Universidade POSITIVO

Engenharia Civil
Prova Substitutiva 2º Semestre de 2020
Disciplina: Estruturas de Aço e Madeira II

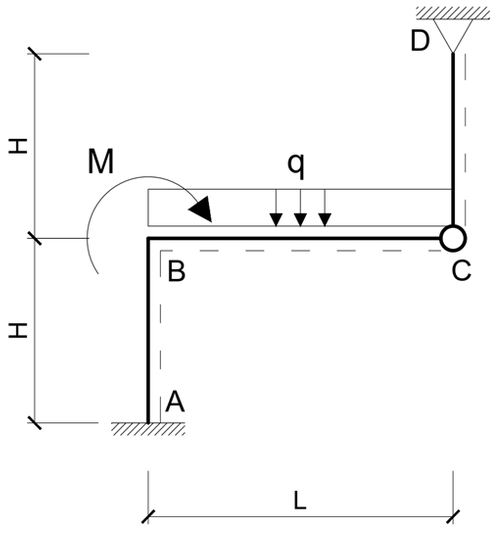
Código da Prova:
AM202-SB-5NA

Procedimento e Orientações:

1. Leia atentamente todas as instruções da prova.
2. Os dados **D1, D2, D3, D4 e D5** devem ser obtidos no site **www.jjscremin.com/provas** onde o aluno deve entrar com o código da prova (indicado no cabeçalho desta) e seu respectivo número de matrícula clicando no botão **"Buscar Dados"**.
3. Após obter as respostas para as 16 questões da prova o aluno deverá fotografar as páginas com o desenvolvimento dos cálculos e postar no AVA via item **"Postagem de AM202-SB-5NA"**;
4. Em seguida o aluno deverá postar as respostas finais para as 16 questões (inserindo somente números e utilizando "ponto" como separador de decimais) no site **www.jjscremin.com/provas**. Para tanto, o aluno deverá fazer/refazer a busca de dados com seu número de matrícula e código de prova, certificando-se de que seu nome apareça em vermelho no campo "Nome do Aluno" para em seguida preencher os 16 campos destinados às respostas, e por fim, clicar no botão **"Enviar Respostas"**.
5. **Para todos os cálculos nas questões utilize 5 algarismos significativos.**
6. Na correção dos valores numéricos das questões abertas será utilizada uma margem de erro de 5 por cento (para mais ou para menos).

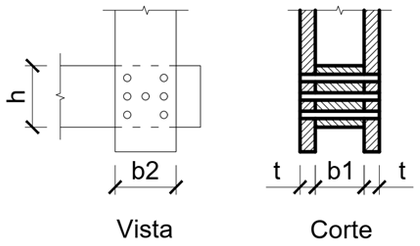
Problema A (0,625 ponto cada) :

Para o modelo estrutural de pórtico ao lado, proceder as verificações de:
(1) Momentos fletores, esforços cortantes e flecha para a viga BC.
(2) Tração para as peças que compõe o tirante CD.
(3) Resistência e estabilidade do pilar AB.
(4) Ligação parafusada no ponto C.



• Madeira Dicotiledônea e peças de primeira categoria (kmod3 = 1.0);
• Ambiente de umidade Classe 2;
• Combinações normais em ELU e de longa duração em ELS;
• A edificação é uma biblioteca e a furação para instalação de parafusos tem diâmetro igual ao diâmetro dos mesmos;
• Não considerar reduções de esforço cortante nas proximidades de apoios;
• Construção corrente sem materiais frágeis;
• A viga BC é contida lateralmente ao longo de todo seu comprimento;
• Ligação composta de parafusos com resistência fyk = 240 MPa;
• Para efeito de cálculo de esforços considerar que as barras verticais do pórtico são infinitamente rígidas ;
• Não é necessário verificar os espaçamentos na ligação;
• O pilar AB tem seção transversal quadrada de lado "1,50 . b1";
• Todas as cargas envolvidas são permanentes (kmod1 = 0.6);
• As vinculações indicadas são válidas para ambos eixos principais de inércia na verificação do pilar AB;

Detalhe da Ligação no Ponto C



- Classe da Madeira D1 sendo:
1 para C30 2 para C40 3 para C60 4 para C20

- Diâmetro dos Parafusos D2 sendo:
1 para 1,25 cm 2 para 1,60 cm 3 para 1,90 cm 4 para 2,20 cm

- Demais dados Geométricos:
L = D3 . 480 cm ; H = 260 cm;
h = D4 . 27,5 cm; b1 = D5 . 15 cm; b2 = 17,5 cm;
t = 4,5 cm;

Cargas em valores característicos:
q = 2,00 kN/m M = 25,0 kNm

Q01 – O máximo esforço axial solicitante que ocorre nas peças da barra CD é [em kN e com positivo para tração]?
Q02 – O máximo momento fletor solicitante, em módulo, que ocorre na viga BC é [em kN.cm]?
Q03 – O máximo esforço cortante solicitante, em módulo, que ocorre na viga BC é [em kN]?
Q04 – O máximo esforço axial de compressão que incide no pilar AB é [em kN]?
Q05 – O momento fletor resistente de cálculo da viga BC é [em kN.cm]?
Q06 – O esforço cortante resistente de cálculo da viga BC é [em kN]?
Q07 – O esforço resistente de cálculo por parafuso instalado na ligação no ponto C é [em kN]?
Q08 – A área útil da dupla de peças que compõe o tirante CD é [em cm^2]?
Q09 – O esforço de tração resistente de cálculo do conjunto de peças que compõe o tirante CD é [em kN]?
Q10 – A resultado da aplicação da expressão de verificação de resistência no pilar AB é [adimensional]?
Q11 – A relação "Esforço Solicitante" / "Esforço Resistente" na verificação da ligação no ponto C é [adimensional]?
Q12 – A carga crítica de flambagem do pilar AB é [em kN]?
Q13 – Em termos do eixo principal de inércia mais defavorável, a barra "ab" pode ser classificada como uma peça:
1 - curta 2 - medianamente esbelta 3 - esbelta 4 - esbeltez acima de 140
OBS: para os eixos principais de inércia com esbeltez acima de 140 considerar relação "Tensão Solicitante" / "Tensão Resistente" como igual à 10000.
Q14 – O valor da relação "Tensão Solicitante" / "Tensão Resistente" na verificação de estabilidade do pilar "AB" [adimensional] ?
Q15 – O módulo elástico da viga BC em relação ao eixo principal de inércia que sofre giro devido ao carregamento transversal aplicado é [em cm^3]?
Q16 – A relação "Flecha Calculada" / "Flecha Limite" na verificação de deformações excessivas na viga BC é [adimensional]?

$D1 = 2$ $D2 = 3$ $D3 = 1,2$ $D4 = 1,2$ $D5 = 0,8$

$$tipomad := \begin{bmatrix} 30\ MPa & 5\ MPa & 14,5\ GPa \\ 40\ MPa & 6\ MPa & 19,5\ GPa \\ 60\ MPa & 8\ MPa & 24,5\ GPa \\ 20\ MPa & 4\ MPa & 9,5\ GPa \end{bmatrix} \qquad tipoparaf := \begin{bmatrix} 1,25\ cm & 1,68 \\ 1,6\ cm & 1,52 \\ 1,9\ cm & 1,41 \\ 2,2\ cm & 1,33 \end{bmatrix}$$

$mad := \text{submatrix}(tipomad; D1; D1; 1; 3)$ $paraf := \text{submatrix}(tipoparaf; D2; D2; 1; 2)$

$fc0k := mad_{1} = 40\ MPa$ $d := paraf_{1} = 1,9\ cm$

$fv0k := mad_{2} = 6\ MPa$ $\alpha_E := paraf_{2} = 1,41$ $n_paraf := 7$

$Ec0m := mad_{3} = 19500\ MPa$

$L := D3 \cdot 480\ cm = 576\ cm$ $b1 := D5 \cdot 15\ cm = 12\ cm$ $t := 4,5\ cm$

$H := 260\ cm$ $b2 := 17,5\ cm = 17,5\ cm$ $\gamma a1 := 1,1$

$h := D4 \cdot 27,5\ cm = 33\ cm$ $qsk := 2\ \frac{kN}{m}$ $Msk := 25\ kN\ m$

$b_pilar := 1,5 \cdot b1 = 18\ cm$

Propriedades da Madeira:

$kmod1 := 0,6$ Somente cargas permentes
$kmod2 := 1,0$ Ambiente classe 2 de umidade
$kmod3 := 1,0$ Dicotiledôena de 1ª categoria

$kmod := kmod1 \cdot kmod2 \cdot kmod3 = 0,6$

$fc0d := \frac{kmod \cdot fc0k}{1,4} = 1,7143\ \frac{kN}{cm^2}$ $ft0k := \frac{fc0k}{0,77} = 5,1948\ \frac{kN}{cm^2}$

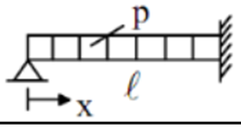
$fv0d := \frac{kmod \cdot fv0k}{1,8} = 0,2\ \frac{kN}{cm^2}$ $ft0d := \frac{kmod \cdot ft0k}{1,8} = 1,7316\ \frac{kN}{cm^2}$

$Ec0ef := kmod \cdot Ec0m = 11700\ MPa$

Proprieades Geométricas da Viga e Máximas Solicitações:

$Ix_viga := \frac{b1 \cdot h^3}{12} = 35937\ cm^4$ $Wx_viga := \frac{b1 \cdot h^2}{6} = 2178\ cm^3$ $Ag_viga := b1 \cdot h = 396\ cm^2$

$G15 := \frac{Wx_viga}{cm^3} = 2178$

	$\frac{3}{554}\frac{pL^4}{EI}$	0,422 L	$\frac{pL^4}{48EI}(-2\alpha^4 + 3\alpha^3 - \alpha)$

$Msd_viga := \frac{1,4 \cdot qsk \cdot L^2}{8} = 1161,216\ kN\ cm$ $G02 := \frac{Msd_viga}{kN\ cm} = 1161,2$

$Vsd_viga := \frac{5}{8} \cdot 1,4 \cdot qsk \cdot L = 10,08\ kN$ $G03 := \frac{Vsd_viga}{kN} = 10,08$

$Tsd_max := \frac{3}{8} \cdot 1,4 \cdot qsk \cdot L = 6,048\ kN$ $G01 := \frac{Tsd_max}{kN} = 6,048$

$Ncsd_max := Vsd_viga = 10,08\ kN$ $G04 := \frac{Ncsd_max}{kN} = 10,08$

$Msd_pilar := 1,4 \cdot Msk + Msd_viga = 46,612\ kN\ m$

$\delta calc := \frac{3}{554} \cdot \frac{qsk}{Ec0ef \cdot Ix_viga} \cdot L^4 = 0,2835\ cm$

Verificação de Momentos:

$Mrd := Wx_viga \cdot fc0d = 3733,7143\ kN\ cm$ $G05 := \frac{Mrd}{kN\ cm} = 3733,7143$

Verificação de Cortantes:

$Vrd := \frac{2}{3} \cdot Ag_viga \cdot fv0d = 52,8\ kN$ $G06 := \frac{Vrd}{kN} = 52,8$

Verificação de Flecha:

$\delta limite := \frac{L}{200} = 2,88\ cm$ $G16 := \frac{\delta calc}{\delta limite} = 0,0984$

Verificações da Ligação no Ponto C:

Verificação da peça central (horizontal):

$fed_horiz := 0,25 \cdot fc0d \cdot \alpha_E = 0,6043\ \frac{kN}{cm^2}$ $fyd := \frac{240\ MPa}{1,1} = 21,8182\ \frac{kN}{cm^2}$ $t_horiz := \frac{b1}{2} = 6\ cm$

$\beta_horiz := \frac{t_horiz}{d} = 3,1579$ $\beta lim_horiz := 1,25 \cdot \sqrt{\frac{fyd}{fed_horiz}} = 7,511$

$Rvd1_horiz_emb := 0,4 \cdot \frac{t_horiz^2}{\beta_horiz} \cdot fed_horiz = 2,7555\ kN$

$$Rvd1_horiz_flex := 0,625 \cdot \frac{d^2}{\beta lim_horiz} \cdot fyd = 6,554\ kN$$

$$Rvd1_horiz := \text{if } \beta_horiz \le \beta lim_horiz = 2,7555\ kN$$
$$\quad Rvd1_horiz_emb$$
$$\text{else}$$
$$\quad Rvd1_horiz_flex$$

Verificação das peças laterais (verticais):

$$fed_vert := fc0d = 1,7143\ \frac{kN}{cm^2} \qquad t_vert := t = 4,5\ cm$$

$$\beta_vert := \frac{t_vert}{d} = 2,3684 \qquad \beta lim_vert := 1,25 \cdot \sqrt{\frac{fyd}{fed_vert}} = 4,4594$$

$$Rvd1_vert_emb := 0,4 \cdot \frac{t_vert^2}{\beta_vert} \cdot fed_vert = 5,8629\ kN$$

$$Rvd1_vert_flex := 0,625 \cdot \frac{d^2}{\beta lim_vert} \cdot fyd = 11,039\ kN$$

$$Rvd1_vert := \text{if } \beta_vert \le \beta lim_vert = 5,8629\ kN \qquad G07 := \frac{Rvd1_vert}{kN} = 5,8629$$
$$\quad Rvd1_vert_emb$$
$$\text{else}$$
$$\quad Rvd1_vert_flex$$

$$Rvd1 := \min([\ Rvd1_horiz\ \ Rvd1_vert\ ]) = 2,7555\ kN \qquad n_planos := 2$$

$$RVd_paraf := n_planos \cdot Rvd1 = 5,5111\ kN$$

$$TRd := n_paraf \cdot RVd_paraf = 38,5776\ kN$$

$$G07 := \frac{RVd_paraf}{kN} = 5,5111 \qquad G11 := \frac{Tsd_max}{TRd} = 0,15677$$

Verificação de Tração nas peças da barra "CD":

$$Ag := 2 \cdot b2 \cdot t = 157,5\ cm^2 \qquad Afuros := 3 \cdot d \cdot 2 \cdot t = 51,3\ cm^2$$

$$Autil := \text{if } \frac{Afuros}{Ag} \le 0,1 = 106,2\ cm^2$$
$$\quad Ag$$
$$\text{else}$$
$$\quad Ag - Afuros$$

$$G08 := \frac{Autil}{cm^2} = 106,2$$

$$Ntrd := Autil \cdot ft0d = 183,9\ kN \qquad G09 := \frac{Ntrd}{kN} = 183,8961$$

Propriedades Geométricas do Pilar AB :

$$Ag_pilar := b_pilar^2 = 324\ cm^2 \qquad Ipilar := \frac{b_pilar^4}{12} = 8748\ cm^4$$

$$Wpilar := \frac{b_pilar^3}{6} = 972\ cm^3 \qquad rpilar := \sqrt{\frac{Ipilar}{Ag_pilar}} = 5,1962\ cm$$

$$Lo := H = 2,6\ m$$

$$\lambda := \frac{Lo}{rpilar} = 50,037$$

$$tipo_peca := \begin{array}{l}\text{if } \lambda \le 40 \\ \quad 1 \\ \text{else} \\ \quad \text{if } \lambda \le 80 \\ \quad\quad 2 \\ \quad \text{else} \\ \quad\quad \text{if } \lambda \le 140 \\ \quad\quad\quad 3 \\ \quad\quad \text{else} \\ \quad\quad\quad 4\end{array} = 2$$

$$G13 := tipo_peca = 2$$

Verificação de Resistência :

$$\sigma Ncsd := \frac{Ncsd_max}{Ag_pilar} = 0,0311 \ \frac{kN}{cm^2} \qquad \sigma Msd := \frac{Msd_pilar}{Wpilar} = 4,7955 \ \frac{kN}{cm^2}$$

$$res := \left(\frac{\sigma Ncsd}{fc0d}\right)^2 + \frac{\sigma Msd}{fc0d} = 2,7977 \qquad G10 := res = 2,7977$$

Verificação de Estabilidade do Pilar:

$$FE := \frac{\pi^2 \cdot Ec0ef \cdot Ipilar}{Lo^2} = 1494,3 \ kN$$

$$G12 := \frac{FE}{kN} = 1494,3$$

Peças Esbeltas ($80 < \lambda \le 140$):

$$e_a = \frac{L_0}{300} \ge \frac{h}{30} \qquad e_i = \frac{M_{1d}}{N_{Sd}} \ge \frac{h}{30} \qquad e_{ig} = \frac{M_{1gd}}{N_{gd}}$$

$$e_c = (e_{ig} + e_a) \cdot \left\{ exp\left[\frac{\phi[N_{gk} + (\psi_1 + \psi_2)N_{qk}]}{F_E - [N_{gk} + (\psi_1 + \psi_2)N_{qk}]}\right] - 1 \right\}$$

Coeficientes de Fluência φ

Classes de Carregamento	Classes de Umidade			
	1	2	3	4
Permanente	0,8	0,8	2,0	2,0
Longa Duração	0,8	0,8	2,0	2,0
Média Duração	0,3	0,3	1,0	1,0
Curta Duração	0,1	0,1	0,5	0,5

$$e_{1,ef} = e_i + e_a + e_c \qquad F_E = \frac{\pi^2 \cdot E_{co,ef} \cdot I}{L_0^2} \qquad M_{Sd} = N_{Sd} \cdot e_{1,ef} \cdot \left(\frac{F_E}{F_E - N_{Sd}}\right)$$

$$\sigma_{Nsd} = \frac{N_{Sd}}{A} \qquad \sigma_{Msd} = \frac{M_{Sd}}{I} \cdot y = \frac{M_{Sd}}{W} \qquad \frac{\sigma_{Nsd}}{f_{cod}} + \frac{\sigma_{Msd}}{f_{cod}} \le 1$$

$$hpilar := b_pilar = 18 \ cm$$

$$\frac{hpilar}{30} = 0,6 \ cm$$

$$\frac{Lo}{300} = 0,8667 \ cm \qquad \frac{Msd_pilar}{Ncsd_max} = 462,4222 \ cm$$

$$ea := \begin{array}{l}\text{if } \frac{Lo}{300} \ge \frac{hpilar}{30} = 0,8667 \ cm \\ \quad \frac{Lo}{300} \\ \text{else} \\ \quad \frac{hpilar}{30}\end{array}$$

$$M1gd := Msd_pilar = 4661,216 \ kN \ cm$$

$$ei := \begin{array}{l}\text{if } \frac{Msd_pilar}{Ncsd_max} \ge \frac{hpilar}{30} = 462,4222 \ cm \\ \quad \frac{Msd_pilar}{Ncsd_max} \\ \text{else} \\ \quad \frac{hpilar}{30}\end{array}$$

$$Ngd := Ncsd_max = 10,08 \ kN$$

$$eig := \frac{M1gd}{Ngd} = 462,4222 \ cm$$

Classe 2 de umidade e cargas permanentes:

$$\phi := 0,8$$

$$Nsk := \frac{Ncsd_max}{1,4} = 7,2 \ kN$$

$$e_c = (e_{ig} + e_a) \cdot \left\{ exp\left[\frac{\phi[N_{gk} + (\psi_1 + \psi_2)N_{qk}]}{F_E - [N_{gk} + (\psi_1 + \psi_2)N_{qk}]} \right] - 1 \right\} \qquad Nx := \frac{\phi \cdot (Nsk)}{FE - (Nsk)} = 0,0039$$

$ec := (eig + ea) \cdot (\exp(Nx) - 1) = 1,7979 \text{ cm}$

$e1_ef := $ if $\lambda \leq 40$ $= 463,2889 \text{ cm}$
0
else
if $\lambda \leq 80$
$ea + ei$
else
if $\lambda \leq 140$
$ea + ei + ec$
else
9999

$Ncsd_max \cdot e1_ef = 4669,952 \text{ kN cm} \qquad \frac{FE}{FE - Ncsd_max} = 1,0068$

$Msd_final := Ncsd_max \cdot e1_ef \cdot \left(\frac{FE}{FE - Ncsd_max} \right) = 4701,7 \text{ kN cm}$

$\sigma_{Nsd} := \frac{Ncsd_max}{Ag_pilar} = 0,0311 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \qquad \sigma_{Msdx} := \frac{Msd_final}{Wpilar} = 4,8371 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$

if $\lambda \leq 140$
$SporRx := \frac{\sigma_{Nsd} + \sigma_{Msdx}}{fc0d}$
else
$SporRx := 10000$

$G14 := SporRx = 2,8398$

Resultados:

$D1 = 2$ $D2 = 3$ $D3 = 1,2$ $D4 = 1,2$ $D5 = 0,8$

$G01 = 6,048$	$R01 := V_1 = 9,2$	$N01 := gab(R01; G01) = 0$
$G02 = 1161,216$	$R02 := V_2 = 2120$	$N02 := gab(R02; G02) = 0$
$G03 = 10,08$	$R03 := V_3 = 9,2$	$N03 := gab(R03; G03) = 0$
$G04 = 10,08$	$R04 := V_4 = 2,3$	$N04 := gab(R04; G04) = 0$
$G05 = 3733,7$	$R05 := V_5 = 2800,29$	$N05 := gab(R05; G05) = 0$
$G06 = 52,800$	$R06 := V_6 = 44$	$N06 := gab(R06; G06) = 0$
$G07 = 5,5111$	$R07 := V_7 = 3,09$	$N07 := gab(R07; G07) = 0$
$G08 = 106,20$	$R08 := V_8 = 106,2$	$N08 := gab(R08; G08) = 1$
$G09 = 183,90$	$R09 := V_9 = 136,54$	$N09 := gab(R09; G09) = 0$
$G10 = 2,7977$	$R10 := V_{10} = 0,57$	$N10 := gab(R10; G10) = 0$
$G11 = 0,15677$	$R11 := V_{11} = 0,59$	$N11 := gab(R11; G11) = 0$
$G12 = 1494,3$	$R12 := V_{12} = 1111,17$	$N12 := gab(R12; G12) = 0$
$G13 = 2,0000$	$R13 := V_{13} = 3$	$N13 := gab(R13; G13) = 0$
$G14 = 2,8398$	$R14 := V_{14} = 0,58$	$N14 := gab(R14; G14) = 0$
$G15 = 2178,0$	$R15 := V_{15} = 2178$	$N15 := gab(R15; G15) = 1$
$G16 = 0,098449$	$R16 := V_{16} = 0,57$	$N16 := gab(R16; G16) = 0$

$Acertos := N01 + N02 + N03 + N04 + N05 + N06 + N07 + N08 + N09 + N10 + N11 + N12 + N13 + N14 + N15 + N16$

$Nota := Acertos \cdot peso = 1,25$