. O valor dos numerais N e F definidos em E2.101. são obtido das Tabelas . T.F2.101.1. e T.F2.101.2. respectivamente. Os valores podem ser interpolados ou pode ser tomado o valor para o imediatamente superior na Tabela.

TABELA T. F2.101.1.
Numeral N

Tabela de cálculo de N em função de L*B*D	
N = (L*B*D/2.83)^(1/3)	
L/B*D	N
100	3.28
200	4.13
300	4.73
400	5.20
500	5.61
600	5.96
700	6.27
800	6.56
900	6.82
1000	7.06
1100	7.29
1200	7.51
1300	7.71
1400	7.90
1500	8.09
1600	8.26
1700	8.43
1800	8.59
2900	10.08
2000	8.90
2100	9.05
2200	9.19
2300	9.33
2400	9.46
2500	9.59
2600	9.72
2700	9.84
2800	9.96
2900	10.08
3000	10.19
3100	10.30
3200	10.41

TABELA T.F2.101.2.

Numeral F

Tabela de cálculo de F em função de B+D			
F = 2.69*(B+D)^2			
B+D	F	B+D	F
4,0	43	10.4	291
4.2	47	10.6	302
4.4	52	10.8	314
4.6	56	11,0	325
4.8	62	11.2	337
5,0	67	11.4	349
5.2	73	11.6	362
5.4	78	11.8	374
5.6	84	12,0	387
5.8	90	12.2	400
6,0	97	12.4	413
6.2	103	12.6	427
6.4	110	12.8	441
6.6	117	13,0	455
6.8	124	13.2	469
7,0	131	13.4	483
7.2	139	13.6	498
7.4	147	13.8	512
7.6	155	14,0	527
7.8	163		
8,0	172		
8.2	181		
8.4	190		
8.6	199		
8.8	208		
9,0	218		
9.2	228		
9.4	238		
9.6	248		
9.8	258		
10,0	269		
10,2	280		

102. O valor da espessura do tabuado do fundo e costado, bem como o espaçamento de cavernas padrão é obtido da tabela T.F2.102.1., usando o valor de N obtido da tabela T.F2.101.1., conforme a região em que a embarcação vai navegar.

103. Quando o espaçamento de cavernas for diferente do tabular de um valor menor ou igual a 20%, o valor de N para entrada na tabela T.F2.102.1. deve ser corrigido como segue:

$$N_{cor} = N * (\text{Esp. Atual} / \text{Esp. Tabular})$$

O valor de N*F, no entanto, não deve ser corrigido.

TABELA T.F2.102.1. - TABUADO DO COSTADO E FUNDO, ESPAÇAMENTO DE CAVERNAS E QUILHA

Numeral N	Tabuado Costado e Fundo mm			Espaçamento de cavernas mm	Quilha					
					mm					
	O1/O2	I2	I1		O1/O2		I2		I1	
					Altura	Largura	Altura	Largura	Altura	Largura
4,00-4,24	38	33	31	305	304	152	264	132	248	124
4,25-4,49	41	36	34	330	328	164	288	144	272	136
4,50-4,74	44	38	36	355	352	176	304	152	288	144
4,75-4,99	48	42	40	380	384	192	336	168	320	160
5,00-5,24	51	44	42	410	408	204	352	176	336	168
5,25-5,49	54	47	45	435	432	216	376	188	360	180
5,50-5,74	57	49	47	450	456	228	392	196	376	188
5,75-5,99	60	52	50	460	480	240	416	208	400	200
6,00-6,24	64	56	54	485	512	256	448	224	432	216
6,25-6,49	67	58	56	510	536	268	464	232	448	224
6,50-6,74	70	61	59	535	560	280	488	244	472	236
6,75-6,99	73	64	62	560	584	292	512	256	496	248
7,00-7,24	76	66	64	560	608	304	528	264	512	256
7,25-7,49	79	69	67	585	632	316	552	276	536	268
7,507,74	83	72	70	610	664	332	576	288	560	280

TABELA T.F2.102.2. SOBREQUILHA E QUILHA LATERAL

Tabuado Do Costado TABELA T.F1.102.1-A mm	Fiada do Resbordo mm	2ª. Fiada do Resbordo (*) mm	Sobrequilha Largura x Altura mm	Quilha Lateral	
				(**)	
				mm Largura Altura	
31	47	37	124 x 124	99	79
33	50	40	134 x 134	106	84
34	51	41	136 x 136	109	87
36	54	43	144 x 144	115	92
38	57	46	152 x 152	122	97
40	60	48	160 x 160	128	102
41	62	49	164 x 164	131	105
42	63	50	168 x 168	134	108
44	66	53	176 x 176	141	113
45	68	54	180 x 180	144	115
47	71	56	188 x 188	150	120
48	72	58	192 x 192	154	123
49	74	59	196 x 196	157	125
51	77	61	204 x 304	163	131
54	81	65	216 x 216	173	138
56	84	67	224 x 224	179	143
57	86	68	228 x 228	182	146
60	90	72	240 x 240	192	154
61	92	73	244 x 244	195	156
62	93	74	248 x 248	198	159
64	96	77	256 x 256	205	164
66	99	79	264 x 264	211	169
67	101	80	268 x 268	214	172
69	104	83	276 x 276	221	177
70	105	84	280 x 280	224	179
72	108	86	288 x 288	230	184
73	110	88	292 x 292	234	187
76	114	91	304 x 304	243	195
79	119	95	316 x 316	253	202
83	125	100	332 x 332	266	212
(*) Quando houver					
(**) Somente para embarcações submetidas a esforços severos de flexão					

104. A primeira fiada do tabuado do fundo junto ao ale-friz (fiada do resbordo) deve ser mais reforçada que o tabuado do costado.

105. Para calcular a espessura e largura da fiada do resbordo, usar a equação:

$$tr = 1,5 * t \quad b = 3 * tr \text{ a } 4 * tr$$

e quando houver uma 2a. fiada do resbordo:

$$tr = 1,2 * t$$

onde:

tr = espessura da fiada do resbordo

t = espessura tabelada do costado e fundo para a área de navegação pretendida (O1/O2, I1 e I2)

b = largura da tabua do resbordo;

os escantilhões já calculados para a fiada do rebordo e 2ª. fiada do resbordo são dados na Tabela T.F2.102.2.

200. Quilha, sobrequilha calcanhar e roda de proa

201. O dimensionamento mínimo da quilha é feito a partir da espessura do tabuado do costado conforme segue:

$$\text{Largura} = 4 * t$$

$$\text{Altura} = 8 * t$$

sendo t a espessura do tabuado da Tabela T.F2.202.2 para a área de navegação pretendida; os escantilhões da quilha já calculados são apresentados na Tabela T.F2.102-.2.

202. Para a sobrequilha, a altura e a largura devem ser calculadas conforme segue:

$$\text{Largura} = 4t$$

$$\text{Altura} = 4t$$

sendo t a espessura do tabuado da tabela T.F2.102.1. para a área de navegação pretendida; os escantilhões da sobrequilha já calculados são apresentados na tabela T.F1.102-2.

203. A espessura mínima da falsa quilha é dada abaixo, sendo sua largura igual à da quilha, conforme segue:

TABELA T.F2.203.1. – ESPESSURA DA FALSA QUILHA

Comprimento	Espessura da falsa quilha
L < 20m	63 mm
20 ≤ L < 30 m	89 mm
L ≥ 30 m	101 mm

204. Para condições em que seja alta a possibilidade de encalhe ou atrito com o fundo, a espessuras acima devem ser aumentada adequadamente.

205. Quando os esforços de flexão forem grandes devido a esforços oriundos de ondas, carregamento ou ambos, utilizam-se reforços laterais paralelos à quilha e fixados à mesma para embarcações de comprimento superior a 20 metros. Para tais reforços:

$$\text{Largura} = 3,2 * t$$

$$\text{Altura} = 2,6 * t \text{ ou } 0,8 * \text{largura, o que for maior}$$

sendo t a espessura do tabuado da Tabela T.F2.102.1. para a área de navegação pretendida. A Tabela T.F2.102-.2. traz os escantilhões da quilha lateral já calculados.

206. Para relação B/D > 2,18, é obrigatório instalar uma longitudinal de fundo em cada bordo, entre 1/2 e 2/3 da distância entre a quilha e o bojo. Os escantilhões das longitudinais deverão ser iguais aos da quilha lateral ou aos da sobrequilha.

300. Cadaste e apoio do tubo telescópico

301. O cadaste e o apoio do tubo telescópico são dimensionados a partir das relações:

$$\text{Largura} = 1,8 * \text{largura da quilha}$$

ou:

$$\text{Largura} = 7,2 * t$$

sendo t a espessura tirada da tabela T.F2.102.1 para a área de navegação pretendida.;

em nenhum caso a largura deve ser menor que 3 vezes o diâmetro do eixo propulsor.

400. Cavernas

401. Para efeito destas Regras, as cavernas são classificadas como:

Tipo A – cavernas naturais

Tipo B – cavernas laminadas

402. O módulo básico requerido para as cavernas por metro de comprimento do navio (Z, em cm³) é obtido a partir do numeral N*F, sendo N e F obtidos da tabela T.F2.101.1, e é dado pela equação:

$$Z = 0,86 * N * F \text{ cm}^3 \text{ por metro de comprimento do navio, para região O1/O2 (mar aberto).}$$

para a região I2, o módulo Z deve ser reduzido de 13%.

para a região I1, o módulo Z deve ser reduzido de 15%.

mente maior da Tabela. Os escantilhões das cavernas estão representados como largura x altura na Tabela T.F2.403.1.

a Tabela T.F2.402.1. fornece os valores já calculados para Z nas áreas de navegação em função do produto N*F:

TABELA T.F2.402.1. - MÓDULO DA MEIA CAVERNA POR METRO DE COMPRIMENTO

N*F	Z cm³/m		
	O2/O1	I2	I1
400-499	322	280	277
500-599	403	351	347
600-699	484	421	416
700-799	564	491	485
800-899	645	561	555
900-999	725	631	624
1000-1099	806	701	693
1100-1199	887	771	762
1200-1299	967	841	832
1300-1399	1048	912	901
1400-1499	1128	982	970
1500-1599	1209	1052	1040
1600-1699	1290	1122	1109
1700-1799	1370	1192	1178
1800-1899	1451	1262	1248
1900-1999	1531	1332	1317
2000-2099	1612	1402	1386
2100-2199	1693	1473	1456
2200-2299	1773	1543	1525
2300-2399	1854	1613	1594
2400-2499	1934	1683	1664
2500-2599	2015	1753	1733
2600-2699	2096	1823	1802
2700-2799	2176	1893	1872
2800-2899	2257	1963	1941
2900-2999	2337	2034	2010
3000-3099	2418	2104	2079
3100-3199	2499	2174	2149
3200-3299	2579	2244	2218
3300-3399	2660	2314	2287
3400-3499	2740	2384	2357
3500-3599	2821	2454	2426
3600-3699	2902	2524	2495
3700-3799	2982	2595	2565
3800-3899	3063	2665	2634

403. Na tabela de dupla entrada T.F2.403.1, entrar com Z e com o espaçamento de cavernas para obter o dimensionamento de uma meia caverna natural no bojo. Para entrada na tabela, os valores obtidos de e Z e do espaçamento de cavernas devem ser aproximados para o valor imediata-

TABELA T.F2.403.1. - CAVERNAS DO COSTADO – MEIA CAVERNA NO BOJO

E = espaçamento de cavernas

Z = Módulo tirado da TABELA T.F2.403.1

As dimensões das cavernas correspondem à largura x altura no bojo

E →	300	350	400	450	500	550	600
Z ↓	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
400-599	50 x 125	55 x 128	60 x 132	65 x 137	65 x 137		
600-799	55 x 128	65 x 137	65 x 137	75 x 145	75 x 145	75 x 145	75 x 145
800-999	65 x 137	75 x 145	75 x 145	90 x 157	90 x 157	100 x 165	100 x 165
1000-1199	75 x 145	75 x 145	90 x 157	90 x 157	100 x 165	100 x 165	115 x 178
1200-1399	90 x 157	90 x 157	100 x 165	100 x 165	115 x 178	115 x 178	125 x 186
1400-1599	90 x 157	100 x 165	100 x 165	100 x 165	115 x 178	125 x 186	125 x 186
1600-1799	100 x 165	100 x 165	115 x 178	125 x 186	125 x 186	140 x 196	140 x 198
1800-1999	100 x 165	115 x 178	125 x 186	125 x 186	140 x 198	140 x 198	150 x 206
2000-2199	115 x 178	115 x 178	125 x 186	140 x 198	140 x 198	150 x 206	150 x 206
2200-2199	115 x 178	125 x 186	125 x 186	140 x 198	150 x 206	150 x 206	150 x 206
2400-2599	115 x 178	125 x 186	140 x 198	150 x 206	150 x 206	165 x 218	165 x 218
2600-2799	115 x 178	125 x 186	140 x 198	150 x 206	165 x 218	165 x 218	165 x 218
2800-2999	125 x 186	125 x 186	150 x 206	150 x 206	165 x 218	175 x 226	175 x 226
3000-3199	125 x 186	140 x 198	150 x 206	165 x 218	165 x 218	175 x 226	175 x 226

404. A altura da caverna no convés e próximo da quilha é dada na Tabela T.F2.404.1.

TABELA T.F2.404.1. – ESCANTILHÕES DAS CAVERNAS CONFORME LOCALIZAÇÃO

Escantilhão da caverna no bojo	Escantilhão da caverna no convés	Escantilhão da caverna na quilha
55 x 128	55 x 113	55 x 170
65 x 137	65 x 115	65 x 180
75 x 145	75 x 118	75 x 190
90 x 157	90 x 120	90 x 205
100 x 165	100 x 125	100 x 225
115 x 178	115 x 128	115 x 230
125 x 186	125 x 130	125 x 245
140 x 198	140 x 132	140 x 260
150 x 206	150 x 135	150 x 270
15 x 216	165 x 140	165 x 280
175 x 226	175 x 145	175 x 290
200 x 247	200 x 150	200 x 305

500. Cavernas simples

501. Nas extremidades da embarcação as cavernas podem ser simples desde que o espaçamento de cavernas seja reduzido da distância correspondente a espessura de uma meia caverna.

502. Cavernas simples podem ser aceitas para embarcações de comprimento total inferior a 15,0 metros.

503. As cavernas simples devem ser formadas por não mais que duas partes em cada bordo.

504. O espaçamento básico de cavernas dado na tabela T.F2.102.1-A deve ser reduzido de 15%.

505. As juntas devem ser formadas por escarvas, e os escantilhões de tabela devem ser aumentados de 20%.

600. Cavernas laminadas

601. Caso sejam empregadas cavernas laminadas o espaçamento básico de cavernas dado na tabela T.F2.102.1.1 deve ser reduzido de 10%.

602. O dimensionamento das cavernas simples deve obedecer aos seguintes requisitos:

- a seção pode ser uniforme da quilha até o convés;
- b os escantilhões devem ser obtidos da tabela T.F2.403.1., tomando-se:

$$\begin{aligned}\text{altura} &= 0,90 * \text{altura tabelada} \\ \text{largura} &= 1,10 * \text{altura tabelada}\end{aligned}$$

700. Cavernas para cascos em “V”

701. Quando a forma do casco for em “V” com quina em lugar da curvatura do bojo, a união da caverna de fundo com a caverna de costado na região da quina deve ser reforçada por uma borboleta com espessura igual à da meia caverna tabulada para a região do bojo.

702. Quando as duas cavernas unirem-se em “V” na região da quilha, sem hastilhas, deverão ser providenciadas borboletas com extensão de 0,2 vezes a boca para cada bordo, e espessura igual à da meia caverna tabulada para a região da quilha.

800. Arranjos equivalentes

801. Arranjos equivalentes podem ser aceitos pelo RBNA após análise, desde que sejam atendidos os seguintes requisitos:

a. a largura mínima das cavernas deve ser igual a duas vezes a espessura do tabuado do costado;

b. a largura das hastilhas deve ser pelo menos igual à das cavernas;

c. a altura das cavernas deve ser pelo menos 1,6 vezes a espessura do cintado (trincaniz);

d. o seguinte produto deve ser igual ao obtido com os escantilhões da regra, para cavernas no bojo, topo e quilha, e para hastilhas:

$$\frac{(\text{largura} * \text{altura}^2)}{\text{espaçamento de cavernas}}$$

F3. ANTEPARAS RETARDANTES

100. Aplicação

101. As embarcações construídas em data anterior a 01/01/2004 deverão ser objeto de análise especial.

102. As embarcações construídas após 01/01/2004 deverão obedecer integralmente aos requisitos do presente Subcapítulo F3.

200. Anteparas de madeira

201. Serão admitidos três tipos de construção:

a. dupla camada de tábuas em diagonal, com tecido pintado ou tratado entre as duas, e os prumos de um lado, recomendado para embarcações navegando em mar aberto;

b. duas camadas de tábuas entalhadas, com os prumos entre as duas. Neste segundo caso, quando houver isolamento do porão, este poderá ser colocado entre as duas camadas, recomendado para embarcações navegando em mar aberto;

c. anteparas simples com as tábuas entalhadas e calafetadas, recomendado para navegação interior e obedecendo aos requisitos que seguem:

c.1. Cada antepara deverá ser montada sobre moldura completa, composta de caverna e vau dispostos no mesmo plano, completados com uma hastilha, com borboletas de reforço no bojo e na junção da caverna com o vau.

c.2. As espessuras da hastilha, borboletas e peças de suporte devem ser iguais às da meia caverna aos quais estejam fixados.

c.3. O RBNA poderá estudar a aplicação de anteparas simples em navegação de mar aberto, caso a caso.

202. A espessura das anteparas deve ser como segue:

a. anteparas simples com tábuas entalhadas:

$t = 24$ mm quando a altura h entre o topo da hastilha e o topo de vau for menor ou igual a 1,60 metros;

$t = 1,5\%$ de h (em mm) quando h for igual ou maior que 1,60 metros.

b. anteparas duplas:

a espessura total da antepara deverá ser igual a espessura do tabuado do costado, isto é, metade da espessura do tabuado do costado para cada parte da antepara.

203. Quando as anteparas forem formadas por tabuas verticais, deverão existir reforços horizontais (escoas) espaçados não mais que 30 vezes a espessura da antepara, um prumo vertical na Linha de Centro e um prumo vertical a cada metro.

204. Quando as anteparas forem formadas por tabuas horizontais, deverão existir prumos verticais espaçados não mais que 30 vezes a espessura da antepara, com uma escoa horizontal caso a altura h seja maior que 1,60 metros.

300. Anteparas de aço

301. As anteparas retardantes poderão ser de aço, obedecendo aos requisitos da Parte II, Título 11, Seção 2, Capítulo F, Subcapítulo F2. das Regras de Navios de Aço para Mar Aberto ou Para Navegação Interior.

302. As anteparas retardantes de aço devem ser adequadamente fixadas nas cavernas.

303. As anteparas devem ser dotadas de cantoneiras ou barras chatas no topo, sob o convés, para permitir a fixação do tabuado do convés.

F4. CONVÉS

100. Tabuado do convés

101. O tabuado do convés, dormente do vau e apoio do vau são dados pela Tabela T.F4.101.1 para a zona de navegação pretendida.

102. O módulo básico requerido para os vaus por metro de comprimento do navio (Z_v , em cm^3) é obtido a partir da boca B conforme a tabela T.F4.102.1. onde:

para a região I2, o módulo Z_v deve ser reduzido de 13%;

para a região I1, o módulo Z_v deve ser reduzido de 15%;

a Tabela T.F4.102.2 fornece os escantilhões dos vaus em função de Z_v e do espaçamento entre vaus;

os escantilhões dos vaus estão representados como largura x altura.

103. Para embarcações que tenham a relação $B/D > 2,18$ ou que carreguem carga ou passageiros sobre o convés principal, devem ser instalados três sicordas: uma na linha de centro e uma em cada bordo a uma distância que não exceda $\frac{1}{4}$ da boca entre a linha de centro e o costado com pilares distando 5 espaçamentos de caverna um do outro, apoiados numa longitudinal de fundo e numa sicorda. O dimensionamento das sicordas deve ser:

Largura = largura do vau

Altura = 20% do espaçamento de cavernas.

sendo t a espessura do tabuado da Tabela T.F2.102.1. para a área de navegação pretendida.

104. Vaus (latas) na região de aberturas de escotilhas devem ter o mesmo dimensionamento dado na Tabela T.F3.101.1, e devem ser fixados nas braçolas e, quando possível, encaixados entre a parte inferior e superior da braçola.

105. Vaus reforçados devem ser instalados em locais onde o convés possa sofrer esforços concentrados, tais como: sob jazentes de guincho de pesca, molinete, etc.

200. Reduções

201. Caso o arranjo de pilares e sicordas estender-se por todo o comprimento da embarcação, com os pilares distantes 3 espaçamentos de cavernas entre si, os escantilhões dos vaus podem ser reduzidos como segue:

redução na largura = 20%

redução na altura = 30%

contudo, a largura dos vaus não deve ser em nenhum caso inferior a duas vezes a espessura do tabuado do convés.

202. Fora do meio comprimento do navio a meia nau, os vaus podem ser reduzidos em função da boca B1, obedecidos os seguintes requisitos:

a. caso seja mantido o espaçamento tabular de cavernas, a altura do vau pode ser reduzida substituindo na tabela a boca B pela relação $(B+B1)/2$;

b. esta redução não pode ser somada à redução considerada no Parágrafo F4.103.

300. Arranjos equivalentes

301. Arranjos equivalentes para vaus e vaus parciais (latas) podem ser aceitos pelo RBNA após análise, desde que sejam atendidos os seguintes requisitos:

a. o espaçamento entre os vaus de centro a centro não deve exceder 16 vezes a espessura do tabuado do convés;

b. a largura dos vaus deve ser pelo menos igual a duas vezes a espessura de regra do tabuado do convés;

c. a altura dos vaus não deve exceder 1,2 vezes a largura nas extremidades, e 1,5 vezes a largura na linha de centro;

d. o seguinte produto deve ser igual ao obtido com os escantilhões da regra, para cavernas no bojo, topo e quilha, e para hastilhas:

$$\frac{(largura * altura^2)}{espaçamento de cavernas}$$

e. a espessura do tabuado do convés não deve ser menor que a tabulada.

TABELA T.F4.101.1.

Tabuado do convés, dormite e apoio do vau

Espessura Tabela T.F2.102.1.	Tabuado do con- vês (mm)	Fiadas do dor- mente do vau		Apoio do vau	
		espesura	lar- gura	espesura	lar- gura
31-38	38 **	48	321	69	173
39-41	41 *	51	346	75	187
42-44	44 *	55	371	80	200
45-48	48 *	60	405	87	218
49-51	51	64	430	93	232
52-54	54	68	456	98	246
53-57	57	71	481	104	259
58-60	60	75	506	109	273
61-64	64	80	540	116	291
65-67	67	84	565	122	305
68-70	70	88	591	127	319
71-73	73	91	616	133	332
74-76	76	95	641	138	346
77-79	79	99	667	144	359
80-83	83	104	700	151	378
86	86	108	726	157	391

(*) Para embarcações destinadas a navegar nas áreas O1 e O2 com comprimento superior a 15 metros, a espessura mínima do tabuado do convés é de 50 mm.

(**) Para embarcações destinadas a navegar nas áreas I1 e I2 com comprimento superior a 15 metros, a espessura mínima do tabuado do convés é de 40 mm

**TABELA F4.102.1. - MÓDULO DOS VAUS
POR METRO DE COMPRIMENTO DO NAVIO
CONFORME A ÁREA DE NAVEGAÇÃO**

Boca (m)	Z cm ³ /m O1/O2	Z cm ³ /m I2	Z cm ³ /m I1
3,00-3,49	917	798	779
3,50-3,99	944	821	802
4,00-4,49	960	835	816
4,50-4,99	987	859	839
5,00-5,49	1052	915	894
5,50-5,99	1090	948	927
6,00-6,49	1219	1060	1036
6,50-6,99	1458	1268	1239
7,00-7,49	1672	1454	1421
7,50-7,99	2050	1784	1208
8,00-8,49	2374	2065	2018

TABELA T.F4.102.2.

Vaus / E = espaçamento de vaus / Z = Módulo tirado da TABELA T.F3.400.1

E Z	350 mm	400 mm	450 mm	500 mm	550 mm	600 mm
920- 959	95 x 136	95 x 136	105 x 150	110 x 157	110 x 157	115 x 164
960- 999	95 x 136	100 x 143	105 x 150	110 x 157	115 x 164	115 x 164
1000- 1199	100 x 143	105 x 150	110 x 157	115 x 164	120 x 172	120 x 172
1200- 1399	105 x 150	110 x 157	115 x 164	120 x 172	125 x 179	125 x 179
1400- 1599	110 x 157	155 x 164	120 x 172	125 x 179	130 x 186	135 x 193
1600- 1799	115 x 164	120 x 172	125 x 179	130 x 186	135 x 193	140 x 200
1800- 1999	120 x 172	125 x 179	130 x 186	135 x 193	140 x 200	145 x 207
2000- 2199	125 x 179	130 x 186	135 x 193	140 x 200	145 x 207	150 x 214
2200- 2399	125 x 179	130 x 186	140 x 200	145 x 207	150 x 214	155 x 222
2400- 2599	130 x 186	140 x 200	145 x 207	150 x 214	155 x 222	160 x 229

F5. SUPERESTRUTURA

100. Aplicação

101. Toda casaria estendendo-se por 0,6L ou mais é considerada uma superestrutura, e o convés considerado convés resistente.

200. Pressão considerada para o primeiro convés acima do convés exposto

201. Para efeito de projeto, vamos considerar uma carga de $p_1 = 500 \text{ kgf/m}^2$ no primeiro convés da superestrutura.

202. A pressão a ser considerada em convés resistente coberto com carga $> 500 \text{ kgf/m}^2$ é dada conforme abaixo:

$$p = 0,04 + 0,02 \cdot L + (p_1 - 0,4)$$

300. Espessura do tabuado dos conveses da superestrutura

301. A espessura mínima para o primeiro e segundo conveses da superestrutura é de 30 mm.

302. A espessura recomendada para o tijupá é de 25 mm.

400. Vaus, sicordas e pilares da superestrutura

401. O dimensionamento básico dos vaus apresentado neste item é válido dentro dos seguintes limites:

a. espaçamento máximo entre vaus de 500 mm;

b. vão máximo entre apoios de 3000 mm;

c. uma sicorda central, apoiada em pilares a cada 3 espaçamentos de vaus, ou antepara longitudinal de resistência equivalente à compressão e flambagem; e

d. uma viga lateral ou arranjo equivalente que garanta apoio aos vaus que não estiverem apoiados em pilares laterais.

402. Para estas condições, o dimensionamento dos vaus será conforme segue:

a. embarcações até 28 metros de comprimento ou até 6,0 metros de boca:

navegando em área I1: 80 x 80 mm
navegando em área I2: 70 x 100 mm

b. embarcações com mais de 28 metros de comprimento ou mais de 6,0 metros de boca:

navegando em área I1: 70 x 100 mm
navegando em área I2: 100 x 120 mm

403. O dimensionamento básico das sicordas deve atender aos requisitos do item Parágrafo F4.401. acima.

404. Para essas condições, o dimensionamento mínimo da sicorda será conforme segue:

a. embarcações até 28 metros de comprimento ou até 6,0 metros de boca:

navegando em área I1: 100 x 100 mm
navegando em área I2: 100 x 120 mm

b. embarcações com mais de 28 metros de comprimento ou mais de 6,0 metros de boca:

navegando em área I1: 100 x 120 mm
navegando em área I2: 120 x 120 mm

405. O dimensionamento recomendado para as tabuas das anteparas divisórias internas e externas é de 150 x 25 mm.

406. Os pilares de madeira laterais e centrais das casarias com mais que um convés de superestrutura deverão ter dimensão mínima de 120 x 120 mm.

407. Caso o apoio da sicorda seja feito por antepara, esta deve ter a mesma resistência à flambagem que os pilares aqui especificados.

408. O arranjo estrutural deve ser tal que permita a continuidade estrutural entre as cavernas e os pilares laterais da superestrutura.

409. As fórmulas foram estabelecidas para furação prévia e com o furo perpendicular à granulação da madeira.

410. Para furação paralela à granulação da madeira, reduzir P de 75% para parafusos, e de 60% para pregos e cavilhas.

411. As fórmulas foram baseadas em madeira seca.

F6. LIGAÇÕES

100. Fixadores

101. **Ligações mecânicas das peças de madeira:** as ligações são os pontos que exigem maior atenção no projeto de estruturas de madeira. Deve-se ter o máximo de cuidado tanto no cálculo quanto na execução destas uniões. Os principais tipos de ligações comumente utilizados são:

a. **pinos metálicos:** Os pinos metálicos podem ser constituídos por pregos ou parafusos;

b. **cavilhas:** as cavilhas são pinos de madeira torneados; e

c. **conectores:** os conectores podem ser constituídos por anéis metálicos ou por chapas metálicas com dentes estampados.

Comentário

Um casco de madeira é tão forte quanto suas ligações. Experiências foram feitas com barcos de 12 metros em que sempre a ruptura ocorreu nas ligações.

Lembrar que uma ligação superdimensionada é tão ruim quanto uma ligação subdimensionada, pois um furo realizado numa ligação representa material subtraído da área da madeira, diminuindo seu módulo de seção.

Ligações muito próximas umas das outras podem, portanto, enfraquecer a estrutura, assim como elementos de ligação de dimensões superdimensionadas.

Ao dimensionar uma ligação, deve ser considerada margem para deterioração ao longo do navio.

Final do comentário

102. No cálculo das ligações não é permitido levar em conta o atrito das superfícies em contato, nem de esforços transmitidos por estribos, braçadeiras ou grampos.

0103. Ligações com cola: de acordo com a NBR7190:1997, ligações por cola somente podem ser usadas em juntas longitudinais de madeira laminada colada. O emprego de cola nas ligações deve obedecer a prescrições técnicas provadamente satisfatórias. Somente pode ser colada madeira seca ao ar livre ou em estufa. A resistência da junta colada deve ser no mínimo igual à resistência ao cisalhamento longitudinal da madeira.

104. Os valores das resistências de cálculo devem ser verificadas nos possíveis modos de ruptura da ligação:

- resistência da madeira ao esmagamento e ao cisalhamento pelos contatos;
- resistência do próprio elemento de ligação (pino, chapa etc.); e
- esforços no sentido de arrancar o elemento de ligação da madeira.

105. Os fatores básicos na determinação de qualquer ligação:

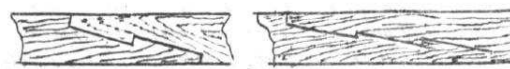
- peso específico da madeira;
- umidade da madeira;
- diâmetro e penetração do elemento de fixação;
- tipo do material do elemento de fixação; e
- sentido de penetração do elemento, paralelo ou perpendicular à fibra da madeira.

espaçamento entre pregos mínimo de 10 d.

200. Ligações por escarvas

201. Na quilha e na sobrequilha, são utilizadas escarvas de dentes.

FIGURA F.F6.201.1. – ESCARVA DE DENTES



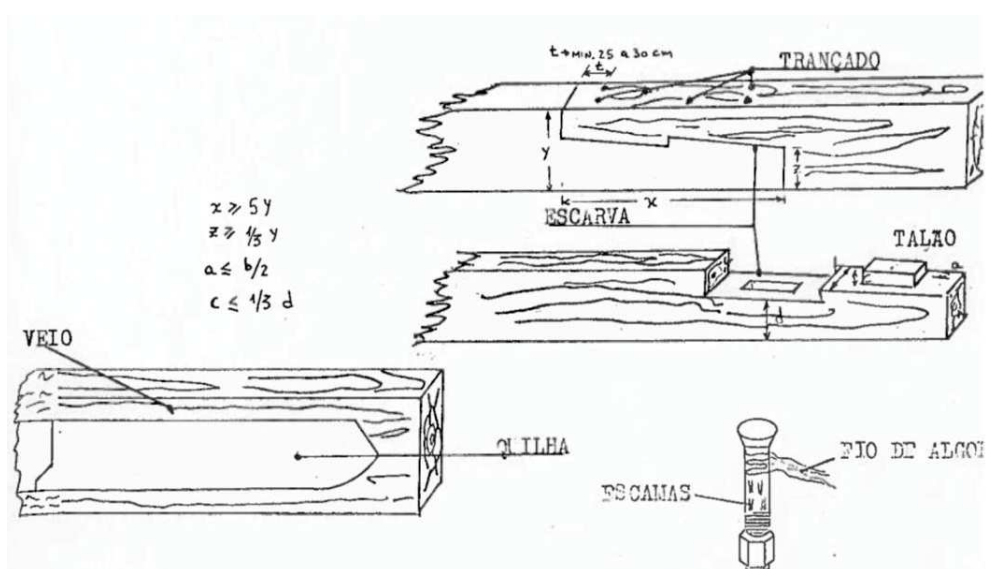
Fonte: Carpintaria e Construção Naval de Madeira

202. Quando uma escarva é necessária, a extensão “l” dessa escarva não deve ser menor que 4 a 6 vezes a altura da quilha, e seus extremos inferior a 1/3 da altura da quilha. O espaçamento entre as escarvas deve ser no mínimo de 10 metros.

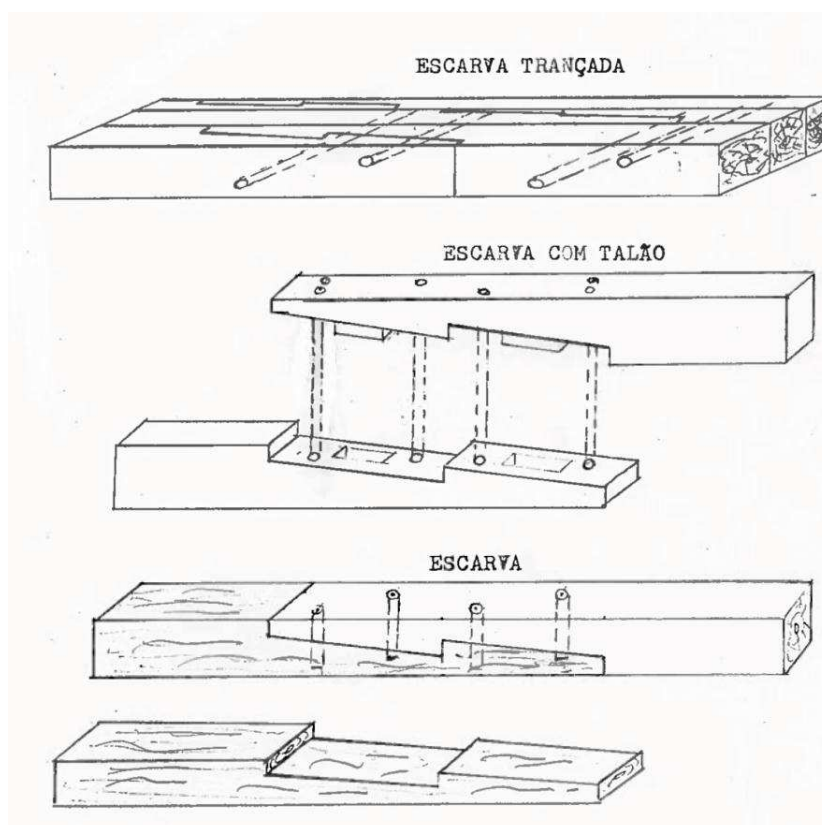
203. Os dentes das escarvas devem ter a menor profundidade possível.

204. As juntas das escarvas devem ser calafetadas. Em cada extremidade da empregam-se dois parafusos distantes vinte e cinco a trinta centímetros dos extremos da escarva, localizados alternadamente a uma distância do centro longitudinal da quilha de $\frac{1}{4}$ da espessura da mesma.

FIGURA F.F6.204.1. – TIPOS DE ESCARVA



Fonte: RBNA Regras para Navios de Madeira, 1985



Fonte: RBNA Regras para Navios de Madeira, 1985

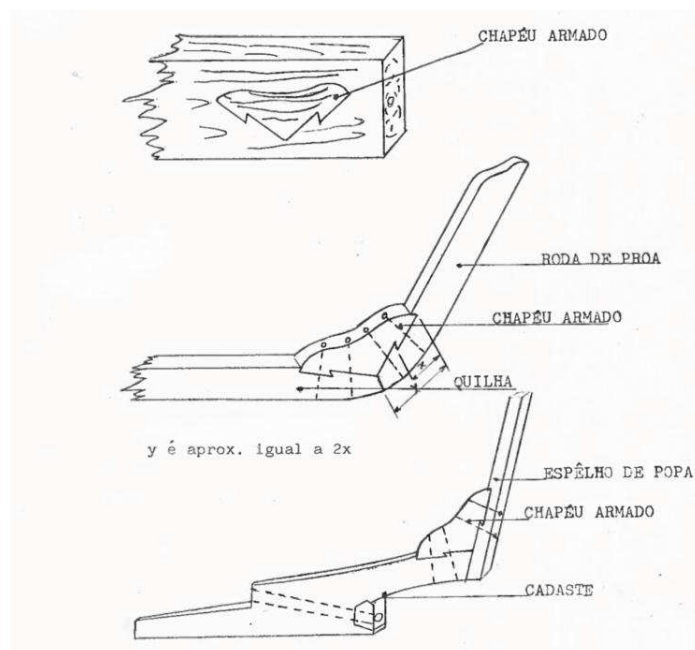
205. Outras disposições poderão ser aceitas pelo RBNA, especialmente se for aumentada a área seccional da quilha ou quilha lateral, ou quando houver duas peças paralelas.

206. As escarvas da quilha e sobrequilha devem estar defasadas, sendo a distância mínima entre as escarvas de 5 espaçamentos de caverna.

207. As furações para fixar os parafusos devem ser trançadas (vide Figura 400.1). Os parafusos devem ser de cabeça francesa e rosca de máquina.

208. “**Chapéu armado**”: trata-se de um tipo de borboleta colocada na roda de proa e no espelho de popa. Ver Figura F.F6.208.1. abaixo.

FIGURA F.F6.208.1. REFORÇO “CHAPÉU ARMADO” NA RODA DE PROA E ESPELHO DE POPA



Fonte: RBNA Regras para Navios de Madeira, 1985

300. Ligações com pinos metálicos

301. São as ligações com a utilização de parafusos ou pregos.

302. Não utilizar ligações com um único pino.

303. A resistência ao embutimento da madeira (f_{em}), que é o esmagamento na área de contato entre o pino e as peças de madeira, pode ser determinada pelas expressões contidas no item 8.2 da NBR7190:1997.

304. Devem ser respeitados os espaçamentos especificados e a pré-furação especificada para evitar o fendilhamento da madeira em virtude da presença dos elementos de união.

400. Parafusos auto-atarrachantes

401. Os parafusos auto-atarrachantes empregados para fixar os elementos estruturais principais devem penetrar no interior da última peça a uma profundidade mínima de 12 vezes o diâmetro de regra do parafuso.

402. Os parafusos auto-atarrachantes empregados no lugar de parafusos tipo rebite para fixar o tabuado e as longitudinais devem penetrar nas cavernas por uma profundidade mínima de duas vezes a espessura da tábua fixada. Tais parafusos devem ter, normalmente, cabeça forjada.

403. Na conexão das peças principais, os parafusos auto-atarrachantes devem ser arranjados em “cauda de andorinha”, ou seja, inclinados em direção oposta à do próximo parafuso, tanto quanto possível.

404. A interferência entre o furo e o diâmetro do corpo do parafuso deve ser tão elevada quanto possível; normalmente, deve ser de pelo menos 10% do diâmetro inicial dos parafusos de aço.

500. Parafusos de cabeça francesa

501. Os parafusos que conectam o tabuado devem ter cabeça forjada. A estanqueidade sob esta cabeça deve ser assegurada por fio de algodão embebido em zarcão ou arranjo equivalente.

502. A interferência destes parafusos com o furo deve ser de no mínimo 5% do diâmetro.

503. Os parafusos devem ser providos de arruelas fortes.

600. Parafusos com porca

601. A parte roscada do parafuso deve ter diâmetro menor que o corpo para evitar danos durante o encaixe.

602. Os furos para penetração devem ter diâmetro menor que a parte roscada do parafuso, ou pelo menos não ter qualquer folga, sendo os parafusos enfiados com martelo.

603. Os parafusos com rosca para madeira devem ser apertados com arruelas fortes, e o eixo do parafuso deve sobressair da porca.

604. Parafusos deste tipo que atravessem o casco devem ter a porca do lado interno, e a estanqueidade deve ser garantida na cabeça.

605. A pré-furação deve ser feita com diâmetro d_0 não maior que o diâmetro d do parafuso, acrescido de 0,5 mm.

700. Pregos

701. Os pregos devem ser galvanizados.

702. Pregos com pontas cônicas curtas são recomendados, pois pregos com longa conicidade podem contribuir para rachaduras, além de que a parte cônica possui reduzido poder de fixação.

703. O comprimento mínimo dos pregos deve ser de 2,2 vezes a espessura das tábuas a serem fixadas, e devem penetrar na peça de suporte a uma profundidade de 1,5 vezes a espessura da tábua ou 1,2 vezes a espessura do elemento estrutural.

704. Se forem usados pregos comuns de fio de máquina em lugar de pregos navais próprios, estes devem ser galvanizados a quente.

705. Devem possuir cabeças fortes, que afundem na madeira.

706. A penetração deve ser a mesma especificada no item F6.703. acima.

708. Pré-furação das ligações pregadas: em uniões pregadas será obrigatoriamente feita a pré-furação da madeira, com diâmetro d_0 não maior que o diâmetro d_{ef} do prego, com os valores usuais:

- coníferas: $d_0 = 0,85 d_{ef}$
- dicotiledôneas: $d_0 = 0,98 d_{ef}$

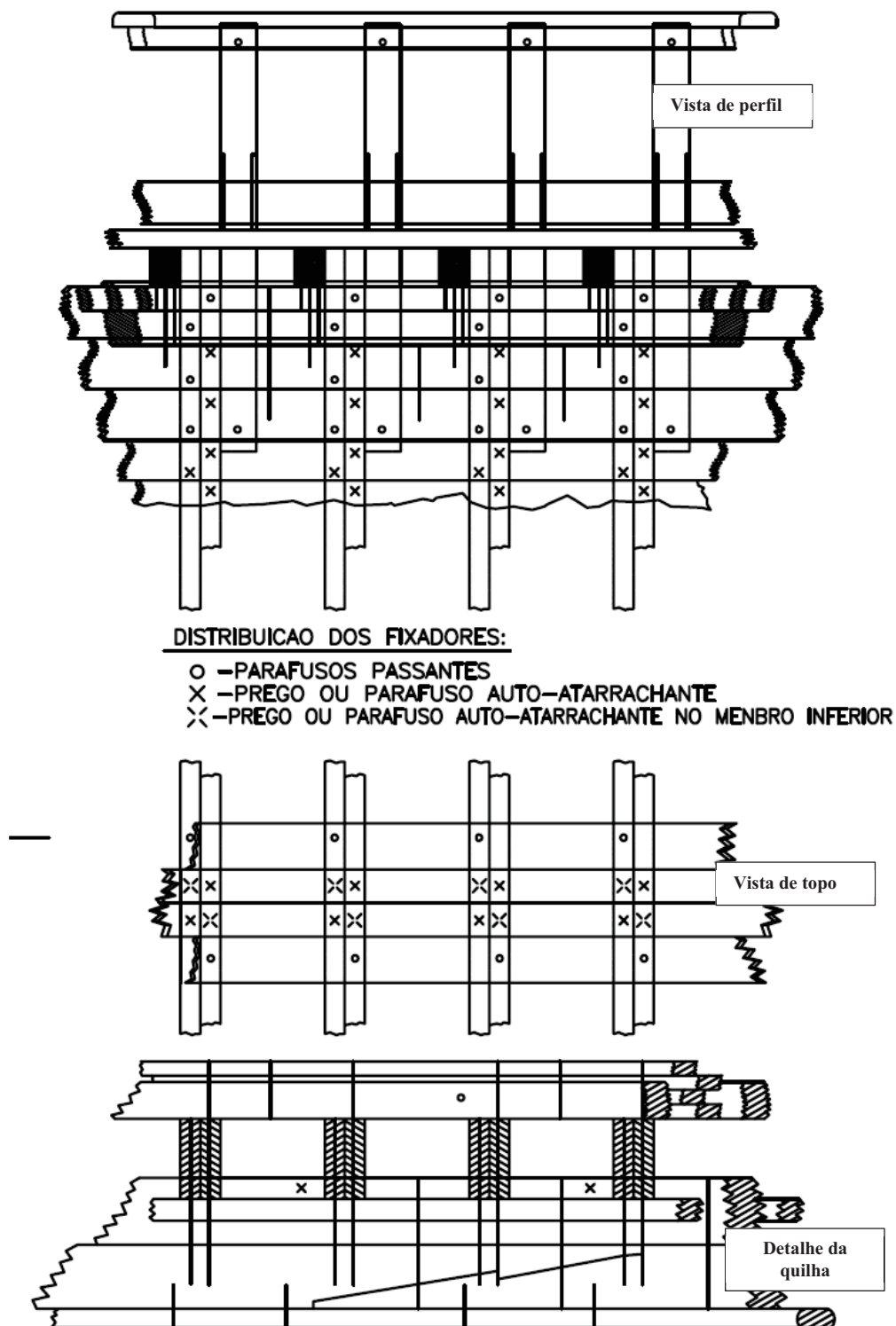
onde d_{ef} é o diâmetro efetivo medido nos pregos a serem usados (C)

709. Em estruturas provisórias, admite-se o uso de ligações pregadas sem pré-furação, desde sejam usadas madeiras macias de densidade baixa $\sigma \leq 600 \text{ kg/m}^3$, sendo que o diâmetro d não seja maior que 1/6 da menor espessura e com espaçamento mínimo de 10d.

800. Detalhes das ligações

801. A quilha e a sobrequilha devem ser fixadas uma a outra a cada caverna por pelo menos um fixador atravessando a hastilha ou caverna.

FIGURA F.F6.801.1. – LIGAÇÕES TÍPICAS



Fonte: Fishing Boats of the World volume 2

802. Caso a soma da largura + altura da sobrequilha seja maior que 3 vezes a largura da quilha, a sobrequilha deve, adicionalmente, ser fixada à hastilha ou caverna de fundo por um parafuso auto-atarrachante.

803. Quando houver quilhas laterais de reforço, estas devem ser fixadas à sobrequilha horizontalmente por um parafuso com porca ou parafuso com rosca, e fixada à hastilha ou caverna de fundo a cada caverna.

804. Todas as escarvas da quilha e sobrequilha, excluindo as fixações em comum com outras peças, devem ter um parafuso auto-atarrachante a cada 30 cm de comprimento da escarva, com um mínimo de 4 parafusos auto-atarrachantes.

805. O cadaste, calcanhar e quilha são normalmente fixados por parafusos de porca ou rosca, utilizando o mesmo espaçamento médio que para a quilha e sobrequilha.:

a. fixações adicionais serão necessárias quando o calcanhar for composto por diversas peças fixadas umas às outras.

806. As duas meias cavernas de uma caverna dupla devem ser fixadas uma a outra por pelo menos dois parafusos, a cada sobreposição.

a. As cavernas duplas devem ser fixadas às hastilhas por pelo menos quatro parafusos.

b. As cavernas simples devem ser fixadas às hastilhas por três parafusos.

807. As escarvas das cavernas simples devem ter pelo menos dois parafusos auto-atarrachantes ou de aperto, em adição aos pregos do tabuado.

808. O tabuado das anteparas deve ser bem fixado em todo seu perímetro, com pregos espaçados de 50 mm por duas vezes a espessura da antepara.

809. Os parafusos de aperto dos jzentes do motor, que a cada caverna são passantes pelo primeiro braço da meia caverna ou pela hastilha, devem ter suas cabeças encaixadas sob a caverna, e não no tabuado.

810. As fiadas do tabuado do fundo e costado, escoas do bojo e dormentes de vaus podem ser completamente pregadas ou fixadas por pregos e parafusos de aperto ou de rosca.

811. O arranjo dos fixadores é dado na Tabela.T.F6.810.1. Além disto, deve haver um parafuso de aperto ou parafuso auto-atarrachante no mínimo a cada duas cavernas.

TABELA T.F6.811.1. - ARRANJO DOS FIXADORES NOS TABUADOS

Método de fixação	Largura da fiada Mm	Em todas as cavernas	Em cavernas alternadas	Nos topos
Pregos	< 120 120 a 200 200 a 270 > 270	2 pregos 3 pregos 4 pregos 5 pregos	- - -	2 pregos 3 pregos 4 pregos 5 pregos
Pregos e outras fixações	< 120 120 a 200 200 a 270 > 270	1 prego 2 pregos 3 pregos 3 pregos + 1 parafuso	+1 parafuso + 1 parafuso + 1 parafuso -	1 prego + 1 parafuso 2 pregos + 1 parafuso 3 pregos + 1 parafuso 2 pregos + 2 parafusos
Outras fixações	< 120 120 a 200 200 a 270 > 270	1 parafuso 2 parafusos 2 parafusos 3 parafusos	+ 1 parafuso - + 1 parafuso -	2 parafusos 2 parafusos 3 parafusos 3 parafusos

812. O contra-dormente deve ser fixado ao dormente e às cavernas por pelo menos um parafuso transpassante a cada duas cavernas, e por um parafuso auto-atarrachante nas cavernas intermediárias.

813. Tabicas estreitas devem ser pregadas nos vaus e na fiada do cintado (trincaniz). Tabicas largas devem ser parafusadas ao apoio do vau através de cada extremidade do vau.

814. As extremidades de vaus e de meios vaus (latas) devem ser fixadas por pelo menos um parafuso passando através da tabica e do apoio do vau, ou por um parafuso no apoio ou no contra-dormente mais um parafuso roscado no contra-dormente.

815. Caso o vau não se estenda além do apoio do vau devem ser fixadas às cavernas por meio de borboletas tendo dois fixadores no vau e dois ou três fixadores no outro braço (da caverna).

816. Os vaus devem ser conectados às sicordas por meio de pelo menos um parafuso de aperto, ou preferivelmente por meio de um parafuso auto-atarrachante.

817. O tabuado do convés com largura entre 100 e 160 mm deve ser fixado aos vaus por um e dois pregos navais alternadamente, e dois pregos nos topos, ou por dois pregos de arame em cada vau.

200. Parafusos

201. A cabeça do parafuso deverá ter pelo menos duas vezes o seu diâmetro.

F7. DIMENSIONAMENTO DOS FIXADORES

100. Fixadores

101. A Tabela F6.811.1. fornece o dimensionamentos dos diversos fixadores.

102. Notas relativas aos fixadores:

a. todos os elementos das fixações devem ser galvanizados preferivelmente em banho quente;

b. pregos redondos são mais eficientes que pregos quadrados;

c. parafusos devem ter arruelas tanto na cabeça quanto na porca, quando possível. Arruelas forjadas são mais efetivas que arruelas prensadas;

d. quando for necessário substituir um elemento de fixação, a substituição deve ser feita por um elemento de 1,6 a 3,2 mm maior.

TABELA T.F7.801.1. - DIMENSIONAMENTO DOS PARAFUSOS

Elementos a serem fixados	Dimensão de referência	Dimensionamento
Escarvas da quilha ou sobrequilha	Largura da quilha	Largura da quilha x 0,085
Cavernas ou hastilhas à quilha Jazentes à hastilha	Largura da hastilha ou caverna	Largura do braço de caverna x 0,175
Sobrequilha à quilha através das cavernas	Largura da caverna	Largura da caverna x 0,216
Quilha lateral a quilha; quilha lateral através das cavernas ao resbordo	Altura da quilha lateral	Altura x 0,1
Fiada do resbordo à quilha e às cavernas	Espessura do resbordo	Espessura do resbordo x 0,171
Dormentes dos vaus à caverna	Largura do meio braço de caverna	Largura da caverna x 0,142
Forro de porão às cavernas (1 parafuso, 1 prego)	Largura do meio braço de caverna	Largura da caverna x 0,135
Apoio dos vaus: às cavernas e aos vaus	Maior dimensão do apoio	Maior dimensão x 0,15
Vaus aos dormentes	Espessura do dormente	Espessura x 0,25
Tabuado do costado e fundo às cavernas	Espessura do tabuado	Espessura do tabuado (t) x 0,18 Comprimento 2,4 t com batoque Comprimento 3,0 t sem batoque
Tabuado do convés aos vaus	Espessura do tabuado	Diâmetro = t x 0,25 Comprimento = 2t

Rgw18pt-p2t11s2-abcdf