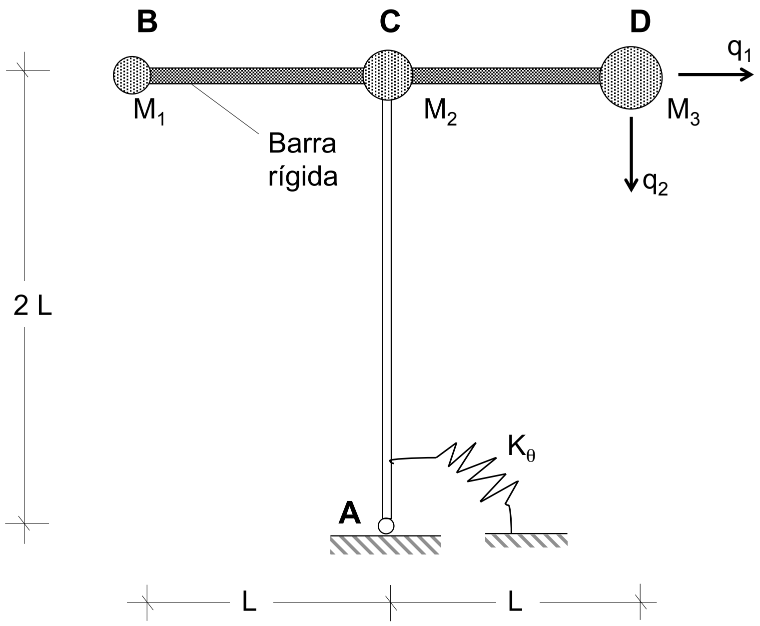
	Dinâmica Estrutural e Engenharia Sísmica Mestrado Integrado em Engenharia Civil 5º Ano - 1º Semestre – 27 de Janeiro de 2015 (2ª Época)
	Desligue o telemóvel Identifique todas as folhas com o número e nome Entregue cada problema em folhas separadas Justifique adequadamente todas as respostas Duração: 2h30m

Problema 1 (10,5)

Considere a estrutura de betão armado indicada na figura, em que a viga BCD é rígida e o pilar axialmente indeformável. Considere os graus de liberdade indicados para efeito da análise dinâmica do sistema. Considere que a estrutura é atuada por uma ação sísmica tipo 1 na direcção horizontal (de acordo com o EC8 e o Anexo Nacional), está na zona 1.3 em solo tipo C, é de Classe de Importância III, e o coeficiente de comportamento é q=2.



$EI = 800\,000$ kNm^2

$K_\theta = 400\,000$ kNm/rad

$M_1 = 10$ ton

$M_2 = 20$ ton

$M_3 = 30$ ton

$L = 5$ m

a) Calcule as matrizes de massa e flexibilidade da estrutura, considerando os graus de liberdade indicados. (2,5)
Nota: o deslocamento q_2 é directamente proporcional à rotação no topo do pilar

b) Calcule a configuração do 1º modo de vibração pelo método de Stodola e a frequência do 1º modo. (1,5)

c) Calcule a configuração do 2º modo, usando as propriedades de ortogonalidade dos modos, e a frequência do 2º modo. (1,5)

d) Calcule a rotação, o esforço transverso e o esforço axial na base do pilar, e o momento na secção C da barra CD. (5,0)

Se não resolveu a alíneas b) e c) considere T_1=1,4s, T_2=0,3s, $v_1 = \begin{Bmatrix} 1 \\ 0,7 \end{Bmatrix}$ e $v_2 = \begin{Bmatrix} 1 \\ -2 \end{Bmatrix}$

Problema 2 (4,5)

Considere a estrutura do 1º problema (ζ=0%) mas com o pilar rígido à flexão. Se a estrutura for atuada por uma força horizontal no ponto D, de F=200 kN durante 3s calcule:

a) O período da estrutura (2,0)

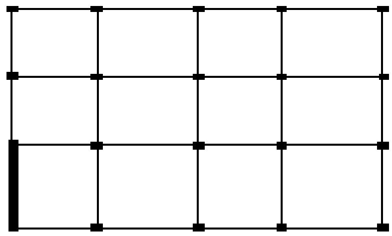
b) O deslocamento vertical máximo do ponto D durante a aplicação da força. (2,5)

Sugestão: formule o problema considerando como grau de liberdade da estrutura a rotação da estrutura e como força generalizada o momento na base da estrutura.

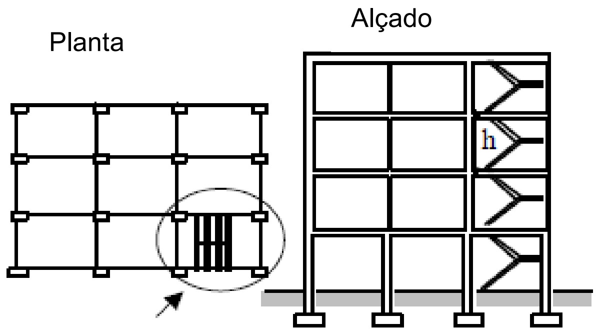
Se não resolveu a alínea a) considere T=1s

Problema 3 (5,0)

a) Considere a planta indicada na figura (massa uniformemente distribuída em planta). Em caso de ocorrência dum sismo qual dos pilares da estrutura irá sofrer maiores exigências de ductilidade em deslocamento e porquê? Indique possíveis alterações à estrutura que melhorem o comportamento desta face à ação sísmica (1,0)



b) Considere o edifício representado na figura onde a ligação dos patamares da escada verifica-se a meia altura dos pilares. Diga, qualitativamente e justificando, onde se encontra o centro de rigidez do piso (CR). Quais os pilares com maior exigências de ductilidade de deslocamento? Identifique ainda problemas de comportamento estrutural face à ação sísmica. (1,0)



c) Porque razão o EC8 define espectros de resposta para diferentes tipos de terreno? Quais as variáveis que têm em conta este efeito na definição dos espectros de resposta e qual o seu significado físico? Justifique. (1,0)

d) Admita um evento sísmico com magnitude 6,0 que conduz num determinado local a uma intensidade (escala de Mercalli modificada) de IX. Considere a ocorrência de um outro evento sísmico com a magnitude de 7,0 e que conduz, no mesmo local anterior, a uma intensidade de VII. Justifique esta aparente inconsistência. (1,0)

e) Para que serve e qual o significado físico do coeficiente de sensibilidade definido no EC8 para estruturas de edifícios? Justifique. (1,0)

$$|K - p^2 M| = 0 \qquad D = F\,M \qquad D\,V = \frac{1}{p^2} V$$

$$V_i^T M V_j = \begin{cases} 0 & i \neq j \\ M_j & i = j \end{cases}$$

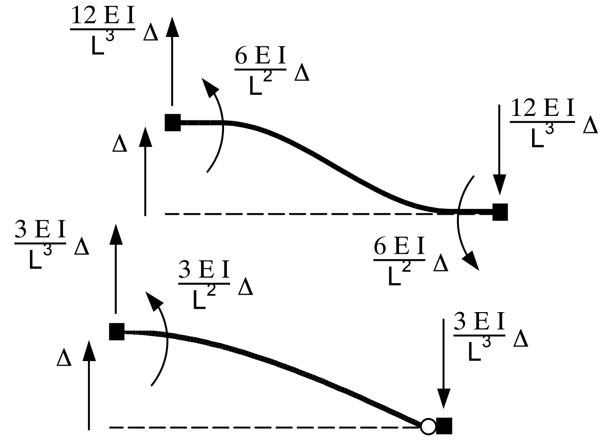
$$V_i^T K V_j = \begin{cases} 0 & i \neq j \\ M_j\, p_j^2 & i = j \end{cases}$$

$$\phi_i = \frac{V_i}{\sqrt{V_i^T M V_i}} \qquad \bar{P}_{ix} = \phi_i^T M\, 1_x$$

$$\ddot{q}^{\,max}_{i\alpha} = \bar{P}_{i\alpha} S_{ai\alpha} \phi_i \qquad q^{\,max}_{i\alpha} = \bar{P}_{i\alpha} S_{di\alpha} \phi_I$$

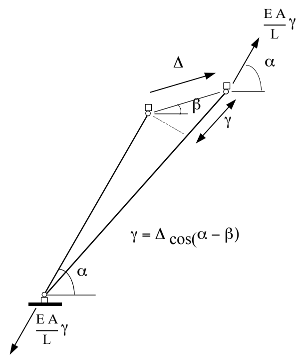
$$S_{dj} = \frac{S_{aj}}{4\pi^2 f_j^2} \qquad r^{max} = \sqrt{\sum_j (r_j^{max})^2}$$

$\overline{M}$ \ M	a, L	a, L	a, L	a, 2º, L
b, L	abL	$\frac{1}{2}$ abL	$\frac{1}{2}$ abL	$\frac{1}{3}$ abL
b, L		$\frac{1}{3}$ abL	$\frac{1}{6}$ abL	$\frac{1}{4}$ abL
b, 2º, L			$\frac{1}{12}$ abL	$\frac{1}{5}$ abL



$$p^2 = g\,\frac{\int_o^{\ell} m(x)\, q_G(x)\, dx + \sum_i M_i\, q_G(x_i)}{\int_o^{\ell} m(x)\, [q_G(x)]^2\, dx + \sum_j M_j\, [q_G(x_j)]^2}$$

$$p^2 = \frac{\int_o^{\ell} EI(x)\, [\psi''(x)]^2\, dx + \sum_i K_{\Delta i}\, [\psi(x_i)]^2 + \sum_j K_{\theta j}\, [\psi'(x_j)]^2}{\int_o^{\ell} m(x)\, [\psi(x)]^2\, dx + \sum_m M_m\, [\psi(x_m)]^2 + \sum_n I_{\theta n}\, [\psi'(x_n)]^2}$$

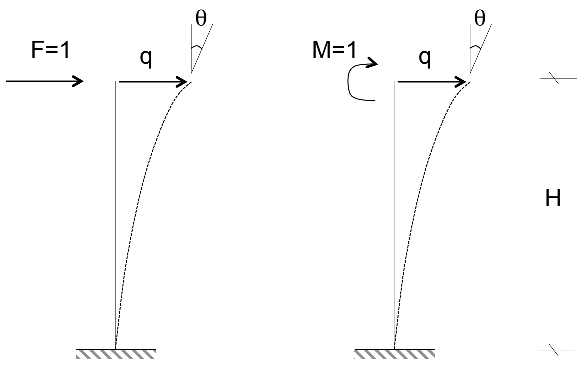


$$\beta_1 = \frac{1}{\sqrt{(1 - \bar{\omega}^2)^2 + (2\,\zeta\,\bar{\omega})^2}} \qquad \bar{\omega} = \frac{\omega}{p}$$

$$\beta_2 = \sqrt{1 + (2\zeta\varpi)^2}\ \times\ \beta_1 \qquad \beta_3 = \beta_1 \times \varpi^2$$

$$p_d = p\,\sqrt{1 - \zeta^2}$$

$$q(t) = \beta_1 \frac{Q}{k} \cos(\omega t - \phi) \quad \phi = arctg\left(\frac{2\xi\varpi}{1 - \varpi^2}\right)$$



$q = H^3/3EI$ $\quad$ $q = H^2/2EI$

$\theta = H^2/(2EI)$ $\quad$ $\theta = H/(EI)$

$$q(t) = e^{-\zeta pt} \left(q_0 \cos(p_d\, t) + \frac{\dot{q}_0 + \zeta\, p\, q_0}{p_d} \operatorname{sen}(p_d\, t)\right) + \frac{e^{-\zeta pt}}{M\, p_d} \int_0^t e^{\zeta p \tau}\, Q(\tau) \operatorname{sen}(p_d\,(t-\tau))\, d\tau$$

Quadro NA.I – Aceleração máxima de referência a_{gR} (m/s^2) nas várias zonas sísmicas

Acção sísmica Tipo 1		Acção sísmica Tipo 2	
Zona Sísmica	a_{gR} (m/s^2)	Zona Sísmica	a_{gR} (m/s^2)
1.1	2,5	2.1	2,5
1.2	2,0	2.2	2,0
1.3	1,5	2.3	1,7
1.4	1,0	2.4	1,1
1.5	0,6	2.5	0,8
1.6	0,35	–	–

f) NA–3.2.2.2(2)P

Em Portugal, para a definição dos espectros de resposta elásticos o valor do parâmetro S deve ser determinado através de:

para $a_g \leq 1$ m/s^2 $\qquad S = S_{max}$

para 1 m/s$^2 < a_g < 4$ m/s^2 $\qquad S = S_{max} - \frac{S_{max} - 1}{3}(a_g - 1)$

para $a_g \geq 4$ m/s^2 $\qquad S = 1{,}0$

em que:

a_g valor de cálculo da aceleração à superfície de um terreno do tipo A, em m/s^2;

S_{max} parâmetro cujo valor é indicado nos Quadros NA−3.2 e NA−3.3.

Em Portugal, para a definição dos espectros de resposta elásticos para a **Acção sísmica Tipo 1** devem adoptar-se os valores do Quadro NA−3.2 em vez do Quadro 3.2.

Quadro NA−3.2 – Valores dos parâmetros definidores do espectro de resposta elástico para a Acção sísmica Tipo 1

Tipo de Terreno	S_{max}	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
A	1,0	0,1	0,6	2,0
B	1,35	0,1	0,6	2,0
C	1,6	0,1	0,6	2,0
D	2,0	0,1	0,8	2,0
E	1,8	0,1	0,6	2,0

h) NA–4.2.5(5)P

Em Portugal, os coeficientes de importância a adoptar são os indicados no Quadro NA.II.

Quadro NA.II – Coeficientes de importância γ_I

Classe de Importância	Acção sísmica Tipo 1	Acção sísmica Tipo 2	
		Continente	Açores
I	0,65	0,75	0,85
II	1,00	1,00	1,00
III	1,45	1,25	1,15
IV	1,95	1,50	1,35

(4)P Para as componentes horizontais da acção sísmica, o espectro de cálculo, $S_d(T)$, é definido pelas seguintes expressões:

$$0 \le T \le T_B : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \cdot \left(\frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] \tag{3.13}$$

$$T_B \le T \le T_C : \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \tag{3.14}$$

$$T_C \le T \le T_D : S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[\frac{T_C}{T} \right] \\ \ge \beta \cdot a_g \end{cases} \tag{3.15}$$

$$T_D \le T : \quad S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[\frac{T_C T_D}{T^2} \right] \\ \ge \beta \cdot a_g \end{cases} \tag{3.16}$$

Excertos da NP EN 1998-1 (Anexo Nacional NA, 2009)

$a_g = a_{gR}\ \gamma_I$ $\qquad\qquad$ $\beta = 0,2$