

Responda às questões de números 1 a 10, **todas de mesmo valor**, totalizando **100 (cem) pontos**, preferivelmente a tinta azul ou preta, nos espaços próprios das páginas do Caderno de Respostas no tempo de até **04 (quatro) horas**. O espaço disponível para desenvolvimento, resposta e eventuais rascunhos é **SUFICIENTE**. **NÃO** serão fornecidas folhas adicionais e os rascunhos **NÃO** serão considerados na correção.

### Questão nº 1

Um amigo o convidou para conhecer o seu apartamento no último andar de um edifício. Chegando lá, ele lhe explicou que o chuveiro, às vezes, funcionava bem, às vezes, não, solicitando-lhe sua opinião e, também, que indicasse uma solução para o problema.

Esquema hidráulico do banheiro

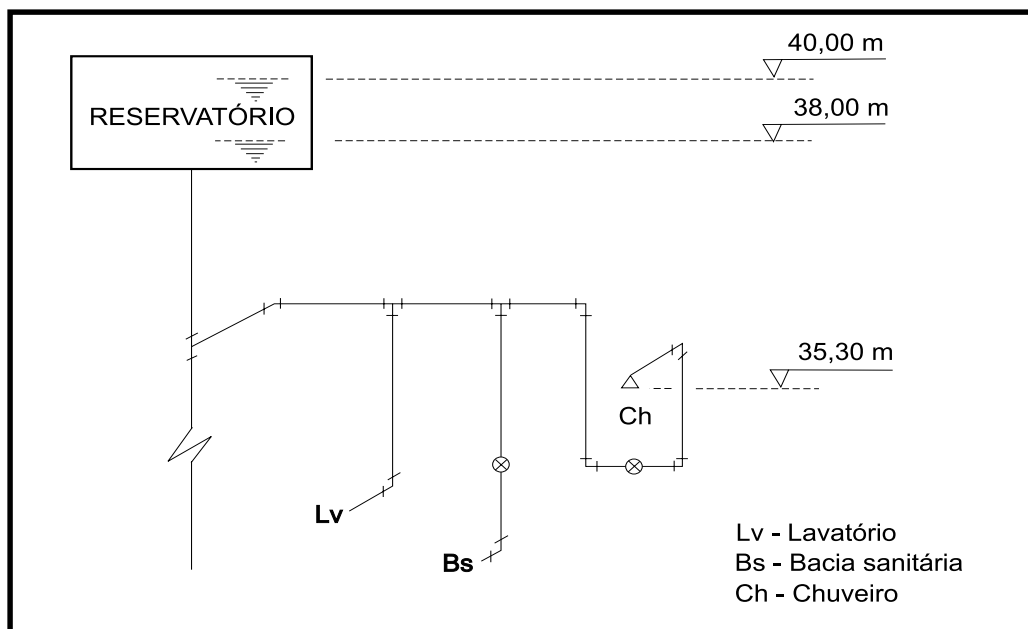


FIGURA 1

Ao analisar o esquema hidráulico (figura 1), o memorial descritivo e as memórias de cálculo ali fornecidas, você observou que o(a):

- nível mínimo de água do reservatório está localizado na cota 38,00 m (nível em que o sensor aciona o conjunto elevatório);
- nível máximo de água do reservatório está localizado na cota 40,00 m (nível em que o sensor desliga o conjunto elevatório);
- perda total de carga entre o reservatório e o chuveiro é de 2,1 mca (mca = metros de coluna de água);
- pressão mínima recomendada para o funcionamento de um chuveiro elétrico é de 1mca.

Com base nestas observações e na figura 1, explique:

- a) a razão de, em algumas vezes, o chuveiro funcionar bem e, em outras, não; **(valor: 5,0 pontos)**
- b) a solução que você recomendaria para que o chuveiro sempre funcionasse adequadamente, utilizando exclusivamente o sistema existente (tubulações e reservatório). Considere que, por razões econômicas, você não quer utilizar estruturas e equipamentos adicionais. **(valor: 5,0 pontos)**

### Comentários

#### Conteúdos envolvidos na questão:

Fenômenos de Transportes e Hidráulica. Avaliou em parte: Física, Construção Civil e Matemática.

#### Habilidades aferidas:

Capacidade de: formulação e avaliação de problemas de Engenharia e de concepção de soluções; consolidação de conhecimentos teóricos; obtenção e sistematização de informações; raciocínio espacial; operacionalização de problemas numéricos; mediu em parte: síntese aliada à capacidade de compreensão e expressão em língua portuguesa; Interpretação, elaboração e execução de projetos;

#### Padrão de Resposta Esperado:

- a) O nível mínimo de água na caixa para funcionamento adequado do chuveiro tem que atender à pressão mínima exigida de 1mca. Para tanto, temos:

$$H_{\min} = \text{cota do chuveiro} + \text{pressão mínima para funcionamento do chuveiro} + \text{perdas de cargas do reservatório ao chuveiro.}$$

$$H_{\min} = 35,30 + 1,00 + 2,10 = 38,40\text{m}$$

Resposta: O chuveiro deixa de funcionar bem sempre que o nível mínimo de água no reservatório fica abaixo da cota 38,40m.

- b) Resposta: Alterar o nível mínimo de água no reservatório da cota 38,00m para a cota 38,40m, através do ajuste na altura do sensor de acionamento do conjunto elevatório.

## Questão nº 2

Você foi solicitado para fazer vistoria de um prédio residencial, para dar parecer quanto a possíveis problemas construtivos ou de mau uso identificados pela administração do mesmo. O prédio é em concreto, com subsolo, pavimento térreo e diversos andares, construído em meados da década passada, em ambiente urbano de atmosfera moderadamente agressiva. O subsolo é mais amplo do que o pavimento térreo, sendo destinado à garagem.

Feita a vistoria, você identificou:

- I - infiltrações no teto do subsolo em regiões não cobertas pelo pavimento térreo e em juntas de dilatação deste pavimento, com início de carbonatação e lixiviação do concreto;
- II - armaduras expostas com corrosão e desprendimento de cobrimento de armaduras em pilares e vigas de sustentação do teto do subsolo.

Em função do exposto, atenda ao que se pede em seguida.

- a) Para a identificação mais acurada das condições da estrutura do concreto, quais os documentos técnicos do edifício em questão que você necessita de ter acesso? **(valor: 2,0 pontos)**
- b) Cite **uma** das causas que mais comumente provocam as infiltrações relatadas no item I, indicando qual deve ser o respectivo procedimento corretivo. **(valor: 2,0 pontos)**
- c) Cite **dois** dos agentes mais comuns que provocam as patologias apontadas no item II. Cite **uma** medida preventiva que poderia ter sido tomada quando da construção do prédio. **(valor: 3,0 pontos)**
- d) Uma vez que você identificou a adequação dos projetos e das propriedades mecânicas dos materiais aço e concreto, há risco quanto à durabilidade da estrutura? **SIM** ou **NÃO**? Justifique em, no máximo, 3 linhas. **(valor: 3,0 pontos)**

## Comentários

### Conteúdos envolvidos na questão:

Materiais de Construção; Estruturas Usuais de Concreto; Construção Civil; Química.

### Habilidades aferidas:

Capacidade de: formulação e avaliação de problemas de Engenharia e de concepção de soluções; síntese aliada à capacidade de compreensão e expressão em língua portuguesa; obtenção e sistematização de informações; interpretação, elaboração e execução de projetos; consolidação de conhecimentos teóricos;

### Padrão de Resposta Esperado:

- a) Projetos:
  - Arquitetura e memorial descritivo;
  - Estrutura;
  - Fundações;
  - Instalações Hidráulicas.
  - Relatório de controle tecnológico da obra.
- b) Causas:
  - impermeabilização deficiente na laje;
  - permeabilidade do concreto;
  - deficiência da vedação na junta de dilatação.

### Procedimentos corretivos:

- nova impermeabilização;
- recuperação e substituição do material da junta de dilatação.

### c) Agentes Motivadores:

- ambiente agressivo (contendo cloretos e sulfatos);
- substâncias agressivas adicionadas durante a fabricação do concreto;
- cobrimento insuficiente da armadura;
- má execução da obra.

### Medidas Preventivas:

- cobrimento adequado da armadura;
- controle de qualidade dos materiais utilizados na fabricação do concreto;
- cuidados na execução do concreto que evitem o aparecimento de fissuras, tais como vibração e cura adequadas.
- d) Sim, pois a exposição da armadura com início de corrosão é um fenômeno progressivo que comprometerá a capacidade resistente dos elementos estruturais em questão.

## Questão nº 3

Uma construtora tem enfrentado problemas diversos após o término das obras, como fissuras em alvenarias, em revestimentos e custos muito elevado das obras. Depois de o edifício ser entregue aos compradores surgem muitas queixas, sendo necessário mesmo manter uma equipe, durante longo tempo, para executar reparos. Em função disso, a empresa começou a considerar a qualidade dos produtos e a eliminação dos desperdícios. Um dos engenheiros, você, responsável pela obra de um edifício de apartamentos com 10 pavimentos-tipo, estrutura de concreto moldada no local e alvenaria de tijolos cerâmicos furados, está trabalhando no planejamento do serviço do revestimento de argamassa. Na cidade em que a obra é realizada, a argamassa tradicionalmente é de cimento, cal e areia de traço 1:2:9 em massa de materiais secos. Sabe-se que a massa específica da argamassa fresca é igual a  $2.020 \text{ kg/m}^3$ , com 20% de umidade (em relação aos materiais secos).

### Dados/Informações Técnicas

Massas específicas aparentes dos materiais  
· Cimento:  $r_{\text{cimento}} = 1.100 \text{ kg/m}^3$ ;  
· Cal hidratada:  $r_{\text{cal}} = 750 \text{ kg/m}^3$ ;  
· Areia seca:  $r_{\text{areia}} = 1.400 \text{ kg/m}^3$ .

Para os seus estudos do cálculo do desperdício, você precisa conhecer determinados parâmetros. Desta forma, calcule:

- a) o traço em volume da argamassa; **(valor: 3,0 pontos)**  
b) o consumo de materiais por m<sup>3</sup> de argamassa; **(valor: 3,0 pontos)**  
c) o consumo percentual a mais de argamassa a ser utilizada para a correção de uma das fachadas com 20 m de largura e 30 m de altura, que apresentou, antes do revestimento, um desvio no prumo desde o topo até a base, partindo de 0 (zero) no topo e atingindo 10 cm no nível do chão. Considere que a correção será feita exclusivamente com a argamassa e que a espessura mínima especificada é de 2 cm. As figuras 1 e 2 representam os volumes finais de argamassa no prumo e fora do mesmo, respectivamente. **(valor: 4,0 pontos)**

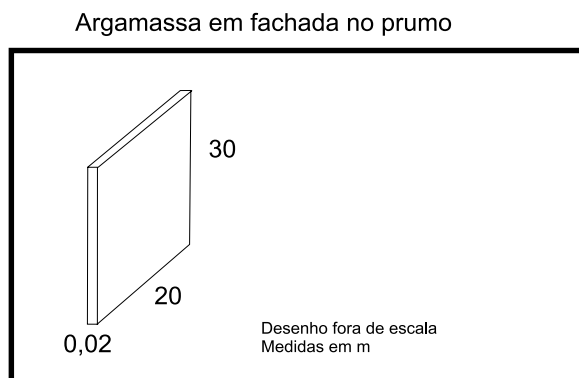


FIGURA 1

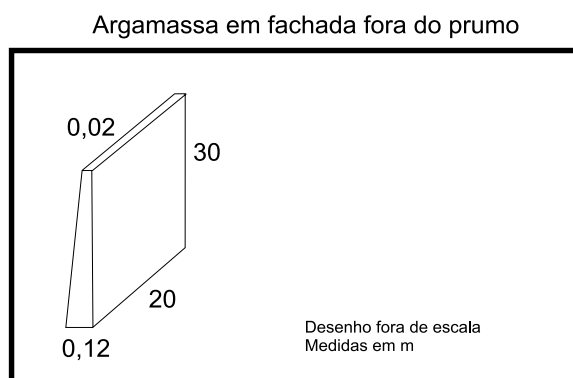


FIGURA 2

## Comentários

### Conteúdos envolvidos na questão:

Matemática; Materiais de Construção, Construção Civil;

### Habilidades aferidas:

Capacidade de: obtenção e sistematização de informações; raciocínio espacial; operacionalização de problemas numéricos; consolidação de conhecimentos teóricos;

### Padrão de Resposta Esperado:

- a) Para converter o traço em massa para o traço em volume basta dividir todos os componentes por suas respectivas massas específicas e depois multiplicá-las pela massa específica do cimento, para tornar o traço unitário, ou seja:

Traço em massa: 1 : 2 : 9 (cimento : cal : areia)

Traço em volume:

$$\text{cimento: } (1/1.100) \times 1.100 = 1$$

$$\text{cal: } (2/750) \times 1.100 = 2,93$$

$$\text{areia: } (9/1.400) \times 1.100 = 7,07$$

Resposta: Traço em volume → 1 : 2,93 : 7,07 (cimento : cal : areia)

- b) ● Determinação da quantidade de água:

$$\text{Água} = 0,20 \times 2.020 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} = 404 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} = 404 \text{ l/m}^3$$

- Cálculo da quantidade de materiais secos por m<sup>3</sup> de argamassa:

$$\text{arg. seca} = 2.020 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} - 404 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} = 1.616 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

Traço da argamassa = 1 + 2 + 9 = 12, logo:

$$\text{Cimento} = \frac{1.616}{12} \times 1 = 135 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{cal} = \frac{1.616}{12} \times 2 = 269 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{areia} = \frac{1.616}{12} \times 9 = 1.212 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

Resposta: consumo em kg/m<sup>3</sup>:

cimento = 135

cal = 269

areia = 1.212

água = 404

- c) Se a fachada, antes do revestimento, estivesse no prumo, seu volume seria:

$$V1 = 0,02 \times 20 \times 30 = 12,0 \text{ m}^3$$

Como a fachada encontra-se fora de prumo, o novo volume será:

$$V2 = \frac{0,12 + 0,02}{2} \times 20 \times 30 = 42,0 \text{ m}^3$$

Logo, o consumo percentual a mais será:

$$C = \frac{42,0 - 12,0}{12,0} \times 100 = 250\%$$

Resposta : 250%

#### Questão nº 4

Em uma pequena comunidade não existe estação de tratamento de esgotos. Para atender à implantação de um restaurante em um parque municipal, a secretaria de meio ambiente do município encarregou você de fazer os estudos da necessidade de tratamento dos efluentes deste restaurante, considerando como parâmetro de decisão a Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO (índice de concentração de matéria orgânica presente num volume de água e, por consequência, um indicativo dos seus efeitos na poluição). Como você sabe, a DBO é dada em mg/l, ou seja, o número de miligramas indica a quantidade necessária de oxigênio para que bioquimicamente seja estabilizada a matéria orgânica presente em um litro de esgoto.

Ao analisar o projeto, você estudou dados referentes ao restaurante e ao córrego onde se deseja depositar o efluente desse restaurante, como descrito no quadro abaixo.

#### Dados/Informações Técnicas

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Quanto ao restaurante:<ul style="list-style-type: none"><li>- irá servir 500 refeições diárias;</li><li>- terá uma contribuição diária de despejos de 25 l / refeição;</li><li>- a DBO do seu efluente é de 300 mg / l.</li></ul></li></ul>                              |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Quanto ao córrego onde se deseja depositar o efluente desse restaurante<ul style="list-style-type: none"><li>- apresenta uma vazão crítica de 40 l / s;</li><li>- apresenta DBO admissível de 10 mg / l;</li><li>- apresenta DBO real de 9,6 mg / l.</li></ul></li></ul> |

Diante dos resultados dos estudos que você apresentou ao secretário do meio ambiente, ele lhe fez as seguintes solicitações:

- a) explique a necessidade de tratamento dos efluentes do restaurante considerando a DBO como parâmetro de decisão (valor: 7,0 pontos)
- b) indique qual será a redução de DBO, em mg / l, necessária para adequação do efluente às condições do córrego. (valor: 3,0 pontos)

#### Comentário

##### Conteúdos envolvidos na questão:

Matemática; Saneamento Básico; Ciências do Ambiente e Química.

##### Habilidades aferidas:

Capacidade de: obtenção e sistematização de informações; construção de modelos matemáticos e físicos a partir de informações sistematizadas; operacionalização de problemas numéricos; formulação e avaliação de problemas de Engenharia e de concepção de soluções.

##### Padrão de Resposta Esperado:

- a) • Cálculo da vazão diária devido ao uso do restaurante:

$$Q_R = 500 \frac{\text{ref.}}{\text{dia}} \times \frac{25 \lambda}{\text{ref}} = 12.500 \frac{\lambda}{\text{dia}}$$

- Cálculo da vazão diária do córrego:

$$Q_C = \frac{40 \lambda}{s} \times \frac{86.400 s}{\text{dia}} = 3.456.000 \frac{\lambda}{\text{dia}}$$

- Cálculo da carga devido ao uso do restaurante:

$$R_C = 12.500 \frac{\lambda}{\text{dia}} \times 300 \frac{\text{mg}}{\lambda} = 3.750.000 \frac{\text{mg}}{\text{dia}}$$

- Cálculo da carga do córrego:

$$C_C = 3.456.000 \frac{\lambda}{\text{dia}} \times \frac{9,6 \text{ mg}}{\lambda} = 33.177.600 \frac{\text{mg}}{\text{dia}}$$

- Cálculo da capacidade do córrego:

$$C = 3.456.000 \frac{\lambda}{\text{dia}} \times \frac{10 \text{ mg}}{\lambda} = 34.560.000 \frac{\text{mg}}{\text{dia}}$$

- Cálculo da capacidade ociosa do córrego:

$$C_o = C - C_C$$

$$C_o = 34.560.000 - 33.177.600 = 1.382.400 \frac{\text{mg}}{\text{dia}}$$

Resposta: Como a carga devido ao uso do restaurante ( $C_R$ ) é maior que a capacidade ociosa do córrego ( $C_o$ ), haverá necessidade de tratamento ( $C_R > C_o$ ).

- b) • Cálculo da redução necessária:

$$R = C_R - C_o = 3.750.000 - 1.382.400 = 2.367.600 \frac{\text{mg}}{\text{dia}}$$

- Cálculo da DBO:

$$DBO = R / Q_R = 2.367.600 \frac{\text{mg}}{\text{dia}} \div 12.500 \frac{\lambda}{\text{dia}} = 189,4 \frac{\text{mg}}{\lambda}$$

##### Padrão de resposta também considerado:

$$DBO_{\text{total}} = \frac{DBO_{\text{rest}} \times Q_{\text{rest}}}{Q_{\text{total}}} + \frac{DBO_{\text{cór}} \times Q_{\text{cór}}}{Q_{\text{total}}}$$

$$DBO_{\text{total}} = \frac{300 \times 0,145}{40,145} + \frac{9,6 \times 40}{40,145} = 10,65 \frac{\text{mg}}{\lambda}$$

Como  $10,65 > 10 \frac{\text{mg}}{\lambda}$  então necessita de tratamento.

Redução de DBO =  $R_{DBO}$

$$R_{DBO} = \frac{0,65 \times 10,145}{0,145}$$

$$R_{DBO} = 179,66 \frac{\text{mg}}{\lambda}$$

### Questão nº 5

Na elaboração de um projeto de uma rodovia, ficou sob a sua responsabilidade o dimensionamento hidráulico da drenagem superficial. As características de um trecho em corte (figuras 1 e 2), que começa na estaca 96+5,0 m e termina na estaca 101+5,0 m (estaqueamento de 20 m em 20 m), são dados no quadro abaixo.

#### Dados/Informações Técnicas

- a cota do *grade (greide)* da estrada na estaca 96+ 5,0 m é de 23,10 m;
- a cota do *grade (greide)* da estaca 101+5,0 m é de 24,10 m;
- a largura da pista, incluindo acostamento, é igual a 13,0 m;
- o revestimento da pista e do acostamento é em concreto asfáltico;
- os taludes são revestidos com grama (enleivados) com inclinação 2:1 (horizontal: vertical);
- a área de contribuição de cada lado do corte é de 0,001 km<sup>2</sup>;
- as sarjetas (valetas) de corte são revestidas em concreto;
- as declividades das sarjetas são iguais a do *grade (greide)* da estrada e
- o tempo de concentração na área do corte é inferior a 5 minutos.

Croqui da região em estudo (planta)

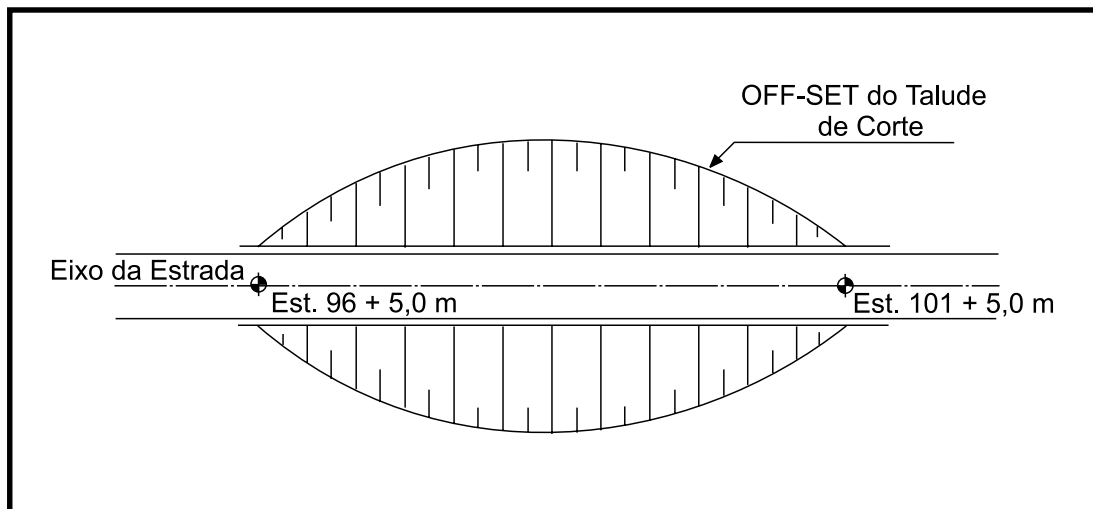


FIGURA 1

Croqui da região em estudo (corte)

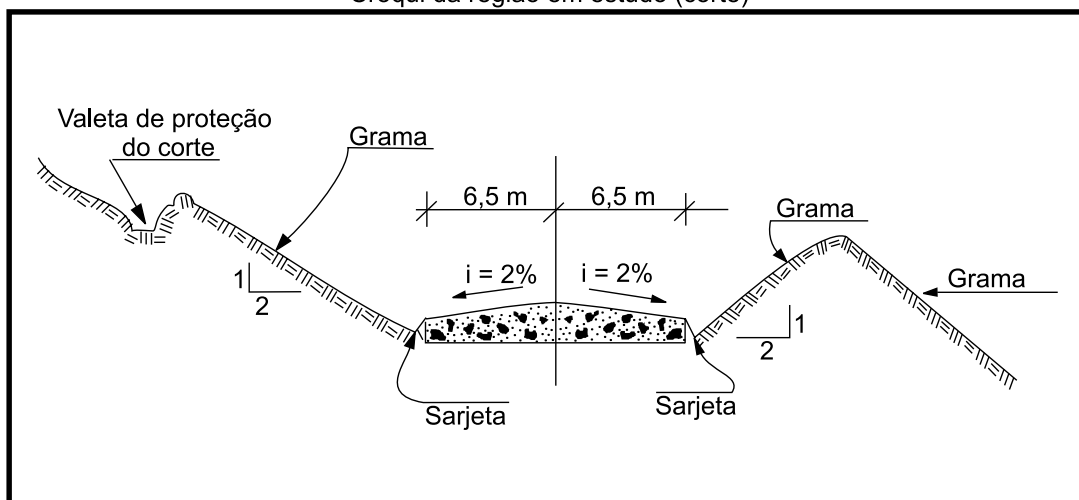


FIGURA 2

Para o cálculo da descarga de dimensionamento de cada sarjeta, você adotou o Método Racional, uma vez que as áreas de contribuição são pequenas estando dentro do limite de aplicabilidade desse método. O Método Racional considera uma chuva com um tempo de duração igual de concentração da bacia, com um determinado período de retorno.

A fórmula do Método Racional é:

$$Q = 0,278 C I A_B$$

onde:

$Q$  = descarga de dimensionamento da sarjeta ( $m^3/s$ )

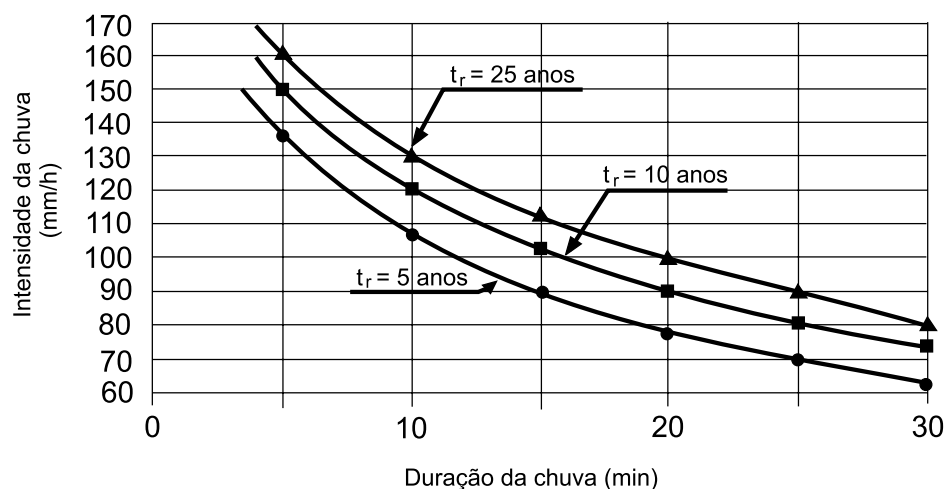
$C$  = coeficiente médio de escoamento ou de perda ou "run-off" (adimensional). Sendo a área de contribuição formada por diferentes coeficientes de escoamento, adota-se a média ponderada de seus valores em função da área:

$C = 0,6$  para revestimento com grama

$C = 0,9$  para revestimento com concreto asfáltico

$A_B$  = área superficial da bacia de contribuição ( $km^2$ )

$I$  = intensidade ( $mm/h$ ) da chuva para um tempo de duração ( $t_d$ ) igual ao tempo de concentração da bacia ( $t_c$ ), para um determinado período de retorno ( $t_r$ ). O tempo de concentração mínimo adotado para este caso é de 5 minutos e o período de retorno, de 10 anos. Para a região do projeto, os estudos hidrológicos apresentaram os seguintes valores de intensidade de precipitação em função da duração da chuva:



**Figura 3** - Intensidade da chuva em função do tempo de duração e do período de retorno

Para o cálculo da seção da sarjeta você utilizou a Equação de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} A_s R_s^{2/3} S_s^{1/2}$$

$Q$  = descarga de dimensionamento da sarjeta ( $m^3/s$ )

$n$  = coeficiente de rugosidade para o concreto =  $0,018 m^{1/3}/s$

$A_s$  = área molhada na seção ( $m^2$ )

$R_s$  = raio hidráulico (m);  $R_s = A_s/P_s$

$P_s$  = perímetro molhado da seção (m)

$S_s$  = declividade da sarjeta (m/m)

Em relação a todo o exposto, determine:

- se as saídas das sarjetas de corte deverão ficar próximas da estaca 96 ou da estaca 101 e justifique; (valor: 1,0 ponto)
- se a descarga de dimensionamento de cada sarjeta será superior a  $0,07 m^3/s$  (responda **SIM** ou **NÃO** e justifique numericamente); (valor: 3,0 pontos)
- o reflexo na descarga de dimensionamento de cada sarjeta se o tempo de concentração aumentar para 10 minutos; (valor: 3,0 pontos)
- a influência na altura da água no interior da sarjeta diminuindo-se a sua declividade. Considere que a geometria da seção da sarjeta é constante e que o tempo de concentração não se altera. (valor: 3,0 pontos)

## Comentários

### Conteúdos envolvidos na questão:

Estradas; Topografia; Fenômenos de Transportes; Matemática; Hidráulica e Hidrologia.

### Habilidades aferidas:

Capacidade de: operacionalização de problemas numéricos; obtenção e sistematização de informações; raciocínio espacial; consolidação de conhecimentos teóricos; formulação e avaliação de problemas de Engenharia e de concepção de soluções, com necessária agilidade; interpretação, elaboração e execução de projetos; expressão e interpretação gráfica.

### Padrão de Resposta Esperado:

a) Resposta: Estaca 96

Justificativa: As saídas das sarjetas deverão ficar próximas à estaca 96, uma vez que o escoamento ocorre no sentido do ponto mais alto (24,10 m) para o ponto mais baixo (23,10 m).

b) No uso do Método Racional, para o cálculo da descarga, precisamos conhecer  $I$ ,  $A_B$  e  $C$ , como se segue:

● Intensidade de chuva -  $I$

$t_c = 5 \text{ min}$

$t_r = 10 \text{ anos}$

Gráfico da Fig. 3  $\Rightarrow I = 150 \text{ mm/h}$

● Área superficial da bacia de contribuição -  $A_B$

$$A_B = A_{\text{talude}} + A_{\text{pista}}$$

● Área de contribuição de cada lado do corte (talude) -  $A_{\text{talude}}$

$$A_{\text{talude}} = 0,001 \text{ Km}^2$$

● Área de contribuição de meia pista -  $A_{\text{pista}}$

$$A_{\text{pista}} = 6,5 \text{ m} \times \text{comprimento da pista}$$

comprimento da pista = distância entre as estacas 96 + 5,0m e 101 + 5,0 =  $5 \times 20\text{m} = 100\text{m}$

$$A_{\text{pista}} = 6,5\text{m} \times 100\text{m} = 650\text{m}^2 = 0,00065 \text{ Km}^2$$

$$A_B = 0,001 + 0,00065 = 0,00165 \text{ Km}^2$$

● Coeficiente médio de escoamento -  $C$

$$C = \frac{0,6 \times A_{\text{talude}} + 0,9 \times A_{\text{pista}}}{A_{\text{talude}} + A_{\text{pista}}} = \frac{0,6 \times 0,001 + 0,9 \times 0,00065}{0,00165}$$

$$C = 0,72$$

● Descarga de dimensionamento da sarjeta:

$$Q = 0,278 C \cdot I \cdot A_B$$

Entrando na fórmula com as unidades estabelecidas pelo Método, temos:

$$Q = 0,278 \times 0,72 \times 150 \times 0,00165 \cong 0,05 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Resposta: Não

Justificativa: A descarga de dimensionamento de cada sarjeta é  $0,05 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ , inferior, portanto, a  $0,07 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ , conforme os cálculos efetuados.

c) ● Com o tempo de concentração de 10 minutos, temos:

$$I = 120 \frac{\text{mm}}{\text{h}}$$

● Como a área da bacia e o coeficiente de escoamento permanecem constantes, a descarga irá diminuir.

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A_B, \text{ ou seja: } I \downarrow \Rightarrow Q \downarrow$$

cte    cte    cte

d) ● Pela equação de Manning, temos:

$$Q = \frac{1}{n} \times A_s \times R_s^{2/3} \times S_s^{1/2}$$

Como  $S_s$  diminui, a velocidade ( $v$ ) diminui, logo, para se manter a vazão ( $Q = A \cdot v$ ), a área molhada tem de aumentar. Como a geometria da seção é constante, a altura de água no interior da sarjeta ( $h$ ) irá aumentar.

$$S_s \downarrow \Rightarrow v \downarrow \Rightarrow A_s \uparrow \Rightarrow h \uparrow$$

## Questão nº 6

Um engenheiro e um arquiteto, responsáveis pelo projeto completo de um edifício escolar neste país tropical, encontram-se em fase de avaliação do comportamento térmico do edifício, pois o proprietário já disse que não haverá ar-condicionado nas salas, mas não quer ouvir reclamações dos alunos e professores quanto ao conforto. Depois de várias melhorias de projeto quanto ao isolamento térmico da cobertura, janelas e demais elementos do edifício, o engenheiro concluiu que, se a parede de alvenaria de um tijolo de sua fachada oeste fosse alterada, de modo tal que o seu Coeficiente Global de Transferência de calor,  $U$ , fosse reduzido à metade, as condições de conforto seriam adequadas, sem necessidade de ar-condicionado. O engenheiro efetuou, então, outro estudo alternativo para a fachada oeste, que é crítica sob o ponto de vista das trocas de calor, passando da parede de um tijolo maciço comum (espessura =  $20 \text{ cm} + 2 \times 1 \text{ cm}$  de argamassa de revestimento) com detalhes de sua alvenaria ilustrados na figura 1, para duas paredes de meio tijolo maciço, com um colchão de ar de  $5 \text{ cm}$  no meio, conforme figura 2. As dimensões do tijolo maciço são  $20 \times 10 \times 5 \text{ cm}$  e as juntas verticais e horizontais de argamassa de assentamento também possuem  $1 \text{ cm}$ . São fornecidos também os esquemas adotados para



os circuitos elétricos equivalentes das paredes (disposição das resistências térmicas do tijolo, das argamassas de assentamento, de revestimento e das resistências de convecção). Sendo você este engenheiro, procure resolver os problemas abaixo.

- a) Calcule o Coeficiente Global de Transferência de Calor  $U_1$  [ W / (m<sup>2</sup> °C) ] para a primeira alternativa. Os projetistas sabem que este coeficiente é a principal referência em termos de admissão de calor no verão ou perda no inverno, sendo ambas indesejáveis. Realize os cálculos para esta alternativa considerando que 1 m<sup>2</sup> de parede em sua vista frontal seja constituído de 0,76 m<sup>2</sup> de tijolos e 0,24 m<sup>2</sup> de argamassa de assentamento.

(valor: 5,0 pontos)

- b) Calcule o novo coeficiente global de transferência de calor  $U_2$  para a parede da figura 2. Realize os cálculos para 1 m<sup>2</sup> de parede, considerando desta vez que em 1 m<sup>2</sup> os tijolos ocupam 0,79 m<sup>2</sup> e que 0,21 m<sup>2</sup> sejam de argamassa de assentamento. Este Coeficiente Global de Transferência de Calor  $U_2$  satisfaz a condição de conforto prevista pelo engenheiro (metade de  $U_1$ )? **SIM** ou **NÃO**? Justifique, calculando a redução percentual em relação ao  $U_1$  anterior.

(valor: 5,0 pontos)

Parede comum de um tijolo maciço e circuito elétrico equivalente

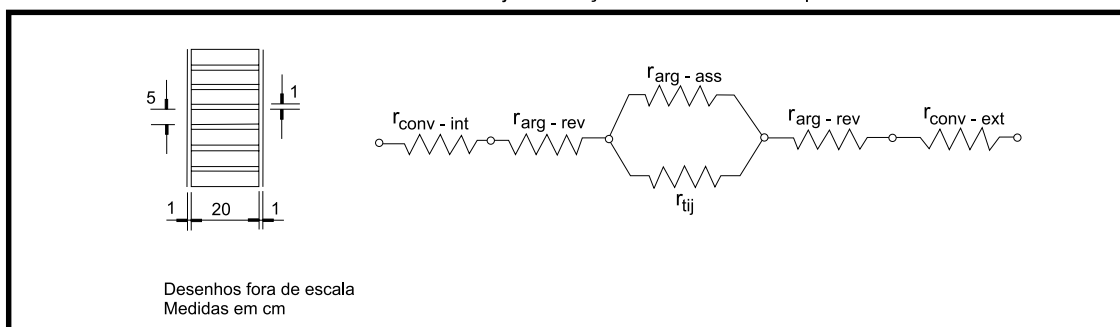


FIGURA 1

Parede com colchão de ar e circuito elétrico equivalente

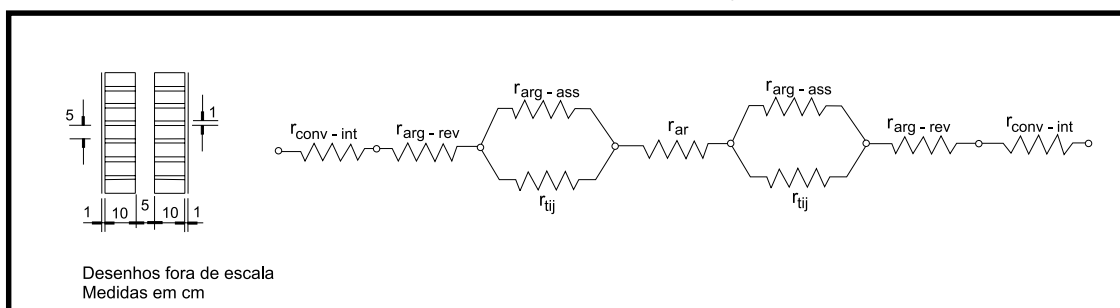


FIGURA 2



## Dados/Informações Técnicas

. Soma das resistências de condução e de convecção em °C / W:  $r_t$

$$r_t = r_{\text{conv-ext}} + r_{\text{cond}} + r_{\text{conv-int}}$$

onde:

$r_{\text{cond}}$  : soma das resistências de condução (°C / W);

$r_{\text{conv-ext}}$  : resistência de convecção externa (°C / W);

$r_{\text{conv-int}}$  : resistência de convecção interna (°C / W).

. Resistência de convecção em °C / W:  $r_{\text{conv}}$

$$r_{\text{conv}} = \frac{1}{hA}$$

onde:

$h$  : coeficiente de convecção na superfície considerada [ W / (m<sup>2</sup> °C) ];

$A$  : área da superfície (m<sup>2</sup>).

. Resistência equivalente a duas resistências em paralelo em °C / W:  $r_{//}$

$$r_{//} = \frac{r_1 \times r_2}{r_1 + r_2}$$

onde:

$r_1$  e  $r_2$  : resistências em paralelo.

. Resistência de condução de um material em °C / W:  $r_i$

$$r_i = \frac{e_i}{k_i A}$$

onde:

$e_i$  : espessura da camada (m);

$k_i$  : condutibilidade térmica do material [ W / m °C );

$A$  : área (m<sup>2</sup>).

. Coeficiente global de transferência de calor, em [ W / m<sup>2</sup> °C) ] :  $U$

$$U = \frac{1}{r_t A}$$

$h_i$  : coeficiente de convecção interno [  $h_i = 2$  W / (m<sup>2</sup> °C)];

$h_e$  : coeficiente de convecção externo [  $h_e = 6,6$  W / (m<sup>2</sup> °C) );

$k_{\text{arg-rev}}$  : condutibilidade térmica da argamassa de revestimento [  $k_{\text{arg-rev}} = 1,16$  W / (m °C) );

$k_{\text{arg-ass}}$  : condutibilidade térmica da argamassa de assentamento [  $k_{\text{arg-ass}} = 1,16$  W / (m °C) );

$k_{\text{tij}}$  : condutibilidade térmica do tijolo [  $k_{\text{tij}} = 0,69$  W / m °C) ]

$k_{\text{ar}}$  : condutibilidade térmica do ar [  $k_{\text{ar}} = 0,02624$  W / (m °C) ]

## Comentários

### Conteúdos envolvidos na questão:

Matemática e Física; Avaliou em parte: Eletricidade; Construção Civil, Ciências ambientais (na realidade é Conforto Ambiental, disciplina de Arquitetura).

### Habilidades aferidas:

Capacidade de: consolidação de conhecimentos teóricos; operacionalização de problemas numéricos; formulação e avaliação de problemas de Engenharia e de concepção de soluções, com a necessidade de agilidade; sistematização de informações.

### Padrão de Resposta Esperado:

a)  $\Rightarrow$  Cálculo das resistências para  $1\text{m}^2$ :  $r_t$

$$\bullet r_{\text{conv-int}} = \frac{1}{h \times A}$$

$$h = 2\text{W} / (\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}) \rightarrow r_{\text{conv-int}} = \frac{1}{2} \frac{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{W}} = 0,50 \frac{^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

$$A = 1\text{m}^2$$

$$\bullet r_{\text{arg-rev}} = \frac{e}{k \cdot A}$$

$$e = 0,01\text{m} \rightarrow r_{\text{arg-rev}} = \frac{0,01}{1,16 \times 1} \frac{\text{m} (\text{m} \cdot ^\circ\text{C})}{\text{W} \cdot \text{m}^2}$$

$$k = 1,16\text{W} / (\text{m} \cdot ^\circ\text{C}) \quad r_{\text{arg-rev}} = 0,009 \frac{^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

$$A = 1\text{m}^2$$

$$\bullet r_{\text{arg-ass}} = \frac{e}{k \cdot A}$$

$$e = 0,20\text{m} \rightarrow r_{\text{arg-ass}} = \frac{0,20}{1,16 \times 0,24} \frac{\text{m} (\text{m} \cdot ^\circ\text{C})}{\text{W} \cdot \text{m}^2}$$

$$k = 1,16\text{W} / (\text{m} \cdot ^\circ\text{C}) \quad r_{\text{arg-ass}} = 0,72 \frac{^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

$$A = 0,24\text{m}^2$$

$$\bullet r_{\text{tij}} = \frac{e}{k \cdot A}$$

$$e = 0,20\text{m} \rightarrow r_{\text{tij}} = \frac{0,20}{0,69 \times 0,76} \frac{\text{m} (\text{m} \cdot ^\circ\text{C})}{\text{W} \cdot \text{m}^2}$$

$$k = 0,69\text{W} / (\text{m} \cdot ^\circ\text{C}) \quad r_{\text{tij}} = 0,38 \frac{^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

$$A = 0,76\text{m}^2$$

$$\bullet r_{//} = \frac{r_{\text{arg-ass}} \times r_{\text{tij}}}{r_{\text{arg-ass}} + r_{\text{tij}}} = \frac{0,38 \times 0,72}{0,38 + 0,72} = 0,25 \frac{^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

$$\bullet r_{\text{conv-ext}} = \frac{1}{h \cdot A}$$

$$h = 6,6\text{W} / (\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}) \rightarrow r_{\text{conv-ext}} = \frac{1}{6,6} \frac{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

$$A = 1\text{m}^2 \quad r_{\text{conv-ext}} = 0,15 \frac{^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

### • Soma das resistências - $r_t$

$$r_t = 0,50 + 0,009 + 0,25 + 0,009 + 0,15$$

$$r_t = 0,918 \frac{^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

$\Rightarrow$  Cálculo do coeficiente global de transferência:  $U$

$$U_1 = \frac{1}{r_t \cdot A} = \frac{1}{0,918 \times 1} = 1,09 \frac{\text{W}}{(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})}$$

$$\text{Resposta: } U_1 = 1,09 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

b)  $\Rightarrow$  Cálculo das Resistências para  $1\text{m}^2$ :  $r_t$

$$\bullet r_{\text{conv-int}} = 0,50 \frac{^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

$$\bullet r_{\text{arg-rev}} = 0,009 \frac{^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

$$\bullet r_{\text{arg-ass}} = \frac{e}{k \cdot A}$$

$$e = 0,10\text{m} \rightarrow r_{\text{arg-ass}} = \frac{0,10}{1,16 \times 0,21} = 0,41 \frac{^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

$$k = 1,16\text{W} / (\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$$

$$A = 0,21\text{m}^2$$

$$\bullet r_{\text{tij}} = \frac{e}{k \cdot A}$$

$$e = 0,10\text{m} \rightarrow r_{\text{tij}} = \frac{0,10}{0,69 \times 0,79}$$

$$k = 0,69\text{W} / (\text{m} \cdot ^\circ\text{C}) \quad r_{\text{tij}} = 0,18 \frac{^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

$$A = 0,79\text{m}^2$$

$$\bullet r_{//} = \frac{0,41 \times 0,18}{0,41 + 0,18} = 0,13 \frac{^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

$$\bullet r_{\text{ar}} = \frac{e}{k \cdot A}$$

$$e = 0,05\text{m} \rightarrow r_{\text{ar}} = \frac{0,05}{0,02624 \times 1}$$

$$k = 0,02624\text{W} / (\text{m} \cdot ^\circ\text{C}) \quad r_{\text{ar}} = 1,91 \frac{^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

$$A = 1\text{m}^2$$

$$\bullet r_{\text{conv-ext}} = 0,15 \frac{^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

$$\bullet r_t = 0,50 + 0,009 + 0,13 + 1,91 + 0,13 + 0,009 + 0,15$$

$$r_t = 2,84 \frac{^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

$\Rightarrow$  Cálculo do coeficiente global de transferência:  $U_2$

$$U_2 = \frac{1}{r_t \cdot A} = \frac{1}{2,84 \times 1} = 0,35 \frac{\text{W}}{(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})}$$

Justificativa: O valor de  $U_2 \ll \frac{U_1}{2}$ .

$$\Delta U = \frac{U_1 - U_2}{U_2} = \frac{1,09 - 0,35}{0,35} \times 100 = 211 \%$$

Logo,  $U_2$  foi reduzido em 211% graças à incorporação da camada de ar.

### Questão nº 7

Um projeto de expansão de um pátio de estacionamento de um *shopping center*, situado numa cidade brasileira, previu, devido à pouca disponibilidade do terreno, um corte vertical com 3 m de altura e 60 m de comprimento, em um talude de solo argiloso, cujos parâmetros geotécnicos determinados nas unidades do **Sistema Internacional** foram os seguintes:

Peso específico aparente úmido: 17 kN/m<sup>3</sup>  
Teor de umidade natural: 24%  
Coesão: 30 kPa  
Ângulo de atrito interno: 13°

Levando-se em conta que o local está sujeito, durante parte do ano, a fortes precipitações pluviométricas, verifique se este corte necessita de uma obra de contenção, respondendo **SIM** ou **NÃO** e justificando sua resposta pelo cálculo do fator de segurança.

(valor: 10,0 pontos)

As características mineralógicas do solo permitem que se admita como peso específico dos sólidos o valor de 26,5 kN/m<sup>3</sup> e, por outro lado, para este caso, considere que o fator de segurança deve ser superior a 1,5.

#### FÓRMULAS E SIMBOLOGIA

$$H_{CR} = \frac{2,67 \cdot c}{\gamma} \cdot \operatorname{tg} \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$e = \frac{\gamma_s}{\gamma_d} - 1$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_s}{1 + w}$$

$$\gamma_{sat} = \frac{\gamma_s + e \cdot \gamma_w}{1 + e}$$

onde:

$\gamma$  - peso específico aparente úmido

$H_{CR}$  - altura crítica

$c$  - coesão

$\phi$  - ângulo de atrito interno

$e$  - índice de vazios

$\gamma_s$  - peso específico de partículas sólidas

$\gamma_d$  - peso específico aparente seco

$\gamma_{sat}$  - peso específico saturado

$\gamma_w$  - peso específico da água

$W$  - teor de umidade

### Comentários

#### Conteúdos envolvidos na questão:

Mecânica de Solos.

#### Habilidades aferidas:

Capacidade de: interpretação, elaboração e execução de projetos; obtenção e sistematização de informações; operacionalização de problemas numéricos; formulação e avaliação de problemas de Engenharia e de concepção de soluções; consolidação de conhecimentos teóricos.

#### Padrão de Resposta Esperado:

Em vista da ocorrência de fortes chuvas, deve-se considerar a condição de solo saturado, por ser a mais desfavorável.

- Cálculo da altura crítica:

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + W} = \frac{17}{1 + 0,24} = 13,71 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$e = \frac{\gamma_s}{\gamma_d} - 1 = \frac{26,5}{13,71} - 1 = 0,93$$

$$\gamma_{sat} = \frac{\gamma_s + e \gamma_w}{1 + e} = \frac{26,5 + 0,93 \times 10}{1 + 0,93} = 18,55 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$H_{cr} = \frac{2,67 \times c}{\gamma_{sat}} \cdot \operatorname{tg} \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$H_{cr} = \frac{2,67 \times 30}{18,55} \cdot \operatorname{tg} \left( 45 + \frac{13}{2} \right) = 5,43 \text{ m}$$

- Fazendo  $F_s$  como Fator de Segurança, temos:

$$F_s = \frac{\text{altura crítica}}{\text{altura do corte}} = \frac{5,43}{3,00} = 1,81$$

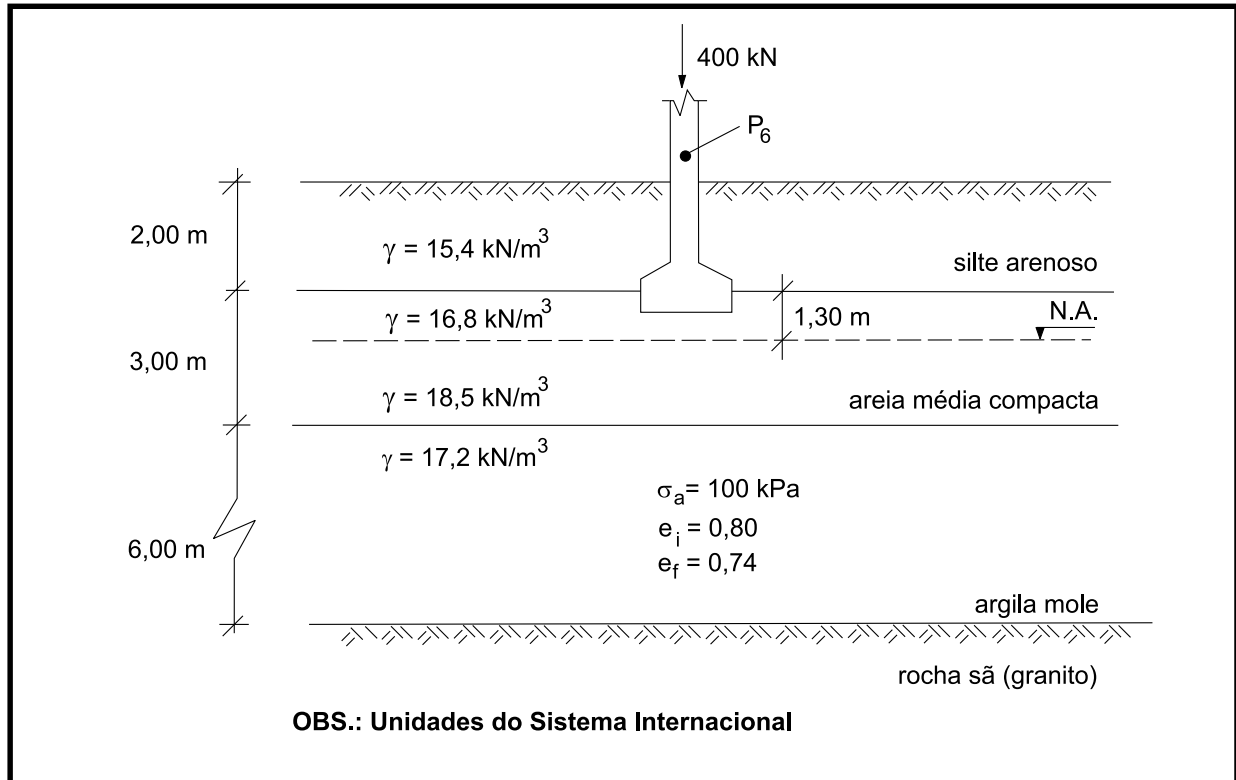
Resposta: Não

Justificativa: O corte não necessita de obra de contenção, tendo em vista que o fator de segurança 1,8 é superior ao valor mínimo, estipulado em 1,5.

### Questão nº 8

As fundações de um edifício foram projetadas como sapatas assentes numa camada de areia compacta, apresentando capacidade de carga adequada. Entretanto, a existência de uma camada subjacente de argila mole, revelada pelas sondagens, causou preocupações com relação aos recalques que poderiam ocorrer, tornando necessário o estudo deste solo com relação ao seu possível adensamento.

Você está encarregado de proceder esta análise para elaborar um relatório a ser submetido aos projetistas da obra, a partir dos dados obtidos pelas sondagens e ensaios realizados, os quais estão consolidados no perfil abaixo.



Neste relatório, para atender às solicitações dos projetistas, com relação ao pilar nº 6, indicado no perfil, você deve informar o seguinte:

- a espessura da camada compressível; **(valor: 1,0 ponto)**
- a profundidade em que foram realizados os estudos de adensamento, tendo em vista as recomendações técnicas para um caso como este; **(valor: 1,0 ponto)**
- os valores das tensões verticais total e efetiva e a pressão neutra, no plano médio da camada compressível; **(valor: 2,0 pontos)**
- em que estado de adensamento se encontra a camada compressível antes da construção da sapata (justifique numericamente sua resposta); **(valor: 2,0 pontos)**
- o estado de adensamento da camada compressível após a construção da sapata (admita que o acréscimo de pressão no plano médio da camada compressível será de 30 kPa); **(valor: 2,0 pontos)**
- o valor do recalque total que poderá sofrer a sapata. **(valor: 2,0 pontos)**

### FÓRMULAS E SIMBOLOGIA

$$R = \Delta_e \cdot \frac{h_i}{1 + e_i}$$

$R$  = recalque total  
 $h_i$  = altura inicial da camada compressível  
 $e_i$  = índice de vazios inicial  
 $e_f$  = índice de vazios final  
 $\sigma_a$  = tensão de pré-adensamento  
 $\gamma$  = peso específico aparente

## Comentários

**Conteúdos aferidos na questão:**  
Mecânica de Solos; Física.

### Habilidades aferidas:

Capacidade de: operacionalização de problemas numéricos; consolidação de conhecimentos teóricos; formulação e avaliação de problemas de Engenharia e de concepção de soluções, com a necessária agilidade; expressão e interpretação de gráficos, obtenção e sistematização de informações; raciocínio espacial.

### Padrão de Resposta Esperado:

a) Resposta: Corresponde à espessura da camada de argila mole que, no perfil, é a que está sujeita a sofrer adensamento significativo. Portanto, sua espessura vale 6,00 m.

b) Resposta: Os estudos são realizados no plano médio da camada compressível. Logo, a profundidade será:

$$H = 2,0 + 3,0 + \frac{6,0}{2} = 8,0\text{m}$$

c) ● Cálculo da pressão neutra:  $u$

$$u = \gamma_w \times h_w$$

$$\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3 \rightarrow u = 47 \text{ kN/m}^2 = 47 \text{ kPa}$$

$$h_w = (1,7 + 3,0) \text{ m}$$

● Cálculo da tensão vertical total:

$$\sigma = \gamma \cdot h \text{ (por camada)}$$

$$= 15,4 \times 2,0 + 16,8 \times 1,30 + 18,5 \times 1,70 + 17,2 \times \frac{6,0}{2}$$

$$= 135,69 \text{ kN/m}^2 = 135,69 \text{ kPa}$$

● Cálculo da tensão efetiva:  $\bar{\sigma}$

$$\sigma_a = \sigma - u = 135,69 - 47 = 88,69 \text{ kPa}$$

d) Antes da construção da sapata, a tensão efetiva  $\bar{\sigma}$  vale aproximadamente 89 kPa e a tensão de adensamento  $\sigma_a = 100 \text{ kPa}$ . Como  $\bar{\sigma} < \sigma_a$ , a camada está pré-adensada.

Resposta: Pré-Adensada

Justificativa:  $\bar{\sigma} = 89 \text{ kPa} < \sigma_a = 100 \text{ kPa}$

e) Com o acréscimo de carga, tem-se:

$$\sigma_{\text{final}} = \bar{\sigma}_{\text{inicial}} + \Delta\sigma = 89 + 30 = 119 \text{ kPa.}$$

Como a nova tensão é superior à tensão de adensamento, a camada passa a estar em adensamento.

Resposta: em adensamento.

$$a) R = \Delta e \cdot \frac{h_i}{1 + e_i}$$

$$\Delta e = e_i - e_f = 0,80 - 0,74 = 0,06$$

$$h_i = 6\text{m}$$

$$\text{logo, } R = 0,06 \times \frac{6}{1 + 0,80} = 0,20\text{m}$$

Resposta:  $R = 0,20\text{m}$

### Questão nº 9

A construção de um aeroporto em uma planície do litoral brasileiro colocou a pista no mesmo eixo de um antigo campo de pouso, que tinha 600 m de comprimento e 20 m de largura. Tal construção havia sido rudimentar, consistindo apenas numa raspagem do terreno natural e posterior encascalhamento, realizado através de simples espalhamento de uma camada de 15 cm de um solo granular proveniente da jazida "Jenipapo" (solo A), distante 12 km da obra, cuja compactação ficou limitada ao movimento das máquinas e caçambas.

A nova pista, tendo também 20 m de largura, inclui obras de aterro com o mesmo material do subleito para levantamento do *grade* e construção das declividades especificadas no projeto geométrico, obras de drenagem, construção de uma base em solo granular estabilizada com 30 cm de espessura (após compactação) e um revestimento de 5 cm, executado com mistura betuminosa usinada a quente.

Para fins de licitação, a obra foi orçada com a base executada com solo granular proveniente da jazida "Mutuns" (solo B), distante da obra 26 km, mas que atende às especificações fornecidas. Por outro lado, as explorações para identificação de agregados mostraram que há disponibilidade de uma jazida de areia siltosa (solo C), distante da obra apenas 4 km. A topografia locou o eixo da pista no azimuth de 78°, definido entre o ponto inicial  $P_{ei}$ , de coordenadas  $X_{ei} = 120 \text{ m}$  e  $Y_{ei} = 140 \text{ m}$ , e o ponto final  $P_{ef}$  que tem como abscissa  $X_{ef} = 1.470 \text{ m}$ .

Para reduzir o custo da construção da base, foram feitas misturas entre os solos A e C. As análises de laboratório dos solos disponíveis e das misturas realizadas, inclusive a determinação do Índice Suporte Califórnia (ICS), também conhecido como CBR, ofereceram os resultados apresentados na tabela abaixo.

|           | Análise Granulométrica - Porcentagem que passa |      |      |      |     |      |      |       | Plasticidade |    | Suporte |
|-----------|------------------------------------------------|------|------|------|-----|------|------|-------|--------------|----|---------|
| Peneiras  | 1"                                             | 3/4" | 1/2" | 3/8" | 4   | 10   | 40   | 200   | LL           | IP | ICS     |
| mm        | 25,4                                           | 19,0 | 12,7 | 9,5  | 4,8 | 2,00 | 0,42 | 0,074 | %            | %  | %       |
| SOLO      |                                                |      |      |      |     |      |      |       |              |    |         |
| A         | 100                                            | 94   | 85   | 76   | 59  | 53   | 48   | 37    | 32           | 12 | 35      |
| B         | 100                                            | 99   | 95   | 90   | 85  | 79   | 34   | 12    | 16           | 3  | 60      |
| C         |                                                |      |      |      | 100 | 99   | 41   | 7     | NL           | NP | 46      |
| Mistura 1 | 100                                            | 97   | 97   | 91   | 79  | 73   | 39   | 14    | 21           | 5  | 48      |
| Mistura 2 | 100                                            | 99   | 97   | 93   | 85  | 80   | 40   | 16    | 12           | 2  | 73      |
| Mistura 3 | 100                                            | 98   | 92   | 88   | 74  | 67   | 42   | 20    | 24           | 7  | 40      |

### Quadro de misturas

Mistura 1 - 50% do solo A + 50% do solo C  
Mistura 2 - 33% do solo A + 67% do solo C  
Mistura 3 - 67% do solo A + 33% do solo C

A Faixa Granulométrica especificada em projeto, tendo em conta as dificuldades de ocorrência de material que se pudesse enquadrar em melhores graduações, é dada na tabela abaixo.

| Peneiras    | Porcentagem que passa |
|-------------|-----------------------|
| 1" (25,4)   | 100                   |
| 3/8" (9,52) | -                     |
| 10 (2,00)   | 40 - 100              |
| 40 (0,42)   | 20 - 50               |
| 200 (0,074) | 6 - 20                |

As especificações também exigem que o Limite de Liquidez seja inferior a 25% e o Índice de Plasticidade seja inferior a 6%. A porcentagem que passa na peneira nº 200 deve ser inferior a 2/3 da porcentagem que passa na peneira Nº 40. Da mesma forma o CBR não deve ser inferior a 60%.

Admitindo que o custo de transporte do material (solo granular solto) é de R\$ 0,40/m³/km, desprezando as diferenças de custo com as operações de movimentação dos solos nas jazidas ou na pista (como escavação, escarificação, carregamento, compactação, etc.), em qualquer hipótese adotada, e considerando que, em qualquer caso, a relação entre o peso específico aparente seco inicial do solo utilizado (ou mistura) solto (antes da compactação) e o valor final deste índice, após compactação, é de 0,80:

- determine o comprimento da pista projetada, em metros, arredondando o resultado para o número inteiro mais próximo; **(valor: 3,0 pontos)**
- determine o volume de solo solto necessário para a construção da base; **(valor: 2,0 pontos)**
- escolha a mistura para servir de alternativa, justificando sua resposta; **(valor: 2,0 pontos)**
- determine a economia resultante da construção da base segundo a alternativa escolhida, em relação ao que foi originalmente orçado. **(valor: 3,0 pontos)**

### Comentários

#### Conteúdos envolvidos na questão:

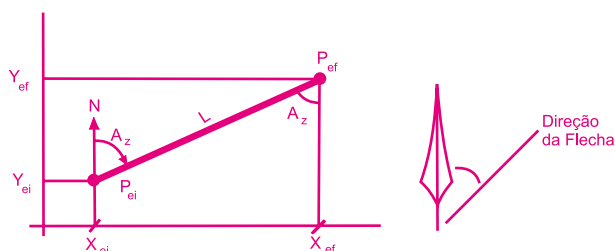
Topografia; Estradas; Mecânica dos Solos; Construção Civil; Matemática.

#### Habilidades aferidas:

Capacidade de: operacionalização de problemas numéricos; formulação e avaliação de problemas de Engenharia e de concepção de soluções, com a necessária agilidade; obtenção e sistematização de informações; consolidação de conhecimentos teóricos; raciocínio espacial; interpretação elaboração e execução de projetos; expressão e interpretação gráfica.

#### Padrão de Resposta Esperado:

a)



$L$  = comprimento da pista  
 $A_z$  = azimute de  $P_{ei}$  para  $P_{ef}$   
Da figura, temos:

$$L = \frac{P_{ef} - P_{ei}}{\sin A_z} = \frac{1470 - 120}{\sin 78^\circ} = 1.380,16 \text{ m}$$

Resposta:  $L = 1.380 \text{ m}$

b) • Cálculo do volume do solo solto necessário:

$V_{bs}$  = volume da base solta

$V_{bc}$  = volume da base compactada

$\gamma_{ds}$  = peso específico aparente seco do solo solto

$\gamma_{dc}$  = peso específico aparente seco do solo compactado

Por definição:  $\gamma_d = \frac{P_s}{V}$  (peso das partículas sólidas / volume aparente do solo)

Como  $\frac{\gamma_{ds}}{\gamma_{dc}} = 0,80$ , tem-se que:

$$\frac{P_s}{V_{bs}} = \frac{V_{bc}}{V_{bs}} = 0,80 \Rightarrow V_{bs} = \frac{V_{bc}}{0,80}$$

Como  $V_{bc} = 1.380 \text{ m} \times 20 \text{ m} \times 0,30 \text{ m} = 8.280 \text{ m}^3$

Temos:

$$V_{bs} = \frac{8.280}{0,80} = 10.350 \text{ m}^3$$

Resposta:  $V_{bs} = 10.350 \text{ m}^3$

c) Resposta: Mistura 2

Justificativa: É a única mistura que atende integralmente às especificações, inclusive com relação ao CBR, que é também o máximo obtido.

d) Cálculo da economia: E

● Custo da base com solo B -  $C_B$

$C_B = 10.350 \text{ m}^3 \times 26 \text{ Km} \times \text{R\$ } 0,40 / \text{ m}^3 \cdot \text{Km} = \text{R\$ } 107.640,00$

● Custo da base com a mistura 2: -  $C_{M2}$

$C_{M2} = 10.350 \text{ m}^3 \times 0,33 \times 12 \text{ Km} \times \text{R\$ } 0,40 / \text{ m}^3 \cdot \text{Km} + 10.350 \text{ m}^3 \times 0,67 \times 4 \text{ Km} \times \text{R\$ } 0,40 / \text{ m}^3 \cdot \text{Km}$   
 $C_{M2} = 16.394,40 + 11.095,20 = \text{R\$ } 27.489,60$

● A economia será:

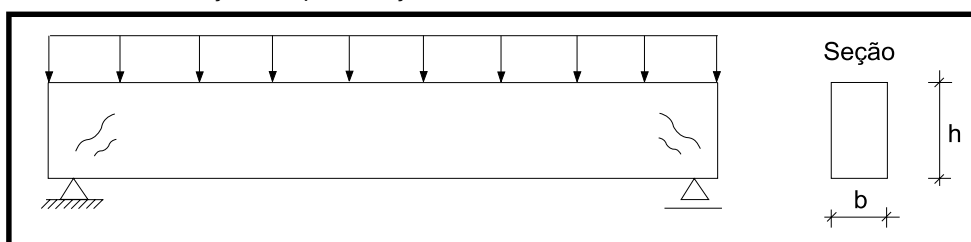
$E = C_B - C_{M2} = 107.640,00 - 27.489,60 = \text{R\$ } 80.150,40$

ou, em percentual:

$E\% = \frac{80.150,40}{107.640,00} \times 100 = 74,46\%$

## Questão nº 10

A Construtora em que você trabalha entregou recentemente aos proprietários um edifício residencial com estrutura em concreto armado. Os moradores, preocupados com os recentes acontecimentos envolvendo ruína de prédios residenciais, enviaram correspondência relatando o aparecimento de fissuras em vigas do teto da garagem. Chegando ao local, você identificou nítidas fissuras em algumas vigas do tipo representado na figura abaixo, onde os apoios foram idealizados como pontuais para facilidade de modelação e representação.

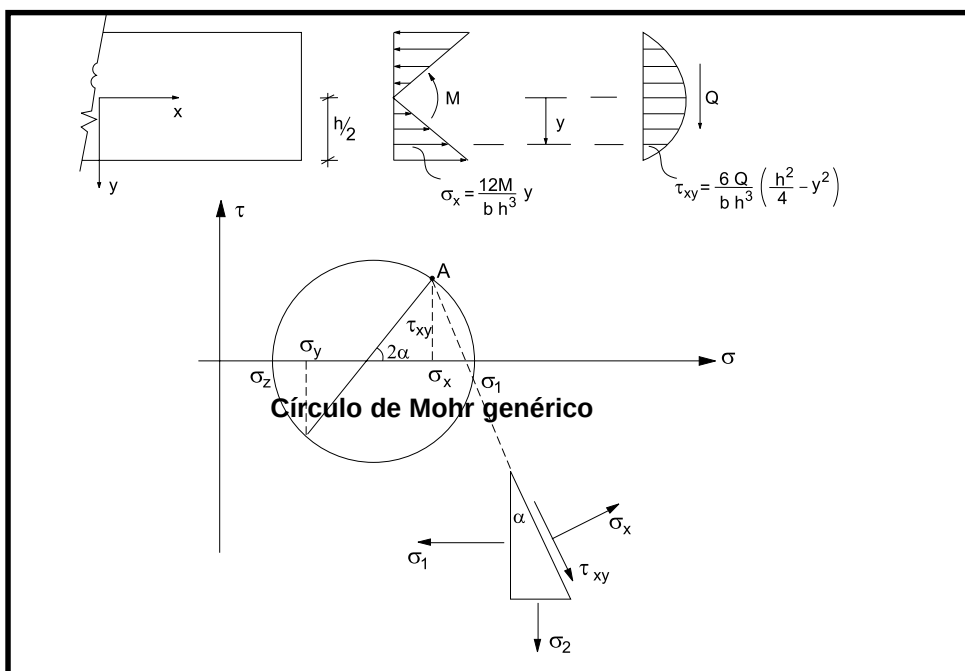


Seu supervisor lhe faz as solicitações abaixo.

- Identifique a causa mais provável para o aparecimento das referidas fissuras. **(valor: 3,0 pontos)**
- Explique o fenômeno anterior, justificando a inclinação das fissuras. Para tal, faça um croqui na sua exposição, utilizando resultados da teoria elementar de viga, a representação do estado tensional em torno de um ponto nas proximidades do apoio esquerdo e à meia altura da seção, além de fazer uso do Círculo de Mohr. **(valor: 5,0 pontos)**
- Explique se as fissuras anteriores podem ser nocivas à vida útil da estrutura. **(valor: 2,0 pontos)**

### Dados/Informações Técnicas

Na teoria elementar de viga, em seção retangular, encontram-se as distribuições de tensões representadas abaixo. M e Q são, respectivamente, momento fletor e esforço constante.



O ponto A do círculo corresponde às tensões  $s_x$  e  $t_{xy}$  atuantes em uma faceta de tensão principal  $S_1$  (máxima tensão normal), conforme mostra a figura acima.



## Comentários

### Conteúdos envolvidos na questão:

Física; Mecânica, Estruturas Usuais de Concreto; Resistências de Materiais; Desenho.

### Habilidades aferidas:

Capacidade de: Consolidação de conhecimentos teóricos; Obtenção e sistematização de informações; Formulação e avaliação de problemas de Engenharia e de concepção de soluções, com a necessária agilidade; Expressão e interpretação gráfica; Avaliou em parte: Raciocínio espacial.

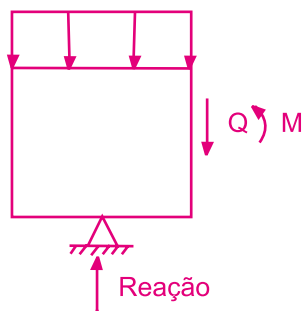
### Padrão de Resposta Esperado:

a) Causa mais provável: são os efeitos de tensões de cisalhamento nos apoios. Este estado de cisalhamento provoca o aparecimento de tensões normais de tração e compressão à 45°.

b) ● À meia altura da viga, tem-se:

$$\sigma_x = 0 \text{ e } \tau_{xy} = \tau_{\max} = \frac{6Q}{bh^3} \times \frac{h^2}{4} = \frac{3Q}{2bh}$$

● Em uma seção próxima ao apoio esquerdo, têm-se os sentidos positivos de esforços solicitantes:

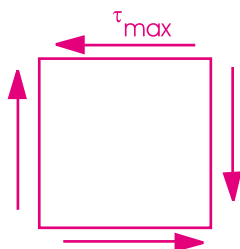


M = Momento Fletor  
Q = Força Cortante

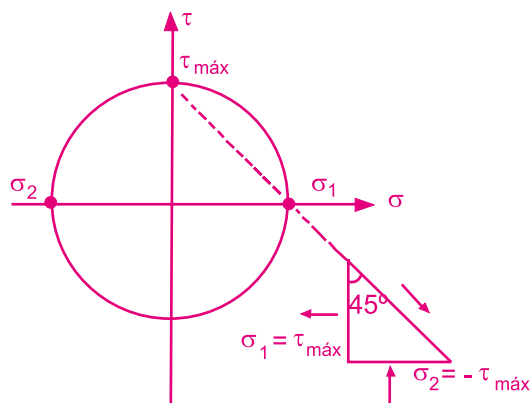
M = Momento Fletor

Q = Força Cortante

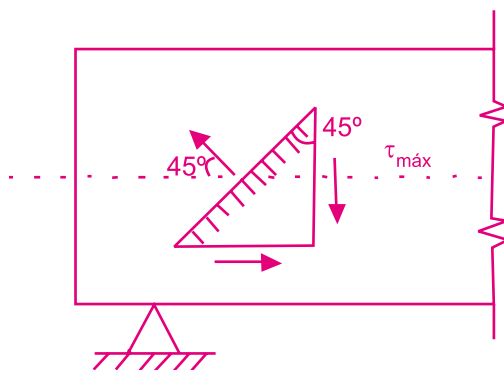
Logo, à meia altura da seção tem-se o estado de cisalhamento puro:



● Para o estado de tensões anterior, tem-se o círculo de Mohr:



Logo, em torno de um ponto à meia altura da seção, tem-se um estado tensional com tensão de tração máxima segundo direção com 45° em relação ao eixo da viga, como esquematizado na figura abaixo.



Como o concreto tem baixa resistência à tração, é suscetível de se romper com fissura a 45° com o eixo da viga, conforme representando no enunciado da questão.

Outra resposta possível:

Tendo em vista o fenômeno de distribuição de tensões identificado com a teoria elementar de viga, em que se tem tensão de compressão a 45 graus com o eixo longitudinal a meia viga e tensão de tração em fibras longitudinais da parte inferior, em concreto armado tem-se o Modelo de Trelíça de Mörsh. Assim, aceita-se como resposta parcial da questão a explicação de que as fissuras se formam em direção perpendicular à biela de compressão desta trelíça (que faz 45 graus com o eixo longitudinal) por deficiência de armadura de cortante.

c) As fissuras propiciam a penetração de agentes agressivos às armaduras, dando margem à destruição das mesmas e ao comprometimento da vida útil da estrutura.