UNIVERSIDADE POSITIVO

Engenharia Civil
Avaliação Bimestral: 2 / 2014 **SE14-AB-B2b**
Disciplina: Sistemas Estruturais

Nota:

Turma:

Aluno: GABARITO Matrícula:

Orientações:

- Leia atentamente todas as instruções da prova;
- Não é permitida a comunicação entre os alunos durante a realização da prova;
- Não serão aceitas questões sem justificativa;
- Respostas devem ser destacadas e escritas com caneta azul ou preta;
- 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 permitida a consulta a 3 folhas A4 manuscritas a serem entregues junto com a prova. A não entrega destas folhas bem como a entrega fora dos padrões (fotocopiada, impressa ou com qualquer elemento não manuscrito) implicará na perda de 1,5 pontos na nota bimestral;
- Utilize as convenções definidas em sala de aula;
- Durante a realização das provas não é permitido ao aluno ausentar-se do salão para ida a sanitários ou por qualquer outro motivo. A saída do salão de provas implica na entrega da prova para correção.
- **Para todos os cálculos nas questões abaixo utilize 5 algarismos significativos**.

Questão 01: [Valor 1,5 pontos – 0,25 pontos cada]

- Assinale **Verdadeiro "V"** ou **Falso "F"** quanto às afirmações abaixo e em caso falso justifique indicando o motivo da afirmação não ser procedente. Respostas assinaladas com "F" e sem justificativa serão anuladas.

01) (V) Em termos de verificação de peças fletidas, caso haja contenção lateral, a verificação FLT (Flambagem Lateral com Torção) pode ser desprezada.

02) (V) Adotar uma Alma Esbelta é sempre a última opção em termos de dimensionamento de peças fletidas.

03) (V) Em vigas como a esboçada na Questão 02 quanto maior for o vão L mais significativos serão os efeitos dos momentos fletores em comparação com os esforços cortantes .

04) (F) Enrijecedores são dispositivos que visam principalmente melhorar o desempenho das vigas metálicas no que diz respeito a verificação FLM (Flambagem Local da Mesa).
ENRIJECEDORES SÃO DISPOSITIVOS UTILIZADOS P/ COMBATER ESFORÇOS LOCALIZADOS / ESFORÇOS CORTANTES

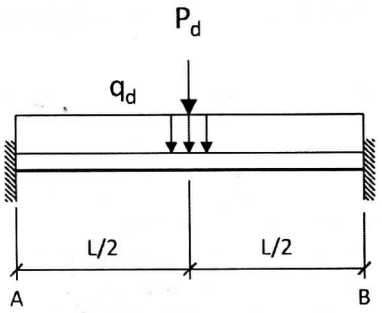
05) (F) A adoção de perfis em formato de I ou H na composição de vigas justifica-se somente pelo aspecto estético não havendo nenhuma outra justificativa técnica para tal.
JUSTIFICAM-SE POR APRESENTAREM MELHOR RELAÇÃO INÉRCIA X PESO LINEAR

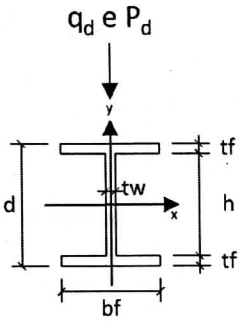
06) (V) Na determinação da resistência à esforço cortante as mesas cumprem um papel secundário sendo a verificação à esforço cortante baseada nas dimensões da alma dos perfis.

Questão 02: [Valor 3,5 pontos]

A viga ao lado será construída com um **perfil I soldados** com as características abaixo:

tw	=	14 mm
h	=	500 mm
tf	=	14 mm
bf	=	200 mm
J	=	75 cm^4





Considerando os seguintes dados:
- **vão L = 6,0 m;**
- **carga concentrada em valor de cálculo P_d = 0 kN;**
- **travamentos laterais somente nos apoios A e B;**
- **aço AR350** sendo que o perfil laminado indicado tem **seção compacta para FLA e FLM;**

Determine qual é o máximo valor da **carga distribuída q_d (já em valor de cálculo)** que pode ser aplicada de modo que a **viga passe na verificação FLT**.

OBS. Momento no ponto A : $M_A = - P_d * L / 8 - q_d * L^2 / 12$

$\lambda_{FLT} = L_b / r_y \quad r_y = \sqrt{I_y / A}$

$I_y = 50cm \times (1,4cm)^3/12 + 2\left(1,4cm \times (20cm)^3\right)/12 = 1878\,cm^4$

$A = 2 \times 20cm \times 1,4cm + 50cm \times 1,4cm = 126cm^2$

0,7

$r_y = \sqrt{1878/126} = 3,861cm \quad \lambda_{FLT} = 600cm / 3,86cm = \boxed{155,4}$

$\lambda_{PFLT} = 1,76\sqrt{2000kN/cm^2 / 35kN/cm^2} = 1,76 \times 23,90 = \boxed{42,06}$

$I_x = 1,4cm \times (50cm)^3/12 + 2\left(20cm \times (1,4cm)^4/12 + 20cm \times 1,4cm \left(\frac{50cm + 1,4cm}{2}\right)^2\right)$

$I_x = 51580\,cm^4 \quad W_x = I_x / d/2 = 51580cm^4 / 0,5(50 + 2 \times 1,4)$

$W_x = 1953\,cm^3$

$\beta_1 = 0,7 f_y W_x / EJ = 0,7 \times 35kN/cm^2 \times 1953cm^3 / (20000kN/cm^2 \times 75cm^4)$

$\beta_1 = \boxed{0,0319 1/cm}$ 0,7

$C_w = I_y (d - t_f)^2 / 4 = 1878cm^4 (50cm + 1,4cm)^2 / 4 = 1240466$

$\lambda_{r_{FLT}} = \frac{1,38\sqrt{1878.75}}{3,86.75.0,0319}\sqrt{1 + \sqrt{1 + \frac{27 \times 1240466 \times 0,0319^2}{1878}}}$

$\lambda_{r_{FLT}} = \boxed{130,0}$ VIGA LONGA 0,7

$$Z_x = 2\left[20cm \times 1{,}4cm \times \left(\frac{50cm + 1{,}4cm}{2}\right) + \frac{50cm}{2} \times 1{,}4cm \times \frac{50cm}{4}\right]$$

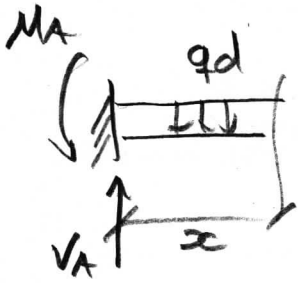
$$Z_x = 2314\,cm^3$$

$$M_{pl} = Z_x f_y = 2314cm^3 \times 35kN/cm^2 = 80990kNcm = \underline{809{,}9\,kNm}$$

$$M_r = 0{,}7 f_y W_x = 0{,}7 \times 35 \times 1953 = 47849kNcm = \underline{478{,}5\,kNm}$$

$C_b = ?$ $\quad M_A = -q_d \cdot 6^2/12 = -3q_d$

$$V_A = q_d \cdot L/2 = q_d \cdot 6/2 = +3q_d$$



$$M(x) = -3q_d + 3q_d x - q_d x^2/2$$

$$M(x=0) = -3q_d$$

$$M(x=1{,}5) = -3q_d + 3q_d(1{,}5) - q_d(1{,}5)^2/2 = 0{,}375q_d$$

$$M(x=3) = -3q_d + 3q_d(3) - q_d(3)^2/2 = 1{,}5q_d$$

$M_A = M_C = 0{,}375q_d$ | $M_B = 1{,}5q_d$ | $M_{MAX} = 3q_d$ (0,7)

$$C_b = \frac{12{,}5 \times 3q_d}{2{,}5 \times 3q_d + 3 \times 0{,}375q_d + 4 \times 1{,}5q_d + 3 \times 0{,}375q_d} = \boxed{2{,}381}$$

$$M_{CR} = \frac{2{,}381\,\pi^2 \times 20000 \times 1878}{600^2}\sqrt{\frac{1240466}{1878}\left(1 + \frac{9039 \times 75 \times 600^2}{1240466}\right)}$$

$$M_{cr} = 85680\,kNcm = 856{,}8\,kNm$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{cr}}{\gamma_{a1}} \leq \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}} = \frac{856{,}8}{1{,}1} \leq \frac{809{,}9}{1{,}1} \leftarrow \text{MENOR VALOR}$$

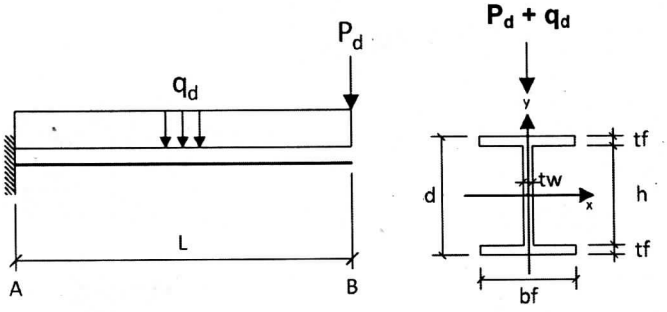
$$M_{Rd} = 809{,}9/1{,}1 = 736{,}3\,kNm$$

IGUALANDO $M_{Sd} = M_{Rd} \rightsquigarrow 736{,}3 = 3q_d$

$$q_d = 736{,}3/3 = \boxed{245{,}4\,kN/m} \quad (Q7)$$

Questão 03: [Valor ~~2,5~~ 3,0 pontos]

A **viga de cobertura** ao lado será construída em um **perfil soldado** cujas **chapas são todas de 9,0 mm de espessura**.



Os carregamentos aplicados são :
- **carga distribuída permanente em valor característico q_k = 40kN/m;**
- **carga concentrada acidental em valor característico P_k = 50kN;**

Dado que:
bf = 200 mm
L = 500 cm
Aço MR250

Determine:
a) Qual deve ser a **altura h** (indicada na figura) para que a viga passe na **verificação ELU de esforços cortantes?**
b) Qual deve ser a **altura h** (diferente da já calculada no item "a") para que a viga passe na **verificação ELS de deformações excessivas?**

OBS: Para **ELU considerar ações agrupadas com coeficientes Yg = Yq = 1,4** . Para **ELS adotar combinação quase-permanente com Ψ_2=0,6.**

(a) $P_d = 1,4 \times 50kN = 70kN$ $\quad q_d = 1,4 \times 40kN/m = 56kN/m$

$V_{sd} = q_d \times L + P_d = 56kN/m \times 5m + 70kN = \boxed{350kN}$ // 0,8 //

Assumindo $\lambda = h/t_w$ COMPACTO P/ CISALHAMENTO:

$$V_{Rd} = V_{sd} \rightarrow \frac{960 \times (h + 2 \times 0,9cm) \times 0,99cm \times 25kN/cm^2}{1,1} = 350kN$$

$$h + 1,8 = \frac{350 \times 1,1}{0,6 \times 0,9 \times 25} \qquad h = 28,52 - 1,8 = \underline{26,72cm}$$ //

$\lambda = 2672cm / 0,99cm = 29,69$

$\lambda_p = 1,10\sqrt{k_v \cdot E / f_y} = 1,10 \times \sqrt{5} \times 28,28 = 69,55$

} SEÇÃO COMPACTA

R: $\boxed{h = 26,72kN}$ // 0,7 //

(b) Carregamento ELS: $q_{ELS} = 40kN/m + 0,6 \times 50kN$

$q_{ELS} = 40kN/m + 30kN$ $\qquad \delta_{LIM} = L/250 = \frac{500cm}{250} = \underline{2cm}$ // 0,3 //

$\delta_{calc} = \delta_{LIM}$: CONDIÇÃO LIMITE

$$\frac{1}{3}\frac{PL^3}{EI} + \frac{1}{8}\frac{qL^4}{EI} = 2cm$$

$q = 40 kN/m = 0,40 kN/cm$

$P = 30 kN$

$$\frac{1}{3}\frac{30 \times 500^3}{20000 I_x} + \frac{1}{8}\frac{0,4 \times 500^4}{20000 I_x} = 2$$

$$\frac{62500}{I_x} + \frac{156250}{I_x} = 2 \rightarrow I_x = \frac{62500 + 156250}{2}$$

$I_x = 109375 cm^4$ (INÉRCIA NECESSÁRIA) // 0,5 //

$$I_x = \frac{0,9 \times h^3}{12} + 2\left(\frac{20 \times 9^3}{12} + (20 \times 9)\left(\frac{h + 0,9}{2}\right)^2\right) = 109375 cm^3$$

$$0,075h^3 + 9h^2 + 16,2h - 109365 = 0$$

$h' = -102$

$h'' = -102$

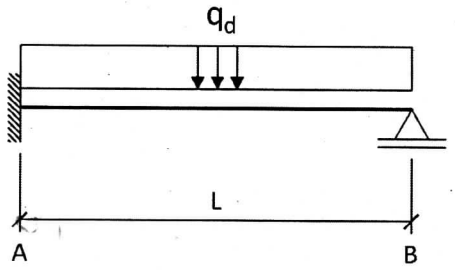
$h''' = +84,02$

$h = 84,02 cm$ // 0,7 //

* CONSIDERADO QUEM DEIXA-SE A EXPRESSÃO DE CÁLCULO INDICADA.

Questão 04: [Valor 2,0 pontos]

O modelo estrutural de **viga biengastada** indicado ao lado é **contido lateralmente ao longo de todo o seu comprimento** e será executado utilizando um dos perfis **CVS (viga coluna soldada)** que constam na tabela abaixo em **aço MR-250 e com L = 750 cm**.

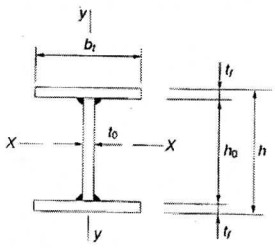


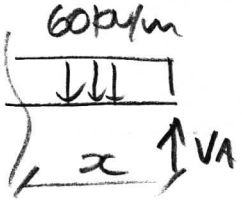
Desprezando a verificação de deslocamentos máximos, defina **qual o perfil de menor peso por metro linear (dentre os que figuram na tabela) é capaz de suportar:**

- Carga distribuída em valor de cálculo q_d = 60kN/m;

OBS - Reação de apoio:
$V_B = 3\ q_d{*}L\ /\ 8$
$V_A = 5qdL/8$

Perfil	Massa	Alt.	Área	Alma		Mesa		Eixo X–X				Eixo Y–Y		
CVS	m	h	A	t_0	h_0	t_f	b_f	I_x	W_x	i_x	Z_x	I_y	W_y	i_y
	kg/m	mm	cm²	mm	mm	mm	mm	cm⁴	cm³	cm	cm³	cm⁴	cm³	cm
350 × 73	73,3	350	93,4	9,5	325	12,5	250	20 524	1 173	14,83	1 306	3 258	261	5,91
350 × 87	86,5	350	110,2	9,5	318	16,0	250	24 874	1 421	15,02	1 576	4 169	334	6,15
350 × 98	97,8	350	124,6	9,5	312	19,0	250	28 454	1 626	15,11	1 803	4 950	396	6,30
350 × 105	105,2	350	134,0	12,5	312	19,0	250	29 213	1 669	14,77	1 876	4 953	396	6,08
350 × 118	117,9	350	150,2	12,5	305	22,4	250	33 058	1 889	14,84	2 126	5 838	467	6,24
350 × 128	127,6	350	162,5	12,5	300	25,0	250	35 885	2 051	14,86	2 313	6 515	521	6,33
350 × 136	135,8	350	173,0	16,0	300	25,0	250	36 673	2 096	14,56	2 391	6 521	522	6,14





$M(x) = \frac{3}{8}qLx - qx^2/2$

$M(x) = \frac{3}{8} \cdot 60 \cdot 7{,}5x - 60x^2/2$

$M(x) = 168{,}8x - 30x^2$

$M(x = 3{,}75) = 168{,}8 \times 3{,}75 - 30 \times 3{,}75^2 = +211{,}1\ kNm$

$M(x = 7{,}5) = 168{,}8 \times 7{,}50 - 30 \times 7{,}50^2 = -421{,}5\ kNm$

$dM(x)/dx = 168{,}8 - 60x = 0 \qquad x = 168{,}8/60 = 2{,}813\ m$

$M(x = 2{,}813) = 168{,}8 \times 2{,}813 - 30 \times 2{,}813^2 = 237{,}4\ kNm$

Momento Máximo (Abs) = 421,5 kNm

$M_{Rd} = M_{Sd} \qquad Z_x \cdot f_y/\gamma_{a1} = 42150\ kNcm$ (1,0)

$Z_x = 42150\ kNcm \times 1{,}1 / 25\ kN/cm^2 = \underline{1855\ cm^3}$

Perfil Adotado **350 × 105** $Z_x = 1876\ cm^3$ (1,0)

VERIFICAÇÃO FLA:

$\lambda = h/t_w = 350\,mm / 12,5\,mm = 28$

$\lambda_p = 3,76\sqrt{E/f_y} = 3,76 \times 28,28 = 106,3$

} ALMA COMPACTA

VERIFICAÇÃO FLM:

$\lambda = 95\,b_f/t_f = 0,5 \times 250\,mm / 19 = 6,579$

$\lambda_p = 9,38\sqrt{E/f_y} = 9,38 \times 28,28 = 19,75$

} MESA COMPACTA

VERIFICAÇÃO DE CORTANTES:

$\lambda = h/t_w = 28$

$\lambda_p = 1,10\sqrt{k_v E/f_y} = 1,10\sqrt{5} \times 28,28 = 69,55$

} ALMA COMPACTA P/ CISALHAMENTO

$V_{Rd} = 0,60 \times d \times t_w \times f_y / \gamma_{a1}$

$V_{Rd} = 0,60 \times 35\,cm \times 1,25\,cm \times 25\,kN/cm^2 / 1,1 = 596,6\,kN$

$V_{sd} = 5qL/8 = 5 \times 60 \times 7,5/8 = 281,3\,kN$

COMO $V_{sd} = 281,3\,kN < V_{Rd} = 596,6\,kN$ OK!

PERFIL ADOTADO: CVS 350 x 105 //