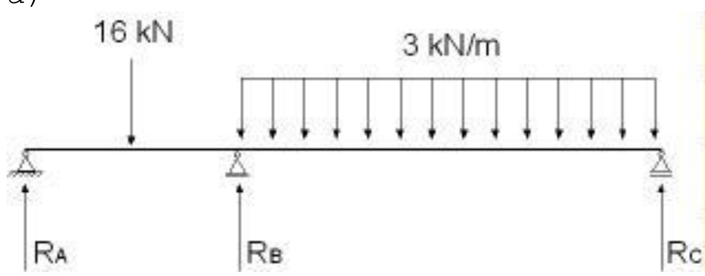
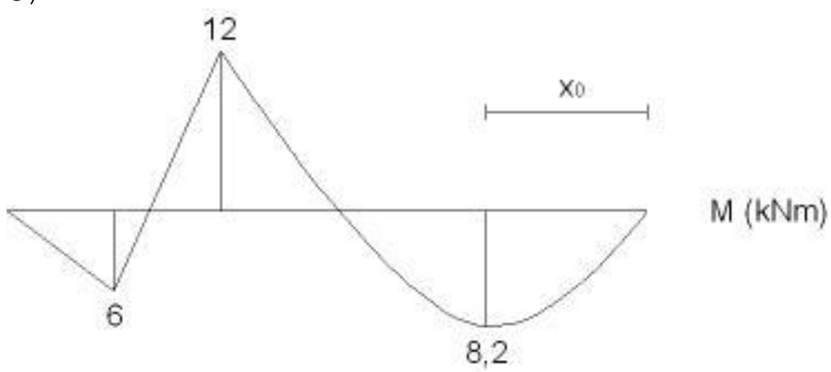
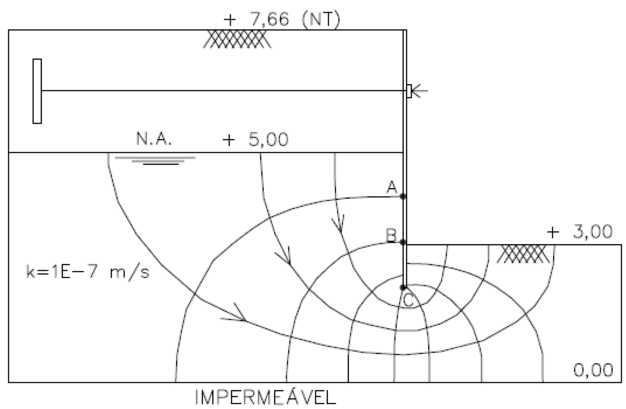
**DIRETORIA DE ENSINO**

**GABARITO**

**ENGENHARIA CIVIL - 2018**

| Questão | Resposta |
|---|---|
| 1<br>(8 pontos) | a)<br><br>$16 \times 1{,}5 - R_A \times 3 = 12 \therefore R_A = 4kN$<br>$3 \times 6 \times 3 - R_C \times 6 = 12 \therefore R_C = 7kN$<br>$R_A + R_B + R_C = 16 + 3 \times 6 \therefore R_B = 23kN$ (3 pontos)<br><br>$b)\ \ V(x_0) = 3x_0 - 7 = 0 \therefore x_0 = \frac{7}{3}$<br>$M_{max} = M(x_0) = 7x_0 - 3\frac{x_0^2}{2} = \frac{49}{6} = 8{,}2kNm$ (2 pontos)<br><br>c)<br><br>(3 pontos) |
| 2<br>(8 pontos) | N: força normal (de compressão)<br><br>equação de compatibilidade de deslocamentos:<br>$\Delta\ell_{AB} - 2\delta = \Delta\ell_{CD}$ (4 pontos)<br><br>$\alpha\, 2a\, \Delta T - \frac{N\, 2a}{EA} - 2\delta = \frac{N\, a}{EA} \therefore N = \frac{4}{3}\frac{EA\delta}{a} \therefore \sigma = \frac{4}{3}\frac{E\delta}{a}$ (compressão) (4 pontos) |
| 3 | $M(x) = \frac{M_0}{a}x$ (3 pontos) |

| | |
|---|---|
| (8 pontos)<br><br>3<br>Continuação | $v'' = -\frac{M}{EI} = -\frac{M_0}{EIa}x$<br>$v' = -\frac{M_0}{EIa}\left(\frac{x^2}{2} + c_1\right)$<br>$v = -\frac{M_0}{EIa}\left(\frac{x^3}{6} + c_1 x + c_2\right)$<br>$v(0) = 0 \Rightarrow c_2 = 0$<br>$v(a) = 0 \Rightarrow c_1 = -\frac{a^2}{6}$<br>$v(x) = -\frac{M_0}{6EIa}(x^3 - a^2 x)$ (2 pontos)<br><br>$\therefore v'(\bar{x}) = 0 \therefore \bar{x} = \frac{\sqrt{3}}{3}a$<br>$v_{max} = v(\bar{x}) = \frac{\sqrt{3}}{27}\frac{M_0 a^2}{EI}$ (3 pontos) |
| 4<br>(8 pontos) | No plano xy: $P'_{cr} = \frac{\pi^2 EI_z}{(2\ell)^2}$ (3 pontos)<br>No plano xz: $P''_{cr} = \frac{\pi^2 EI_y}{(0{,}7\ell)^2}$ (3 pontos)<br>$P'_{cr} = P''_{cr} \Rightarrow \frac{bh^3/12}{4\ell^2} = \frac{hb^3/12}{\ell^2/2} \Longrightarrow \frac{h}{b} = 2\sqrt{2}$ (2 pontos) |
| 5<br>(8 pontos) | A posição mais desfavorável para obter a máxima tensão vertical será quando a carga estiver sobre o ponto "P", posição na qual x = 0. Daí a expressão de Boussinesq pode ser simplificada.<br><br>$\sigma_z = \frac{3\times Q}{2\times\pi} \times \frac{z^3}{z^5} = \frac{0{,}48\times Q}{z^2} = 1{,}92\ kN/m^2$ (8,0) |
| 6<br>(8 pontos) | a) A partir das expressões e dos dados fornecidos, determinar a umidade a massa específica natural, sendo<br>$w = \frac{120{,}6-110{,}1}{110{,}1} = 0{,}0953 = 9{,}53\%$ (1,0)<br>$\rho_n = \frac{169{,}6\ g}{Volume} = 1{,}88\ g/cm^3$ (1,0)<br><br>b) Conhecendo-se a densidade natural e a densidade dos grãos, pode-se calcular a massa específica aparente seca, por:<br>$\rho_d = \frac{\rho_n}{1+w} = 1{,}72\ g/cm^3$ (1,0)<br><br>O índice de vazios, com:<br>$e = \frac{2{,}67-1{,}72}{1{,}72} = 0{,}52$ (1,0)<br>A porosidade, a partir do índice de vazios, pois<br>$n = \frac{e}{1+e} = 0{,}342 = 34{,}2\%$ (1,0)<br>E por fim, o grau de saturação por:<br>$S = \frac{Gw}{e} = 0{,}489\ ou\ 48{,}9\%$ (1,0) |

<table>
<tr><td></td><td>c) Quando S=1,0, utilizando a última expressão do item anterior tem-se w = 0,1947 (19,47%), logo a variação de umidade será de 9,9%. E a massa específica nesse caso será de 2,05 g/cm³. (2,0)</td></tr>
<tr><td>7<br>(8 pontos)</td><td>O esboço da rede de fluxo é conforme a figura abaixo (4,0):<br><br><br><br><br>A pressão neutra nos pontos indicados pode ser calculada com a expressão, $u = (h - h_z) x10$ (kPa), resultando em $u_A = 7,5$ kPa, $u_B = 15$ kPa e $u_C = 20$ kPa (2,0)<br>A vazão pode ser estimada a partir da rede de fluxo com a expressão fornecida, chegando-se a 1E-7 m³/s/m (2,0)</td></tr>
<tr><td>8<br>(8 pontos)</td><td>As tensões iniciais totais (σ) e efetivas (σ´) no ponto C valem:<br>$$\sigma_z = 15x5 = 75\ kPa$$<br>$$u = 50\ kPa$$<br>$$\sigma'_z = 25\ kPa$$<br>$$\sigma'_x = \sigma'_y = k_o x \sigma'_z = 14{,}43\ kPa;\ \sigma_x = \sigma_y = 64{,}43\ kPa$$<br>$$k_o = 1 - sen(\varphi') = 1 - sen(25^o) = 0{,}577$$ (4,0)<br><br>Aplicando as expressões fornecidas, considerando que p=4x20=80 kPa, obtém-se os acréscimos de tensão no ponto C, na vertical e horizontal, como sendo:<br><br>$$\Delta\sigma_z = 65{,}44\ kPa$$<br>$$\Delta\sigma_x = 14{,}51\ kPa$$<br>$$\Delta\sigma_y = 39{,}98\ kPa$$ (4,0)<br><br>Dado tipo de solo, que pode ser considerado de baixa permeabilidade, os acréscimos de tensões serão inicialmente</td></tr>
</table>

| | |
|---|---|
| | resistidos por sobrepressão neutra, a qual irá se dissipar com o adensamento ao longo do tempo, aumentando as tensões efetivas nesse processo. |
| 9<br>(8 pontos) | Testando inicialmente a seção com diâmetro de 70 cm ($A_c$ = 3848 cm²), e considerando que o aço deverá ter a mesma deformação do concreto na ruptura (0,2%), tem-se:<br>$$0{,}85\frac{2}{1{,}8}(3848 - As) + 42As = 5600\ kN$$<br>Pois a tensão no aço será 21.000 kN/cm² x 0,2% = 42 kN/cm².<br><br>Chega-se a As=48 cm² o que resulta em 16 barras. Essas 16 barras devem ser distribuídas na circunferência com diâmetro de [70 cm – 2x(5+1+1)], para garantir cobrimento e posicionamento dos estribos. Deve-se então checar o espaçamento "s" exigido:<br>$$s = \frac{Perímetro}{16} = \frac{\pi(D - 14cm)}{16} = \frac{\pi(70 - 14cm)}{16} = 10{,}98\ cm < 14 - 15\ cm$$<br>Daí, utilizando-se **D=75 cm** (Ac=4418 cm²), tem-se:<br>$$\boldsymbol{As = 35\ cm^2} = 12\ barras\ de\ 20\ mm\ (OK)$$ (3,0)<br>$$NRd = 5723\ kN > 5600\ kN\ (OK)$$ (3,0)<br>Ac,nec=4286 cm² para esse valor de As (12 barras de 20 mm)<br>As,mín maior que 0,8%Ac,nec e 0,4% Ac (2,0) |
| 10<br>(8 pontos) | Pelo gráfico, para $L_b$ = 12,0 m tem-se $M_{Rk}$=110 kN.m, aproximadamente. Considerando que nesse caso, $C_b$=1,136, obtido pela expressão fornecida aplicada a um diagrama parabólico, pois:<br>$$C_b = \frac{12{,}5x1}{2{,}5x1 + 3x0{,}75 + 4x1 + 3x0{,}75} =$$<br>tem-se o valor de carga uniforme que causa esse momento<br>$$\frac{1{,}3xq_kxL^2}{8} = \frac{C_bxM_{Rk}}{1{,}1}$$<br>Logo $q_k$ = 4,85 kN/m. (4,0)<br>Para a situação definitiva, o valor de $M_{Sd,máx}$ = 1,5x140x12/4 = 630 kN.m. Numa primeira tentativa, considerando-se $L_b$ = 6m, ou seja, travamentos nos apoios e no meio do vão, ter-se-ia $C_b$ = 1,67, $M_{Rk}$ = 310 kN.m e $M_{Rd}$ = 470 kN.m, o que não atende. Com travamentos nos apoios e adicionais a cada 25% de "L", ou seja, $L_b$ = 3,0 m, obtém-se $C_b$ = 1,25 e $M_{Rd}$ = 693 kN.m. Porém, $M_{pl}$/1,1 = 735/1,1 = 668 kN.m prevalence. Logo $L_b$ = 3,0 m. (4,0) |