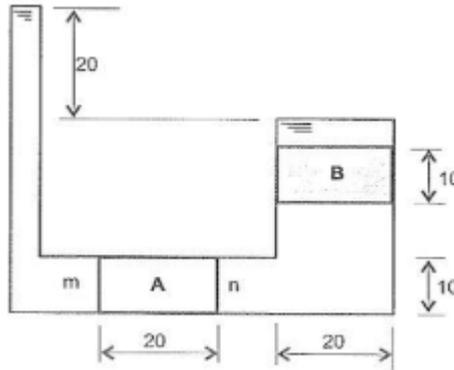


Lista 3 – Permeabilidade, fluxo unidimensional e bidimensional

- 1- No permeômetro mostrado abaixo, a areia A ocupa a posição horizontal, com $L = 20$ cm, $A = 100$ cm², tendo $k = 4 \cdot 10^{-3}$ cm/s. A areia B ocupa a posição vertical, com $L = 10$ cm, $A = 400$ cm², tendo $k = 2 \cdot 10^{-3}$ cm/s. Qual a possibilidade de ocorrer o estado de areia movediça nas areias A e B?



R: Parte da carga $h = 20$ cm se dissipa em A (h_A) e parte em B (h_B), de forma que $h_A + h_B = h = 20$.

Por outro lado, a vazão em A é igual à vazão em B. Aplicando-se a Lei de Darcy, tem-se:

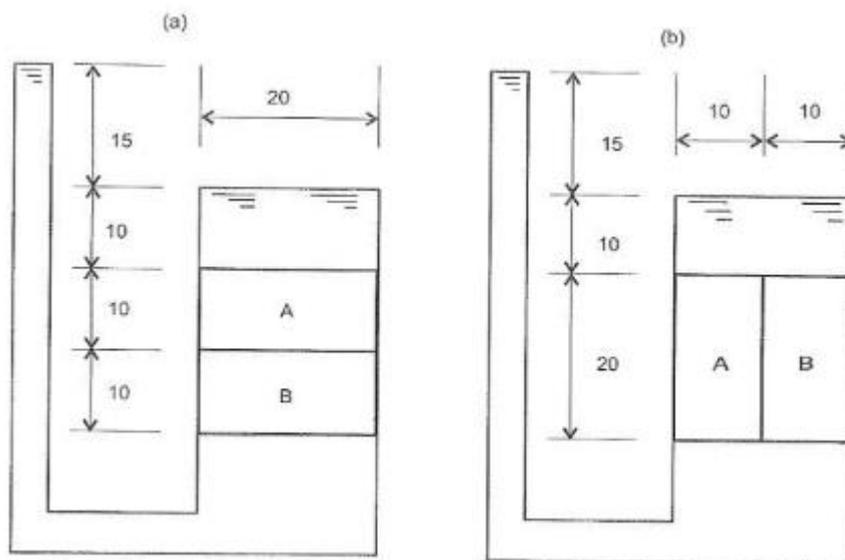
$$k_A i_A A_A = k_B i_B A_B = 4 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{h_A}{20}\right) \cdot 100 = 2 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{h_B}{10}\right) \cdot 400, \text{ donde } h_A = 4 \cdot h_B$$

Das duas equações, conclui-se que: $h_A = 16$ cm e $h_B = 4$ cm.

O gradiente na areia A é de $16/20 = 0,8$. Ainda que elevado, não provoca areia movediça porque o fluxo se dá na direção horizontal, não se contrapondo à ação da gravidade. O efeito da força de percolação será aumentar o empuxo da areia A sobre a tela n, e reduzir o empuxo sobre a tela m, indicadas na figura.

O gradiente na areia B é de $4/10 = 0,4$. Ainda que ascendente, dificilmente ele provocaria o estado de areia movediça, pois as areias geralmente apresentam pesos específicos submersos superiores a 8 kN/m³ (pesos específicos naturais superiores a 18 kN/m³). Somente se a areia fosse constituída de grãos tão leves que seu peso específico natural fosse igual a 14 kN/m³ (peso submerso = 4 kN/m³ igual à força de percolação $j = i \cdot \text{peso específico} = 0,4 \cdot 10 = 4$ kN/m³), poderia ocorrer o efeito de areia movediça (não se considerando coeficiente de segurança para levar em conta a eventual heterogeneidade da areia).

- 2- As areias A e B foram ensaiadas em um permeâmetro de seção quadrada, de duas maneiras diferentes. Na primeira montagem, dispôs-se uma sobre a outra, como se mostra na figura a). Na outra, as areias foram colocadas uma ao lado da outra, como indicado na figura b). O coeficiente de permeabilidade da areia A é quatro vezes maior do que o da areia B ($k_A = 4 \cdot 10^{-4}$ m/s e $k_B = 10^{-4}$ m/s). Dimensões em centímetros. Em qual das duas montagens será maior a vazão?



R: No caso da primeira montagem, o problema é semelhante ao exercício 1. Sendo iguais as dimensões dos corpos de prova das duas areias, as perdas de carga em cada uma são inversamente proporcionais aos coeficientes de permeabilidade. Portanto, da carga total de 15 cm, 3 cm se dissiparão na areia A e 12 cm se dissiparão na areia B. A vazão pode se calculada para qualquer das duas, pela equação de Darcy. Para a areia A:

$$Q = k \cdot i \cdot A = 4 \cdot 10^{-2} \cdot 0,3 \cdot 400 = 4,8 \text{ cm}^3/\text{s}$$

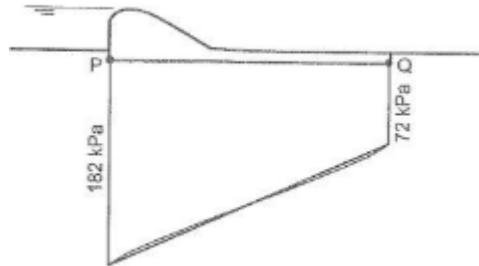
Na segunda montagem, a vazão por cada uma das areias é independente da vazão da outra, mas é a vazão pela areia A é maior do que a vazão pela areia B, por ser mais permeável. Nos dois casos, o gradiente é $15/20 = 0,75$. Calculando-se a vazão para cada areia, tem-se:

$$\text{Areia A: } Q_A = 4 \cdot 10^{-2} \cdot 0,75 \cdot 200 = 6,0 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$\text{Areia B: } Q_B = 10^{-2} \cdot 0,75 \cdot 200 = 1,5 \text{ cm}^3/\text{s}$$

A vazão total nesta montagem, $6+1,5 = 7,5 \text{ cm}^3/\text{s}$, é maior do que a da primeira montagem.

- 3- Determinar qual é a subpressão total que a barragem apresentada sofre quando a água acumulada no reservatório atinge a cota 15,4 m acima da cota de jusante, considerando que a base da barragem tem 56 m de comprimento.



R: Considerando a rede fluxo traçada, a perda de carga entre equipotenciais consecutivas é de $h/ND = 15,4/14 = 1,1$ m, pois 14 são as faixas de perda de potencial.

A pressão em qualquer ponto abaixo da barragem pode ser determinada, considerando-se a equipotencial correspondente a este ponto. Até o ponto da base mais próximo ao reservatório (ponto P), foram percorridas duas zonas de perda de potencial. Tomando-se como referência das cargas a cota mínima do desenho, neste ponto, tem-se:

$$\text{Carga total: } H_T = 40 + 15,4 - 2 \cdot 1,1 = 53,2 \text{ m}$$

$$\text{Carga altimétrica: } H_A = 40 - 5 = 35 \text{ m}$$

$$\text{Carga piezométrica: } H_p = 53,2 - 35 = 18,2 \text{ m}$$

A pressão da água neste ponto é, portanto,

De maneira semelhante, para o ponto da base da barragem mais próximo de jusante (ponto Q), para o qual já foram percorridas 12 faixas de perda de potencial, tem-se $H_T = 40 + 15,4 - 12 \cdot 1,1 = 42,2$ m; $H_p = 42,2 - 35 = 7,2$ m.

A pressão neste ponto é de 72 kPa.