

Aula 14 de FT

Primeiro semestre de 2014

Considere o trecho da instalação a seguir e como o fluido escoa de (1) para (2), podemos afirmar que $H_1 > H_2$



Isto porque existe a perda de carga o sentido do escoamento.

E neste caso a perda é originada pelo atrito do fluido com as paredes internas do tubo e o atrito do fluido com o próprio fluido e isto origina uma força contrária ao movimento que denominamos de força de resistência viscosa (F_μ)

$$F_\mu = \tau \times A_{\text{contato}}$$

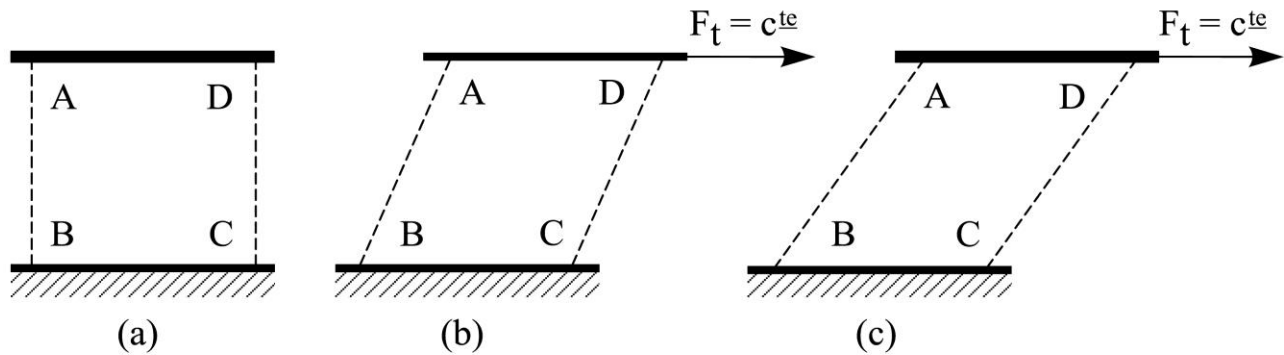
τ = tensão de cisalhamento que é obtida pela lei de Newton da viscosidade, que afirma que a mesma é diretamente proporcional ao gradiente de velocidade

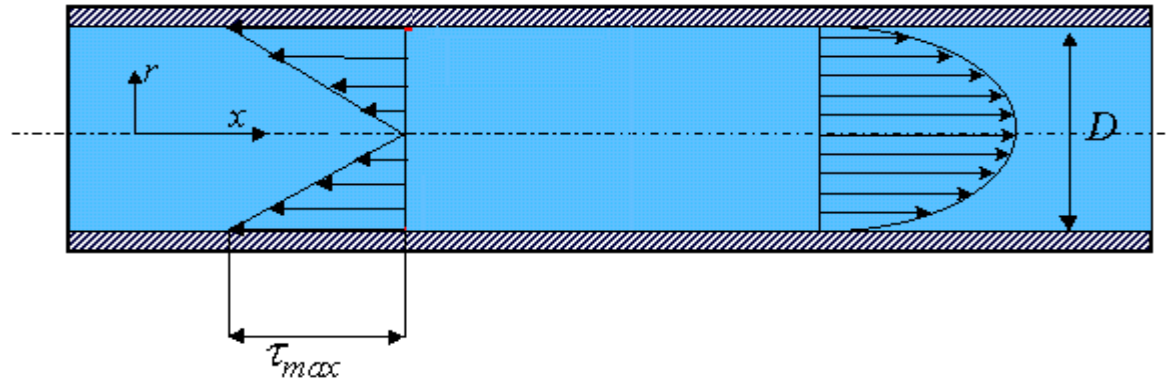
$\frac{dv}{dy}$ = gradiente de velocidade, que representa a variação da velocidade em relação a direção mais rápida que esta variação ocorre.

$$\tau = \mu \times \frac{dv}{dy} \rightarrow \text{lei de Newton da viscosidade}$$



A lei de Newton da viscosidade foi estabelecida através da experiência das duas placas, onde observamos tanto o princípio de aderência (as partículas fluidas têm a velocidade da superfície sólida que estão em contato), como o fato do fluido não resistir aos esforços tangenciais.



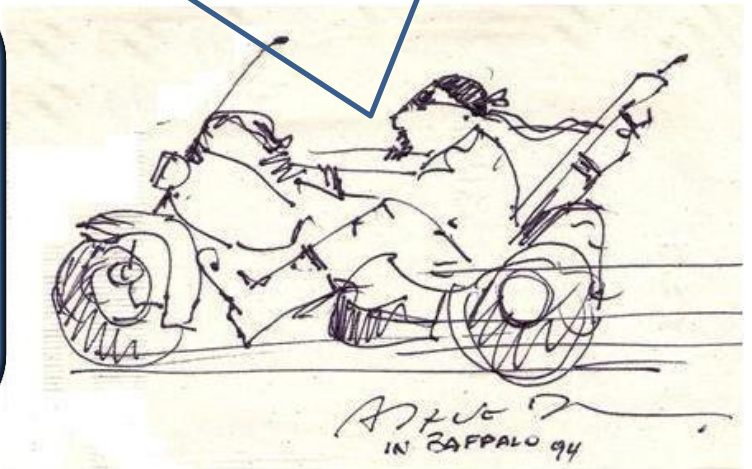


No *escoamento laminar* unidimensional a tensão de cisalhamento é dada por:

$$\tau = \mu \times \frac{dv}{dy}$$

LEI DE NEWTON DA VISCOSIDADE

Conhecido o perfil de velocidades, podemos através da sua derivada (dv/dy), determinar as tensões de cisalhamento no escoamento, isto desde que seja conhecida a viscosidade do fluido, que é a constante de proporcionalidade da lei de Newton da viscosidade.



4. Um fluido escoa entre duas placas planas horizontais fixas e distantes entre si de 4 cm. O eixo y , que é ortogonal às placas, com origem na superfície de contato entre a placa inferior e o fluido. Sabendo que as partículas fluidas obedecem à equação:

$$v = -5y^2 + 20y$$

com “ y ” em cm e “ v ” em cm/s, pede-se:

- o gradiente de velocidade junto a placa inferior;
- a tensão de cisalhamento que ocorre para $y = 1$ cm para um fluido com viscosidade dinâmica igual a 10^{-2} Pa*s.

$$\text{a)} \rightarrow \frac{dv}{dy} = -2 \times 5y + 20 = -10y + 20 \therefore \left. \frac{dv}{dy} \right|_{y=0} = 20 \left(\frac{1}{s} \right)$$

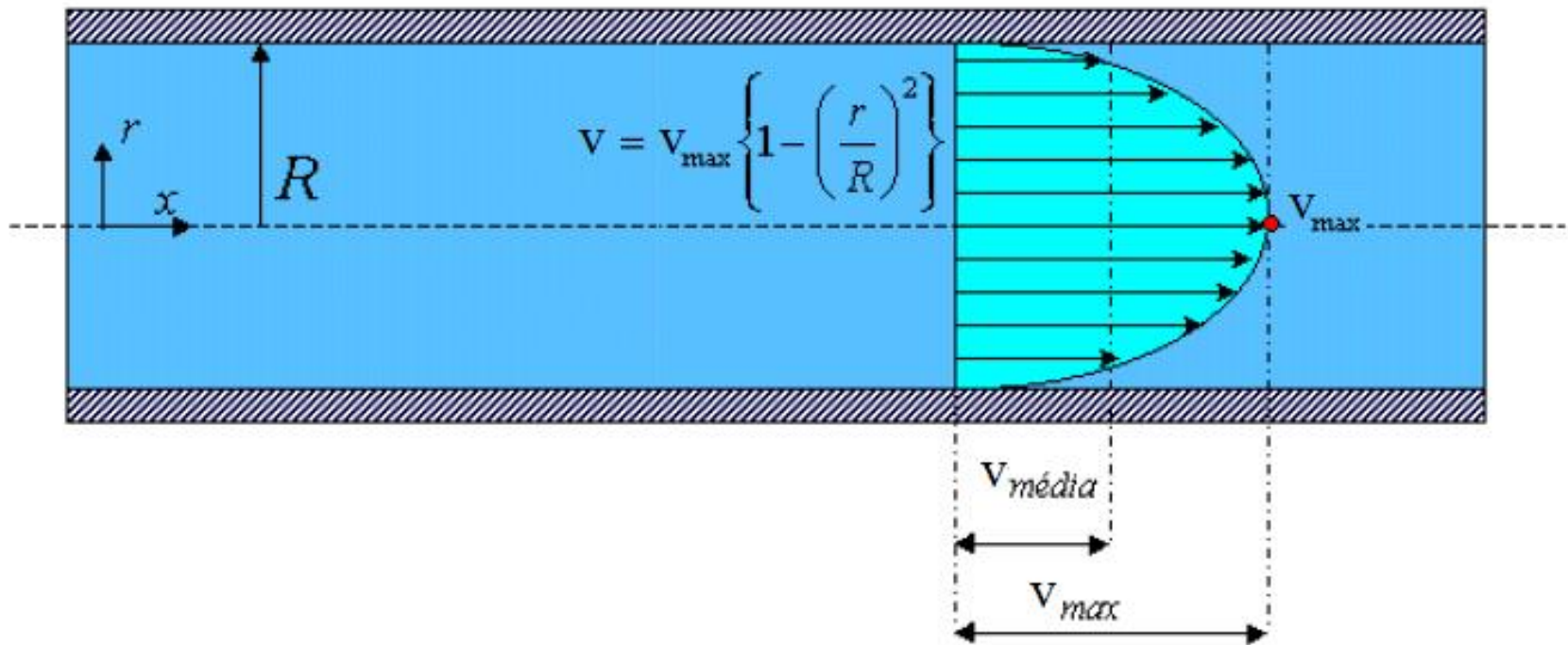
$$\text{b)} \rightarrow \frac{dv}{dy} = -2 \times 5y + 20 = -10y + 20 \therefore \left. \frac{dv}{dy} \right|_{y=1} = 10 \left(\frac{1}{s} \right)$$

$$\tau = \mu \times \frac{dv}{dy} \therefore \tau)_{y=1} = 10^{-2} \times 10 = 0,1 \text{ Pa}$$

Vamos refletir sobre a
determinação da velocidade
média de escoamento para os
escoamentos laminar e turbulento
através de um conduto forçado e
de seção transversal circular.



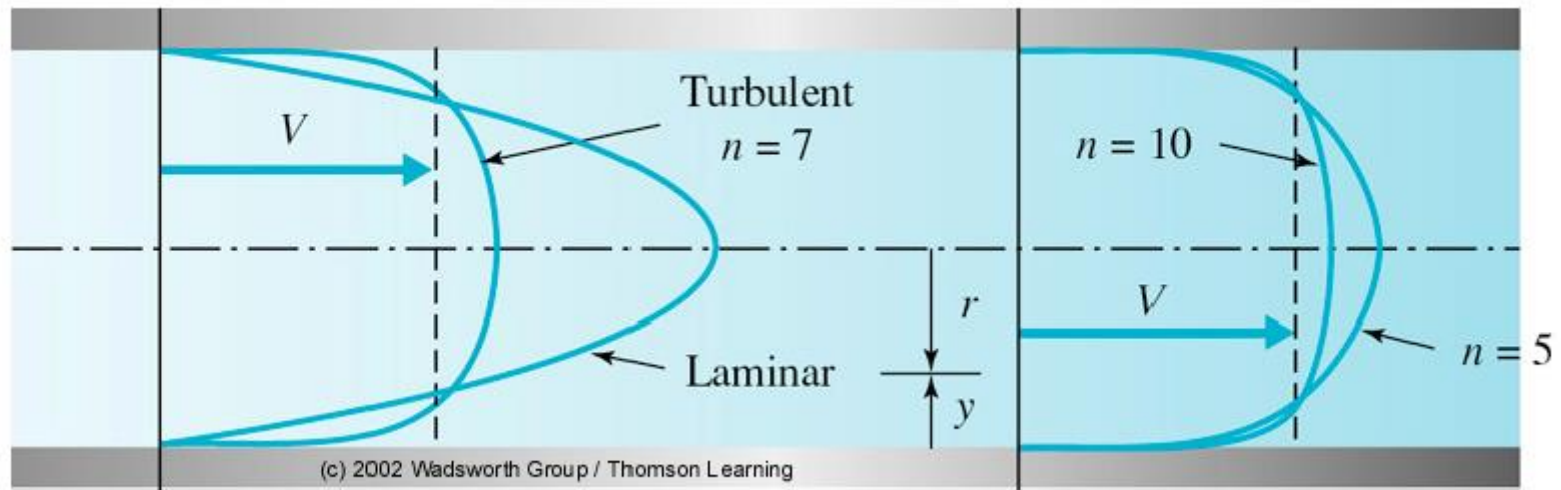
Escoamento laminar em um conduto forçado de seção circular



$$V_{\text{média}} = \frac{1}{\pi \times R^2} \times \int_0^R \left[V_{\max} \times \left(\frac{R^2 - r^2}{R^2} \right) \right] \times 2\pi \times r \times dr$$

$$V_{\text{média}} = \frac{V_{\text{máx}}}{2}$$

Escoamento turbulento em um conduto forçado de seção circular



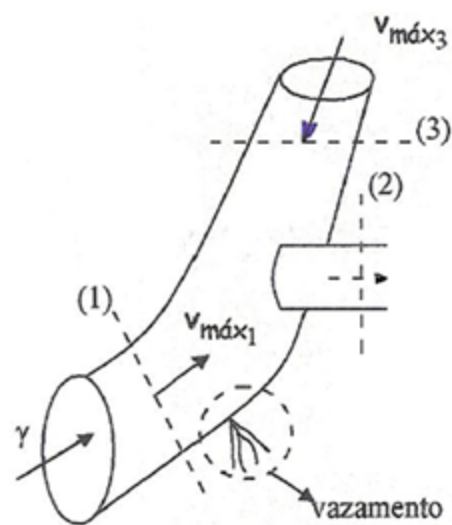
$$v = v_{\max} \times \left(1 - \frac{r}{R}\right)^{1/7}$$

$$v_{\text{média}} = \frac{1}{\pi \times R^2} \times \int_0^R \left[v_{\max} \times \left(1 - \frac{r}{R}\right)^{1/7} \right] \times 2\pi \times r \times dr$$

$$v_{\text{média}} = \frac{49}{60} \times v_{\text{máx}}$$

Um engenheiro de manutenção constatou um vazamento em uma instalação utilizada no escoamento de um fluido com peso específico (γ) igual a 8500 N/m^3 e com viscosidade cinemática igual a $10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$. Considerando o trecho da mesma, que é esquematizado a seguir, onde o escoamento é uma seção (1) circular forçada de $D_1 = 38,1 \text{ mm}$ é laminar com a velocidade máxima ($v_{\text{máx1}}$) igual a 1 m/s , nas seções (2) e (3), também circulares e forçadas com $D_2 = 15,6 \text{ mm}$ e $D_3 = 26,6 \text{ mm}$ turbulentos com a velocidade máxima em (3) ($v_{\text{máx3}}$) igual a 2 m/s e a velocidade máxima em (2) ($v_{\text{máx2}}$) igual a $3,3 \text{ m/s}$, ele pode afirmar que:

- não existe o vazamento
- existe o vazamento e é igual aproximadamente a $12,6 \text{ L/s}$
- existe o vazamento e é igual aproximadamente a $0,26 \text{ L/s}$
- existe o vazamento e é igual aproximadamente a $0,96 \text{ L/s}$
- existe o vazamento e é igual aproximadamente a $1,96 \text{ L/s}$



(1) → escoamento laminar

$$v_1 = \frac{v_{\max 1}}{2} = \frac{1}{2} = 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Q_1 = v_1 \times A_1 = 0,5 \times \frac{\pi \times 0,0381^2}{4} = 5,7 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 0,570 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

Como em (3) é turbulento, temos:

$$v_3 = \frac{49}{60} \times v_{\max 3} = \frac{49}{60} \times 2 \cong 1,63 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Q_3 = v_3 \times A_3 = 1,63 \times \frac{\pi \times 0,0266^2}{4} \cong 9,06 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 0,906 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

$$v_{\max 2} = 3,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_2 = \frac{49}{60} \times v_{\max 2} = \frac{49}{60} \times 3,3 \cong 2,7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Q_2 = v_2 \times A_2 = 2,7 \times \frac{\pi \times 0,0156^2}{4} \cong 5,16 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cong 0,516 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

Pela equação da continuidade (conservação de massa) para um escoamento incompressível e em regime permanente, temos:

$$Q_1 + Q_3 = Q_2 + Q_{\text{vazamento}} \rightarrow 0,570 + 0,906 = 0,516 + Q_{\text{vazamento}}$$

$$Q_{\text{vazamento}} = 0,96 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

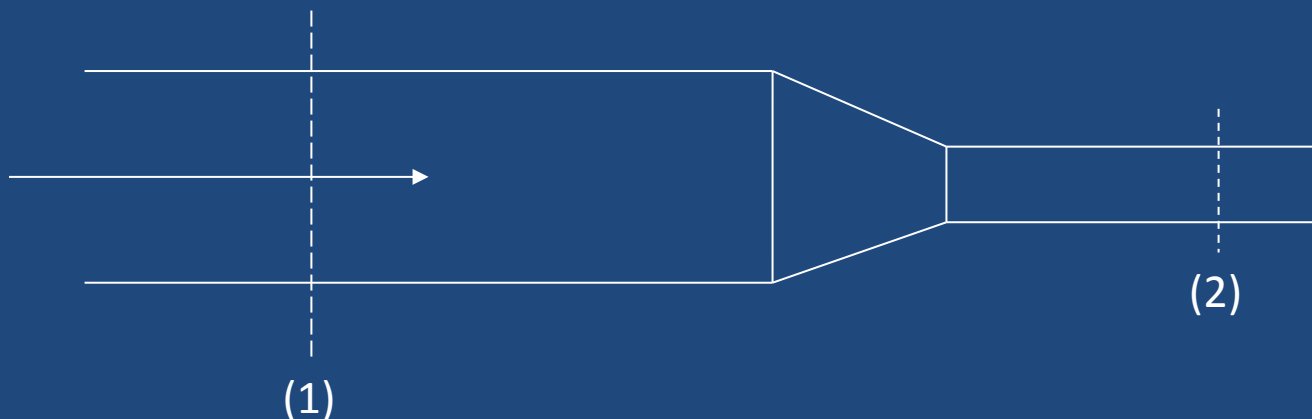
Resposta d

Resolvam para o exame
o próximo exercício



No tubo da figura a seção (1) tem um diâmetro $D_1 = 18$ cm e o líquido apresenta um escoamento laminar com número de Reynolds igual a 2000, já na seção (2) o escoamento é turbulento com número de Reynolds igual a 6000. Na seção (1) o líquido tem uma velocidade igual a 3 m/s a 5 cm da parede do tubo, nesta situação, calcule:

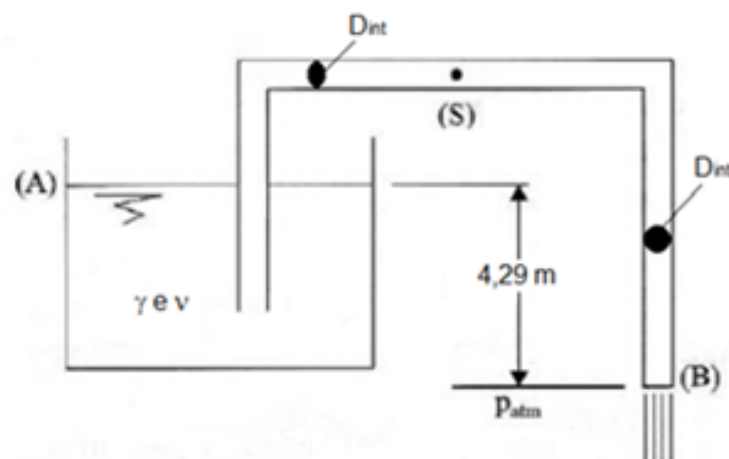
- O diâmetro da seção (2);
- A viscosidade dinâmica do líquido se sua massa específica é igual a 800 kg/m^3 ;
- A velocidade na seção (2) a 1 cm da parede



Respostas: a) $D_2 = 6$ cm; b) $0,134 \text{ Pa} \cdot \text{s}$; c) $17,6 \text{ m/s}$

15. A pressão no ponto (S) do sifão abaixo é 24500 N/m^2 (absoluta). Sabendo que a perda de carga de (A) - (S) é igual a $0,8 \text{ m}$ e que a perda de (S) - (B) é igual a $1,2 \text{ m}$, determine:

- a velocidade média do fluido no SI;
- a vazão em massa e em peso que sai pelo sifão;
- a classificação do escoamento segundo Reynolds no sifão;
- a velocidade máxima do fluido no sifão;
- a altura do ponto (S) em relação ao ponto (A) para as condições estabelecidas.



Dados: $D_{int} = 26,6 \text{ mm}$; $p_{atm} = 98000 \text{ N/m}^2$; $g = 9,8 \text{ m/s}^2$; $\gamma = 9800 \text{ N/m}^3$ e $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

a) $\rightarrow$ PHR no nível (A)

$$0 = -4,29 + \frac{v_B^2}{19,6} + 2 \therefore v_B = \sqrt{(4,29 - 2) \times 19,6} \cong 6,7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{b) } \rightarrow Q = v \times A = 6,7 \times \frac{\pi \times 0,0266^2}{4} \cong 3,72 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q_m = \rho \times Q = \frac{9800}{9,8} \times 3,72 \times 10^{-3} = 3,72 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$Q_G = g \times Q_m = 9,8 \times 3,72 = 36,5 \frac{\text{N}}{\text{s}}$$

$$\text{c) } \rightarrow \text{Re} = \frac{v \times D_H}{\nu} = \frac{6,7 \times 26,6 \times 10^{-3}}{10^{-6}} = 178220 \therefore \text{turbulento}$$

$$d) \rightarrow v_{\text{máx}} = \frac{60}{49} \times v = \frac{60}{49} \times 6,7 \cong 8,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

e) $\rightarrow$ PHR em (A) e trabalhando na escala absoluta

$$\frac{98000}{9800} = z_S + \frac{24500}{9800} + 2,29 + 0,8$$

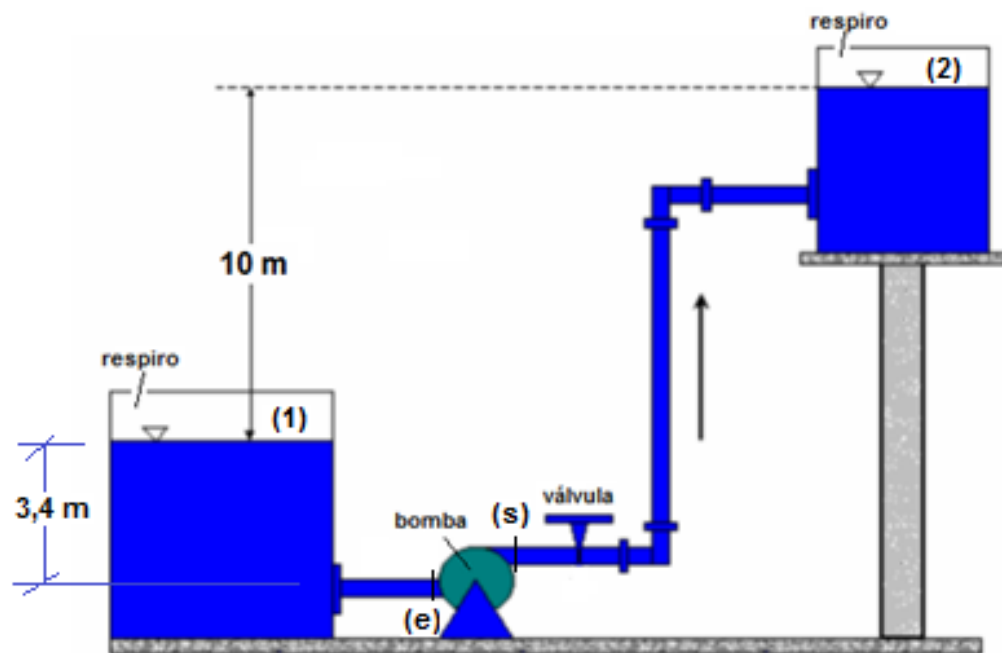
$$z_S \cong 4,41\text{m}$$

Vamos fazer mais um!



18. A instalação de bombeamento a seguir opera em regime permanente com uma vazão de 2,6 L/s. A tubulação antes da bomba tem uma perda de carga igual a 2,8 m. A tubulação de recalque (tubulação após a bomba) tem uma perda de carga de 22,5 m. Sabendo que a tubulação antes da bomba tem um diâmetro interno igual a 52,5 mm ($A = 21,7 \text{ cm}^2$) e a tubulação após a bomba tem um diâmetro interno igual a 40,8 mm ($A = 13,1 \text{ cm}^2$), podemos afirmar que a carga manométrica da bomba e a pressão na entrada da bomba são respectivamente:

(A) 33,5 m e 5880 Pa; (B) 32,5m e -5880 Pa; (C) 12,8 m e 32600 Pa; (D) 22,5 m e -5160 Pa; (E) 35,3 m e 5160 Pa



PHR em (1)

$$H_1 + H_B = H_2 + H_{pAB} + H_{pdB}$$

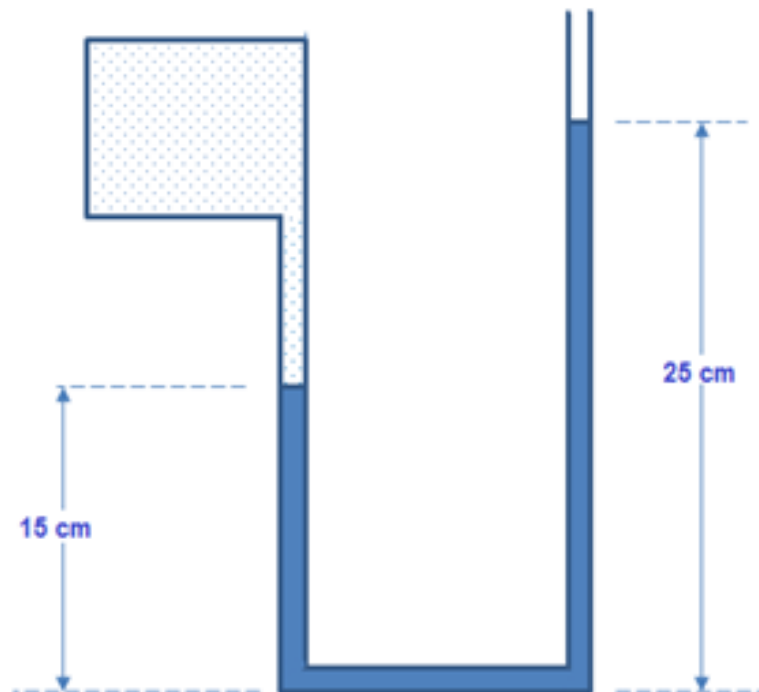
$$0 + H_B = 10 + 2,8 + 22,5 \therefore H_B = 35,3\text{m}$$

$$H_1 = H_e + H_{pAB} \rightarrow v_{aB} = \frac{Q}{A_{aB}} = \frac{2,6 \times 10^{-3}}{21,7 \times 10^{-4}} \cong 1,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$0 = 3,4 + \frac{p_e}{1000 \times 9,8} + 2,8 \Rightarrow p_e \cong 5160\text{Pa}$$

$\therefore$ RESPOSTA (E)

5. Para se medir a pressão absoluta de um gás ($p_{\text{gás_abs}}$) usa-se um manômetro, que consiste de um tubo em forma de U contendo mercúrio ($\gamma_{\text{Hg}} = 136000 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$). Com base na figura, e sendo a pressão atmosférica 700mmHg , determine $p_{\text{gás_abs}}$.



Equação manométrica :

$$p_{\text{gás}} + 0,15 \times 136000 - 0,25 \times 136000 = 0$$

$$p_{\text{gás}} = 13600 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \text{ (ou Pa) } \rightarrow \text{escala efetiva} \rightarrow p_{\text{atm}} = 0$$

$$p_{\text{gás abs}} = p_{\text{gás}} + p_{\text{atm local}} = 13600 + 0,7 \times 136000$$

$$p_{\text{gás abs}} = 108800 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \text{ (ou Pa) }$$

Na escala absoluta só pressões positivas e para a mesma utilizamos sempre o símbolo “abs”.

