

1) A segurança no estado limite ultimo de uma viga de madeira serrada de 2ª categoria de Cafearana será verificada de acordo com a norma NBR 7190 para uma carga de média duração, Classe 1 de umidade. Calcule a tensão resistente de projeto de cisalhamento, f_{vd} . O local de construção tem umidade relativa do ambiente média igual a 60%.

$$f_d = k_{mod} \frac{f_k}{\gamma_w} \quad k_{mod} = k_{mod1} \cdot k_{mod2} \cdot k_{mod3}$$

Solução

→ k_{mod}

Carga de média duração $\Rightarrow k_{mod1} = 0,8$

Classe de umidade 1 $\Rightarrow k_{mod2} = 1,0$

2ª categoria $\Rightarrow k_{mod3} = 0,8$

$k_{mod} = 0,64$

→ Tensão de cisalhamento média

$f_{vm} = 5,9$ MPa

→ Tensão de cisalhamento característica e coeficiente de segurança

$$\frac{f_{vk}}{f_{vm}} = 0,54 \Rightarrow f_{vk} = 0,54 f_{vm}$$

$\gamma_w = 1,8$

→ Tensão resistente de projeto de cisalhamento

$$f_{vd} = k_{mod} \frac{f_{vk}}{\gamma_w} = 0,64 \times \frac{0,54 \times 5,9}{1,8} = 1,1328 \text{ MPa}$$

∴ **$f_{vd} = 1,13$ MPa**

Tabela 3.10 – Valores do coeficiente k_{mod1}

Classe de carregamento das combinações de ações	Madeira serrada	Madeira recomposta
	Madeira laminada colada Madeira compensada	
Permanente	0,60	0,30
Longa duração	0,70	0,45
Média duração	0,80	0,65
Curta duração	0,90	0,90
Instantânea	1,10	1,10

Tabela 3.12 – Valores do coeficiente k_{mod2}

Classe de umidade	Madeira serrada	Madeira recomposta
	Madeira laminada colada Madeira compensada	
1 e 2	1,0	1,0
3 e 4	0,8	0,9

Tabela 3.13 – Valores do coeficiente k_{mod3}

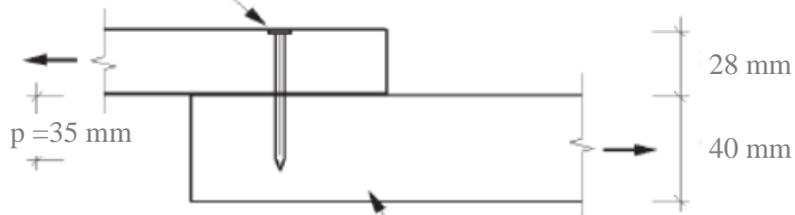
Produto de madeira	Tipo de madeira	Categoria	K_{mod3}
		Serrada	Dicotiledôneas
2ª categoria	0,8		
	Coníferas	1ª ou 2ª	0,8

Nome comum (dicotiledôneas)	$\rho_{ap}(12\%)$	$f_c(\text{MPa})$	$f_t(\text{MPa})$	$f_{tm}(\text{MPa})$	$f_v(\text{MPa})$	$E_c(\text{MPa})$
Cafearana	677	59,1	79,7	3,0	5,9	14098

Tabela 3.8 – Relação f_k/f_m entre as resistências características e média e o valor do coeficiente γ_w

Esforço	f_k/f_m	γ_w
Compressão paralela as fibras	0,70	1,4
Tração paralela as fibras	0,70	1,8
Cisalhamento paralelo as fibras	0,54	1,8

2) Qual é a resistência R_d ao corte do prego 19×27 ($f_{yk} = 500$ MPa) na ligação ilustrada de duas peças tracionadas de Cupiúba serrada de 2ª categoria, de acordo com a NBR 7190, para as seguintes condições: carga de longa duração e Classe 3 de umidade.



Solução

→ Características do prego 19×27

$$d = 3,9 \text{ mm}$$

$$\ell = 63 \text{ mm}$$

→ Verificação da penetração p

$$p > 12d \Rightarrow 35 \text{ mm} \not\geq 12 \times 3,9 \text{ mm} = 46,8 \text{ mm} \text{ Não Ok!}$$

$$\therefore R_d = 0 \text{ N}$$

3) Para uma obra em estrutura de madeira será utilizada uma espécie dicotiledônea da qual não se conhecem as propriedades mecânicas. Para isto foram realizados dez ensaios de flexão de amostras sem defeitos de um lote de madeira cujo grau de umidade médio é igual a 15%. Determinar os valores característicos das tensões resistentes de cálculo f_{cd} e f_{vd} referidos à condição padrão de umidade.

Amostra i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
f_{Mi} (MPa)	32	31	27	29	27	26	33	30	33	32

O local de construção tem umidade relativa do ar média igual a 70%. A madeira é serrada de 2ª categoria e deve ser verificada de acordo com a norma NBR 7190 para cargas de média duração

$$f_m = \frac{\sum f_i}{n} \quad i = 1, n \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum (f_m - f_i)^2}{n}} \quad f_k = f_m - 1,645\sigma \quad f_{12} = f_U \left[1 + \frac{3(U - 12)}{100} \right]$$

Solução

→ Média e desvio padrão da tensão normal de flexão

$$f_{Mm} = \frac{\sum f_{Mi}}{n} = \frac{300}{10} = 30 \text{ MPa}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (f_{Mm} - f_{Mi})^2}{n}} = \sqrt{\frac{62}{10}} = 2,49 \text{ MPa}$$

→ Tensões normais características

$$f_{Mk} = f_{Mm} - 1,645\sigma = 30 - 1,645 \times 2,49 = 25,904 \text{ MPa}$$

$$f_{tk} = 1,0 f_{Mk} = 1,0 \times 25,904 = 25,904 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} = 0,77 f_{tk} = 0,77 \times 25,904 = 19,9461 \text{ MPa}$$

$$f_{vk} = 0,12 f_{ck} = 0,12 \times 19,9461 = 2,3935 \text{ MPa}$$

→ Resistências de projeto

$$k_{mod} = 0,8 \times 1,0 \times 0,8 = 0,64$$

$$f_{vd} = k_{mod} \frac{f_{vk}}{\gamma_w} = 0,64 \times \frac{2,3935}{1,8} = 0,8510 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = k_{mod} \frac{f_{ck}}{\gamma_w} = 0,64 \times \frac{19,9461}{1,4} = 9,118 \text{ MPa}$$

→ Correção de umidade de 15% para 12%

$$f_{U12} = 1 + \frac{3(U - 12)}{100} = 1 + \frac{3(15 - 12)}{100} = 1,09$$

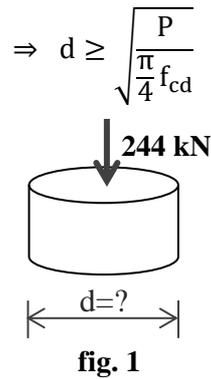
$$f_{vd} = 1,09 \times 0,85107$$

$$\therefore f_{vd} = 0,920 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = 1,09 \times 9,118$$

$$\therefore f_{cd} = 9,90 \text{ MPa}$$

4) Para a madeira acima, calcule o diâmetro necessário, d , de uma coluna (fig. 1) que estará submetida a uma força de compressão de 244 kN (força já majorada). Resposta em centímetros inteiros.



Solução

→ Estado limite último em termos de tensões

$$\sigma_{Sd} \leq \sigma_{Rd}$$

$$\Rightarrow \frac{P}{A} \leq f_{cd}$$

→ Onde:

P → força de compressão

$$P = 244 \text{ kN}$$

A → área da seção transversal

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

d → diâmetro da seção circular (disco)

f_{cd} → tensão normal de compressão resistente de cálculo

$$f_{cd} = 9,90 \text{ MPa} = 0,99 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

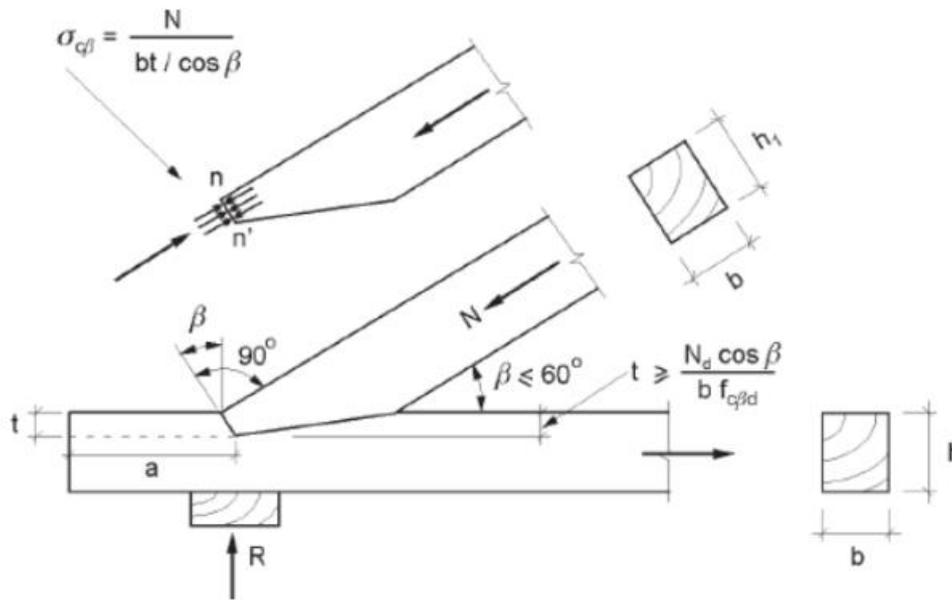
→ Assim:

$$\Rightarrow \frac{P}{A} \leq f_{cd} \Rightarrow \frac{P}{f_{cd}} \leq A \Rightarrow A \geq \frac{P}{f_{cd}} \Rightarrow \frac{\pi d^2}{4} \geq \frac{P}{f_{cd}} \Rightarrow d^2 \geq \frac{P}{\frac{\pi}{4} f_{cd}} \Rightarrow d \geq \sqrt{\frac{P}{\frac{\pi}{4} f_{cd}}}$$

$$\Rightarrow d \geq \sqrt{\frac{244 \text{ kN}}{\frac{\pi}{4} \times 0,99 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}}} = 17,71 \text{ cm}$$

$$\therefore d = 18 \text{ cm}$$

5) Dimensionar uma emenda por dente simples, como é indicado na figura abaixo, sendo: $N_d = 15 \text{ kN}$; $b = 8 \text{ cm}$; $h = 24 \text{ cm}$; $\beta = 33^\circ$; $f_{cd} = 5,96 \text{ MPa}$; $f_{cnd} = 1,85 \text{ MPa}$; $f_{vd} = 1,06 \text{ MPa}$



Solução

→ Fórmula de Hankinson

$$f_{c\beta d} = \frac{f_{cd} f_{cnd}}{f_{cd} \sin^2(\beta) + f_{cnd} \cos^2(\beta)} = \frac{5,96 \times 1,85}{5,96 \times \sin^2(33^\circ) + 1,85 \times \cos^2(33^\circ)}$$

$$f_{c\beta d} = 3,593 \text{ MPa}$$

→ Dimensionamento

$$t \geq \frac{N_d \cos(\beta)}{b f_{c\beta d}} = \frac{15000 \text{ N} \cos(33^\circ)}{80 \text{ mm} \times 3,593 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 43,77 \text{ mm}$$

$$\therefore t = 4,4 \text{ cm}$$

$$t < \frac{h}{4} = \frac{24 \text{ cm}}{4} = 6 \text{ cm} \text{ ok!}$$

$$a \geq \frac{N_d \cos(\beta)}{b f_{vd}} = \frac{15000 \text{ N} \cos(33^\circ)}{80 \text{ mm} \times 1,06 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 148,35 \text{ mm}$$

$$\therefore a = 14,9 \text{ cm}$$

Tabela 3.2 – Relação entre valores característicos de tensões resistentes (NBR 7190)

$f_{c,k}/f_{t,k}$	0,77
$f_{M,k}/f_{t,k}$	1,00
$f_{cn,k}/f_{c,k}$	0,25
$f_{v,k}/f_{c,k}$ (conífera)	0,15
$f_{v,k}/f_{c,k}$ (dicotiledôneas)	0,12

Tabela 3.8 – Relação f_k/f_m entre as resistências características e média e o valor do coeficiente γ_w

Esforço	f_k/f_m	γ_w
Compressão paralela as fibras	0,70	1,4
Tração paralela as fibras	0,70	1,8
Cisalhamento paralelo as fibras	0,54	1,8

Tabela 3.10 – Valores do coeficiente k_{mod1}

Classe de carregamento das combinações de ações	Madeira serrada Madeira laminada colada Madeira compensada	Madeira recomposta
Permanente	0,60	0,30
Longa duração	0,70	0,45
Média duração	0,80	0,65
Curta duração	0,90	0,90
Instantânea	1,10	1,10

Tabela 3.11 – Classes de umidade

Classe de umidade	Umidade relativa do ambiente U_{amb}	Grau de umidade da madeira (equilíbrio com o ambiente)
1 (padrão)	$\leq 65\%$	12 %
2	$65\% < U_{amb} \leq 75\%$	15 %
3	$75\% < U_{amb} \leq 85\%$	18 %
4	$85\% < U_{amb}$ durante longos períodos	$\geq 25\%$

Tabela 3.12 – Valores do coeficiente k_{mod2}

Classe de umidade	Madeira serrada Madeira laminada colada Madeira compensada	Madeira recomposta
1 e 2	1,0	1,0
3 e 4	0,8	0,9

Tabela 3.13 – Valores do coeficiente k_{mod3}

Produto de madeira	Tipo de madeira	Categoria	K_{mod3}
Serrada	Dicotiledôneas	1ª categoria	1,0
		2ª categoria	0,8
	Coníferas	1ª ou 2ª	0,8

Nome comum (dicotiledôneas)	$\rho_{ap}(12\%)$	$f_c(\text{MPa})$	$f_t(\text{MPa})$	$f_m(\text{MPa})$	$f_v(\text{MPa})$	$E_c(\text{MPa})$
Cafearana	677	59,1	79,7	3,0	5,9	14098
Cupiúba	838	54,4	62,1	3,3	10,4	13627