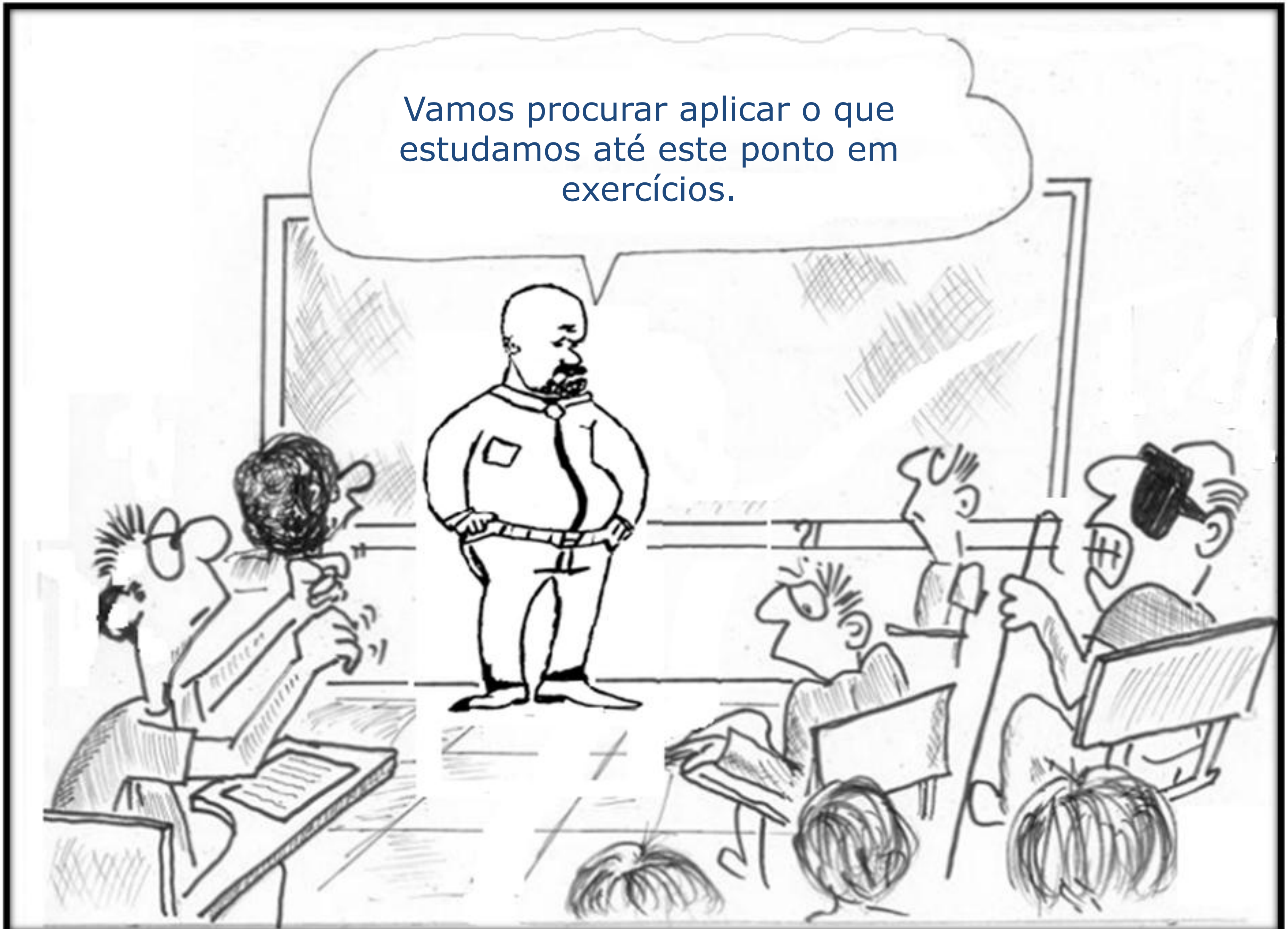
Quinta aula de estática dos fluidos

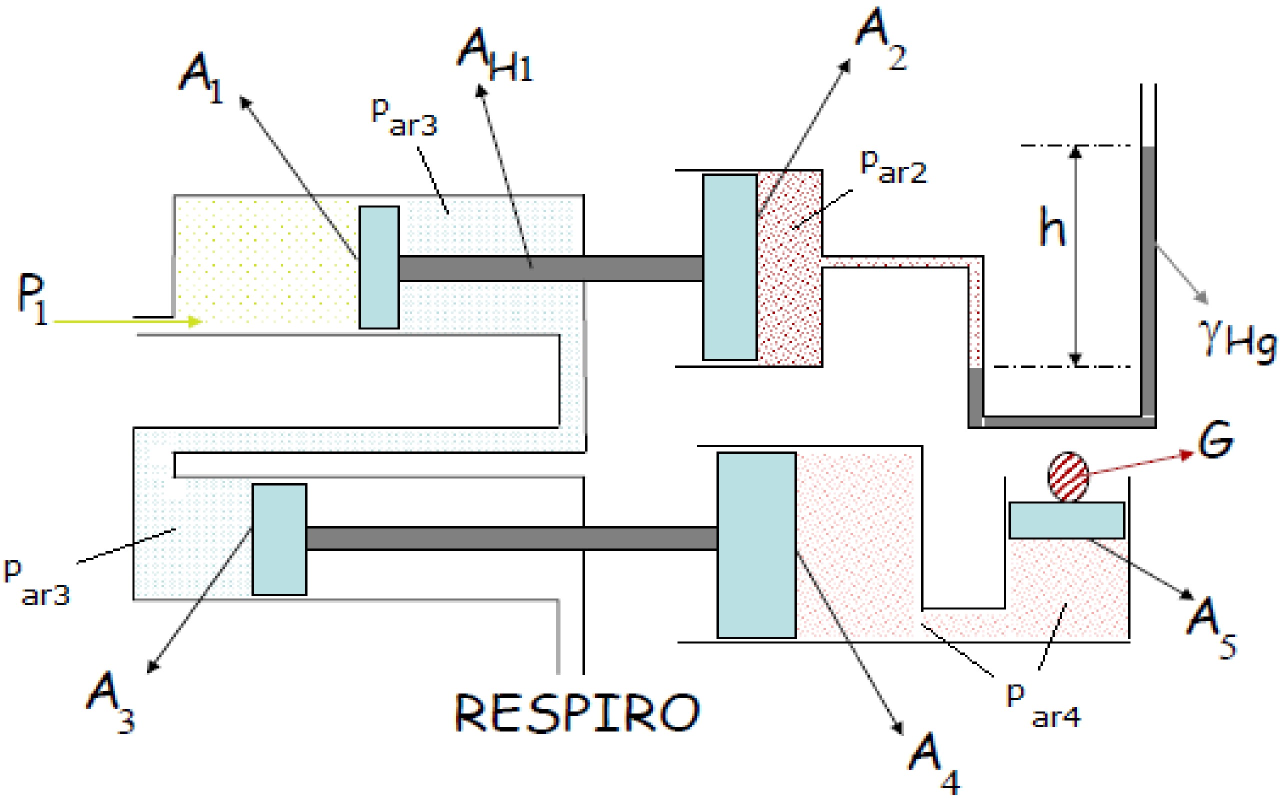
Primeiro semestre de 2012


Vamos procurar aplicar o que estudamos até este ponto em exercícios.

2.1 – No sistema da figura, desprezando-se o desnível entre os cilindros, determinar o peso G, que pode ser suportado pelo pistão V. Desprezar os atritos. Dados:

$$p_1 = 500\text{kPa}; A_I = 10\text{cm}^2; A_{H1} = 2\text{cm}^2; A_{II} = 2{,}5\text{cm}^2; A_{III} = 5\text{cm}^2;$$

$$A_{IV} = 20\text{cm}^2; A_V = 10\text{cm}^2; h = 2\text{m}; \gamma_{Hg} = 136000\,\frac{\text{N}}{\text{m}^3}$$



A resolução deste exercício (2.1 do livro do professor Brunetti) pode ser assistida no YouTube no endereço:

http://www.youtube.com/watch?v=aZlntVdu0KM&list=UUuq0tuMktTfPfa7CmjYh0jg&index=10&feature=plcp

Vamos agora resolver o exercício visualizado na aula anterior.

Um compressor gera uma pressão que pode ser lida no manômetro metálico tipo Bourdon 1.

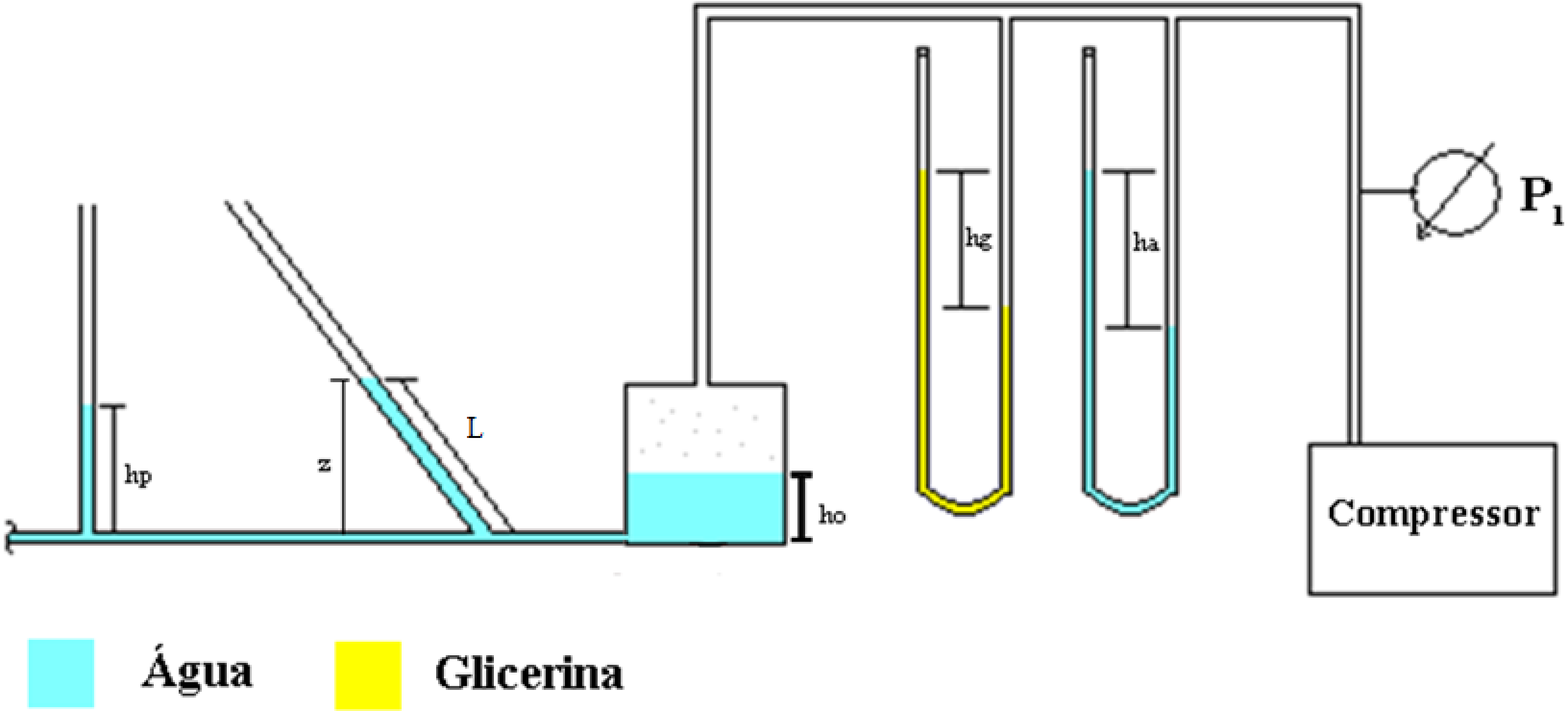
Quando o mesmo registra uma pressão p_1 em mmca, temos a mesma agindo em dois manômetros de coluna de fluido em forma de U, um com a água com corante como fluido manométrico e o outro com a glicerina onde temos os desníveis h_a e h_g, respectivamente.

A mesma pressão é aplicada num recipiente fechado que contem água a uma altura h_o e que está conectado na parte inferior a uma mangueira na qual foram instalados dois piezômetros, um inclinado e outro na vertical onde registramos respectivamente L e h_p.

Pede-se:

a) A massa específica e o peso específico da água e da glicerina;

b) O ângulo de inclinação do tubo.



Funcionamento 1

p_1 (mmca)	210
h_a (mm)	228
h_g (mm)	163
g (m/s²)	9,8

Funcionamento 2

p_1 (mmca)	300
h_o (mm)	120
L (mm)	470

Dados:

Solução item a

$$p_1 = \gamma_a \times h_a \therefore \gamma_a = \frac{0{,}21 \times 9800}{0{,}228} \cong 9026{,}32 \frac{N}{m^3}$$

$$\rho_a = \frac{\gamma_a}{g} = \frac{9026{,}32}{9{,}8} \cong 921{,}1 \frac{kg}{m^3}$$

$$p_1 = \gamma_g \times h_g \therefore \gamma g_a = \frac{0{,}21 \times 9800}{0{,}163} \cong 12625{,}8 \frac{N}{m^3}$$

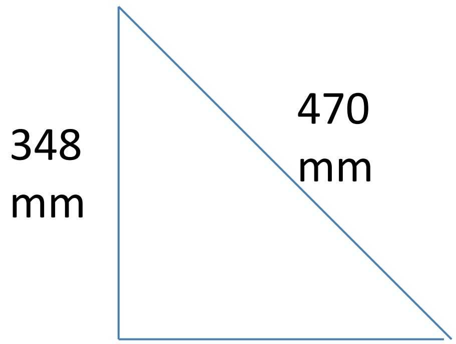
$$\rho_a = \frac{\gamma_a}{g} = \frac{12625{,}8}{9{,}8} \cong 1288{,}3 \frac{kg}{m^3}$$

Solução item b

$$p_1 + h_0 \times \gamma_a - z \times \gamma_a = 0$$

$$0{,}21 \times 9800 + 0{,}12 \times 9026{,}32 = z \times 9026{,}32$$

$$z = \frac{0{,}21 \times 9800 + 0{,}12 \times 9026{,}32}{9026{,}32} \cong 0{,}348\text{m} = 348\text{mm}$$



$$\text{sen}\theta = \frac{348}{470} \cong 0{,}7404$$

$$\therefore \theta \cong 47{,}8^0$$

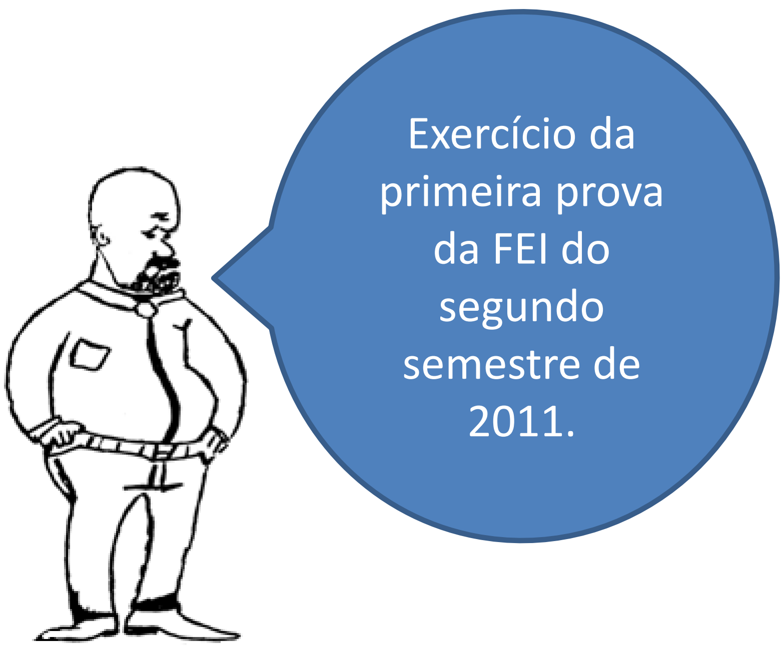

Vamos procurar a partir deste ponto resolver alguns de provas antigas.

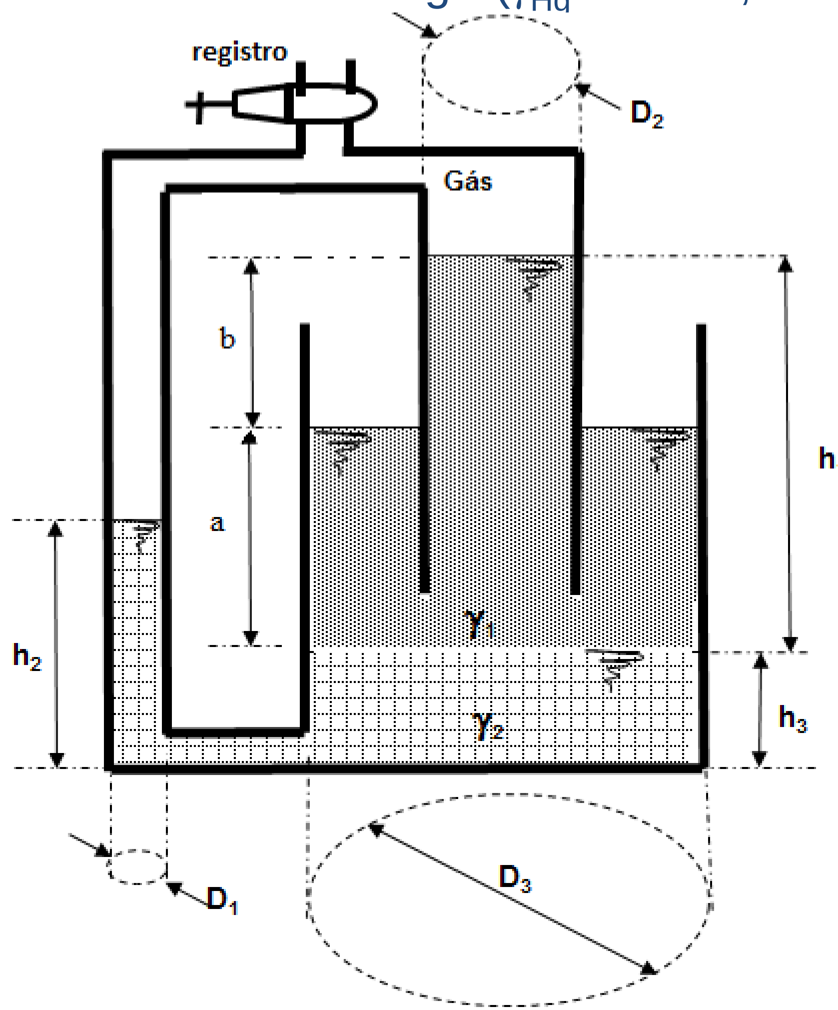
Na figura, os elementos são cilíndricos, sendo: D_1 = 16 cm; D_2 = 20 cm e D_3 = 28 cm. Pesos específicos: γ_1 = 15 N/L e γ_2 desconhecido. No fundo do recipiente (onde o fluido é γ_2) a pressão é de 280 KPa. As cotas valem: h_1 = 9 m; h_2 = 7 m e h_3 = 4 m. A leitura barométrica local é de 685 mm Hg. (γ_{Hg} = 133,4 N/L). Pede - se:

a) A pressão absoluta do Gás em kPa;

b) As cotas a e b para registro fechado;

.





Solução item a

$$p_{gás} + \gamma_2 \times (h_2 - h_3) - \gamma_1 \times h_1 = p_{gás}$$

$$\therefore \gamma_2 = \frac{\gamma_1 \times h_1}{(h_2 - h_3)} = \frac{15000 \times 9}{(7-4)} = 45000 \frac{N}{m^3}$$

$$p_{gás} + \gamma_2 \times h_2 = p_{fundo}$$

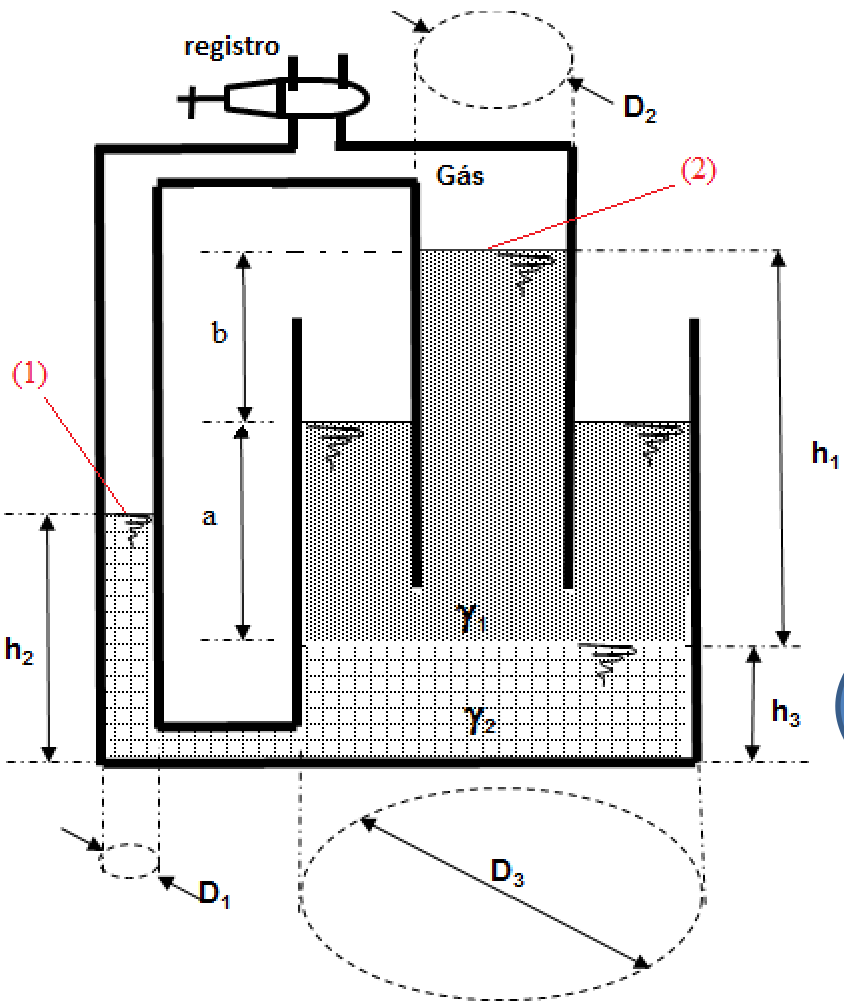
$$p_{gás} + 45000 \times 7 = 280000$$

$$p_{gás} = -35000 \frac{N}{m^2}$$

$$p_{gás_{abs}} = p_{gás} + p_{atm_{local}}$$

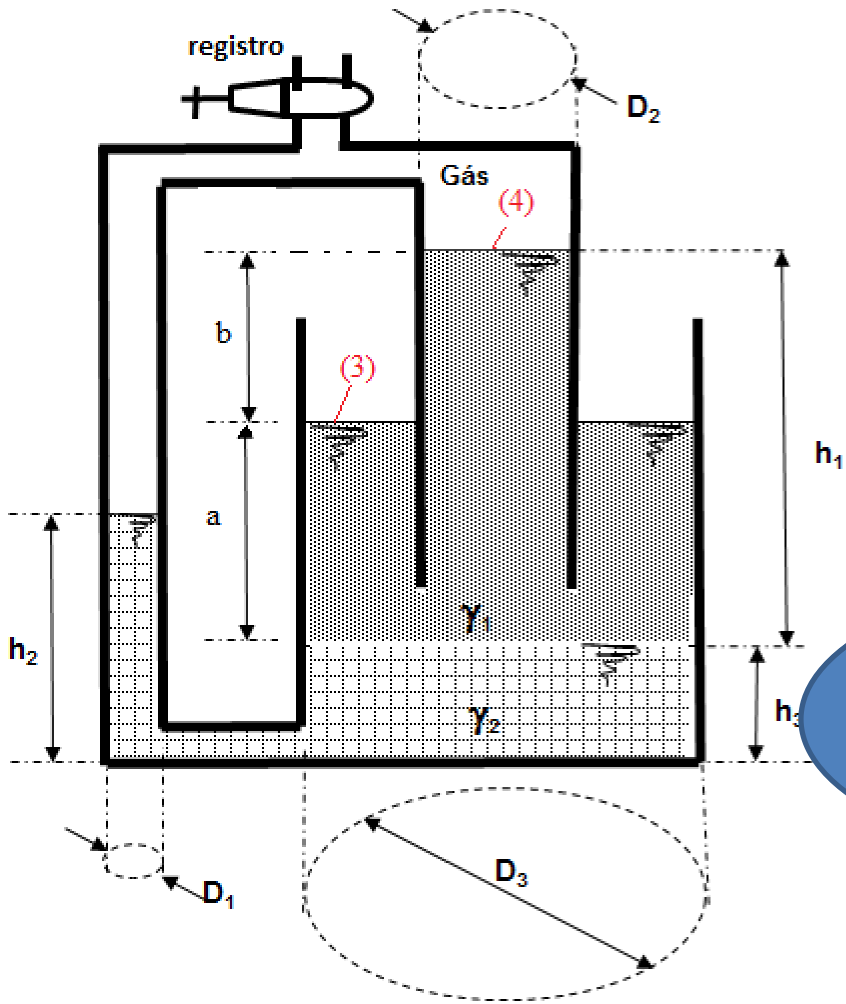
$$p_{gás_{abs}} = -35000 + 0{,}685 \times 133400$$

$$p_{gás_{abs}} = 56379 \frac{N}{m^2}$$



Aplicamos a equação manométrica de (1) a (2) com origem em (1)

Solução item b



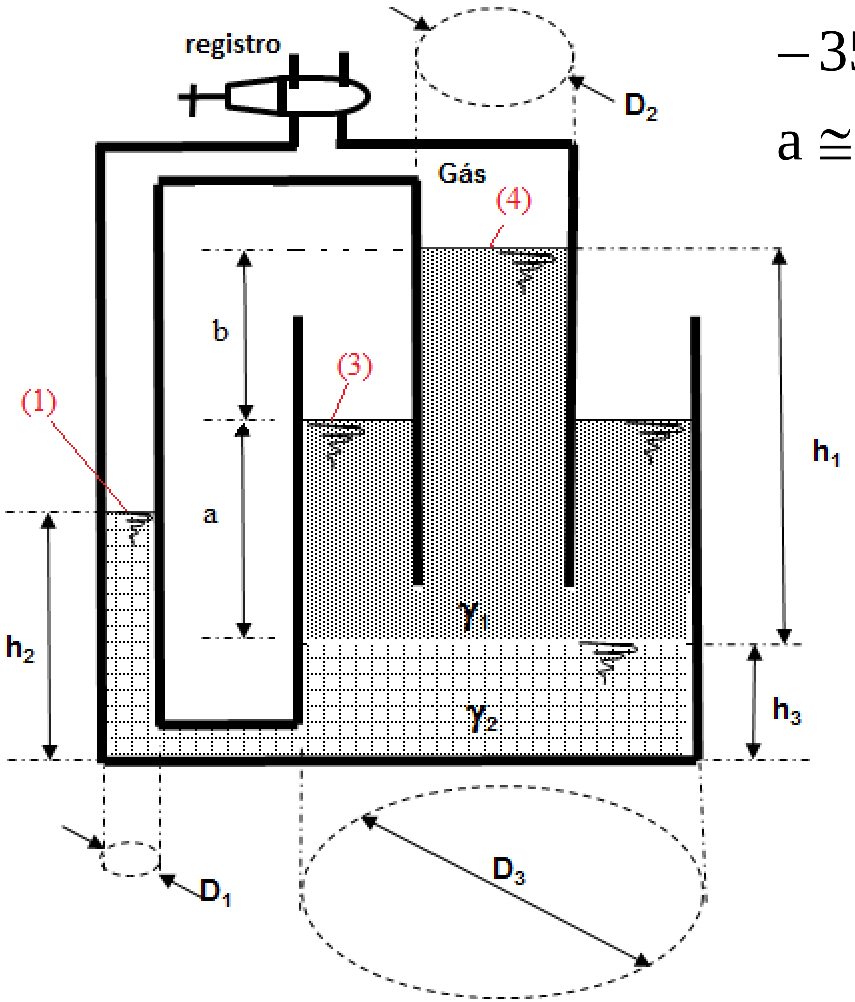
$$p_{gás} + \gamma_1 \times b = 0$$

$$-35000 + 15000 \times b = 0$$

$$b = \frac{35000}{15000} \cong 2{,}33\text{m}$$

Aplicamos a equação manométrica de (4) a (3) com origem em (4)

Solução item b (cont)



$$p_{gás} + \gamma_2 \times (h_2 - h_1) - \gamma_1 \times a = 0$$

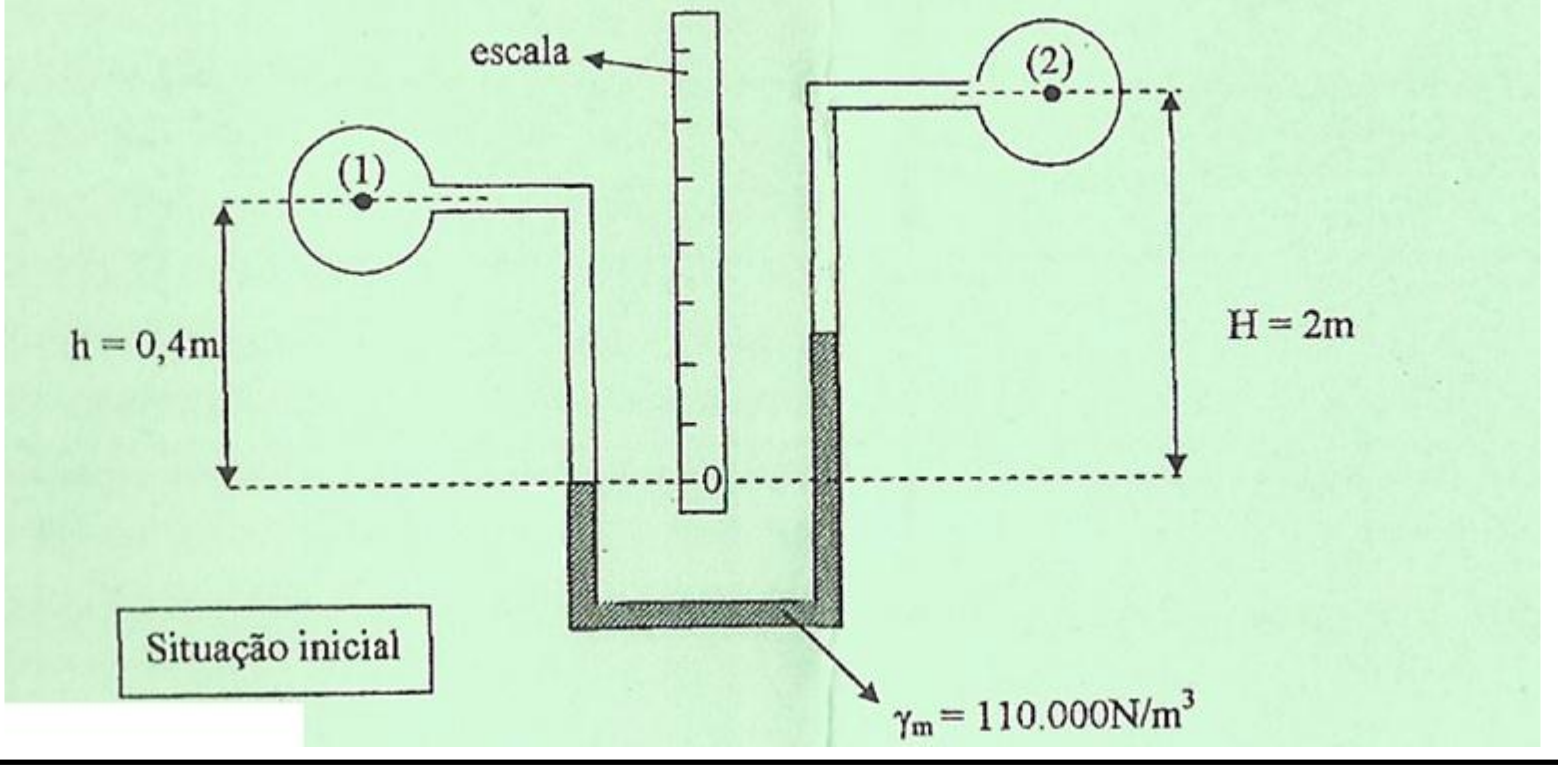
$$-35000 + 45000 \times (7 - 4) - 15000 \times a = 0$$

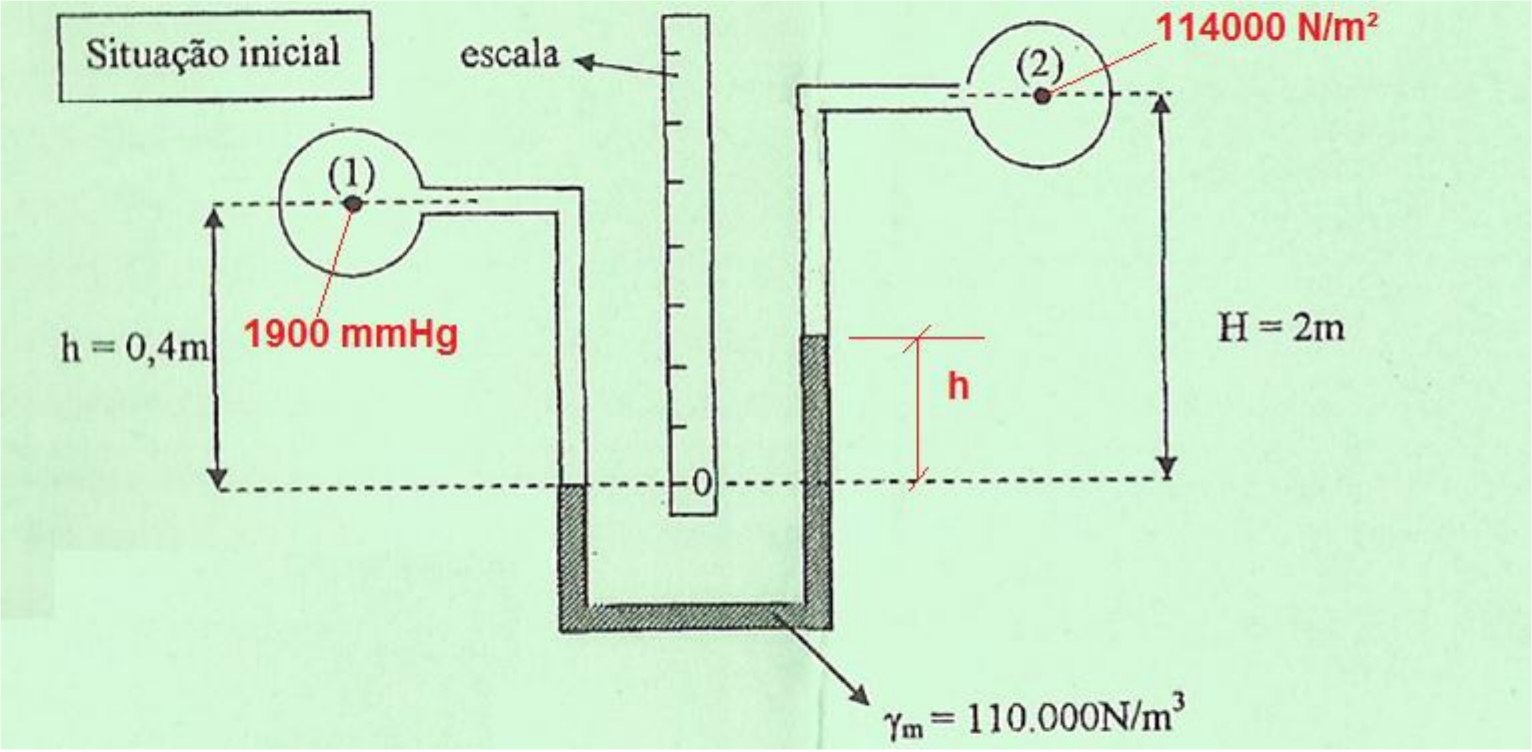
$$a \cong 6{,}67m$$

Aplicamos a equação manométrica de (1) a (3) com origem em (1)

Mais um exercício de prova

Um manômetro diferencial é instalado entre dois condutos por onde escoa o mesmo fluido, de massa específica 800 kg/m³, como mostra a figura. A pressão no tubo (2) é constante e igual a 114 kPa. Quando, numa primeira situação p_1 = 1900 mmHg, o nível do fluido manométrico na coluna esquerda coincide com o zero da escala. Determinar a altura do fluido manométrico, na coluna da direita, em relação ao zero da escala, quando a pressão em (1) aumenta para 2280 mm Hg ($\gamma_{Hg} = 1{,}36 \times 10^5$ N/m³)





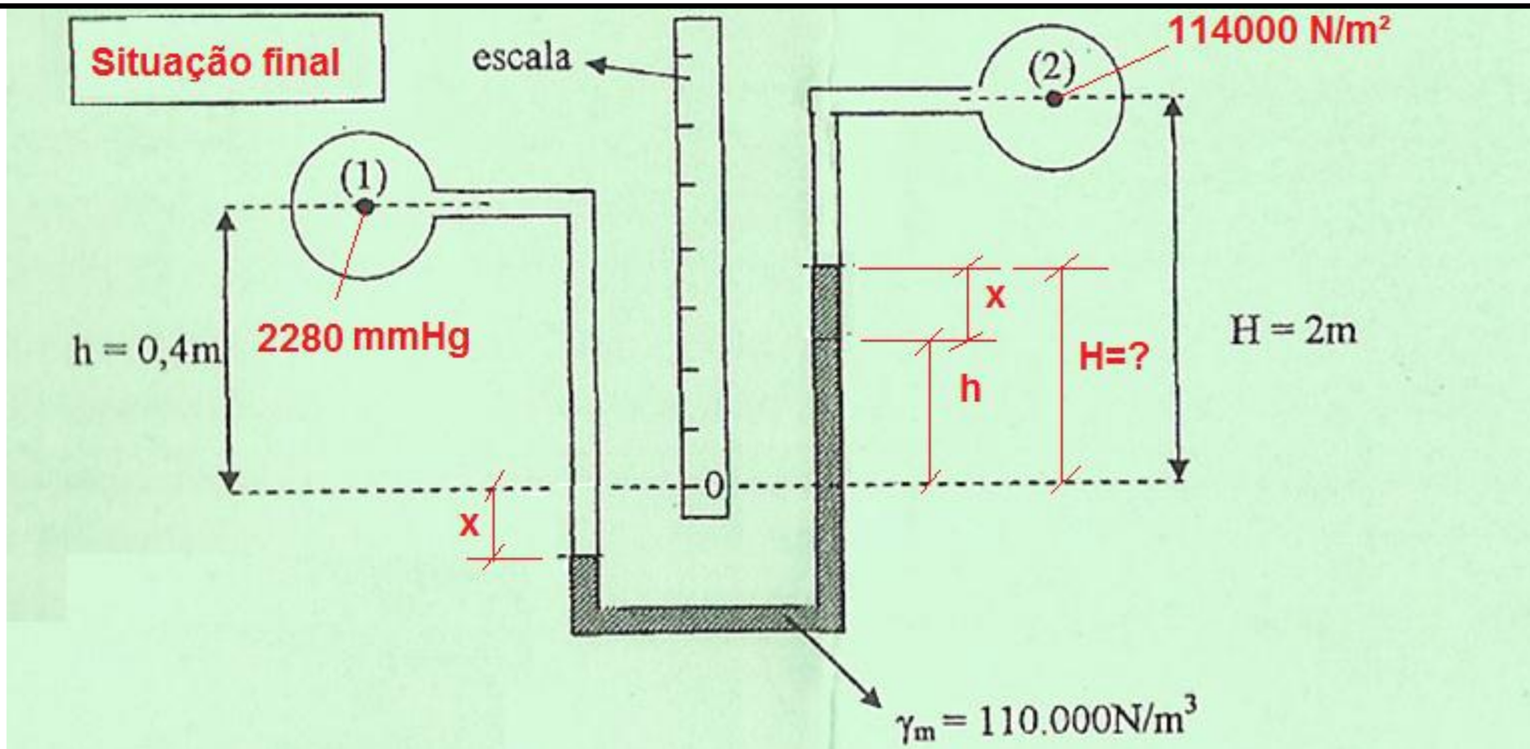
Aplica-se a equação manométrica de (1) a (2), adotando-se como origem (1):

$$\mathbf{p_1 + \gamma \times 0{,}4 - \gamma_m \times h - \gamma \times (2 - h)) = p_2}$$

$$\therefore \mathbf{\frac{1900}{1000} \times 1{,}36 \times 10^5 + 8000 \times 0{,}4 - 110000 \times h - 8000 \times (2 - h) = 114000}$$

$$\mathbf{258400 + 3200 - 110000 \times h - 16000 + 8000h = 114000}$$

$$\mathbf{131600 = 102000h \Rightarrow h = \frac{131600}{102000} \cong 1{,}29m}$$



Aplica-se a equação manométrica de (1) a (2), adotando-se como origem (1):

$$\frac{2280}{1000}\times 1{,}36\times 10^5 + 8000\times(0{,}4+x) - 110000\times(1{,}29+2x) - 8000\times(2-1{,}29-x) = 114000$$

$$310080 + 3200 + 8000x - 141900 - 220000x - 5680 + 8000x = 114000$$

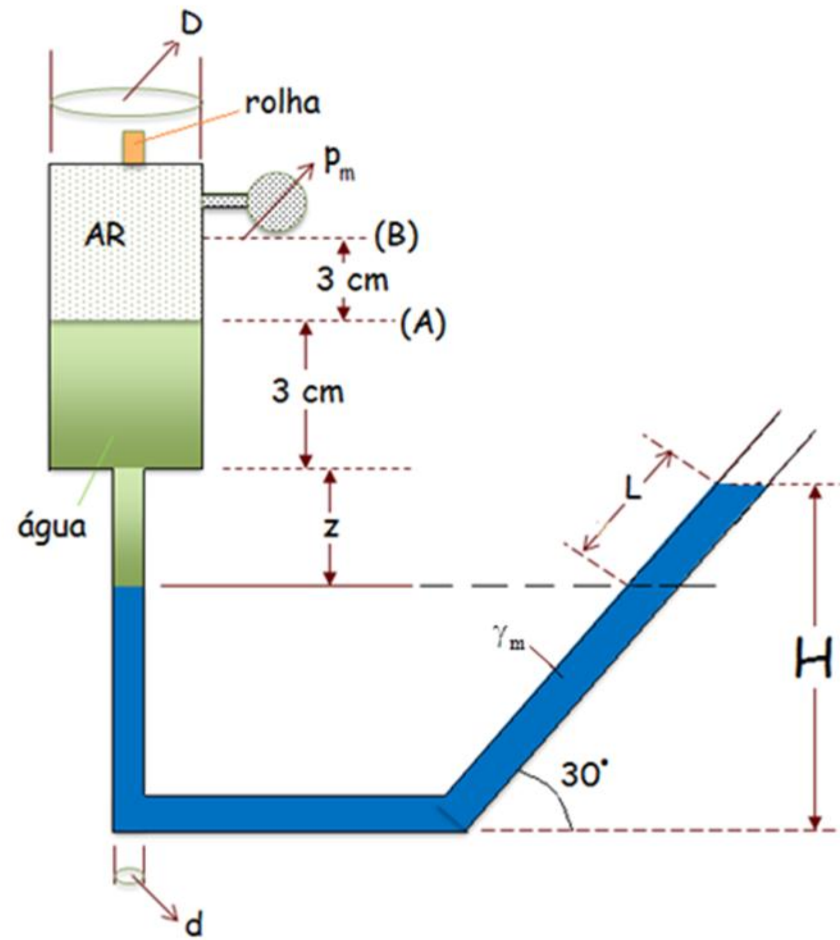
$$51700 = 204000x \therefore x = \frac{51700}{20400} \cong 0{,}253m$$

$$H = h + x = 1{,}29 + 0{,}253 = 1{,}543m$$

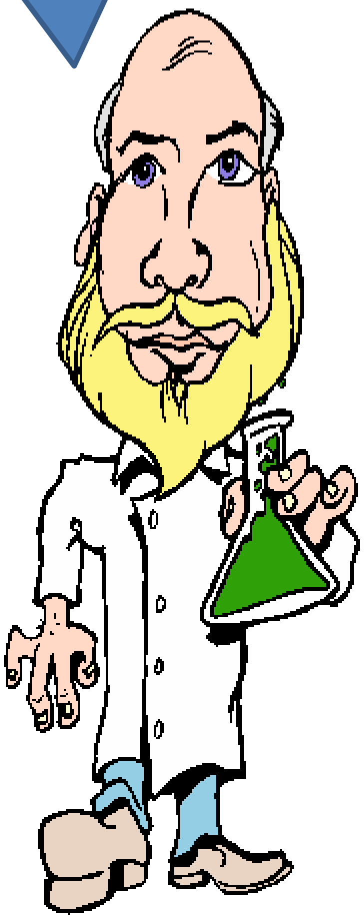
Outro de prova

Na figura, a superfície da água está em (A), pois neste nível a pressão absoluta do ar é de 104 kPa. Nesta condição a leitura L é de 68 cm, a leitura no manômetro metálico é de 0,8 mca e a cota z de 25 cm. Ao retirar a rolha, a superfície da água passa para o nível (B). Sendo o peso específico da água de 10 N/L, o peso específico do mercúrio de 136 N/L e o diâmetro do reservatório D = 13 cm. Pede-se:

a. Qual o peso específico do fluido manométrico (γ_m)?
b. Qual a leitura barométrica local em mmHg?
c. Se na condição da figura (com a rolha), a cota H = 65 cm; qual será a nova cota H quando se retirar a rolha?
d. Qual o diâmetro do tubo manométrico d?



VAMOS INICIAR RESOLVENDO O ITEM B E PARA TAL EVOCAMOS O CONCEITO DE PRESSÃO MANOMÉTRICA (p_m)



p_m = é a pressão registrada em um manômetro metálico ou de Bourdon a qual encontra-se na escala efetiva, a escala que adota como zero a pressão atmosférica local, que também é chamada de pressão barométrica.

$$p_m = p_{int} - p_{ext}$$

$$p_{ext} = p_{atm} = 0$$

$$\therefore p_m = p_{int} = p_{ar} = 0{,}8\,\text{mca}$$

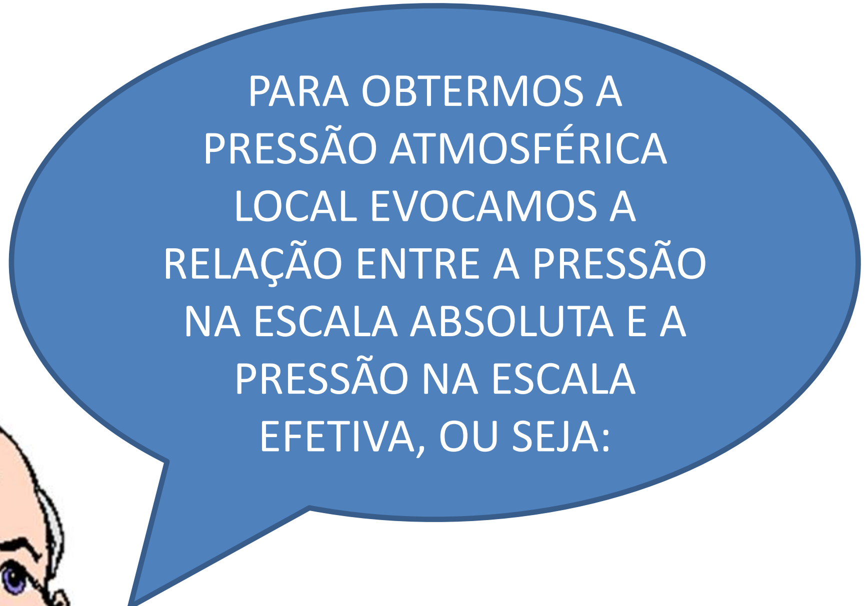
VAMOS ANALISAR A UNIDADE mca!

A unidade metro de coluna d'água é uma unidade de carga de pressão (h), portanto para a determinação da pressão basta multiplicar a carga de pressão pelo peso específico do fluido considerado que no caso é a água.

$$\gamma_{H_2O} = 10\frac{N}{L} = 10\frac{N}{10^{-3}m^3} = 10000\frac{N}{m^3}$$

$$p_{ar} = h \times \gamma_{H_2O} = 0{,}8 \times 10000$$

$$p_{ar} = 8000\frac{N}{m^2}(\text{ou Pa})$$

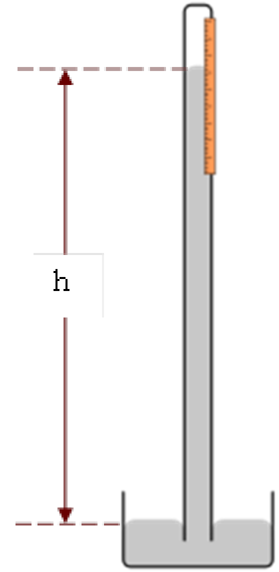


$$p_{absoluta} = p_{efetiva} + p_{atm_{local}}$$

$$p_{ar_{abs}} = p_{ar} + p_{atm_{local}}$$

$$104000 = 8000 + p_{atm_{local}}$$

$$p_{atm_{local}} = 96000 \frac{N}{m^2} (\text{ou Pa})$$



$$\gamma_{Hg} = 136\frac{N}{L} = 136\frac{N}{10^{-3}m^3} = 136000\frac{N}{m^3}$$

$$96000 = 136000 \times h$$

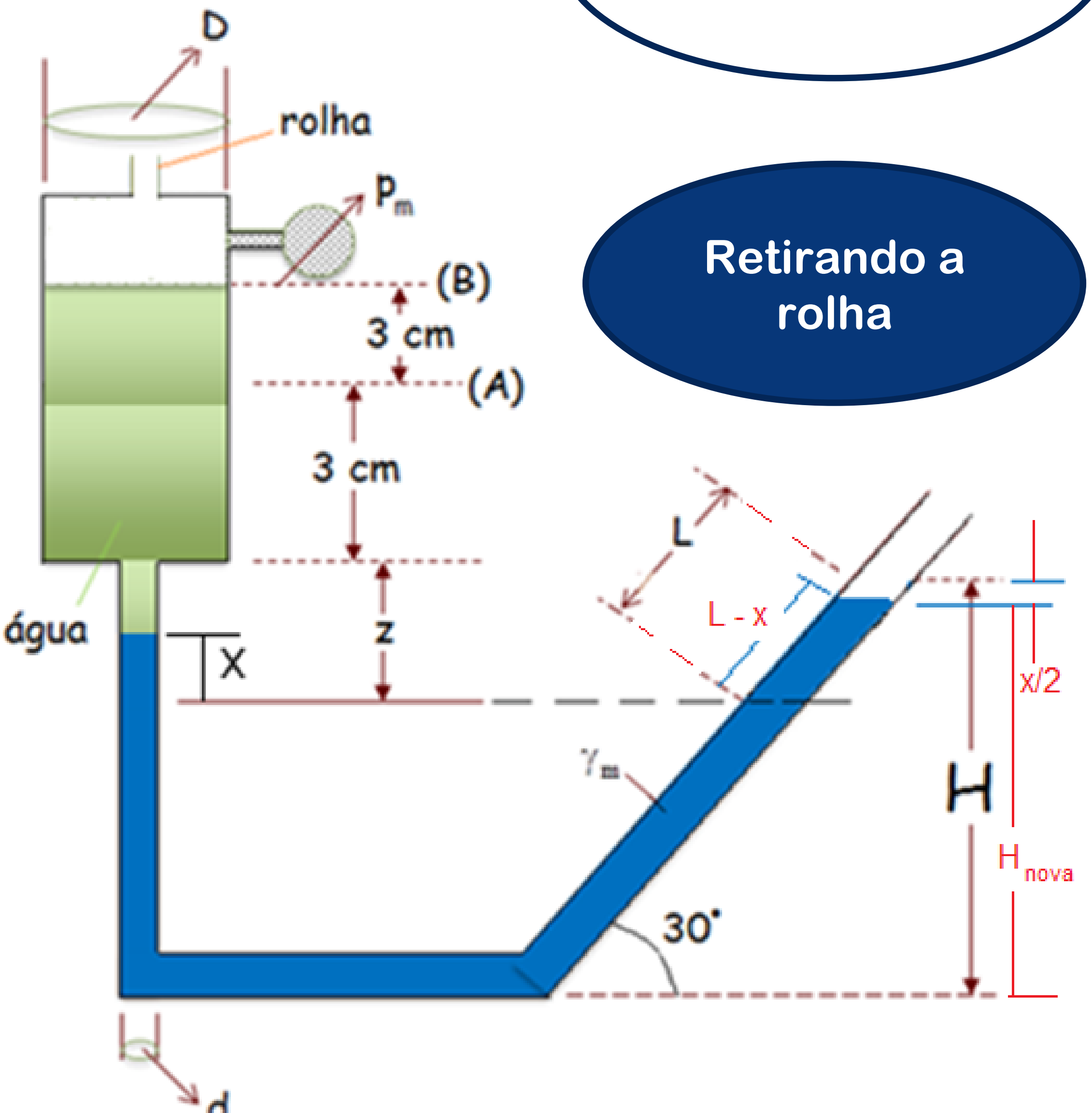
$$h = \frac{96000}{136000} \cong 0{,}706 mHg$$

Como 1m = 1000 mm, temos :

$$h = 0{,}706 \times 1000 = 706 mmHg$$

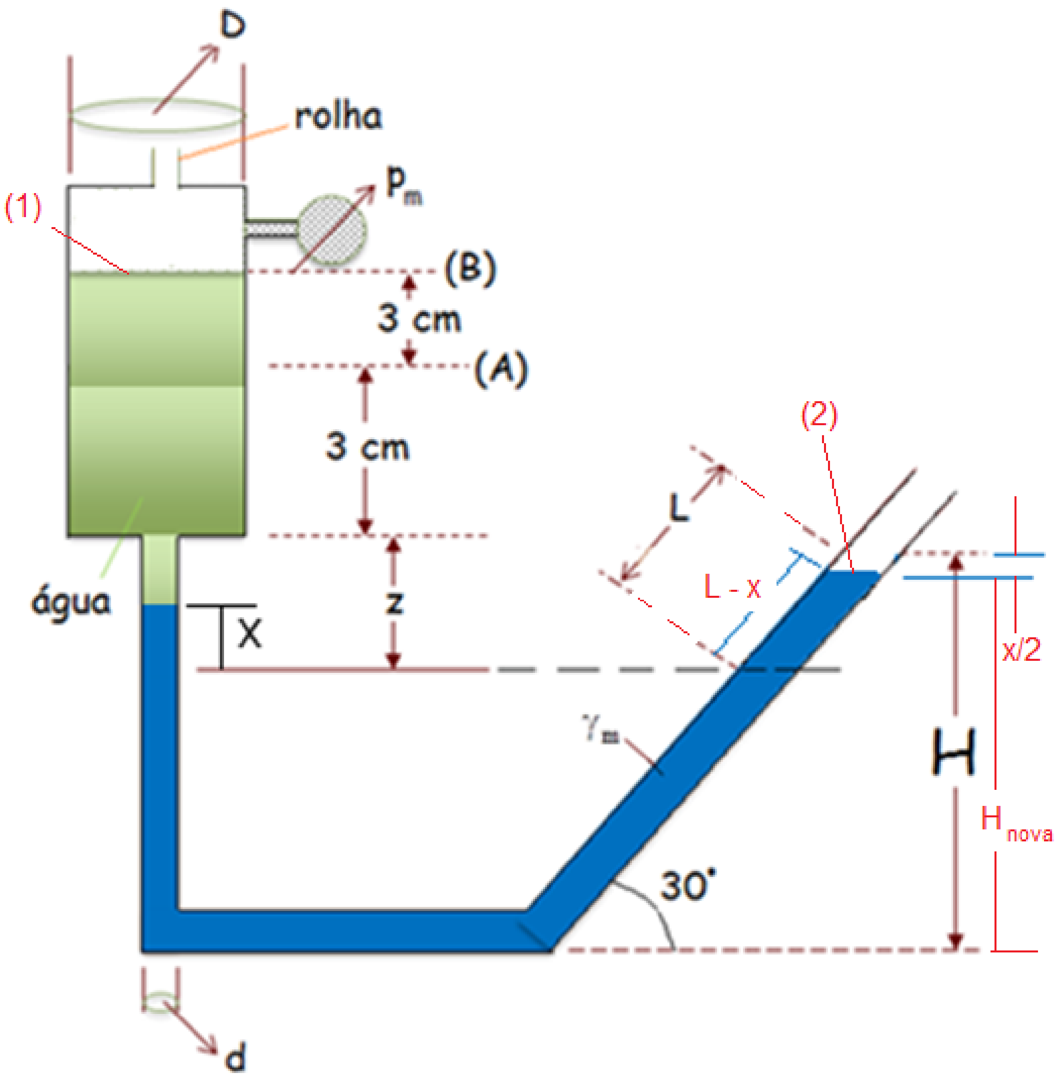
RESOLVENDO O ITEM C

Retirando a rolha



Não pode haver variação de volume do líquido.

Portanto o volume que subiu no reservatório de diâmetro D é igual ao volume que subiu em d.



Para facilitar a solução deste item, vamos evocar o conceito de equação manométrica. Equação manométrica é uma regra pratica para se obter a diferença de pressão entre dois pontos fluidos e para aplicá-la devemos:

1. escolher dois pontos;
2. adotar um deles como origem e ir para o outro somente na vertical e horizontal;
3. marcando a pressão que atua na origem a ela soma-se os γ x h descentes e subtrai-se os γ x h ascendente e a expressão obtida iguala-se à pressão que age no ponto não adotado como origem.

Aplica-se a equação manométrica de (1) a (2) adotando a origem em (1)

$$p_1 + 0{,}06 \times \gamma_{H_2O} + (z - x) \times \gamma_{H_2O} - (L - x) \times \mathrm{sen}30 \times \gamma_m = p_2$$

$$p_1 = p_2 = p_{atm_{local}} = 0 \Rightarrow \text{escala efetiva}$$

$$0{,}06 \times 10000 + (0{,}25 - x) \times 10000 - (0{,}68 - x) \times 0{,}5 \times 31764{,}7 = 0$$

$$x = \frac{7699{,}998}{37647{,}05} \cong 0{,}205\mathrm{m} = 20{,}5\mathrm{cm}$$

$$H_{nova} = H - \frac{x}{2} = 65 - \frac{20{,}5}{2} = 54{,}75\mathrm{cm}$$

Vamos agora resolver o item d

Já que não pode haver variação de volume, podemos afirmar que o volume que subiu no reservatório de diâmetro D é igual ao volume que subiu em d, portanto:

$$3 \times \frac{\pi \times 13^2}{4} = 20{,}5 \times \frac{\pi \times d^2}{4}$$

$$\therefore d = \sqrt{\frac{3 \times 13^2}{20{,}5}} \cong 5\text{cm}$$


Proponho os exercícios 2.2 a 2.21
da bibliografia básica