UNIVERSIDADE POSITIVO

Engenharia Civil
Prova Bimestral: 2 / 1° Semestre de 2019 **AM191-B2-A**
Disciplina : Estruturas de Aço e Madeira I

Nota:

Turma

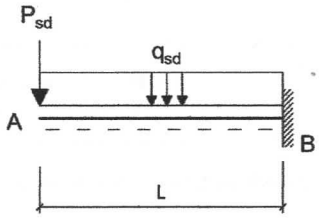
Nome: GABARITO L=6,0m / d=5/8' Matrícula:

Orientações:
- Leia atentamente todas as instruções da prova.
- Não é permitida a comunicação entre os alunos durante a realização da prova.
- **Respostas das questões com alternativas devem ser assinaladas com caneta azul ou preta na própria questão.**
- **Respostas das questões abertas devem ser escritas com caneta azul ou preta nas linhas abaixo de cada questão.**
- Aparelhos de comunicação deverão ser desligados e mantidos dentro das malas, que deverão ser deixadas na frente do salão de provas. Caso algum aluno seja flagrado portando um celular em salão de provas, mesmo que este esteja desligado, isto será considerado como tentativa de cola e o aluno terá sua prova recolhida e será atribuída nota zero na avaliação.
- **É obrigatória a CONSULTA A UMA FOLHA SULFITE A4 BRANCA FRENTE E VERSO MANUSCRITA a ser entregue junto com a prova.**
- **RESPOSTAS SEM OS RESPECTIVOS CÁLCULOS SERÃO AVALIADAS COM CONCEITO ZERO.**
- **Para todos os cálculos nas questões utilize 5 algarismos significativos.**
- Na correção dos valores numéricos das questões abertas será utilizada uma margem de erro de 5 por cento (para mais ou para menos).
- **A sigla N.D.A. significa nenhuma das alternativas elencadas para a questão.**

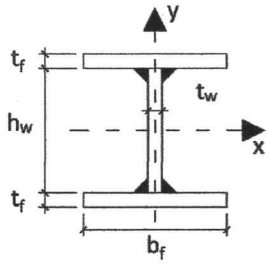
Problema A : [0.625 pontos por questão]

A **viga AB** esboçada ao lado será construída em **perfil I soldado** em aço **MR-250.** Pede-se:

- Determinar a mínima **altura de alma "h_w" necessária (em modulação de 5 mm)** para que sejam atendidas as verificações de **deslocamentos máximos, esforços cortantes** e **FLA para momentos fletores.**
- Em seguida, adotando **h_w = 300 mm** proceda a **verificação FLT para momentos fletores.**



Seção Transversal do Perfil Soldado da Viga AB



Dados:
- A viga faz parte do piso de uma edificação comercial e é travada lateralmente somente nos pontos A e B;
- Todas as cargas são permanentes e majoradas com γ_g = 1,4;
- **OBS: Para vigas em balanço as fechas limites de norma são o dobro das flechas definidas para vãos entre apoios.**

Dimensões:
L = (4.00 5.00 6.00) m **t_f = 12.5 mm** **t_w = 10.0 mm** **b_f = 150 mm**

Cargas permanentes em valor cálculo:
q_{SD} = 10.0 kN/m **P_{SD} = 20 kN**

Q01 – O fator Cb relativo à distribuição de momentos fletores na verificação FLT para a viga em questão é [adim.]?

2,0080

Q02 – A flecha limite definida conforme os critérios da norma NBR-8800:2008 para a viga em questão é [em cm]?

3,4286

Q03 – Qual a mínima altura **h_w** [em modulação de 5 mm] necessária para que a viga passe na verificação de esforços cortantes [em mm] ?

35

Q04 – Qual a mínima altura **h_w** [em modulação de 5 mm] necessária para que a viga passe na verificação FLA [em mm] ?

440

Q05 – Qual a mínima altura **h_w** [em modulação de 5 mm] necessária para que a viga passe na verificação de deslocamentos máximos [em mm] ?

480

Q06 – Qual a classificação da viga AB em relação a verificação FLT (com **h_w = 300 mm**) é:
(A) Viga Compacta (B) Viga Intermediária (C) Viga Longa (D) Viga Curta (D) Viga Semiesbelta

Q07 – Qual o momento resistente da viga em relação a verificação FLT [em kNm e com **h_w = 300 mm**]

184,30

Q08 – O limite de esbeltez λ_r relativo a verificação FLT da viga (com **h_w = 300 mm**) é [adim.] ?

176,62

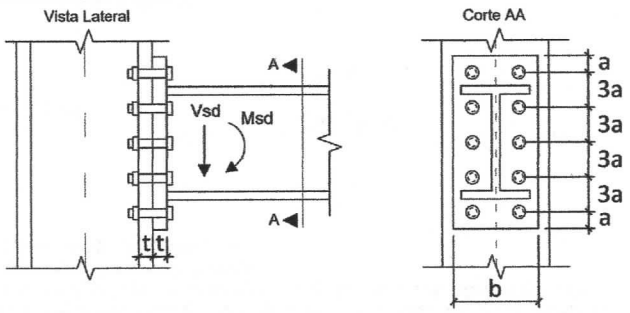
Q09 – A viga (com **h_w = 300 mm**) atende a verificação FLT? Qual a razão Momento Solicitante / Momento Resistente nesta verificação ?

1,6278

Problema B : **[0.625 pontos por questão]**

Para a **ligação do tipo contato** esboçada ao lado proceder as verificações de:

- Corte nos Parafusos
- Tração nos Parafusos
- Tração e Corte Simultâneos nos Parafusos
- Pressão de Contato e Rasgamento de Chapa



Dados:

- Aço das Chapas Componentes: **MR250** (f_y = 25 kN/cm² / f_u = 40 kN/cm²) ;
- Parafusos **A325 d = (3/4 pol. , 7/8 pol., 5/8 pol.)** em furos padrão;
- Considerar planos de corte passantes nas roscas dos parafusos;
- A ovalização dos furos é uma limitação de projeto;
- **Vsd = 200 kN** (esforço cortante solicitante em valor de cálculo);
- **Msd = 150 kNm** (momento fletor solicitante em valor de cálculo);

Dimensões:

b = 220 mm t = 16 mm a = 30 mm

Q01 – Considerando o equilíbrio de momentos estáticos qual a posição estimada da linha neutra (LN) a partir da base da chapa de ligação [cm]?

5,2029

Q02 – Dado o cálculo da posição da LN qual o momento de inércia da seção composta (equivalente) da ligação [em cm⁴] ?

8337,9

Q03 – Qual o total de resistência ao corte do conjunto de parafusos que compõe a ligação [kN]?

483,83

Q04 – Qual a resistência à pressão de contato / rasgamento de chapa do parafuso mais desfavorável da ligação [kN]?

121,25

Q05 – Respectivamente, quais são as máximas solicitações de corte e tração que ocorrem por parafuso na ligação [kN e kN] ?

20 E 120,34

Q06 – Considerando a atuação do esforço de corte total **Vsd = 200 kN** (no conjunto de parafusos) qual seria a **máxima força de tração solicitante que poderia incidir no parafuso mais solicitado** de modo que a ligação ainda atenda a verificação de tração e corte simultâneos [kN] ?

82,605

Q07 – Assinale abaixo quais verificações dentre as solicitadas **NÃO foram atendidas** e caso todas tenham sido atendidas assinale somente a alternativa (E):

(A) Corte nos Parafusos
(B) Tração nos Parafusos
(C) Tração e Corte Simultâneos nos Parafusos
(D) Pressão de Contato e Rasgamento de Chapa
(E) Todas foram atendidas

AM191-B2-A PROBLEMA A $L = 6{,}00\,m$

- Fator Cb:

$M_{AB}(x) = -20x - 10x^2/2 = -5x^2 - 20x$

$M_A = -5.(6/4)^2 - 20.6/4 = -41{,}25\ kN.m$

$M_B = -5.(6/2)^2 - 20.6/2 = -105\ kN.m$

$M_C = -5(3/4\,6)^2 - 20.3/4\,6 = -191{,}25\ kN.m$

$M_{máx} = -5.6^2 - 20.6 = -300\ kN.m$

$$C_b = \frac{12{,}5 \times 300}{2{,}5 \times 300 + 3 \times 41.25 + 4 \times 105 + 3 \times 191{,}25} = 2{,}0080$$

- Flecha limite: δ_{lim}

$\delta_{lim} = 2 \times L/350 = 2 \times 600/350 = 3{,}4286\,cm$

- Verif. de corte: (assumindo alma compacta)

$V_{sd} = P_{sd} + q_{sd} \times L = 20kN + 10kN/m \times 6m = 80kN$

$V_{Rd} = 0{,}60 \times (2 \times 1{,}25cm + h_w) \times 1cm \times 25\,kN/cm^2 / 1{,}10$

$V_{Rd} = 13{,}636\,h_w + 34{,}091$

Igualando $V_{Rd} = V_{sd}$

$13{,}636\,h_w + 34{,}091 = 80 \rightsquigarrow h_w = 3{,}3667cm \approx \underline{35mm}$

- Verif FLA: (assumindo alma compacta)

$M_{sd} = -20kN \times 6m - 10kN/m \times (6m)^2/2 = 300\,kN.m = 30000\,kN.cm$

$M_{Rd} = Z_x f_y / 1{,}1 = Z_x . 25/1{,}1 = 22{,}727\,Z_x$

Igualando $M_{Rd} = M_{sd}$: $Z_{x_{NEC}} = \frac{30000}{22{,}727} = 1320{,}0\,cm^3$

$2(15 \times 1{,}25(h_w/2 + 1{,}25/2) + h_w^2/8 \times 1) = 1320 \rightsquigarrow h_w = 43{,}69\,cm$

$\underline{440mm}$

- Verif de Flecha:

$$\delta_{calc} = \left(\frac{1}{8} \frac{10 kN/m}{100 \times 1,4} \cdot (600 cm)^4 + \frac{1}{3} \frac{20 kN (600 cm)^3}{1,4} \right) \frac{1}{20000 kN/cm^2} \cdot I$$

$$\delta_{calc} = \frac{109286}{I_x} \quad \text{Igualando} \quad \delta_{calc} = \delta_{lim}$$

$$I_x = 109286 / 3,4286 = 31875 \, cm^5$$

$$\frac{15(2 \times 1,25 + h_w)^3}{12} - \frac{(15 - 1,0) h_w^3}{12} = 31875 \rightsquigarrow h_w = 47,943 \, cm$$

$$= \underline{480 mm}$$

- Verif FLT com $h_w = 300 mm$:

$$I_y = 705,63 \, cm^4 \quad A_g = 67,5 \, cm^2 \quad r_y = \sqrt{\frac{705,63}{67,5}} = 3,2332 \, cm$$

$$\lambda_{FLT} = \frac{L_b}{r_y} = \frac{600}{3,2332} = 185,57 \quad J = 29,531 \, cm^4$$

$$C_w = 705,63 (1,25 + 30)^2 / 4 = 172273 \, cm^6$$

$$W_x = 702,16 \, cm^4 \quad \beta_1 = \frac{0,7 \times 25 \times 702,16}{20000 \times 29,531} = 0,020805 / cm$$

$$\lambda_r = \frac{1,38 \sqrt{705,63 \times 29,531}}{3,2332 \times 29,531 \times 0,020805} \sqrt{1 + \sqrt{1 + \frac{27 \times 172273 \times 0,020805^2}{705,63}}}$$

$$\underline{\lambda_r = 176,62} \quad \underline{\text{VIGA LONGA}}$$

$$M_{Rd_{FLT}} = \frac{2,008 \times \pi^2 \times 20000 \times 705,63}{(600 cm)^2} \sqrt{\frac{172273}{705,63} \left(1 + 0,039 \times \frac{29,531 \times (600)^2}{172273} \right)}$$

$$M_{Rd_{FLT}} = 22406 \, kNcm \leq \frac{M_{Rd}}{\gamma_{a1}} = \frac{810,94 \times 25}{1,1} = 18430 \, kNcm$$

$$M_{Rd_{FLT}} = \underline{184,30 \, kNm}$$

$$\frac{M_{sd}}{M_{Rd}} = \frac{300 \, kNm}{184,3 \, kNm} = \underline{1,6278}$$

AM191 - B2 - A PROBLEMA B $d = 5/8'$

$d = 5/8 \times 2{,}54\,cm = 1{,}5875\,cm$ $h = 14 \times a = 14 \times 3 = 42\,cm$

$A_b = \frac{\pi}{4} \times (1{,}5875\,cm)^2 = 1{,}9793\,cm^2$

- Posição da L.N.: $t = \frac{1{,}9793\,cm^2}{3 \times 3\,cm} \times 2 = 0{,}43984\,cm$

$22\,cm \times y_c^2/2 = 0{,}43984\,cm\,(42\,cm - y_c)^2/2$ $y_c = 5{,}2029\,cm$

$I_{EQ} = \frac{22}{3}(5{,}2029)^3 + \frac{0{,}43984\,(42 - 5{,}2029)^3}{3} = 8337{,}9\,cm^3$

$F't_{sd} = \frac{15000\,kN/cm}{8337{,}9\,cm^4} \times 1{,}9793\,cm^2 \times (42\,cm - 3\,cm - 5{,}2029\,cm)$

$F't_{sd} = 120{,}34\,kN$

$F'v_{sd} = 200\,kN / 10 = 20\,kN$

$F'v_{Rd} = 0{,}40 \times 1{,}9793\,cm^2 \times 82{,}5\,kN/cm^2 / 1{,}35 = 48{,}383\,kN > F'v_{sd}$ ok

$F't_{Rd} = 0{,}75 \times 1{,}9793\,cm^2 \times 82{,}5\,kN/cm^2 / 1{,}35 = 90{,}718\,kN < F't_{sd}$ FALHA

$V_{Rd} = 10 \times 48{,}383 = 483{,}83\,kN$

- Máximo $F't_{sd}$ possível:

$\left(\frac{20}{48{,}383}\right)^2 + \left(\frac{F't_{sd}}{90{,}718}\right)^2 = 1 \rightsquigarrow F't_{sd\,Máx} = 82{,}605\,kN$

$l_l = 30\,mm - 1/2\,(15{,}875 + 1{,}5)\,mm = 21{,}313\,mm$

$F_{cRd} = mín \begin{cases} \frac{1{,}2 \times 7{,}1313\,cm \times 1{,}6\,cm \times 40\,kN/cm^2}{1{,}35} = 121{,}25\,kN > F'v_{sd} = 20\,kN \text{ OK!} \\ \frac{2{,}4 \times 1{,}5875\,cm \times 1{,}6\,cm \times 40\,kN/cm^2}{1{,}35} = 180{,}62\,kN \end{cases}$

FALHAS: (B) E (C)

AM191-B2-PA_versao_A.txt

Dados :
Aco = MR250
L = 4 m
tf = 12.5 mm
tw = 10 mm
bf = 150 mm
Msd = 0 kNm
qsd = 10 kN/m
Psd = 20 kN

Respostas :
Q01) Cb = 1.9417
Q02) d_lim = 2.2857 cm
Q03) hw_corte = 20 mm
Q04) hw_FLA = 270 mm
Q05) hw_flecha = 305 mm
Q06) Tipo_FLT = B viga intermediaria
Q07) Mrd_FLT = 184.3 kNm
Q08) Lambda_R FLT = 172.62
Q09) Msd/Mrd (FLT)= SIM 0.86813

Dados :
Aco = MR250
L = 5 m
tf = 12.5 mm
tw = 10 mm
bf = 150 mm
Msd = 0 kNm
qsd = 10 kN/m
Psd = 20 kN

Respostas :
Q01) Cb = 1.978
Q02) d_lim = 2.8571 cm
Q03) hw_corte = 30 mm
Q04) hw_FLA = 355 mm
Q05) hw_flecha = 395 mm
Q06) Tipo_FLT = B viga intermediaria
Q07) Mrd_FLT = 184.3 kNm
Q08) Lambda_R FLT = 172.62
Q09) Msd/Mrd (FLT)= NAO 1.2208

Dados :
Aço = MR250
L = 6 m
tf = 12.5 mm
tw = 10 mm
bf = 150 mm
Msd = 0 kNm
qsd = 10 kN/m
Psd = 20 kN

Respostas :
Q01) Cb = 2.008
Q02) d_lim = 3.4286 cm
Q03) hw_corte = 35 mm
Q04) hw_FLA = 440 mm
Q05) hw_flecha = 480 mm
Q06) Tipo_FLT = C viga longa
Q07) Mrd_FLT = 184.3 kNm
Q08) Lambda_R FLT = 172.62
Q09) Msd/Mrd (FLT)= NAO 1.6277

AM191-B2-PB_versao_A.txt

Dados :
Aco Chapa = MR250
Tipo Paraf = A325
Vsd = 200 kN
Msd = 150 kNm
d_paraf = 3/4 in
b = 220 mm
t = 16 mm
a = 30 mm

Respostas :
Q01) pos. LN = 6.0926 cm
Q02) Ieq = 11433 cm^4
Q03) Vrd_total = 696.72 kN
Q04) Fc_rd = 112.21 kN
Q05) Fv_sd, Ft_sd = 20 kN / 123.06 kN
Q06) Ft_max_sim = 125.14 kN
Q07) Não atendidas = ['E']

Dados :
Aco Chapa = MR250
Tipo Paraf = A325
Vsd = 200 kN
Msd = 150 kNm
d_paraf = 7/8 in
b = 220 mm
t = 16 mm
a = 30 mm

Respostas :
Q01) pos. LN = 6.9403 cm
Q02) Ieq = 14836 cm^4
Q03) Vrd_total = 948.32 kN
Q04) Fc_rd = 103.18 kN
Q05) Fv_sd, Ft_sd = 20 kN / 125.75 kN
Q06) Ft_max_sim = 173.81 kN
Q07) Não atendidas = ['E']

Dados :
Aco Chapa = MR250
Tipo Paraf = A325
Vsd = 200 kN
Msd = 150 kNm
d_paraf = 5/8 in
b = 220 mm
t = 16 mm
a = 30 mm

Respostas :
Q01) pos. LN = 5.203 cm
Q02) Ieq = 8337.9 cm^4
Q03) Vrd_total = 483.84 kN
Q04) Fc_rd = 121.24 kN
Q05) Fv_sd, Ft_sd = 20 kN / 120.35 kN
Q06) Ft_max_sim = 82.606 kN
Q07) Não atendidas = ['B', 'C']