Universidade POSITIVO

Sistemas Estruturais II – Aula 16
Peças de Madeira em Cisalhamento e Flexão Composta

- Cisalhamento e Cargas Junto aos Apoios ;
- Entalhes;
- Flexão Composta Reta e Oblíqua;

Prof. Juliano J. Scremin

Universidade POSITIVO

Aula 16 - Seção 1:
Cisalhamento e Cargas Junto aos Apoios

Tensões Tangenciais (Cisalhamento)

- Nas vigas sujeitas à flexão com força cortante, a condição de segurança para o cisalhamento é:

$$\tau_d \leq f_{v0,d}$$

- Em vigas com seção retangular de largura “b” e altura “h”, tem-se:

$$\tau_d = \frac{V_d . S}{b . I} = \frac{3}{2} \frac{V_d}{b . h}$$

- onde “S” é o momento estático da semi-seção, e “I” é o momento de inércia da seção completa (POPOV, 1990).

Cargas Junto aos Apoios (1)

- As cargas situadas sobre a viga, próximo aos apoios, são transferidas para estes por cisalhamento e por compressão inclinada. Para levar em conta este fato, as normas admitem uma redução do esforço cortante para estas cargas, considerando que uma parte é transmitida diretamente ao apoio por compressão inclinada.

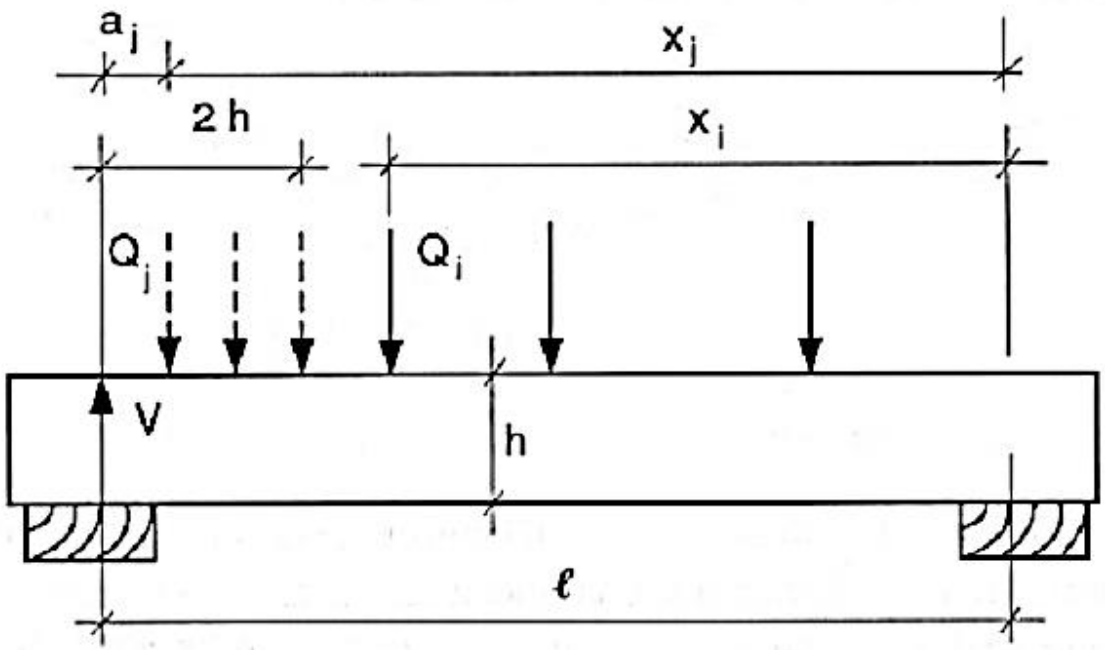
- Assim sendo, em vigas de altura **h**, o cálculo do esforço cortante **V** junto aos apoios, devido à **cargas concentradas** posicionadas a uma distância **"a"** menor ou igual a **2h**, ou seja **a<=2h**, pode ser feita com:

$$V_{red.} = V.\frac{a}{2h}$$

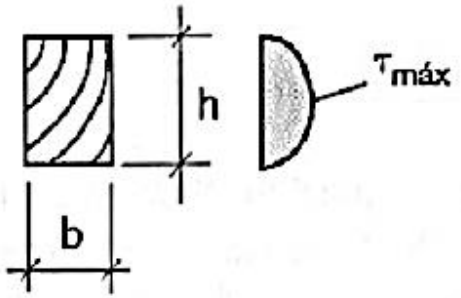
Cargas Junto aos Apoios (3)

- **CARGAS CONCENTRADAS**

$$V_{red.} = V.\frac{a}{2h}$$



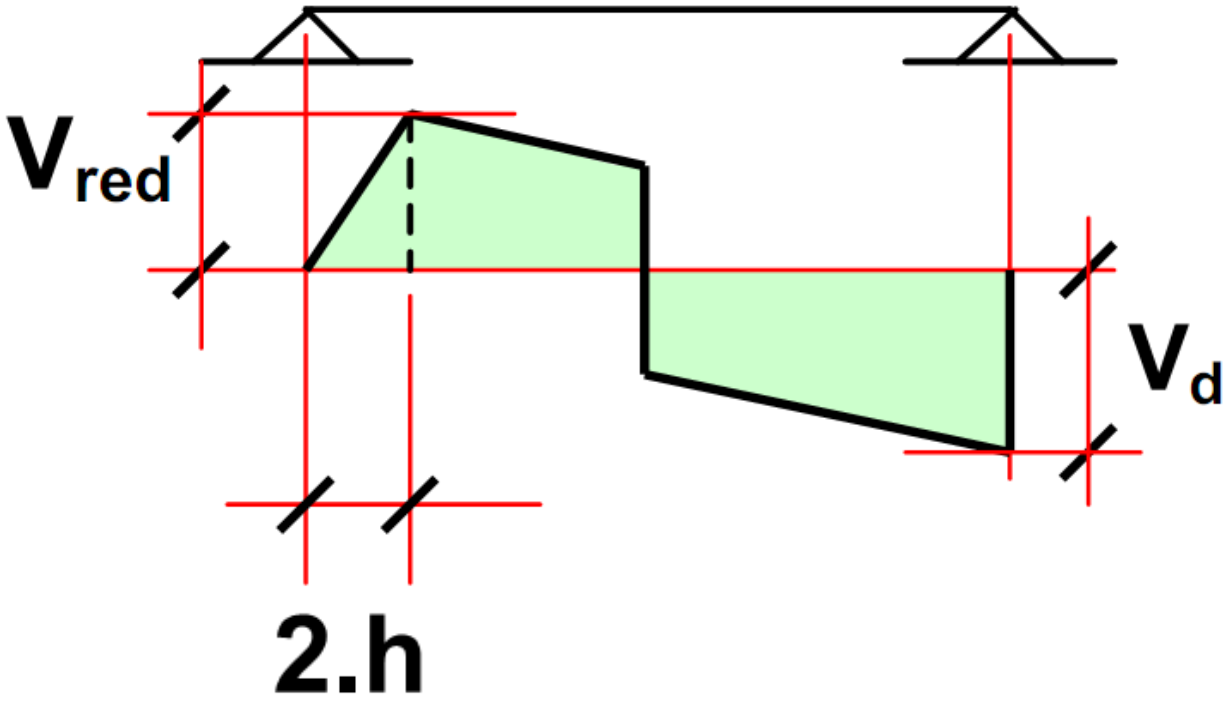
$$\tau_{máx} = \frac{3}{2}\,\frac{V}{bh}$$



Fonte: Estruturas de Madeira - 6ª Ed. 2012. Pfeil, Walter

Cargas Junto aos Apoios (3)

- **CARGAS DISTRIBUÍDAS**



Fonte: Apostila de Madeira Prof. Miguel Hilgenberg Neto (UFPR)

Universidade POSITIVO

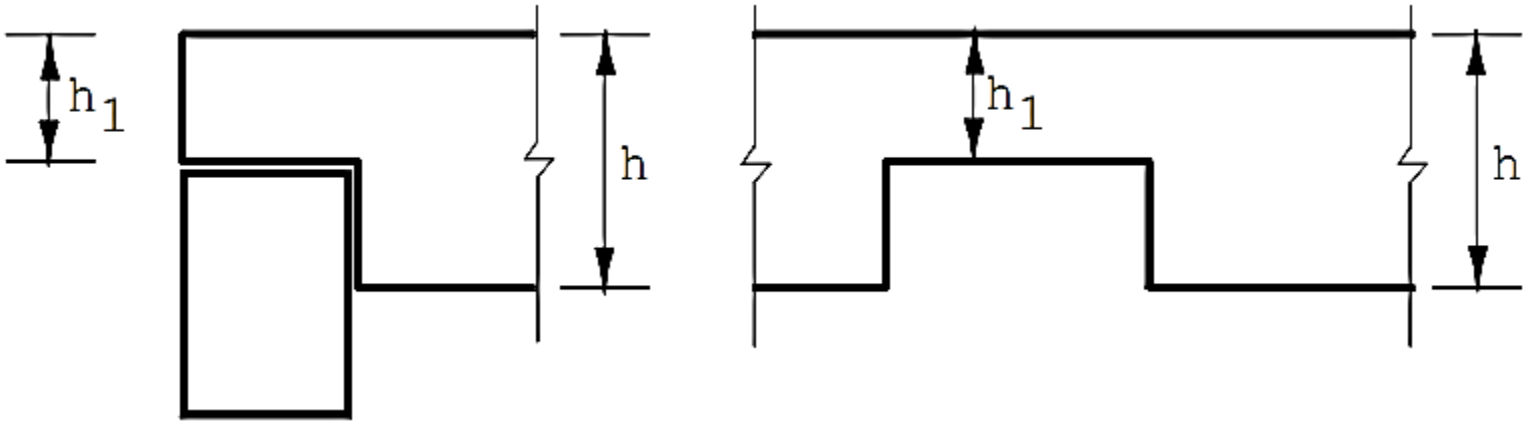
Aula 16 - Seção 2: Entalhes

Vigas Entalhadas (1)

- **Variações Bruscas devidas a entalhes:**
  - No caso de variações bruscas da seção transversal – devidas à entalhes – deve-se multiplicar a tensão de cisalhamento na seção mais fraca, de altura **h1**, pelo fator **h/h1**;

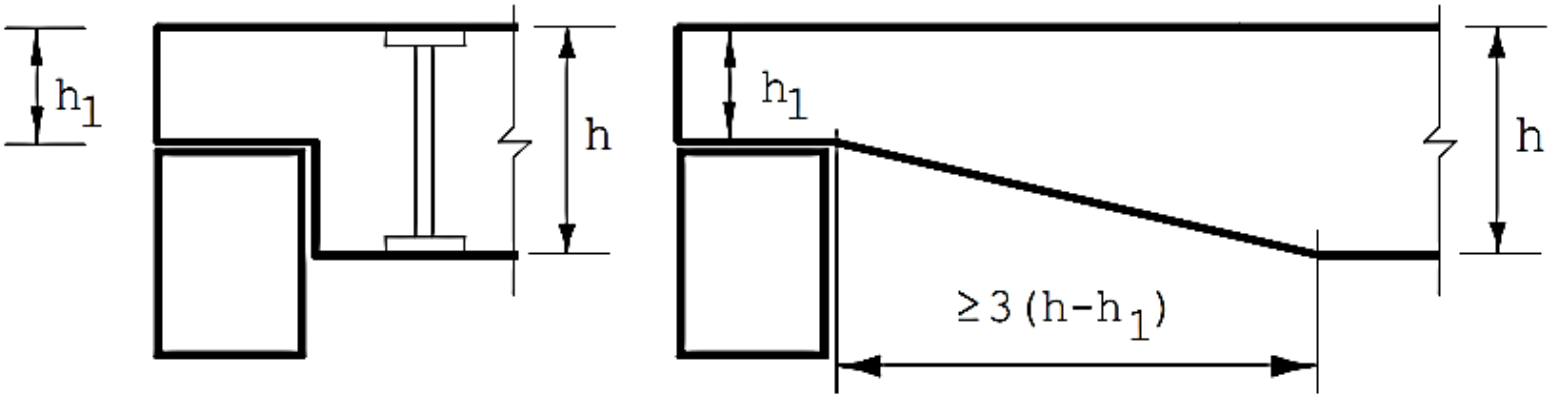
$$\tau_d = \frac{3}{2}\frac{V_d}{b\,.\,h}.\left(\frac{h}{h_1}\right)$$

com h1 > 0,75h



Vigas Entalhadas (2)

- **Caso h1/h ≤ 0,75:**
  - Nesta situação recomenda-se o emprego de parafusos verticais dimensionados à tração axial para a totalidade da força cortante a ser transmitida ou emprego de **mísulas de comprimento não menor que três vezes a altura do entalhe**, respeitando sempre o limite absoluto de **h1/h >= 0,5**;



Universidade POSITIVO

Aula 16 - Seção 3:
Flexão Composta Reta e Oblíqua

Flexocompressão Oblíqua – Verificação de Resistência

- A verificação da flexocompressão oblíqua, em termos da resistência da seção, se dá pela mais rigorosa das duas expressões abaixo:

$$\left(\frac{\sigma_{Nc,d}}{f_{c0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{Mx,d}}{f_{c0,d}} + k_M \frac{\sigma_{My,d}}{f_{c0,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{Nc,d}}{f_{c0,d}}\right)^2 + k_M \frac{\sigma_{Mx,d}}{f_{c0,d}} + \frac{\sigma_{My,d}}{f_{c0,d}} \leq 1$$

$k_M = 0,5$: para seção retangular

$k_M = 1,0$: para outras seções transversais

Após verificar a resistência com a expressão acima é necessário verificar a estabilidade da peça (flambagem) em relação a cada um dos eixos principais de inércia conforme as expressões da Aula 14.

Flexocompressão Reta – Verificação de Resistência

- A verificação da flexocompressão reta, em termos da resistência da seção, é feita pela expressão:

$$\left(\frac{\sigma_{Nc,d}}{f_{c0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{Md}}{f_{c0,d}} \leq 1$$

- Sendo σ_{Md} a tensão devido ao momento correlato ao eixo principal solicitado (x ou y).

Ainda assim:

Após verificar a resistência com a expressão acima é necessário verificar a estabilidade da peça (flambagem) em relação a cada um dos eixos principais de inércia conforme as expressões da Aula 14.

Flexotração Oblíqua

- A verificação da flexotração oblíqua, em termos da resistência da seção, se dá pela mais rigorosa das duas expressões abaixo:

$$\frac{\sigma_{Nt,d}}{f_{t0,d}} + \frac{\sigma_{Mx,d}}{f_{t0,d}} + k_M \frac{\sigma_{My,d}}{f_{t0,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{Nt,d}}{f_{t0,d}} + k_M \frac{\sigma_{Mx,d}}{f_{t0,d}} + \frac{\sigma_{My,d}}{f_{t0,d}} \leq 1$$

$k_M = 0,5$: para seção retangular

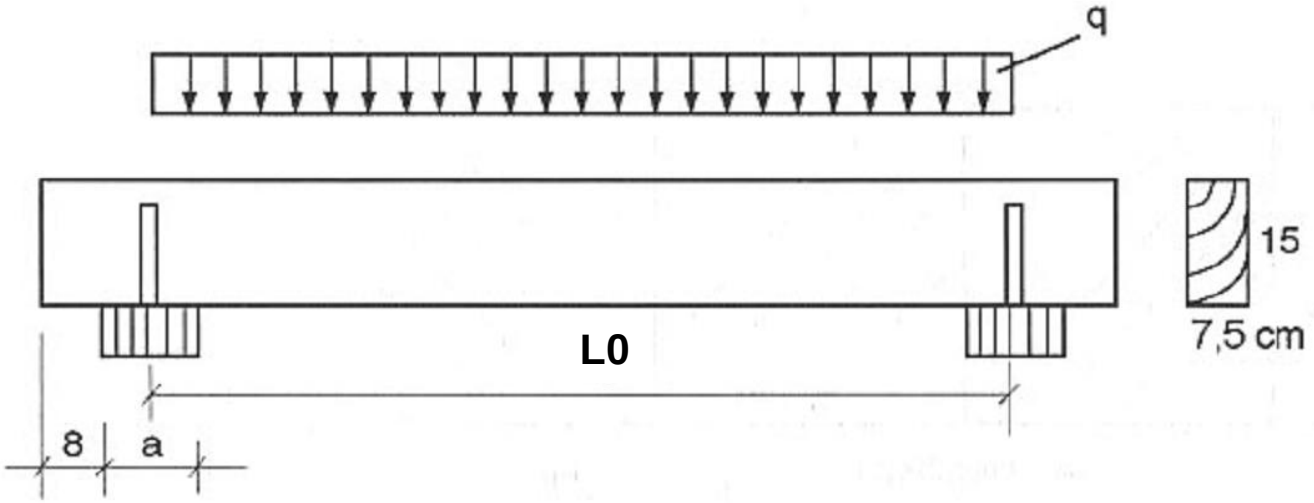
$k_M = 1,0$: para outras seções transversais

FIM

Exercício 16.1

- Uma viga de 7,5 cm x 15 cm de pinho-do-paraná de 2ª. categoria trabalha sob carga distribuída permanente em ambiente de Classe2 de umidade. Determinar o valor do **"máximo vão entre centros de apoios (L0)"** , considerando **as limitações de tensões e deformações**. Supõe-se a viga contraventada, de modo a evitar flambagem lateral. (Obs. Desconsiderar reduções de cortante nos apoios)

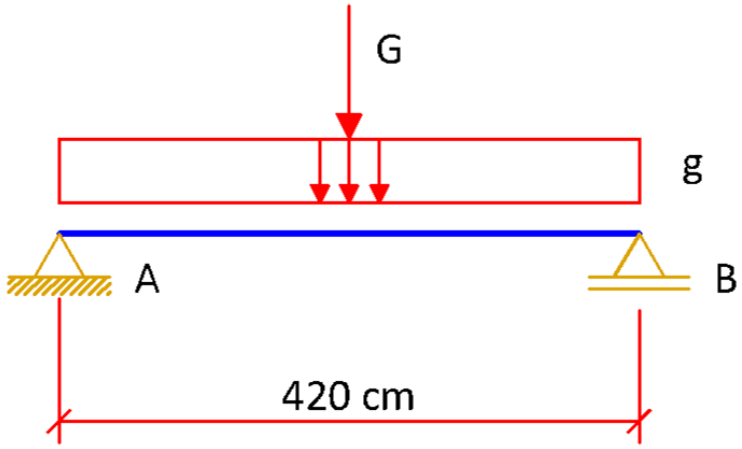
  - ELU Combinação Normal;
  - ELUti Combinação de Longa Duração;
  - a = 10 cm em ambos os pilares;
  - q_d = 1,4 x 1,4285 kN/m = 2,0 kN/m (permanente)



Exercício 16.2

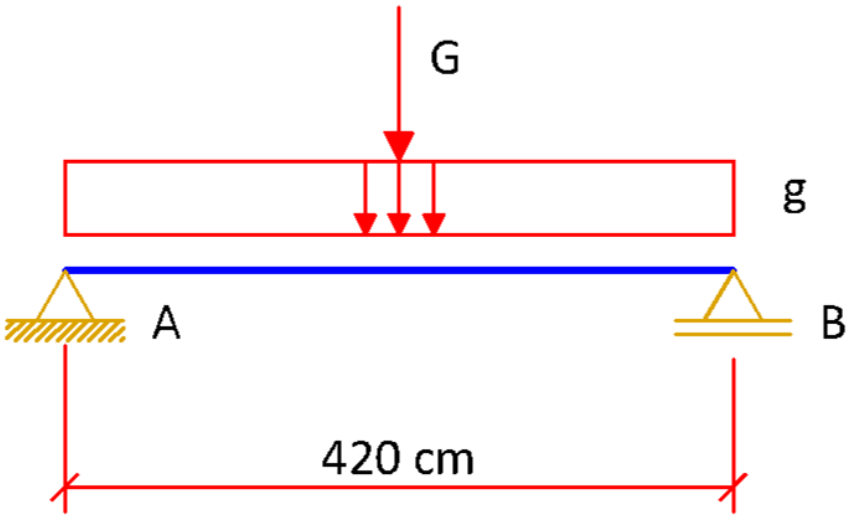
- Determinar o **valor mínimo da altura "h" (múltiplo de 1 cm)** da seção transversal retangular na viga de madeira indicada na figura, **atendendo às condições de segurança previstas na NBR-7190 / 1997**. (Obs.: desconsiderar a redução de cortantes nos apoios)

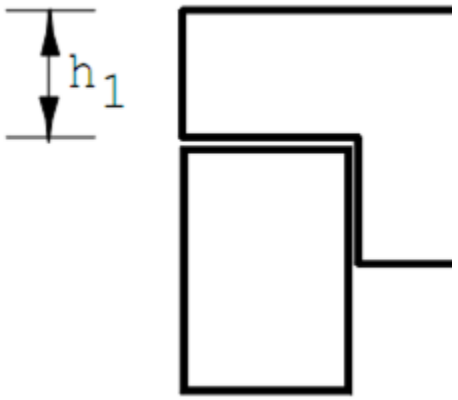
- base b = 6 cm;
- Madeira dicotiledônea C-40 de 2ª. categoria:
- Dimensões em centímetros;
- Classe 2 de umidade;
- Carregamento de longa duração;
- gk = 0,65 kN/m (perm.)
- Gk = 1,3 kN (perm. e no meio do vão)
- ELU Combinação Normal;
- ELUti Combinação de Longa Duração;



Exercício 16.3

- Na viga do exercício 16.2 os apoios foram encaixados por entalhe deixando uma altura h1 = 14 cm. Verificar as condições de segurança ao cisalhamento nesta situação. (Obs.: considerar também redução de cortantes nos apoios)

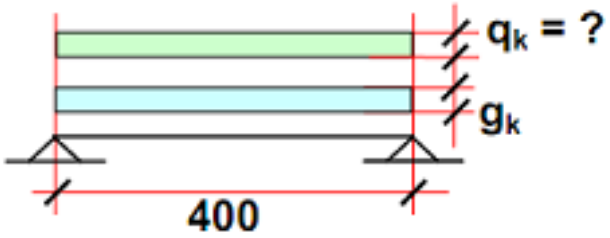




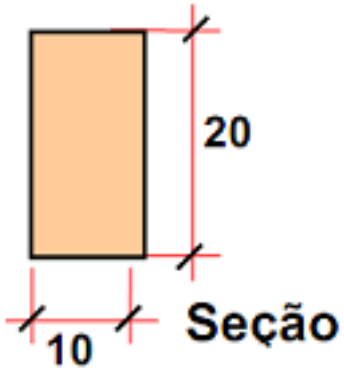
Exercício 16.4

- (Continuação do exercício 15.2) Efetuar a **verificação quanto ao esforço cortante** na viga do Exercício 15.2 considerando que nos apoios não há entalhes.

- Madeira dicotiledônea classe C-60;
- Dimensões em centímetros;
- Madeira de 2ª. categoria;
- Classe 1 de umidade;
- Carregamento de longa duração;
- gk = 2,0 kN/m (perm.)
- qk = (já calculado) kN/m (variável)
- ELU Combinação Normal;
- ELUti Combinação de Longa Duração



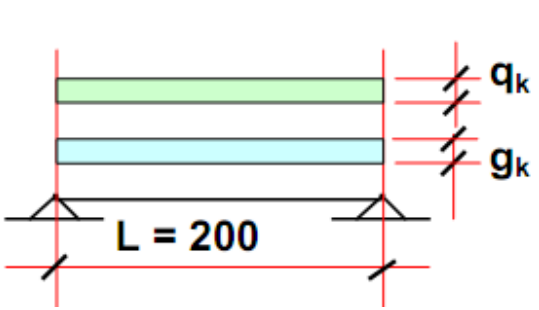
Esquema

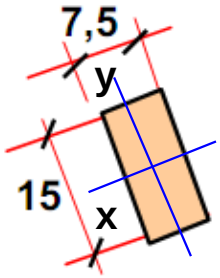


Seção

Exercício 16.5

- **Verificar as condições de segurança** da terça de madeira indicada nas figuras.



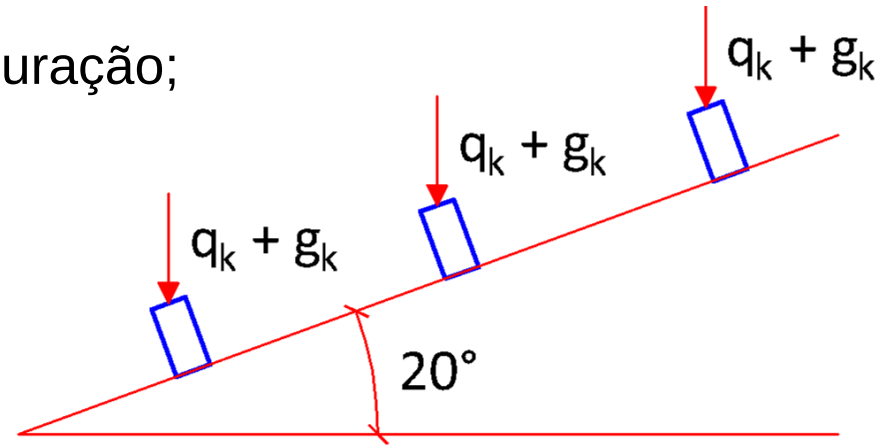


Dados:

- ELU Combinação Normal;
- Dicotiledônea C-30 , 2ª categoria;
- Classe 1 de umidade;
- ELUti Carregamento de longa duração;

g_k = 0,904 kN/m (permanente)

q_k = 0,565 kN/m (sobrecarga)

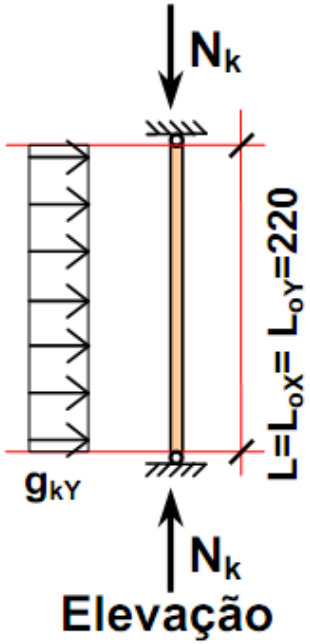


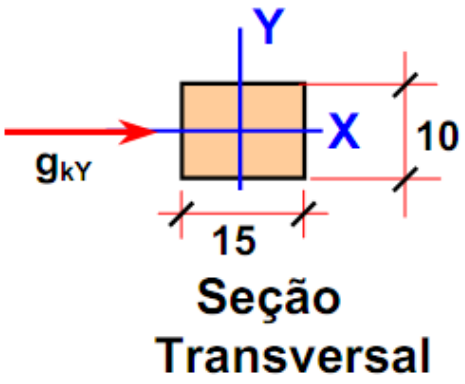
Exercício 16.6

- Verificar a condição de segurança da peça sujeita a flexocompressão indicada nas figuras.

Dados:

- ELU Combinação Normal;
- Conífera C-25 , 2ª categoria;
- Classe 1 de umidade;
- ELUti : Carregamento de longa duração;





N_{Gk} = 4 kN (permanente)

N_{Qk} = 8 kN (variável)

g_{yk} = 3,0 kN/m (perm.)

Exercício 16.7

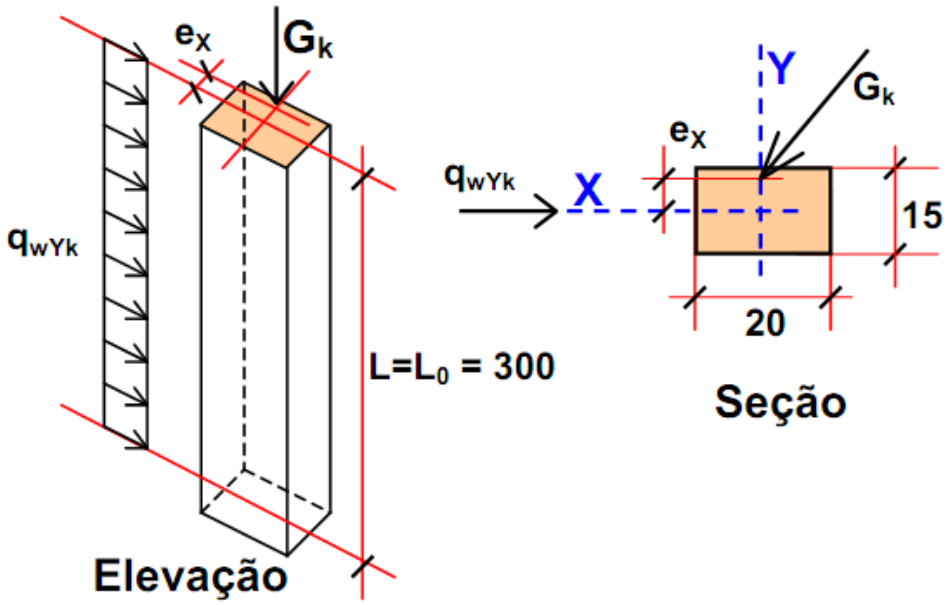
- Verificar a condição de segurança da peça sujeita a flexocompressão indicada nas figuras.
- Considerar que a peça é rotulada nas extremidades.

Dados:

- ELU Combinação Normal;
- Madeira ITAÚBA

  fcod = 2,21 kN/cm^2

  Eco,ef = 1266,3 kN/cm^2
- e_x = 5 cm
- G_k = 80 kN (permanente)
- q_{wyk} = 5 kN/m (vento)



Exercício 16.8

- Verificar a condição de segurança da peça sujeita a flexocompressão indicada nas figuras.

Dados:

- ELU Combinação Normal;
- Dicotiledônea C-60
- kmod = 0,56

e_{xG} = 3 cm

N_{Gkx} = 40 kN (permanente)

e_{yQ} = 2 cm

N_{Qky} = 50 kN (sobrecarga)

