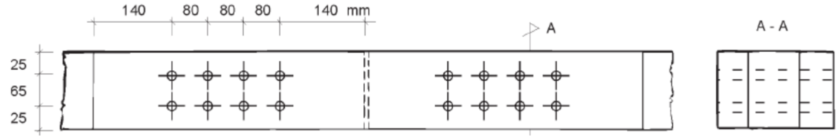
1) Duas peças tracionadas (115 mm × **48** mm) de **Sucupira** de segunda categoria usado em ambiente de classe 2 de umidade, estão ligadas por parafusos de d=19 mm (d'=20 mm) à duas talas laterais metálicas. Considere carga de longa duração. Calcular o esforço normal resistente de tração paralela às fibras de projeto, N_{dres}.

N_{dres}=96,7 kN



$$A_n = (h - 2d')b \qquad N_{dres} = A_n\, f_{td}$$

Solução:

$$f_{td} = k_{mod}\frac{f_{tk}}{\gamma_w} = 0{,}70\times1{,}0\times0{,}80\times\frac{0{,}70\times123{,}4}{1{,}8} = 26{,}87\ \text{MPa}$$

$$A_n = (h - 2d') = (11{,}5 - 2\times2{,}0)\times4{,}8 = 36\ \text{cm}^2$$

$$N_{dres} = A_n\, f_{td} = 36\times2{,}687 = 96{,}7\ \text{kN}$$

2) Para uma obra em estrutura de madeira será utilizada uma espécie da qual não se conhecem as propriedades mecânicas. Para isto foram realizados ensaios de amostras sem defeitos de um lote de madeira cujo grau de umidade médio é igual a 17%. Foram realizados oito ensaios de flexão e determinados os valores abaixo relacionados para a tensão resistente **f_M**. Determinar o valor característico da tensão resistente de cálculo **f_{cd}** referido à condição padrão de umidade.

Amostra	1	2	3	4	5	6	7	8
f_{Mi}(MPa)	64	75	63	73	68	77	72	84

O local de construção tem umidade relativa do ar média igual a 74%. A madeira é serrada de 2ª categoria e deve ser verificada de acordo com a norma NBR 7190 para cargas de média duração.

$$f_m = \frac{\sum f_i}{n} \quad i = 1, n \qquad \sigma = \sqrt{\frac{\sum(f_m - f_i)^2}{n}} \quad i = 1, n \qquad f_k = f_m - 1{,}645\sigma$$

$$f_{12} = f_U\left[1 + \frac{3(U-12)}{100}\right]$$

Solução:

f_{cd}= 24,80 MPa

3) Determinar a carga concentrada máxima de projeto, P_d, no meio de um vão de **330** cm, de uma viga de 9,0 cm × 18,0 cm, em **Tatajuba** de 2ª categoria, classe de umidade 2. Considere carga de longa duração.

P_d= 13,11 kN

$$\frac{M_d}{W} \leq f_{cd}$$

Solução:

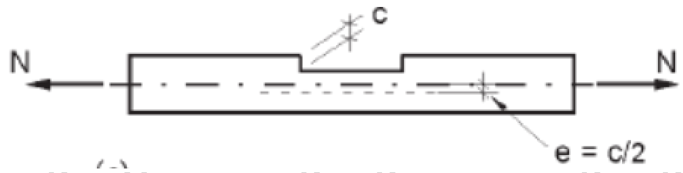
$$f_{cd} = k_{mod}\frac{f_{ck}}{\gamma_w} = 0{,}70\times1{,}0\times0{,}80\times\frac{0{,}70\times79{,}5}{1{,}4} = 22{,}26\text{MPa}$$

$$\frac{M_d}{W} \leq f_{cd} \;\Rightarrow\; \frac{\frac{P_d L}{4}}{\frac{bh^2}{6}} \leq f_{cd}$$

$$\frac{\frac{P_d(360\text{ cm})}{4}}{\frac{(9{,}0\text{ cm})(18\text{ cm})^2}{6}} \leq 2{,}226\frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \qquad P_d = 13{,}11\text{ kN}$$

4) Um pranchão de **Angelim-ferro** de 2ª categoria, classe de umidade 2, de 8,0 cm × **24,5** cm está sujeito a um esforço de tração, originado de carga de longa duração. Calcular o esforço normal de tração paralela às fibras resistente de projeto, N_d, com segurança à flexotração numa seção que tenha uma endentação de profundidade c = 3,5 cm segundo a altura da seção. Considere carga de longa duração.

N_d= 287,3 kN



$$\sigma_{td} + \sigma_{Md} \leq f_{td} \;\Rightarrow\; \frac{N_d}{A}+\frac{M_d}{W} \leq f_{td} \;\Rightarrow\; \frac{N_d}{A}+\frac{N_d\,e}{W} \leq f_{td} \;\Rightarrow\; \frac{N_d}{b\,h}+\frac{N_d\,e}{\frac{bh^2}{6}} \leq f_{td}$$

Solução:

$$f_{td} = k_{mod}\frac{f_{tk}}{\gamma_w} = 0{,}70\times1{,}0\times0{,}80\times\frac{0{,}70\times117{,}8}{1{,}8} = 25{,}65\text{ MPa}$$

$$\sigma_{td} + \sigma_{Md} \leq f_{td} \;\Rightarrow\; \frac{N_d}{A}+\frac{M_d}{W} \leq f_{td} \;\Rightarrow\; \frac{N_d}{A}+\frac{N_d\,e}{W} \leq f_{td} \;\Rightarrow$$

$$\frac{N_d}{b\,h}+\frac{N_d\,e}{\frac{bh^2}{6}} \leq f_{td} \;\Rightarrow\; \frac{\mathbf{N_d}}{(8{,}0\text{ cm})(21{,}0\text{ cm})}+\frac{\mathbf{N_d}\times1{,}75\text{ cm}}{\frac{(8{,}0\text{ cm})(21{,}0\text{ cm})^2}{6}} \leq 2{,}565\frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\mathbf{N_d} \leq 287{,}3\ \mathbf{kN}$$

5) Para uma coluna (**10,0** cm × 12,0 cm) de **Branquilho** de 2ª categoria, classe de umidade 2, sujeito à compressão simples, calcular a carga máxima de projeto N_d para a peça com $\ell_{f\ell}$ = 205 cm. Considere carga de longa duração.

$$40 < \lambda \leq 80 \;\Rightarrow\; \sigma_{td} + \sigma_{Md} \leq f_{cd} \;\Rightarrow\; \frac{N_d}{A} + \frac{M_d}{W} \leq f_{cd} \;\Rightarrow\; \frac{N_d}{A\,f_{cd}} + \frac{N_d\,e}{W\,f_{cd}}\left(\frac{N_{cr}}{N_{cr} - N_d}\right) \leq 1{,}0$$

$$e = \frac{L_{fl}}{300} \qquad I = \frac{b\,h^3}{12} \qquad W = \frac{b\,h^2}{6} \qquad r = \sqrt{\frac{I}{A}} = \frac{h}{\sqrt{12}} \qquad N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_{fl}^2} \qquad \lambda = \frac{L_{fl}}{r}$$

Solução:

A) Propriedades Mecânicas

$$k_{mod} = 0{,}70\times1{,}0\times0{,}80 = 0{,}56$$

$$f_{cd} = k_{mod}\frac{f_{ck}}{\gamma_w} = 0{,}56\times\frac{0{,}70\times48{,}1}{1{,}4} = 13{,}47\text{ MPa}$$

$$E_{c,ef} = k_{mod}\,E_C = 0{,}56\times13481{,}0 = 7549{,}36\text{ MPa}$$

B) Propriedades Geométricas

$$A = b\,h = 12\text{ cm}\times10{,}0\text{ cm} = 120{,}0\text{ cm}^2$$

$$I = \frac{b\,h^3}{12} = \frac{12\text{ cm}\times(10{,}0\text{ cm})^3}{12} = 1000{,}0\text{ cm}^4$$

$$W = \frac{b\,h^2}{6} = \frac{12\text{ cm}\times(10{,}0\text{ cm})^2}{6} = 200{,}0\text{ cm}^3$$

$$r = \sqrt{\frac{\frac{b\,h^3}{12}}{b\,h}} = \frac{10{,}0\text{ cm}}{\sqrt{12}} = 2{,}887\text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{205\text{ cm}}{2{,}887\text{ cm}} = 71{,}0$$

C) Cálculo de N_d para coluna medianamente esbelta

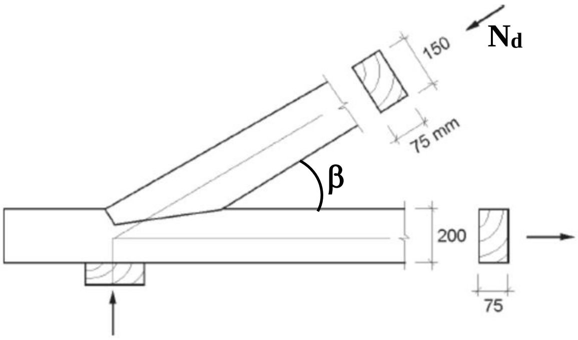
$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_{fl}^2} = \frac{\pi^2\times754{,}936\frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}\times1000{,}0\text{ cm}^4}{(205\text{ cm})^2} = 177{,}2973\text{ kN}$$

$$e = \frac{205\text{ cm}}{300} = 0{,}683\text{ cm}$$

$$\frac{\mathbf{N_d}}{120{,}0\times1{,}347} + \frac{\mathbf{N_d}\times0{,}683}{200{,}0\times1{,}347}\left(\frac{177{,}2973}{177{,}2973 - \mathbf{N_d}}\right) \leq 1{,}0$$

$$\mathbf{N_d} \leq 88{,}8\ \mathbf{kN}$$

6) Dimensionar a ligação por entalhe do nó extremo de uma treliça de madeira **Canafistula** (2ª categoria, classe 3 de umidade) conforme ilustra a figura. Os esforços indicados na figura decorrem de uma combinação normal de ações. Adote β=**35º** e N_d=28 kN.



$$f_{cnd} = 0{,}25 \times f_{cd}$$

$$f_{c\beta d} = \frac{f_{cd} \times f_{cnd}}{f_{cd} \times sen^2(\beta) + f_{cnd} \times cos^2(\beta)}$$

$$\mathbf{t} \geq \frac{N_d \cos(\beta)}{b\ f_{c\beta d}} = \mathbf{5{,}22\ cm}$$

$$\mathbf{a} \geq \frac{N_d \cos(\beta)}{b\ f_{vd}} = \mathbf{20{,}5\ cm}$$

Solução:

$$k_{mod} = 0{,}70 \times 0{,}8 \times 0{,}8 = 0{,}448$$

$$f_{ed} = f_{cd} = k_{mod} \frac{f_{ck}}{\gamma_w} = 0{,}448 \times \frac{0{,}70 \times 52{,}00}{1{,}4} = 11{,}65\ \text{MPa}$$

$$f_{vd} = k_{mod} \frac{f_{vk}}{\gamma_w} = 0{,}448 \times \frac{0{,}54 \times 11{,}10}{1{,}8} = 1{,}492\ \text{MPa}$$

$$f_{cnd} = 0{,}25 \times f_{cd} = 0{,}25 \times 11{,}65 = 2{,}91\ \text{MPa}$$

A tensão resistente $f_{c\beta d}$ para uma face inclinada de 35° pode ser calculada por:

$$f_{c\beta d} = \frac{f_{cd} \times f_{cnd}}{f_{cd} \times sen^2(\beta) + f_{cnd} \times cos^2(\beta)} =$$

$$f_{c\beta d} = \frac{11{,}65 \times 2{,}91}{11{,}65 \times sen^2(35^o) + 2{,}91 \times cos^2(35^o)} = 5{,}86\ \text{MPa}$$

A tensão $f_{c\beta d}$ aplica-se à peça horizontal, na qual a face de apoio é inclinada de β. obtêm-se:

$$\mathbf{t} \geq \frac{N_d \cos(\beta)}{b\ f_{c\beta d}} = \frac{28000 \cos(35^o)}{75 \times 5{,}86} = 52{,}2\ \text{mm} = \mathbf{5{,}22\ cm}$$

$$\mathbf{a} \geq \frac{N_d \cos(\beta)}{b\ f_{vd}} = \frac{28000 \cos(35^o)}{75 \times 1{,}492} = 205\ \text{mm} = \mathbf{20{,}5\ cm}$$