

ESTRUTURAS DE MADEIRA II



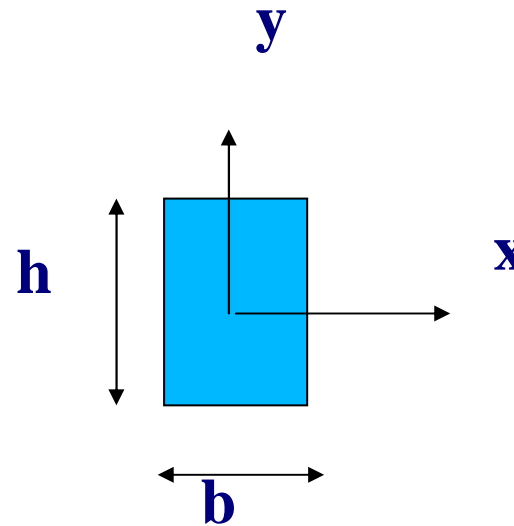
Marcio Varela

Parâmetros Geométricos

- Momento de Inércia (I)
 - Relação geométrica entre a área da seção e a distância da extremidade da seção ao seu centro. Deve ser verificada em relação aos dois lados da seção.
 - **Seção retangular:**

$$I_x = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

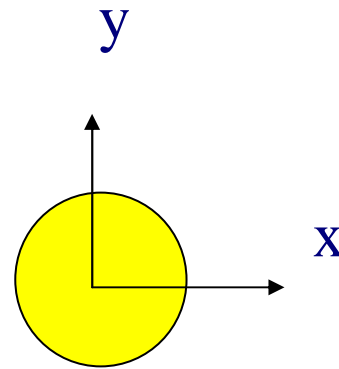
$$I_y = \frac{b^3 \cdot h}{12}$$



Parâmetros

- Seção circular

$$I_x = I_y = \frac{\pi \cdot d^4}{64}$$



Parâmetros

- Raio de Giração (i)
- Raiz quadrada da razão momento de inércia/área da seção.

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

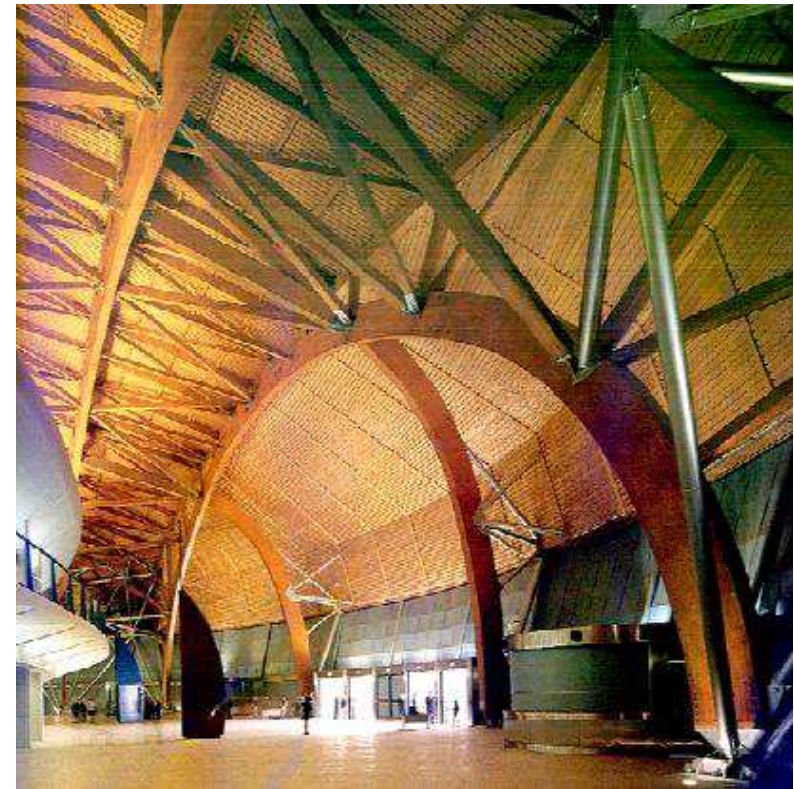


Parâmetros

- Comprimento de Flambagem (L_f)
- Relação entre o comprimento da peça e sua condição de contorno.

- Bi-rotulado

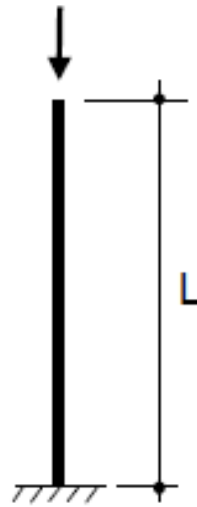
- $L_f = L$



Parâmetros

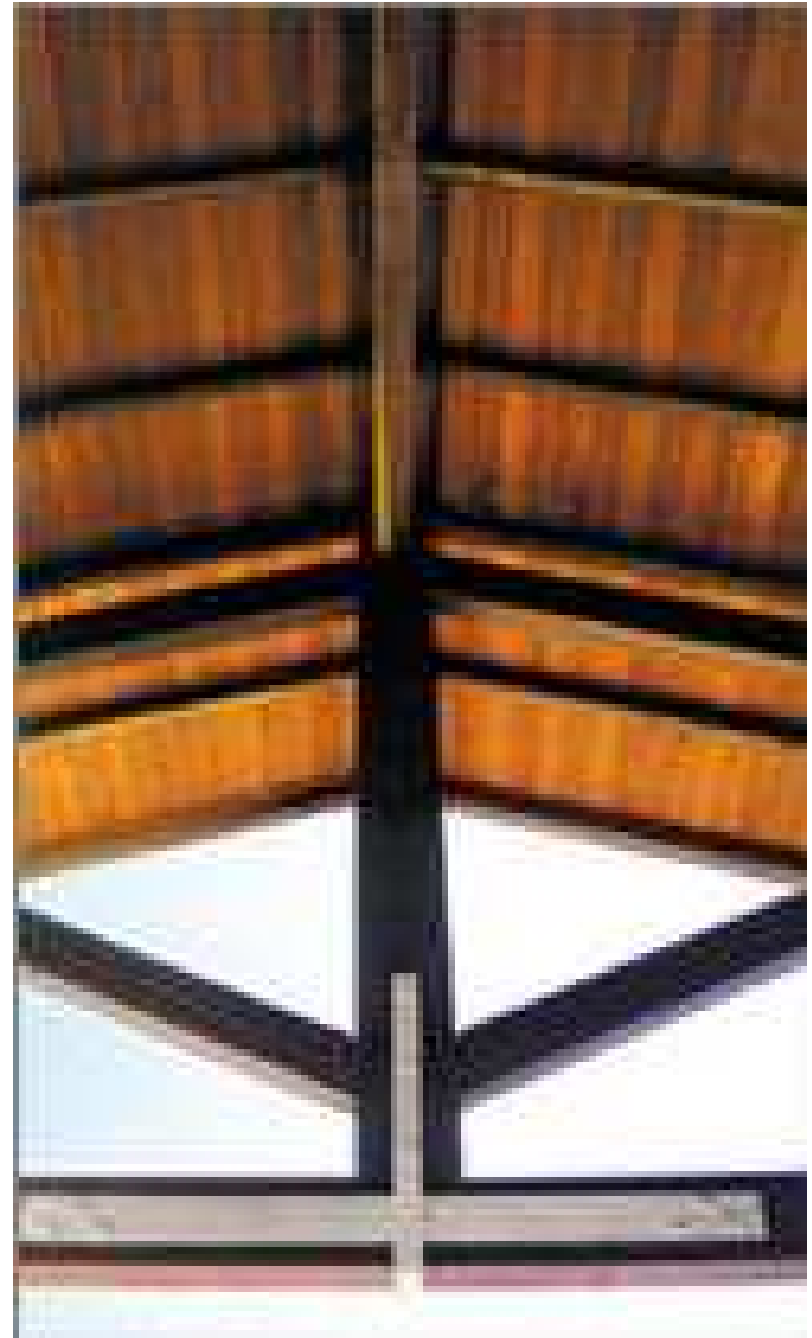
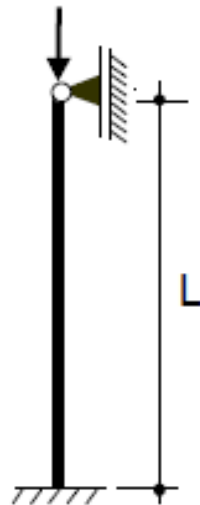
- Engastado

- $L_f = 2 \cdot L$



- Engastado-Rotulado

- $L_f = \frac{2}{3} \cdot L$



Parâmetros

- Índice de Esbeltez (λ)
 - Dado pela relação entre o comprimento de flambagem/raio de giração.

- $$\lambda = \frac{L_f}{i}$$

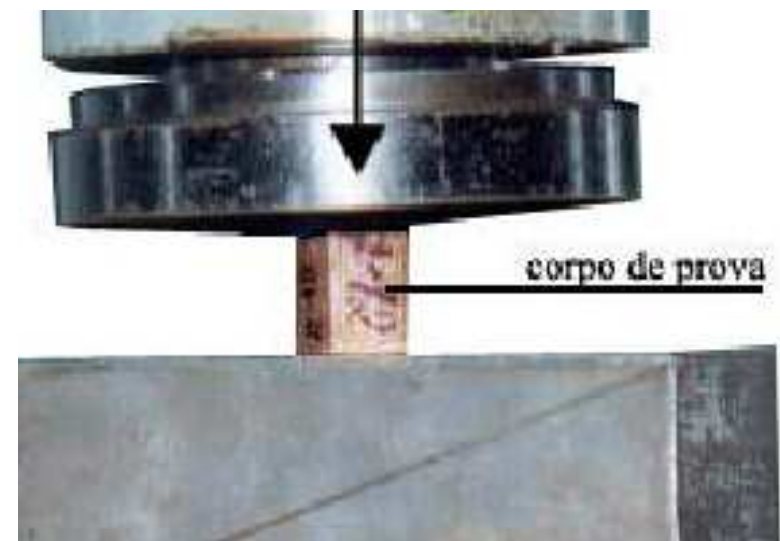


Propriedades Mecânicas

- Tensão de Ruptura na Compressão

- $f_c = \frac{N_u}{A}$

- f_c = tensão de ruptura;
- N_u = Carga de ruptura;
- A = área da seção da peça.



Tensões Admissíveis

- Tensão admissível à compressão simples paralelas às fibras:

- $$f_{c0,d} = k_{\text{mod}} \times \frac{f_{c0,k}}{1,4}$$

$f_{c0,d}$ = Tensão admissível;

$f_{c0,k}$ = Tensão de Ruptura



Tensões Admissíveis

- **Estabilidade para peças comprimidas**
 - Peças comprimidas podem atingir seu estado limite por perda de estabilidade em função da sua esbeltez. Assim, além da verificação da resistência deve-se verificar a estabilidade da peça de acordo com as indicações a seguir, considerando-se os seguinte casos:



Tensões Admissíveis

- $\lambda < 40$; Não há efeito de flambagem, a peça tende a romper por esmagamento, ou seja, prevalece a tensão admissível a compressão simples.

- Ou seja:

- $\sigma_{fl} = f_{C0,d}$



Tensões Admissíveis

- $40 < \lambda < \lambda_c$; Ocorre flambagem inelástica, ou seja, tensões superiores ao limite de proporcionalidade.

- $$\sigma_{fl} = f_{C0,d} \cdot \left[1 - \frac{1}{3} \cdot \frac{(\lambda - 40)}{(\lambda_c - 40)} \right];$$

- $$\lambda_c = \pi \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot E}{8 \cdot f_{C0d}}};$$



Tensões Admissíveis

- $\lambda > \lambda_c$; A tensão admissível é dada pela fórmula de Euler, aplicada com coeficiente de segurança global igual a 4.

- $$\sigma_{fl} = 0,25 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2};$$

- $$\lambda_c = \pi \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot E}{8 \cdot f_{C0,d}}};$$

A Norma Brasileira estabelece que neste caso:

$$\sigma_{fl} \leq \frac{2}{3} \cdot f_{C0,d}$$





- Exemplo

Exercício

- Determinar a tensão admissível a compressão na direção das fibras em uma peça de seção retangular 7,5 x 15 cm, com comprimento de flambagem igual a:
 - 0,75 m;
 - 1,23 m;
 - 1,80 m.

Tabela E.2 - Valores médios de madeiras dicotiledôneas nativas e de florestamento

Nome comum (dicotiledôneas)	Nome científico	$\rho_{ap}^{(12\%)}$ ¹⁾ kg/m ³	f_{c0} ²⁾ MPa	f_{t0} ³⁾ MPa	f_{t90} ⁴⁾ MPa	f_v ⁵⁾ MPa	E_{c0} ⁶⁾ MPa	⁷⁾ n
Ipê	<i>Tabebuia serratifolia</i>	1 068	76,0	96,8	3,1	13,1	18 011	22
Jatobá	<i>Hymenaea spp</i>	1 074	93,3	157,5	3,2	15,7	23 607	20
Louro preto	<i>Ocotea spp</i>	684	56,5	111,9	3,3	9,0	14 185	24
Maçaranduba	<i>Manilkara spp</i>	1 143	82,9	138,5	5,4	14,9	22 733	12
Mandioqueira	<i>Qualea spp</i>	856	71,4	89,1	2,7	10,6	18 971	16
Oiticica amarela	<i>Clarisia racemosa</i>	756	69,9	82,5	3,9	10,6	14 719	12
Quarubarana	<i>Erismia uncinatum</i>	544	37,8	58,1	2,6	5,8	9 067	11

Solução:

- Calcular I:

$$\lambda = \frac{l_{fl}}{i};$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}};$$

$$\lambda < 40$$

$$\sigma_{fl} = f_{C0,d}$$

$$40 < \lambda < \lambda_c :$$

$$\sigma_{fl} = f_{C0,d} \cdot \left[1 - \frac{1}{3} \cdot \frac{(\lambda - 40)}{(\lambda_c - 40)} \right];$$

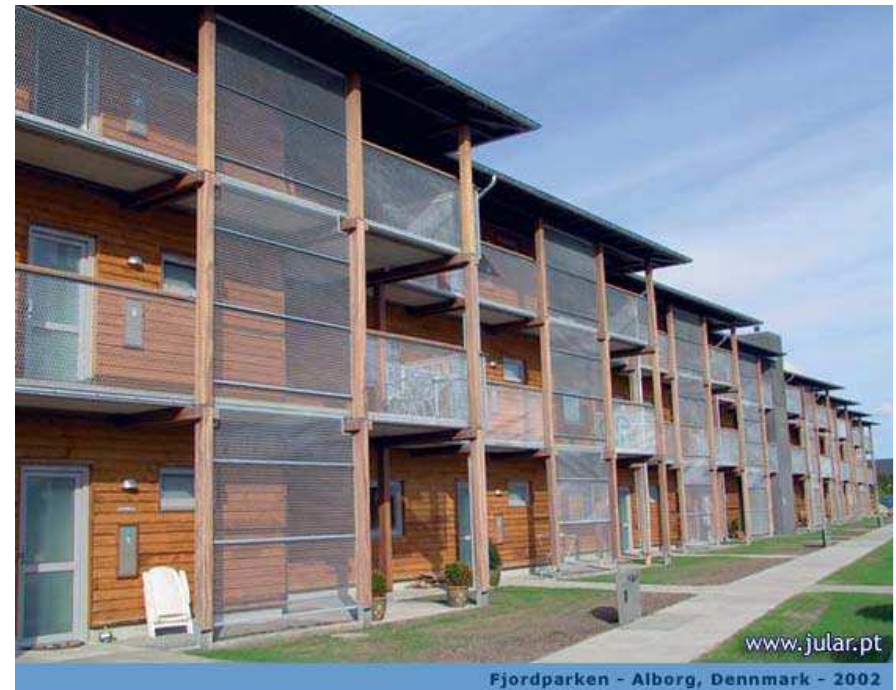
$$\lambda > \lambda_c$$

$$\sigma_{fl} = 0,25 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2};$$

$$\lambda_c = \pi \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot E}{8 \cdot f_{C0,d}}};$$

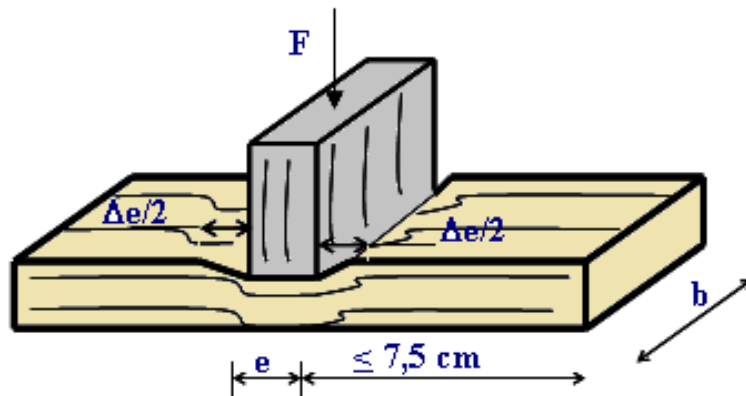
Exercício

- Dimensionar um pilar de seção quadrada com a madeira Quarubarana para suportar uma carga de 15 tf, sendo 10 tf de carga permanente e 5 tf de carga accidental. Sabendo-se que funcionará como bi-rotulada e que seu comprimento são 3 metros. A madeira utilizada será serrada, classe de umidade 3 e de 2ª categoria. Para a seção transversal usar um valor inteiro em centímetros para o lado do quadrado.



Tensões Admissíveis

- Tabela de α_n Fornecida Pela Norma



e = Extensão da carga normal às fibras, em cm.	Valores de α_n usados no cálculo da resistência $f_{c90,d}$
1	2,00
2	1,70
3	1,55
4	1,40
5	1,30
7.5	1,15
10	1,10
15	1,00

Exercício

- Determinar a tensão admissível a compressão em uma peça vertical de pinho-do-paraná com $l_{fl} = 75$ cm, apoiada sobre uma peça de peroba rosa, conforme indicado na figura. Na peça de apoio deve ser analisado apenas a pressão de contato com a peça vertical.

Pinho do paraná

$$f_{c0,d} = 51 \text{kgf} / \text{cm}^2$$

$$E = 105000 \text{kgf} / \text{cm}^2$$

Peroba rosa

$$f_{c90,k} = 425 \text{kgf} / \text{cm}^2$$

$$E = 95250 \text{kgf} / \text{cm}^2$$

