

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ESTRUTURAL E**  
**CONSTRUÇÃO CIVIL**

**NOTAS DE AULAS**  
**CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS I**  
**ESTRUTURAS DE MADEIRA**

**Profa. Tereza Denyse P. de Araújo**

**Março 2003**

## **ESTRUTURAS DE MADEIRA**

- 1. INTRODUÇÃO**
- 2. ELEMENTOS ESTRUTURAIS**
- 3. LIGAÇÕES**
- 4. PRESERVAÇÃO DA MADEIRA**
- 5. BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR**

### **1. INTRODUÇÃO**

A madeira é um material natural, não poluente, com resíduos biodegradáveis em curto prazo, de baixo custo, fácil aquisição, boa trabalhabilidade, e fonte facilmente renovável. Está disponível naturalmente em grandes dimensões, inviáveis para sua utilização imediata, devendo ser cortada em vigas, pranchas e tábuas para permitir o seu transporte para os locais de utilização. Foi o primeiro material utilizado pelo homem como material de construção e que apresenta resistência à flexão, o que permite que vença grandes vãos com vigas de baixo peso próprio.

Na construção, a madeira pode ser utilizada em diversas etapas, desde as fundações até os acabamentos, passando tanto pela estrutura como material auxiliar. Também pode ser usada em diversos tipos de construção, como em estradas de ferro, galerias, etc. Além disso, ela tem grande aplicação na indústria, como na fabricação de celulose e papel, chapas de compensado e madeira aglomerada.

A madeira apresenta as seguintes principais vantagens, como material de construção:

1. Grande resistência à tração e compressão em relação ao peso próprio (peso específico da madeira chega a ser 1/3 do concreto e 1/8 do aço);
2. Rapidez de execução e trabalhabilidade;
3. Não é afetada por variações de temperatura;
4. Grande durabilidade sem perda de resistência, desde que não sofra variações de umidade (ambiente seco e submerso);
5. Resistente a agentes químicos contidos em gases industriais;
6. Não exige mão-de-obra especializada, o que baixa o custo da obra pronta;
7. Pode ser reempregada várias vezes, sendo altamente reciclável;
8. Permite fáceis ligações e emendas entre elementos estruturais.

Suas principais desvantagens são:

1. Material não homogêneo cuja resistência varia de acordo com a disposição das fibras;

2. Sensível às variações de umidade, sofrendo inchamento e retração, as quais podem ser reduzidas pela secagem e impermeabilização;
3. Facilmente deteriorável por ataque de fungos e insetos, podendo ser reduzido por tratamentos de preservação;
4. Material inflamável, mas com carbonização lenta;
5. Dimensões limitadas de acordo com a origem da árvore, porém as industrializadas apresentam dimensões maiores;
6. Apresenta grande variedade, não podendo ter sua qualidade controlada, o que obriga a altos coeficientes de segurança;
7. Perde suas qualidades estéticas quando exposta às intempéries.

As madeiras utilizadas em construção distinguem-se por duas principais categorias: madeiras duras (madeiras de lei) e madeiras macias, as quais são diferenciadas pela estrutura celular dos troncos e não pela resistência. As madeiras duras são provenientes de árvores frondosas, de crescimento lento, tais como: peroba, ipê, aroeira, carvalho, etc. As madeiras macias são provenientes das coníferas, de crescimento rápido, como o pinheiro-do-paraná e pinheiro bravo, pinheiros europeus, etc.

### 1.1. Tipos de Madeira

As madeiras, utilizadas na construção civil, classificam-se em madeiras maciças e madeiras industrializadas.

#### 1.1.1. Madeiras Maciças

As madeiras maciças estão assim subdivididas:

- **Madeira bruta ou roliça** – utilizada em construções provisórias, como escoramento. Também pode ser utilizada como poste.

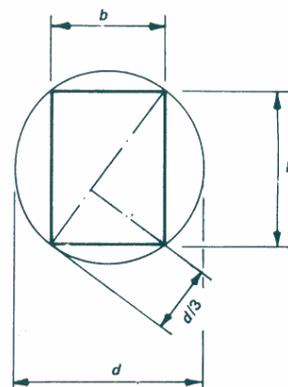
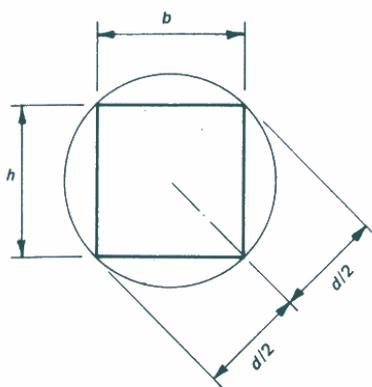


Figura 1. Seção quadrada para peças comprimidas.

Figura 2. Seção retangular para peças fletidas.

- **Madeira falquejada** – são peças obtidas por corte com machado. Deve-se procurar obter a maior seção transversal possível, a partir da seção circular do tronco e de acordo com o destino da peça. Para peças comprimidas, a seção mais adequada é a quadrada de lado

igual  $d/\sqrt{2}$  (Figura 1), onde  $d$  é o diâmetro do tronco; para peças fletidas, o retângulo de base  $d/\sqrt{3}$  e altura  $\sqrt{2/3} \cdot d$  (Figura 2) é a mais adequada.

- **Madeira serrada** – são peças serradas com dimensões padronizadas, cuja nomenclatura é fixada pela PB-5. A designação das peças, de acordo com suas dimensões, é dada na Tabela 1. O desdobramento dos troncos pode ser feito em seção quadrada (Figura 1) ou retangular (Figura 2); corte radial (Figura 3); pranchas paralelas (Figura 4).

Tabela 1. Nomenclatura de peças de madeira serrada.

NOME DA PEÇA (cm)	ESPESSURA (cm)	LARGURA (cm)
Pranchões	> 7,0	> 20,0
Prancha	4,0 – 7,0	> 20,0
Viga	> 4,0	11,0 - 20,0
Vigota	4,0 – 8,0	8,0 - 11,0
Caibro	4,0 – 8,0	5,0 - 8,0
Tábua	1,0 - 4,0	> 10,0
Sarrafão	2,0 - 4,0	2,0 - 10,0
Ripa	< 2,0	< 10,0

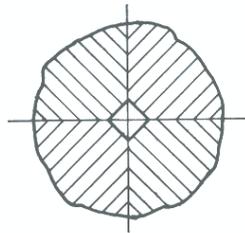


Figura 3. Corte radial.

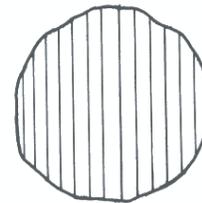


Figura 4. Corte em pranchas paralelas.

### 1.1.2. Madeira Industrializada

As madeiras industrializadas são subdivididas em:

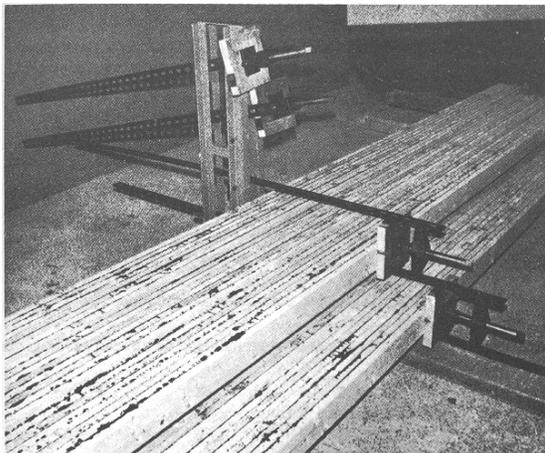


Figura 5. Madeira laminada e colada.

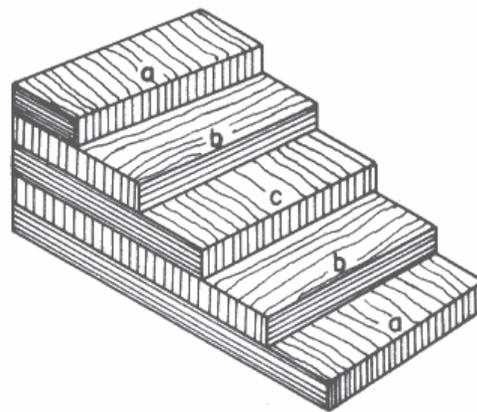


Figura 6. Madeira compensada.

- **Madeira laminada e colada** – formada por associação de pranchas de madeira selecionada, com espessura variando entre 1,5 cm a 3,0 cm, coladas com adesivo (Figura 5). Sua principal vantagem são suas dimensões ilimitadas, a não ser por problemas de manuseio. As peças coladas podem ser retas ou curvas. O tipo de cola a ser utilizada vai

dependem do uso, podendo ser cola sintética. Sua principal desvantagem é o preço mais elevado que a da madeira serrada.

- **Madeira compensada** – é formada pela colagem de um número ímpar de lâminas, com espessura entre 1 a 5 mm, alternando-se as direções das fibras ortogonalmente (Figura 6). Este processo confere ao produto final uma certa isotropia, o que é uma vantagem em relação à madeira maciça. No Brasil, seu uso é difundido na indústria de móveis e divisórias, dentre outras. Como elemento estrutural é utilizada na composição de vigas, abóbadas e paredes enrijecedoras.

## 1.2. Classificação das Peças de Madeira

As peças de madeira são classificadas, de acordo com a NBR-7190, nas seguintes categorias:

- **Primeira categoria** – são peças cujas características mecânicas são iguais a, pelo menos, 85 % das obtidas em pequenos corpos de prova isentos de defeitos. A madeira é de qualidade excepcional, sem nós e retilínea.
- **Segunda categoria** - apresenta características mecânicas iguais a, pelo menos, 60 % dos valores correspondentes aos obtidos em ensaios com pequenos corpos de prova isentos de defeitos. A madeira é de qualidade estrutural corrente, com pequenas incidências de nós firmes e outros defeitos.
- **Terceira categoria** - madeira de qualidade estrutural inferior, com nós em ambas as faces.

## 2. ELEMENTOS ESTRUTURAIS

### 2.1. Peças Tracionadas

A madeira tem boa resistência à tração na direção das fibras, podendo ser utilizada como peça sujeita a tração axial. O ponto crítico deste tipo de peça fica nas emendas ou ligações de extremidade das peças. Ocorrem, por exemplo, em treliças de coberturas.

### 2.2. Peças Comprimidas

A madeira é comprimida na direção das fibras, cujas seções transversais podem ser simples ou compostas, como mostra a Figura 7. As seções maciças de madeira lavrada têm, em geral, seção retangular com lados variando de 20 cm a 40 cm; já as seções maciças de madeira serrada, também de seção retangular, têm, em geral, seções padronizadas; as seções compostas de madeira serrada ou laminada podem ser feitas com ligações contínuas nas interfaces, ou descontínuas entre as peças, utilizando cola, pregos ou conectores metálicos de anel; as compostas de madeira roliça são ligadas com talas de madeira pregadas, parafusadas ou com conectores.

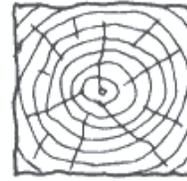
As peças utilizadas em colunas ou em outros elementos estruturais têm dimensões mínimas construtivas, especificadas nas normas. Na Tabela 2 mostra-se a espessura mínima de peças retangulares, bem como a área mínima das respectivas seções transversais, segundo a NBR-7190.

#### 2.2.1. Apoios

As peças comprimidas podem ser apoiadas de duas maneiras:



Madeira roliça



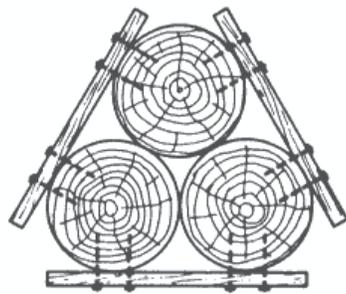
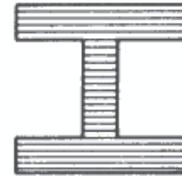
Madeira lavrada



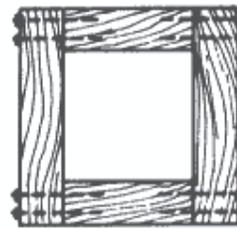
Madeira serrada



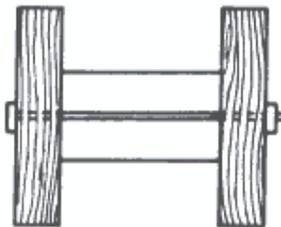
Madeira laminada e colada



Seção composta de peças roliças



Seção composta de peças serradas



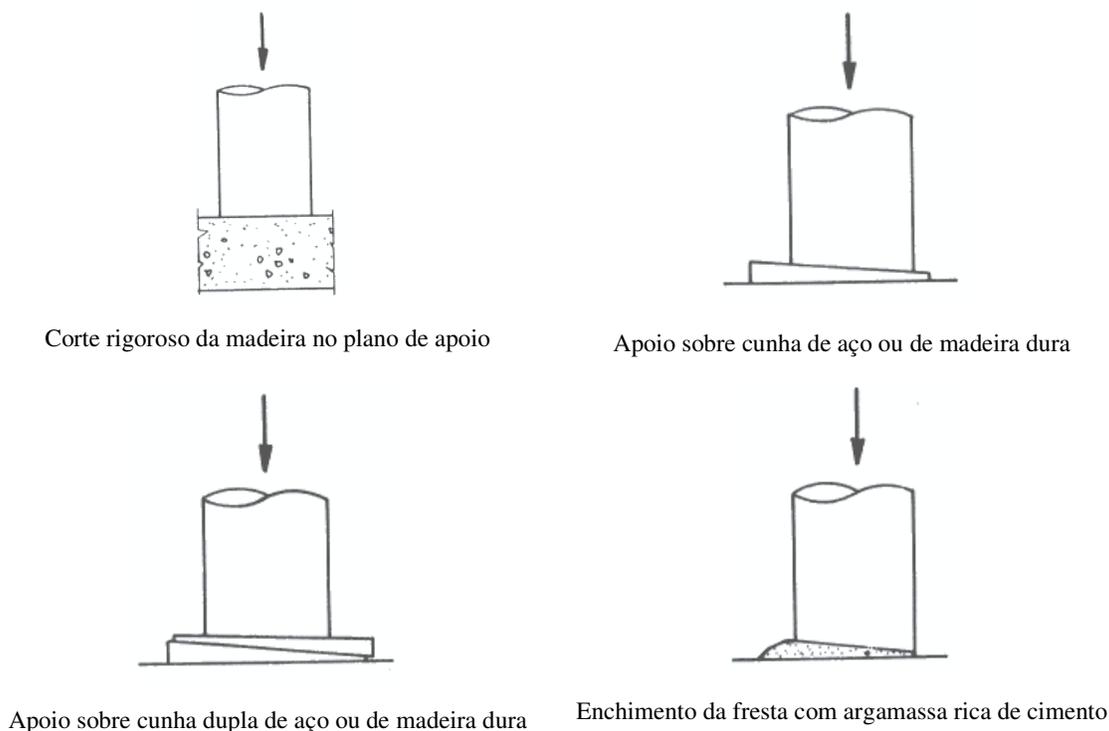
Seção composta com peças intermediárias descontínuas

Figura 7. Seções transversais de peças comprimidas de madeira.

Tabela 2. Espessuras e áreas mínimas construtivas de seções retangulares (NBR-7190).

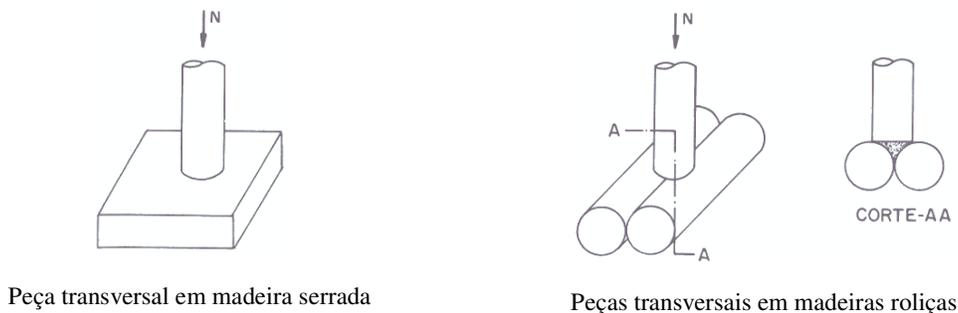
	ESPESSURA MÍNIMA (cm)	ÁREA MÍNIMA (cm <sup>2</sup> )	SEÇÃO MÍNIMA DE MENOR ESPESSURA (cm x cm)
<b>PONTES</b>			
Seções simples	5	50	5 x 10
Peças componentes de seções múltiplas	2,5	35	2,5 x 14
<b>OUTRAS ESTRUTURAS</b>			
Seções simples	2,5	18	2,5 x 7,5
Seções componentes de seções múltiplas	1,8	18	1,8 x 10

- **Apoio sobre material resistente** – as peças comprimidas podem ser apoiadas diretamente sobre o aço, concreto, cantaria de pedra, etc. Para que a distribuição das tensões de apoio seja uniforme, podem ser adotados três processos construtivos, mostrados na Figura 8.



**Figura 8. Apoio de colunas de madeira sobre material resistente.**

- **Apoio sobre madeira, na direção normal às fibras** – esse tipo de apoio (Figura 9) tem como finalidade distribuir a carga para um material irregular ou menos resistente, como o solo de fundação, alvenaria, etc.



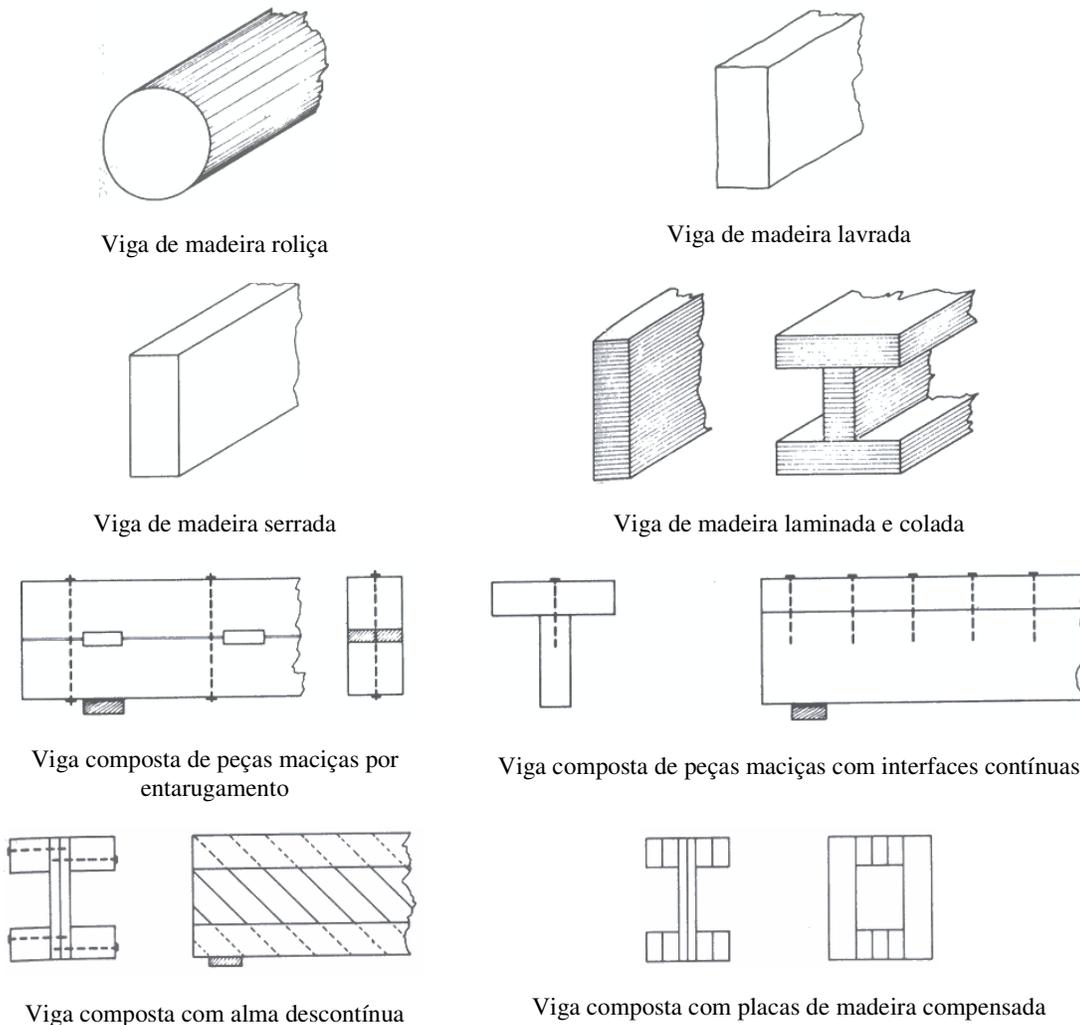
**Figura 9. Apoio de colunas de madeira sobre peças transversais de madeira, apoiadas no solo.**

### 2.3. Vigas

As vigas de madeira são de diversos tipos, conforme mostra a Figura 10.

As três primeiras vigas são formadas por peças maciças simples, sendo as mais utilizadas na prática. As vigas de madeira roliça são utilizadas em obras provisórias (andaimes, escoramentos), enquanto as lavradas são utilizadas na construção de pontes de serviços, com

dimensões transversais superiores às da madeira serrada. As vigas de madeira serrada são empregadas na construção de telhados, assoalhos, casas, galpões, treliças, etc.



**Figura 10. Tipos construtivos de vigas de madeira.**

As vigas de madeira laminada e colada são produtos industriais da maior importância, pois se obtém seções de comportamento equivalente ao da madeira maciça, porém com dimensões maiores. São feitas, em geral, com seção retangular, de altura variável (20 cm até 200 cm). Elas são formadas por lâminas com espessura de 15 mm a 30 mm, coladas umas sobre as outras. As vigas com seção transversal em forma de I são onerosas na sua fabricação, sendo pouco utilizadas. Essas vigas de madeira são utilizadas em vãos de até 30 m, enquanto as vigas de madeira serrada limitam-se a vãos de 10 m.

As vigas compostas de peças maciças entarugadas podem ser obtidas por superposição de vigas maciças simples, desde que possuam os elementos de ligação nas interfaces, para evitar os deslocamentos relativos entre as peças. As ligações podem ser feitas com tarugos ou endentações. Parafusos de amarração são colocados para impedir a separação física destas. A contribuição destes parafusos na absorção de esforços horizontais é desprezada.

As vigas compostas de peças maciças com almas contínuas são ligadas, em geral, com conectores deformáveis (pregos ou conectores de anel). A altura destas vigas é limitada pelas

dimensões comerciais das almas maciças (máxima altura da alma 30 cm a 40 cm), sendo que podem atingir alturas de 50 cm a 60 cm.

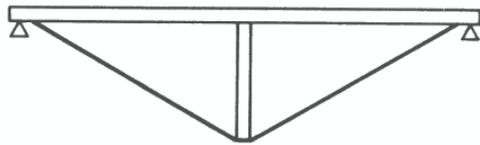
As vigas compostas com alma descontínua pregada são formadas de tábuas ou pranchas independentes, pregadas nos flanges, para formar a alma da viga. Com este processo podem-se obter vigas com alturas maiores do que as vigas citadas anteriormente. A ligação das tábuas é feita com pregos longos, os quais absorvem os esforços de cisalhamento.

Nas vigas compostas de madeira compensada, placas estruturais são utilizadas para formar a alma, cujos flanges são constituídos por madeira laminada ou serrada. Os painéis são emendados com cola, sendo as juntas inclinadas; os flanges são ligados à alma por meio de cola. Enrijecedores são colados nas placas da alma, a espaços regulares, devido à grande esbeltez da viga.

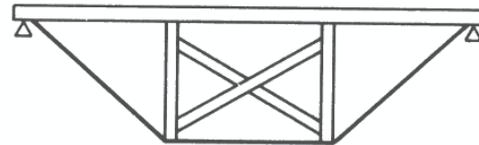
As vigas têm dimensões mínimas regulamentadas pela NBR-7190 e são as mesmas indicadas na Tabela 2. Devem, sempre que possível, ser construídas com uma contraflecha, de modo a evitar os efeitos pouco estéticos de “barrigas” visíveis a olho nu.

#### 2.4. Vigas Armadas

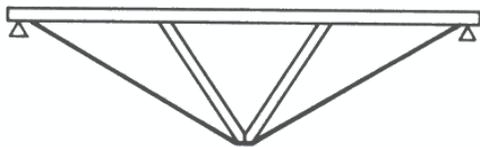
As vigas armadas (Figura 11) são vigas simples ou compostas, reforçadas com tirantes inferiores. Estes tirantes são em geral vergalhões redondos, de aço comum, ancorados nas extremidades com rosca e porca. Os pontos de apoio dos tirantes na madeira são em geral guarnecidos de chapas metálicas, com o fim de reduzir as tensões de apoio.



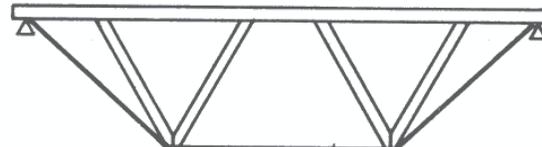
Viga com tirante inferior e uma escora no meio do vão



Viga com tirante inferior e duas escoras no meio do vão



Viga com escoras em forma de V



Viga com duas escoras em forma de V

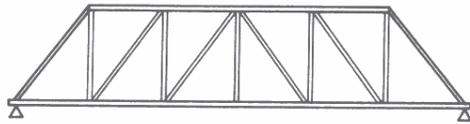
**Figura 11. Vigas armadas.**

#### 2.5. Treliças Planas

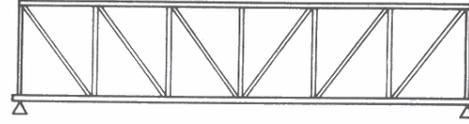
Treliças são estruturas formadas por barras ligadas pelas extremidades, formando um conjunto rígido. Os nós da treliça, que constituem os pontos de união das barras, são admitidos rotulados, embora a ligação tenha alguma rigidez. São denominadas isostáticas quando os esforços nas barras podem ser determinados pelas três equações de equilíbrio da Estática.

As treliças isostáticas são divididas em três categorias:

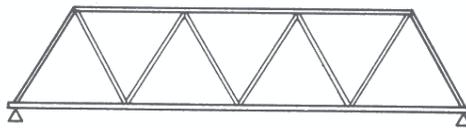
- **Simples** – são aquelas formadas a partir de três barras ligadas em triângulo, juntando-se a estas duas novas barras para cada novo nó rotulado. São as mais empregadas na prática, sendo que as mais usuais são conhecidas pelos nomes dos engenheiros que as popularizaram. São elas (Figura 12): viga Howe que apresenta diagonais comprimidas e montantes tracionados; viga Pratt, diagonais tracionadas e montantes comprimidos; e a viga Warren, parte das diagonais são comprimidas e parte são tracionadas.



Viga Howe



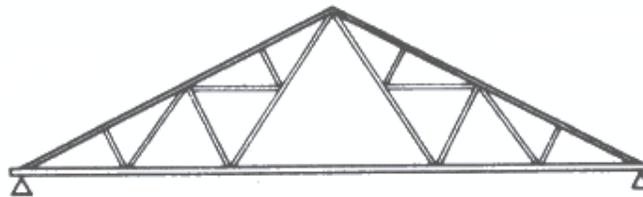
Viga Pratt



Viga Warren

**Figura 12. Treliças simples.**

- **Compostas** – formadas pela ligação de duas ou mais treliças simples, por meio de rótulas ou barras birrotuladas (Figura 13);



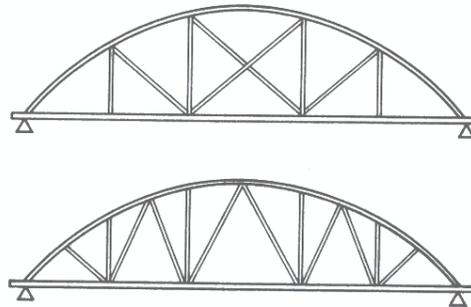
Viga tipo Polonceau ou Fink

**Figura 13. Treliça composta.**

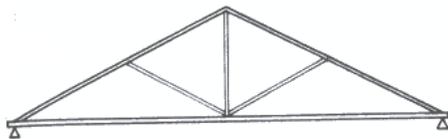
- **Complexas** – não obedecem às regras de formação de treliças simples ou compostas.

Na construção de grandes vãos, emprega-se uma treliça com o banzo superior em forma de arco (Figura 14), a fim de reduzir as solicitações das peças da alma (montantes ou diagonais). Em coberturas, empregam-se treliças com o banzo superior inclinado (Figura 15), sendo que a mais utilizada é a treliça tipo tesoura.

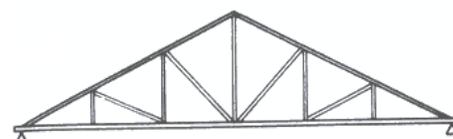
Os pormenores construtivos de uma treliça são influenciados pelos tipos de ligações utilizadas nos nós, sendo que as barras podem ser simples ou múltiplas. As barras simples são mais convenientes para as peças comprimidas. As treliças de madeira são construídas com contraflechas, para balancear o fato de ocorrerem flechas decorrentes do trabalho elástico da deformabilidade das ligações e da deformação lenta da madeira. As contraflechas recomendadas para treliças de cobertura são da ordem de 4% do vão.



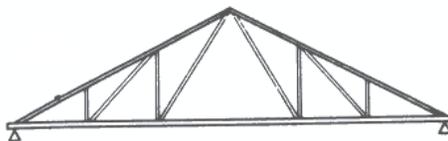
**Figura 14. Treliças em forma de arco.**



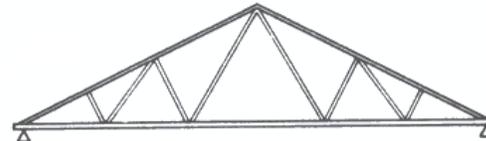
Treliça Howe com montantes principais (coberturas de pequenos vãos)



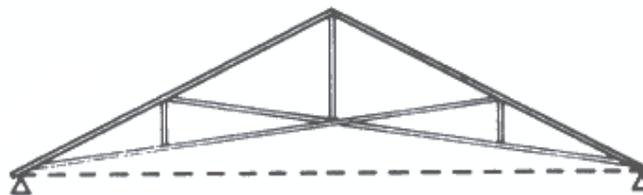
Treliça tipo Howe



Treliça tipo Pratt



Treliça belga



Treliça tipo tesoura

**Figura 15. Treliças triangulares.**

### 3. LIGAÇÕES

As peças de madeira bruta têm o comprimento limitado pelo tamanho das árvores, meios de transporte, etc. As de madeira serrada são fabricadas em comprimentos ainda mais limitados, em geral de 4 a 5 m.

#### 3.1. Tipos de Ligações

Os principais tipos de ligações são: colagem (Figura 16), pregos (Figura 17), parafusos (Figura 18), cavilhas (Figura 19), conectores metálicos (Figura 20), entalhe ou encaixe (Figura 21) e tarugos (Figura 22).

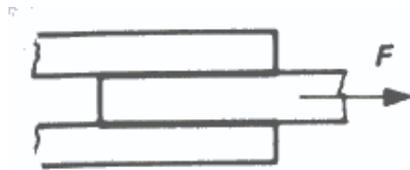


Figura 16. Colagem.

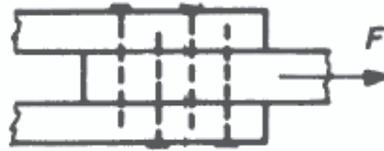


Figura 17. Pregos.

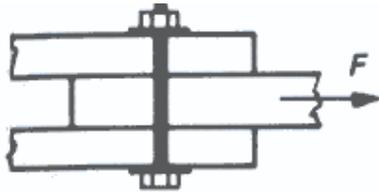


Figura 18. Parafuso.

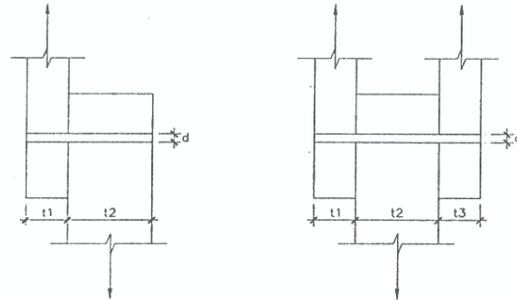


Figura 19. Cavilha.

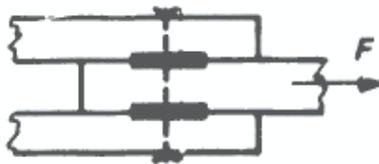


Figura 20. Conector.

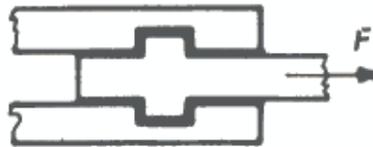


Figura 21. Entalhe.

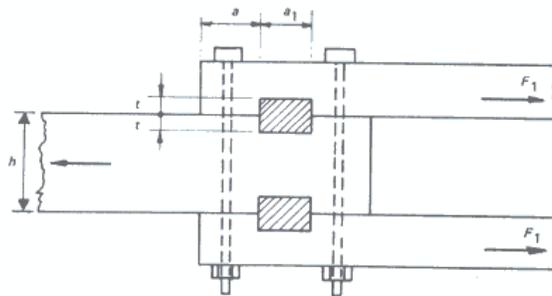


Figura 22. Tarugo.

A colagem é utilizada em larga escala nas fábricas de peças de madeira laminada e madeira compensada. Nas peças laminadas de grande comprimento, as lâminas individuais são emendadas com cola, empregando-se uma seção denteada ou plana enviesada. As emendas realizadas na obra não são, em geral, coladas, pois a colagem deve ser feita com controle rigoroso da cola, da umidade da madeira, da pressão e da temperatura.

Cavilhas são pinos de madeira torneados. Tarugos são peças de madeira dura ou de metal, colocadas no interior de entalhes, para transmitir esforços. São mantidos na posição por meio de parafusos.

Os grampos e braçadeiras são utilizados nas ligações apenas como elementos auxiliares de montagem, não sendo considerados elementos de ligação estrutural.

### 3.2. Pregos

Os pregos são peças metálicas, em geral, cravadas na madeira com impacto, e utilizados em ligações de montagem e ligações definitivas.

São fabricados com aço-doce, em grande variedade de tamanhos (Figura 23), padronizados pela ABNT em milímetros. Têm uma nomenclatura comercial tradicional, assim denominada: diâmetro em feira francesa e comprimento em linha de polegada portuguesa. São vendidos no varejo em pacotes de um ou dois kg, sendo que as bitolas mais empregadas na construção civil são apresentadas na

Tabela 3. Fabrica-se também pregos com arames de aço duro, com superfície helicoidal para dar maior resistência ao arrancamento.

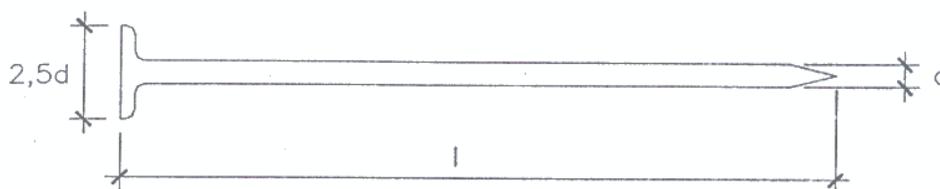


Figura 23. Dimensões do prego.

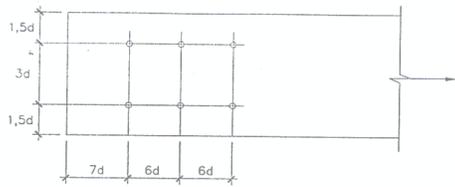
Tabela 3. Bitolas comerciais de pregos mais utilizadas no Brasil (d - diâmetro; l - comprimento).

BITOLA	d (mm) x l (mm)	Nº DE PREGOS POR kg
17 x 27	3,0 x 54	285
18 x 30	3,4 x 60	205
19 x 36	3,9 x 72	140
22 x 48	5,4 x 100	56

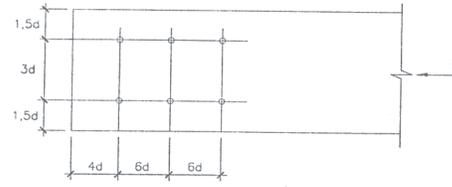
#### 3.2.1. Disposições Construtivas

As uniões pregadas são utilizadas na fabricação de peças compostas, ligação de peças de contraventamento, etc, devendo-se levar em consideração as seguintes disposições:

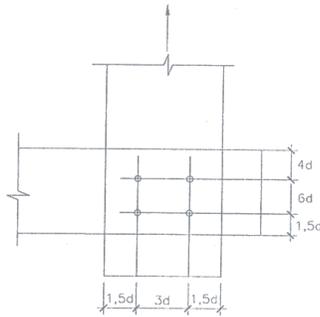
1. Não podem ser utilizadas ligações com um único prego;
2. Ligações com 4 ou mais pregos são consideradas rígidas, desde que respeitados os diâmetros de pré-furação;
3. Pré-furação obrigatória: coníferas - 0,85 o diâmetro do prego; dicotiledôneas - 0,98 o diâmetro do prego. Em estruturas provisórias é dispensada a pré-furação, desde que seja utilizada madeira mole, que permita a penetração sem fendilhamento, devendo-se ter também  $d \leq 1/6$  da espessura de madeira mais fina e espaçamento entre pregos  $\geq 10d$ ;
4. O diâmetro dos pregos deve ser:  $d \leq t/5$ , sendo t a espessura de madeira mais fina. Permite-se ainda  $d \leq t/4$ , desde que o diâmetro do furo seja igual ao diâmetro do prego;
5. O espaçamento mínimo entre os pregos depende do tipo de solicitação (tração ou compressão) da peça e da ligação, conforme as figuras abaixo:



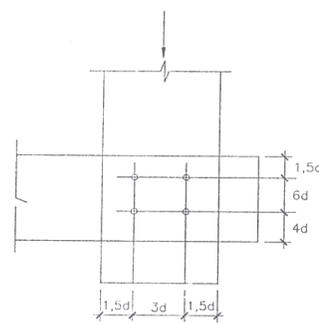
**Figura 24**



**Figura 25**



**Figura 26**

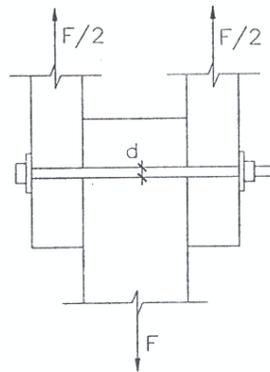


**Figura 27**

### 3.3. Parafusos

Os parafusos podem ser de dois tipos: rosqueados auto-atarraxantes e com porcas e arruelas. Os primeiros não são, em geral, empregados como elementos de ligação de peças estruturais de madeira.

Nas ligações estruturais são utilizados parafusos cilíndricos e lisos, tendo numa extremidade uma cabeça e na outra uma rosca e porca (Figura 28). São instalados em furos com folga máxima de 1 a 1,5 mm e depois apertados com porca. Para reduzir a pressão de apoio na superfície da madeira, utilizam-se arruelas metálicas.



**Figura 28. Parafuso com porca e arruela.**

As arruelas devem ter diâmetro mínimo igual a três vezes o diâmetro do parafuso ( $3d$ ) ou lado da arruela, e espessura mínima de 6 mm ou  $1/8$  do lado ou diâmetro da arruela. Comercialmente, elas são quadradas ou circulares.

Os parafusos funcionam como pinos, sendo que não é permitido contar com o atrito gerado pelo aperto da porca, pois a retração e a deformação lenta da madeira podem afrouxar o parafuso.

### 3.3.1. Disposições Construtivas

1. Ligações aparafusadas com 4 ou mais parafusos são consideradas rígidas quando a pré-furação é feita com diâmetro não maior que o diâmetro do parafuso, acrescido de 0,5 mm. Se forem adotados furos maiores a ligação é deformável;
2. Recomenda-se que os parafusos estruturais tenham diâmetro  $\geq 10$  mm, com resistência característica  $\geq 240$  MPa;
3. O parafuso deve ter ainda diâmetro mínimo  $\leq t/2$ , sendo  $t$  a menor espessura das peças ligadas;
4. Espaçamentos mínimos são dados conforme as figuras abaixo:

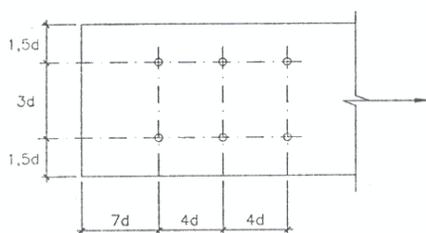


Figura 29

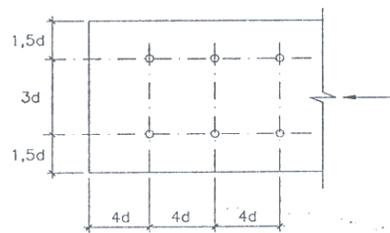


Figura 30

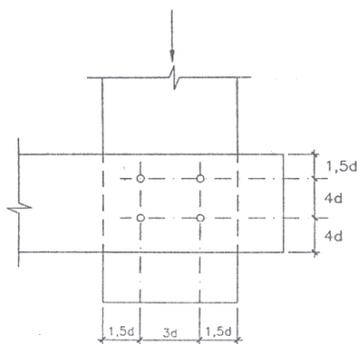


Figura 31

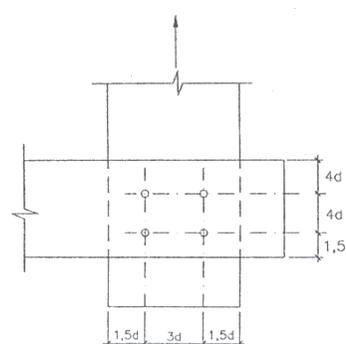


Figura 32

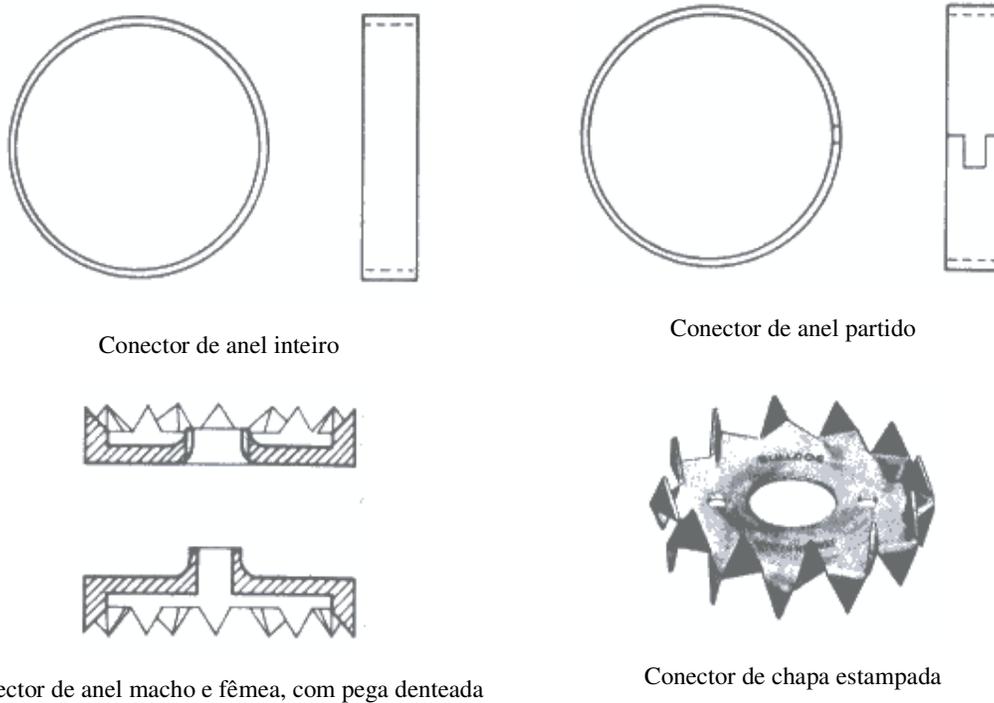
### 3.4. Conectores Metálicos

Os conectores são peças metálicas, em geral em forma de anel, encaixadas em ranhuras na superfície da madeira, apresentando grande eficiência na transmissão de esforços. No local de cada conector coloca-se um parafuso para impedir a separação das peças ligadas. A Figura 33 mostra alguns tipos de conectores metálicos, sendo que o conector de anel partido é o mais utilizado na prática.

#### 3.4.1. Disposições Construtivas

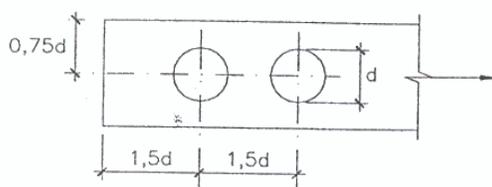
1. Diâmetros permitidos dos anéis metálicos nas ligações: 64 mm e 102 mm, acompanhados de parafusos de diâmetro 12 mm e 19 mm, respectivamente (NBR-8800);

2. Ligações feitas com anéis são consideradas rígidas;
3. Espessura mínima das paredes dos anéis: 4 mm para o diâmetro do anel de 64 mm e 5 mm para o diâmetro de 102 mm;

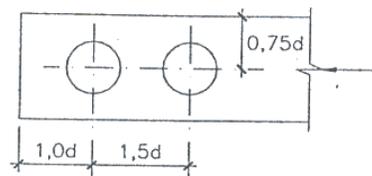


**Figura 33. Conectores metálicos.**

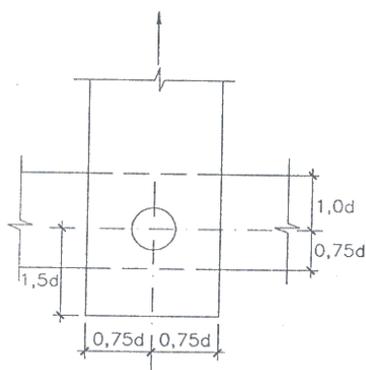
4. Espaçamentos mínimos mostrados nas figuras abaixo:



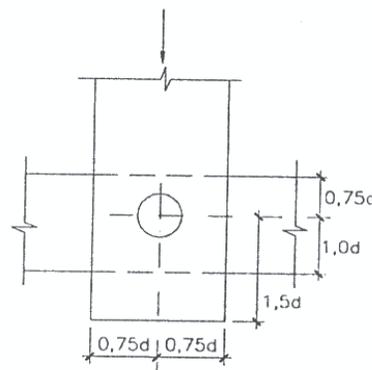
**Figura 34**



**Figura 35**



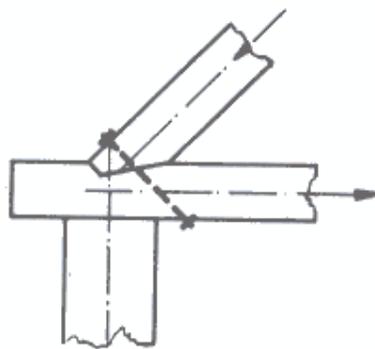
**Figura 36**



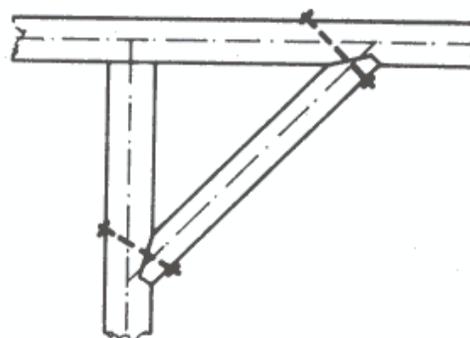
**Figura 37**

### 3.5. Ligações por Entalhe

Ligações por entalhe são aquelas em que a madeira trabalha à compressão associada ao corte e a transmissão dos esforços é feita por apoio nas interfaces. Na Figura 38 são mostradas duas ligações por entalhe.



Empena de treliça de cobertura



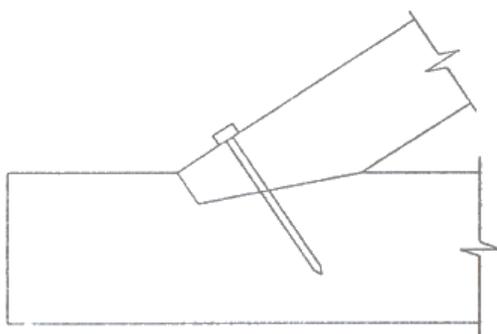
Escora inclinada, entalhe de um dente

**Figura 38. Ligações por entalhe.**

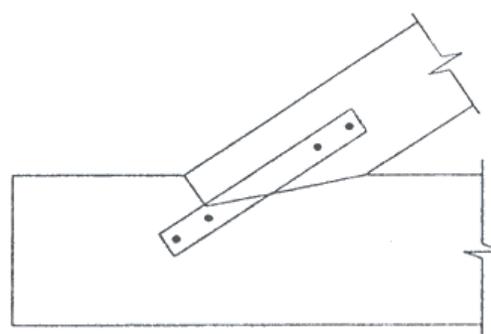
Os entalhes devem ser executados com grande precisão, para que as forças transmissoras de esforços permaneçam em contato antes do carregamento, pois havendo folga, a ligação se deformará até que as faces se apoiem efetivamente. Estas peças são mantidas na posição por meio de grampos, parafusos ou talas laterais de madeira pregadas, não sendo, portanto, levadas em consideração no cálculo da capacidade de carga da ligação.

#### 3.5.1. Disposições Construtivas

1. Os eixos das barras devem encontrar-se, sempre que possível, no nó teórico da estrutura;
2. A profundidade do dente ( $t$ ) deve situar-se nos seguintes limites:  $\frac{1}{8}h \leq t \leq \frac{1}{4}h$  e  $t \geq 2$  cm;
3. Mesmo que a peça seja comprimida, deve-se colocar um dispositivo de fixação (Figura 39) contra eventuais esforços de tração, tais como parafusos, braçadeiras e chapas metálicas parafusadas.



Fixação por prego



Fixação por chapa metálica aparafusada

**Figura 39. Fixações das ligações por entalhe.**

#### 4. PRESERVAÇÃO DA MADEIRA

A madeira em geral, sofre a ação de vários agentes externos e internos, que podem causar o seu apodrecimento, afetando sua durabilidade. Dentre estes agentes, pode-se citar fungos, insetos (cupins, carunchos e vespas), o sol, o vento e a chuva, além de alguns metais (como meio de junção) e de produtos químicos. As possíveis conseqüências podem ser diferentes, dependendo de cada caso, sendo necessário compreendê-las antes de se pensar no tratamento adequado para cada um.

- **Insetos** - perfuram a madeira. A proteção contra estes tipos de animais é feita normalmente com o emprego de substâncias venenosas, ou então, revestindo a madeira com chapas duras ou que não atraiam esses animais, como por exemplo, a combustão superficial que deixa uma camada de carvão que os repele.
- **Fungos** - deterioram a madeira causando o seu apodrecimento. A acidez de suas raízes faz a madeira se decompor. A melhor medida a ser tomada, além de procedimentos anti-sépticos, é impedir o acúmulo da umidade superficial. Geralmente pinturas a óleo, de borracha e de asfalto atendem a essa condição, já existindo no mercado composições que protegem a madeira tanto dos fungos, como dos insetos simultaneamente.
- **O sol** – sua ação sobre a madeira se dá pela radiação UV, tanto por ondas curtas como longas, e pela variação de temperatura. A radiação por ondas curtas provoca na madeira uma agressão fotoquímica, destruindo a camada superficial da madeira por fotólise. Conseqüentemente, pode ocorrer descoloração, amarelamento e escurecimento, além da elevação da capacidade de absorção, e do ataque por fungos. A radiação por ondas longas ou a variação da temperatura, provocam ressecamento, modificações nas dimensões do produto devido às retrações e inchaços, e maiores solicitações mecânicas da peça. Conseqüentemente, falta de estancamento, aparecimento de fendas, pintura estragada, acumulação de umidade, etc., levando a madeira ao apodrecimento e à sua destruição.
- **Vento** – sua ação sobre a madeira provoca erosão da substância lenhosa e envelhecimento das juntas de estancamento, fazendo com que este se ausente.
- **A água das chuvas** – considerada um dos principais agentes destruidores da madeira. Ela faz com que as substâncias constitutivas da madeira se diluam, causando degradação superficial, alteração da cor, enfraquecimento mecânico e a elevação da capacidade de absorção superficial. A umidade do solo, do ambiente ou a água de condensação provocam um acúmulo de umidade e modificações das dimensões das peças, com conseqüente ataque de fungos descolorantes e destruidores da madeira.
- **Metais** - Existem alguns tipos de metais que funcionam como meio de junção de peças e que podem trazer danos à madeira. O elevado acúmulo térmico nos metais e a reação química entre os constituintes da madeira (valor do pH) e os metais, podem causar a formação de condensação, alterando a coloração da madeira (como exemplo, as reações ferro-tanino). Conseqüentemente, ocorre corrosão nos metais e o apodrecimento da madeira.
- **Reação química** - alguns produtos de preservação da madeira provocam alterações da colagem e da pintura, assim como corrosão dos materiais sintéticos e dos metais. A conseqüência provável é a destruição dos revestimentos utilizados.

#### 4.1. Tipos de Tratamentos

Tanto os agentes externos como internos são combatidos através do uso de produtos preservantes, que irão proporcionar vida útil mais longa à madeira. Existem diversos tipos de tratamentos que podem ser empregados na utilização da madeira, sendo o mais utilizado o tratamento anti-séptico.

Este tipo de tratamento destrói os micróbios através de processos químicos, que são aplicados antes da colocação das peças, fazendo com que toda ela seja submetida ao tratamento. Os métodos anti-sépticos mais comuns são: tratamento por imersão, por difusão, por impregnação por vácuo e por impregnação por vácuo à pressão.

- **Tratamento por imersão:** utiliza como anti-sépticos dissolventes orgânicos, que são aplicados às peças logo ao saírem da máquina, ou ainda em peças encaixadas. É eficaz em qualquer tipo de madeira exceto àquelas de pouca permeabilidade. Provoca certo grau de estabilização dimensional, assim como protege contra fungos.
- **Tratamento por difusão:** emprega anti-sépticos à base de compostos bóricos e água contaminada. O tratamento é aplicado em madeiras de todo o tipo, recém-saídas da serralheria, que já podem ser lavradas sem mais requisitos.
- **Tratamento por impregnação por vácuo:** utiliza dissolventes orgânicos, que penetram totalmente a madeira com muita seiva. Pode ser usado em todas as madeiras, proporcionando alguma estabilização dimensional, como também contra fungos.
- **Tratamento por impregnação por vácuo à pressão:** usa anti-sépticos como cobre, cromo e água contaminada. Torna-se menos eficiente que as demais à medida que impede apenas o apodrecimento da madeira, e não distorções devido à variação de temperatura.

#### 5. BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

PFEIL, Walter. Estruturas de Madeira. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1994.

MOLITERNO, Antonio. Caderno de Projetos de Telhados em Estruturas de Madeira. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

ROSA NETO, José Perilo da. Notas de aula – Estruturas de Madeira I. UFPa.

Sites:

<http://graduacao.pcc.usp.br/pcc337/1999%2001/Aulas%2099%2001/madeira%20-%20beneficiamento/Default.htm>

<http://www.arq.ufsc.br/~labcon/arg5661/Madeiras/>