

2 BIMESTRE

**Pressão absoluta e
pressão manométrica**

Para algumas grandezas em hidrostática, tais como em algumas grandezas em Mecânica, muitas vezes o que tem importância é a variação de uma grandeza, ou seja, a diferença entre o valor desta grandeza em dois pontos diferentes e não o valor da grandeza em si. Um exemplo é a consideração de que a energia potencial de um corpo é $\{E_p = m \cdot g \cdot h\}$. O mesmo ocorre com a pressão: em muitos fenômenos, o que realmente nos interessa é a diferença entre os valores de pressão dos dois pontos e não o valor efetivo da pressão em cada ponto. Por isso, introduzimos o conceito de pressão absoluta e de pressão manométrica.

A pressão absoluta é a pressão total de um certo ponto ou lugar, ou seja, é o somatório de todas as contribuições para o aumento da mesma. A sua determinação depende de diversos factores que podem provocar um aumento de pressão no sistema. Para um ponto no interior de um fluido, já vimos que $P_{abs} = P_{ext} + \rho.g.\Delta h$ parte externa for o meio ambiente, então $P_{ext} = P_a$

O princípio de Stevin estabelece a diferença de pressão entre dois pontos de um fluido $\Delta p = \rho.g.\Delta h$. Este valor é conhecido como **pressão manométrica(Relativa)**, pois é a pressão indicada pelos manómetros. A pressão manométrica entre dois pontos de um mesmo fluido, mas com profundidades diferentes h_1 e h_2 é:

$$P_m = \rho.g.\Delta h$$

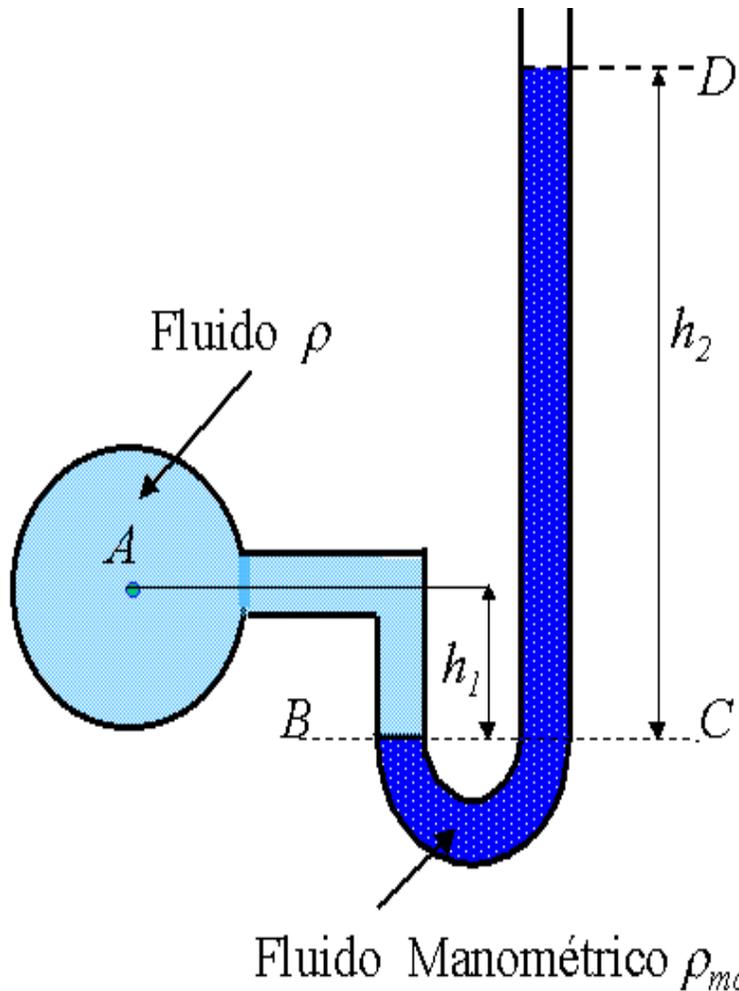
Podemos então afirmar que:

$$P_{abs} = P_{atm} + P_m$$

A pressão absoluta sempre é positiva $p_{abs} \geq 0$, mas a pressão manométrica pode ser positiva (em locais com pressão superior à pressão atmosférica), ou negativa (em locais onde a pressão é inferior à pressão atmosférica).

Para determinar a diferença de pressão entre dois pontos de um sistema qualquer, são muitas vezes empregues os manómetros de líquido. Um manómetro de líquido muito simples pode ser um tubo em U contendo um líquido. Usando um tubo em U, podemos medir a pressão de líquidos e gases.

O manómetro em U é conectado como na figura 2, sendo preenchido com um fluido chamado fluido manométrico. O fluido cuja pressão será medida deve ter uma massa específica menor que a do fluido manométrico. Os fluidos não devem misturar-se. Como vimos, uma das consequências da variação da pressão em um fluido, é que a pressão em dois pontos do fluido com mesma profundidade (ou quota) é igual. Portanto, na figura 12, a pressão manométrica do fluido no ponto B será: $p_B = p_C$. Sabemos que: $p_C = p_a + \rho_{man} \cdot g \cdot h_2$



Neste caso, se quisermos saber o valor da pressão no ponto A, começaremos por estabelecer a relação entre as pressões nos pontos A e B:

$$p_B = p_A + \rho \cdot g \cdot h_1 \Rightarrow p_A = p_B - \rho \cdot g \cdot h_1$$

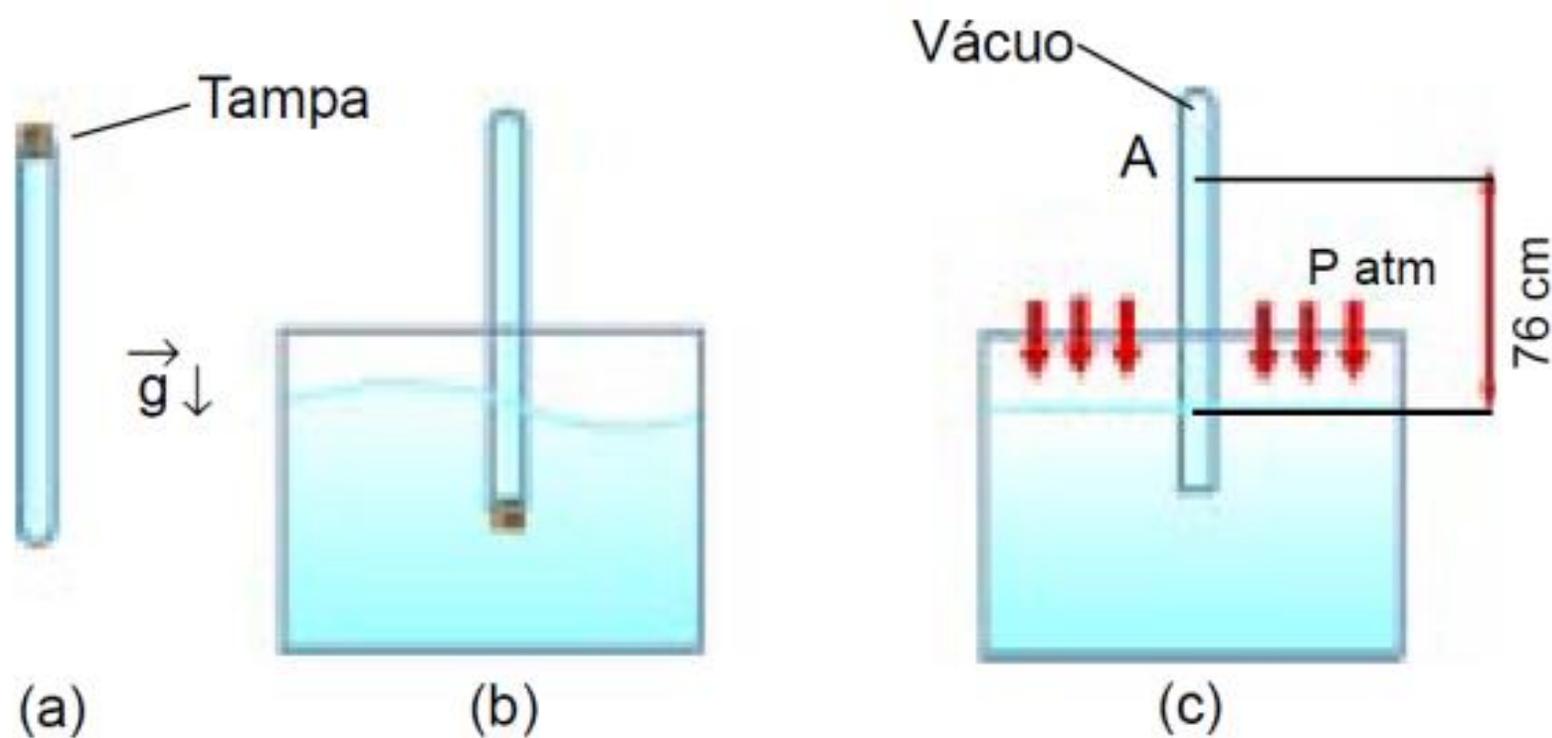
Como $p_B = p_C$ e $p_C = p_a + \rho_{man} \cdot g \cdot h_2$

$$p_A = p_a + \rho_{man} \cdot g \cdot h_2 - \rho \cdot g \cdot h_1$$

Se quiséssemos somente a pressão relativa, esta seria:

$$p_A = \rho_{man} \cdot g \cdot h_2 - \rho \cdot g \cdot h_1$$

Figura 1: Manômetro em U.[1]



A diferença entre a pressão da parte fechada do capilar $p = 0 Pa$ (Vácuo) e a pressão no local será definida pela altura da camada de mercúrio desde a superfície livre (no ambiente exterior) até ao ponto onde se fez o vácuo (no capilar).

Na sua experiência, Torricelli obteve o valor de

$$p_a = 1 atm = 760 mmHg = 1,01 \times 10^5 Pa$$

Tabela de conversão para unidades de pressão

	Pa	bar	atm*	at**	mH ₂ O	mmHg
1 Pa = 1 N/m ²	1	10 ⁻⁵	9.87 · 10 ⁻⁴	1.02 · 10 ⁻⁵	1.02 · 10 ⁻⁴	750 · 10 ⁻⁵
1 bar	10 ⁵	1	0.987	1.02	10.2	750
1 atm	1.013 · 10 ⁵	1.013	1	1.033	10.33	760
1 at = 1 kp/cm ³	0.981 · 10 ⁵	0.981	0.968	1	10	736
1 m H ₂ O	0.981 · 10 ⁴	0.0981	0.0968	0.1	1	73.6

* Atmosfera física ** Atmosfera técnica

QUESTÃO 1

- a) Qual será a P máxima que poderá ser medida em um tubo piezométrico para uma altura de 1,5 m, com água .
Considere a densidade igual a 8,5.

$$\textcircled{1} \quad d = \frac{\rho_{\text{fluido}}}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}}$$

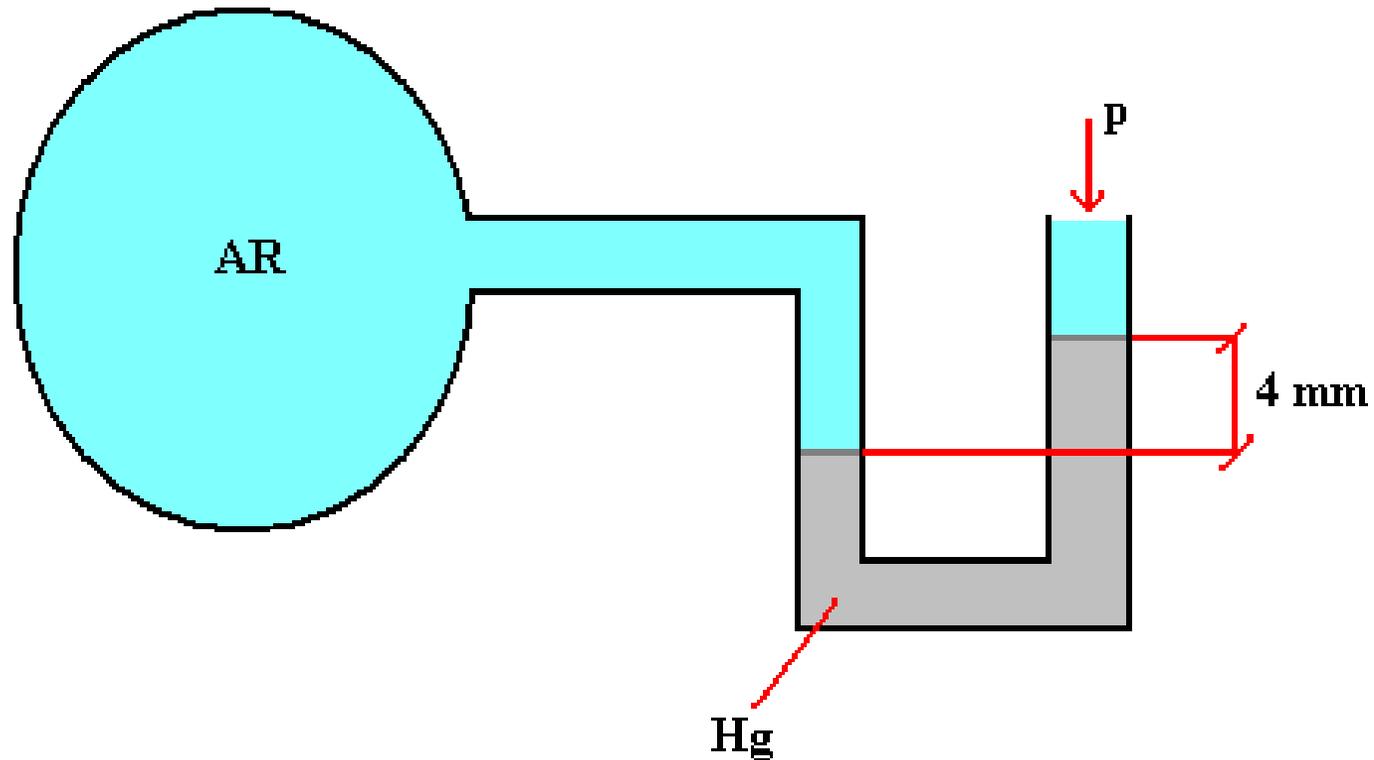
$$\rho_{\text{fluido}} = 1000 \cdot 8,5 = \boxed{8500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

$$P = 8500 \cdot 10 \cdot 1,5$$

$$\boxed{P = 127.500 \text{ Pa}}$$

QUESTÃO 2 - Qual a pressão manométrica dentro de uma tubulação onde circula ar se o desnível do nível do mercúrio observado no manômetro de coluna é de 4 mm?



Considere: densidade do Mercúrio = $\rho_{Hg} = 13600 \text{ kg/m}^3$ e aceleração gravitacional $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Solução:

$$\rho = \text{MassaEspecifica}$$

Considere: densidade do Mercúrio = $\rho_{Hg} = 13600 \text{ kg/m}^3$ e aceleração gravitacional $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Observando o Princípio de Stevin, calculamos a pressão manométrica da tubulação através da seguinte equação:

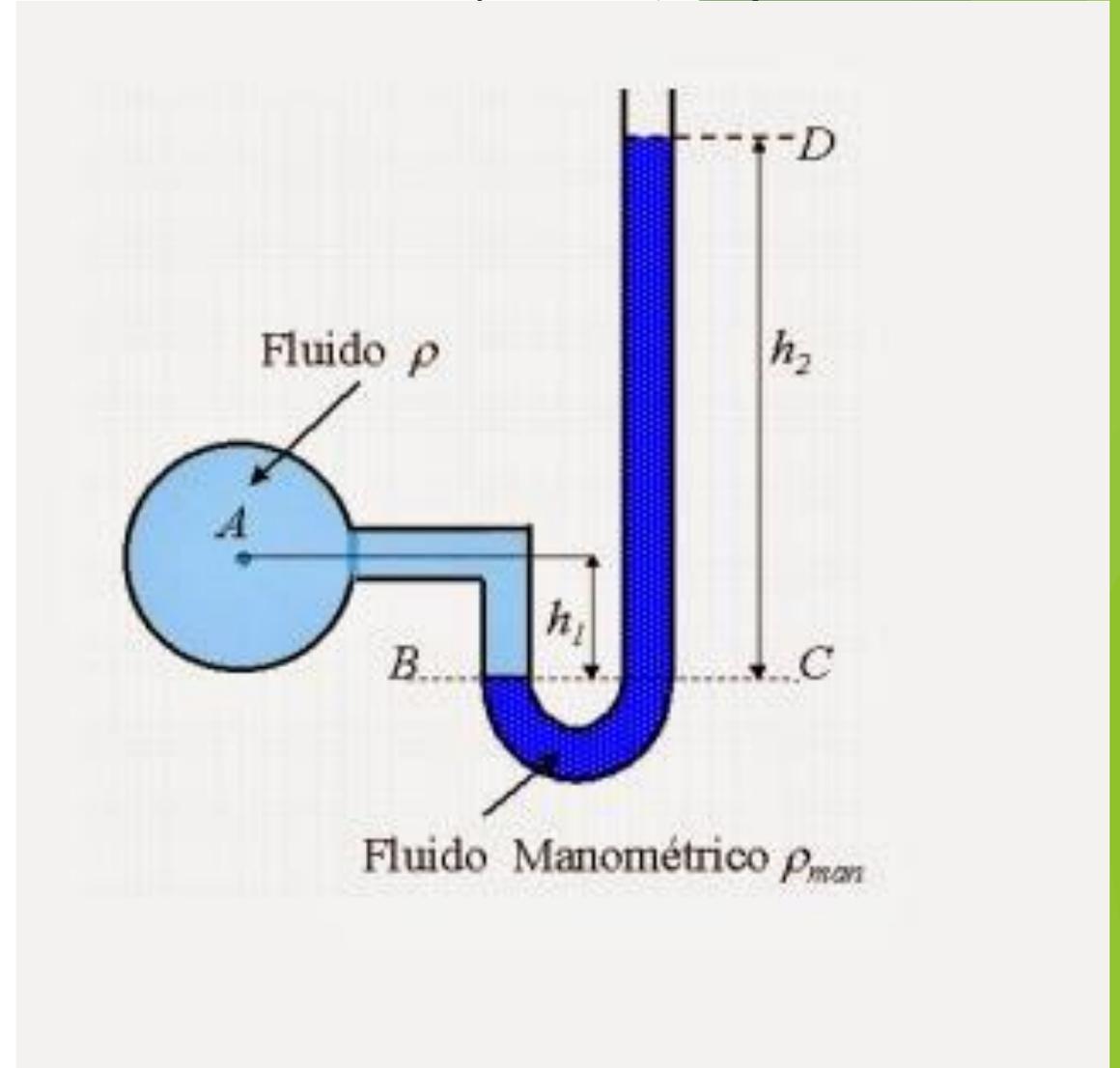
$$p_{man} = \rho_{Hg} \cdot g \cdot h = 13600 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,004 \text{ m} = 533,6 \text{ Pa}$$

A pressão absoluta é a soma dessa pressão com a pressão atmosférica (101325 Pascal).

QUESTÃO 3

Se utiliza um manômetro tipo "U" para medir uma pressão de um fluido com massa específica igual a 700 kg/m^3 . O manômetro utiliza mercúrio (massa específica = 13600 kg/m^3). Determine :

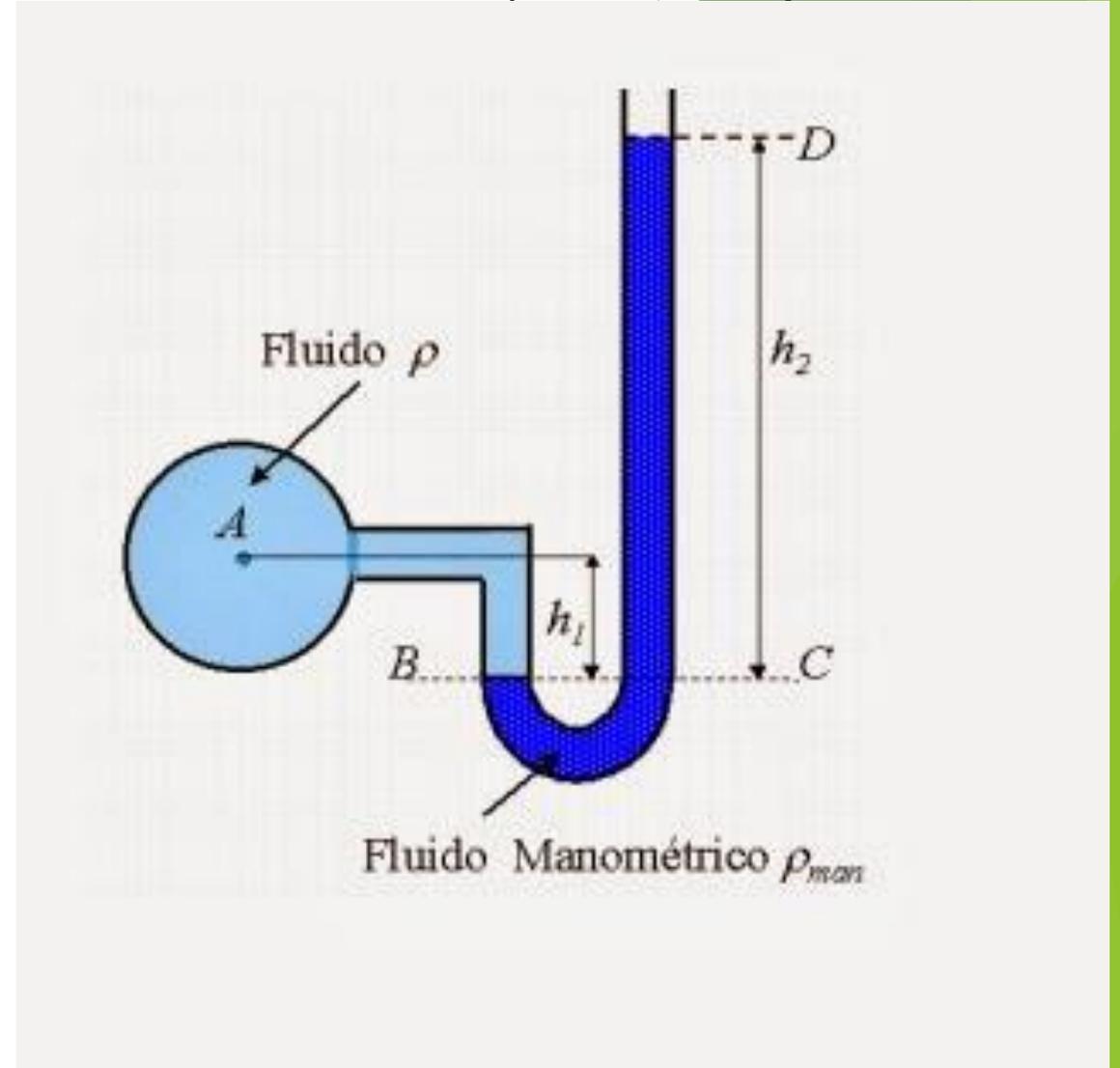
- Pressão relativa em A quando $h_1=0,4 \text{ m}$ e $h_2=0,9 \text{ m}$.
- Pressão relativa em A quando $h_1=0,4 \text{ m}$ e $h_2=-0,1 \text{ m}$.



QUESTÃO 3

Se utiliza um manômetro tipo "U" para medir uma pressão de um fluido com massa específica igual a 1400 kg/m^3 . O manômetro utiliza mercúrio (massa específica = 13600 kg/m^3). Determine :

- Pressão relativa em A quando $h_1=0,8 \text{ m}$ e $h_2=1,8 \text{ m}$.
- Pressão relativa em A quando $h_1=0,8 \text{ m}$ e $h_2=-0,2 \text{ m}$.



II

$$P_A = P_{\text{man}} - P_{\text{fluids}}$$

$$P_A = \rho g h_2 - \rho g h_1$$

$$a) P_A = 13600 \cdot 10 \cdot 0,9 - 700 \cdot 10 \cdot 0,4$$

$$P_A = 122400 - 2800$$

$$P_A = 119600 \text{ Pa}$$

$$b) P_A = 13600 \cdot 10 \cdot (-0,1) - 700 \cdot 10 \cdot 0,4$$

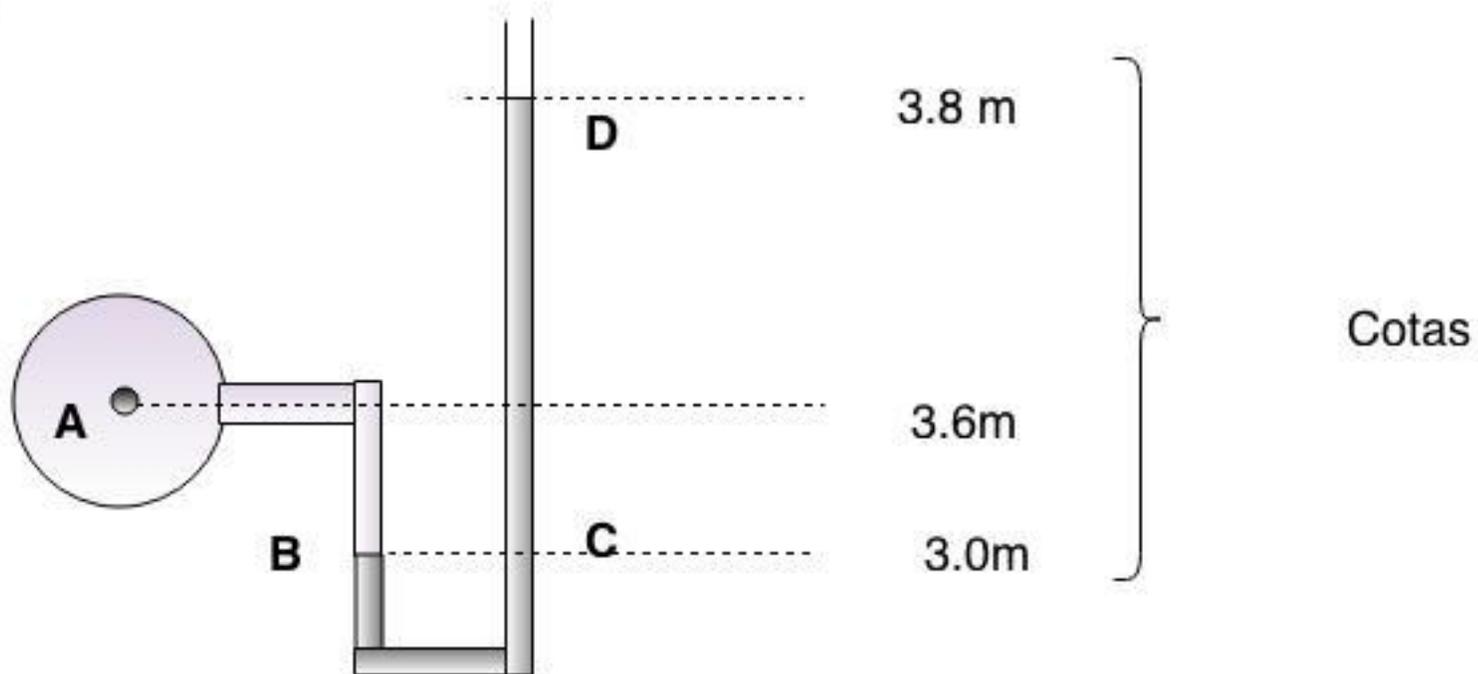
$$P_A = -13600 - 2800$$

$$P_A = -16400 \text{ Pa}$$

QUESTÃO 4

Determinar a pressão manométrica em A, devido à deflexão do mercúrio do manômetro em U da figura abaixo. O líquido escoante é água $\gamma_{H_2O}=1000,0 \text{ kgf}\cdot\text{m}^{-3}$ e o líquido manométrico é $\gamma_{Hg}=13600,0 \text{ kgf}\cdot\text{m}^{-3}$.

Text



Pressão manométrica, não leva em consideração a pressão atmosférica e é também chamada de pressão relativa, podendo apresentar valores positivos e negativos. Nesse caso a pressão atmosférica é indicada pelo valor 0(zero).

A água que flui no conduto A, apresenta uma pressão, medida pelo manômetro. Para iniciar a resolução escolhemos dois pontos situados no mesmo nível de um mesmo líquido, submetidos à mesma pressão. No caso vamos encontrar isso nos pontos B e C. Ambos estão no mesmo nível do líquido manométrico “mercúrio”.

$$P_B = P_C$$

$$P_B = P_A + \gamma_{H_2O} \cdot h_{AB}$$

$$P_C = P_{atm} + \gamma_{Hg} \cdot h_{cd}$$

As alturas entre os pontos AB e CD são obtidas através das cotas indicadas na figura.

$$P_m = \rho \cdot g \cdot \Delta h$$

$$h_{AB} = 3,6 - 3,0 = 0,6m$$

$$h_{cd} = 3,8 - 3,0 = 0,8m$$

Substituindo (2) e (3) em (1) e colocando no lugar da pressão atmosférica o seu valor 0(zero), teremos.

$$P_A = \gamma_{H_2O} \cdot h_{AB} = P_{atm} + \gamma_{Hg} \cdot h_{cd}$$

$$P_A = 1000 \cdot 0,6 = 0 + 13600 \cdot 0,8$$

$$P_A + 600 = 10880,0$$

$$P_A = 10880,0 - 600,0 = 10280,0 \text{ Kgf} \cdot \text{m}^{-2}$$

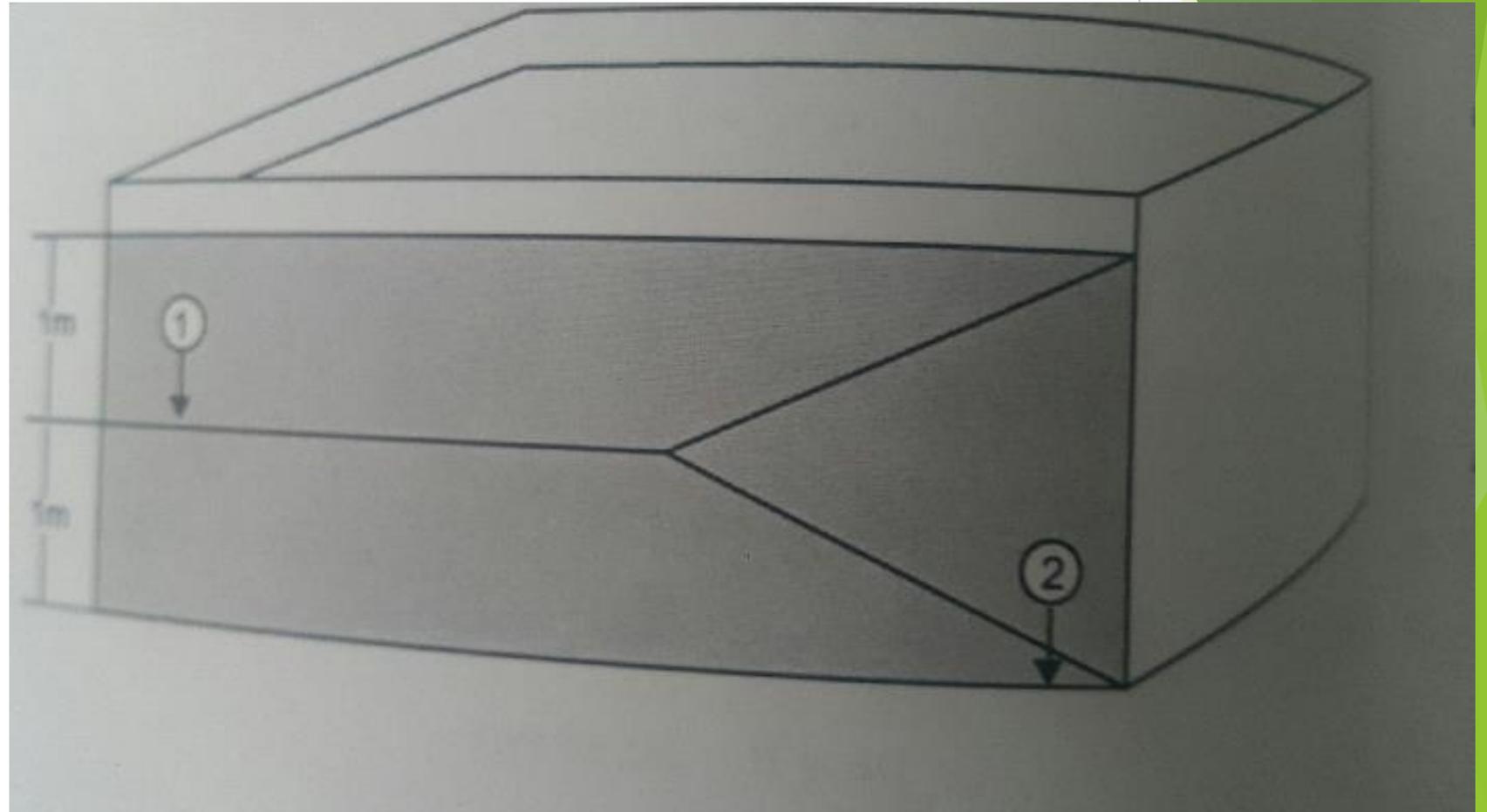
Temos aí a resposta. A água em escoamento no tubo A, está a uma pressão de $10280,0\text{kgf/m}^2$ o que também pode ser expresso por $1,028\text{kgf/cm}^2$.

QUESTÃO 5

A figura abaixo representa uma piscina cuja parte rasa (1) encontra-se a 1m de profundidade e a parte funda (2) a 2m de profundidade.

$$1\text{bar} = 1,0\text{E}5 \text{ Pa}$$

$$1\text{bar} = 14,5 \text{ psi}$$



Determine a pressão absoluta (total) nas regiões:

- a) ① (rasa) nas unidades [Pa, bar, psi].
- b) ② (funda) nas unidades [Pa, bar, psi].

Considere:

Pressão atmosférica local

$$P_{\text{atm}} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Massa específica da água

$$\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$$

Aceleração da gravidade

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

Resolução

a) Pressão absoluta p_1 (raso):

a1) pressão em [Pa]

$$p_1 = p_{\text{atm}} + \rho_{\text{H}_2\text{O}} \cdot g \cdot h_1$$

$$p_1 = 1,0 \cdot 10^5 + 1,0 \cdot 10^3 + 10 \cdot 1$$

$$p_1 = 1,0 \cdot 10^5 + 1,0 \cdot 10^4$$

$$p_1 = 1,0 \cdot 10^5 + 0,1 \cdot 10^5$$

$$p_1 = 1,1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Ou 110.000,00

a2) pressão em bar.

Como $\text{bar} = 1,0 \cdot 10^5$, conclui-se que

$$p_1 = 1,1 \text{ bar}$$

a3) pressão em psi

Como $\text{bar} = 14,5 \text{ psi}$, conclui-se:

$$p_1 = 1,1 \cdot 14,5$$

$$p_1 = 15,95 \text{ psi}$$

b) Pressão absoluta p_2 (fundo):

$$p_2 = p_{\text{atm}} + \rho_{\text{H}_2\text{O}} \cdot g \cdot h_2$$

$$p_2 = 1,0 \cdot 10^5 + 1,0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 2$$

$$p_2 = 1,2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Da mesma forma que no item a:

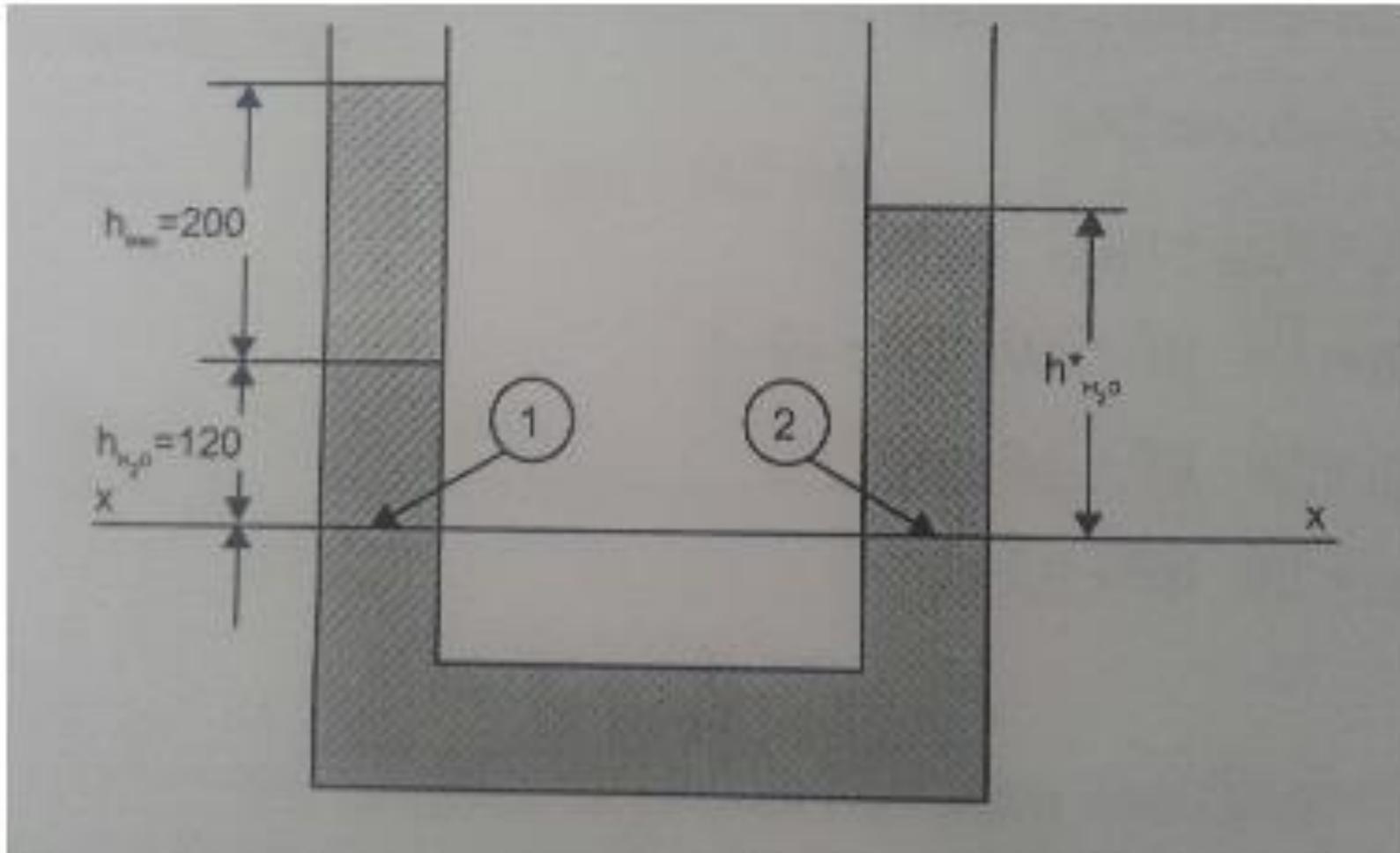
$$p_2 = 1,2 \text{ bar}$$

$$p_2 = 17,4 \text{ psi}$$

QUESTÃO 6

A tubo U da figura a seguir contem, na ramificação da esquerda, uma coluna de óleo = 200mm e uma coluna da água de 120mm.

Determine a altura $h^*_{H_2O}$ na ramificação da direita do tubo.



Considere:

Aceleração da gravidade $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Massa específica da água $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$

Massa específica do óleo $\rho_{\text{óleo}} = 8,0 \cdot 10^2 \text{ kg/m}^3$

No plano x, a pressão nas duas ramificações são iguais.

$$p_1 = p_2$$

Resolução

$$\cancel{P_0} + \rho_{H_2O} \cdot \cancel{g} \cdot h_{H_2O} + \rho_{\text{óleo}} \cdot \cancel{g} \cdot h_{\text{óleo}} = \rho_{H_2O} \cdot \cancel{g} \cdot h'_{H_2O} + \cancel{P_0}$$

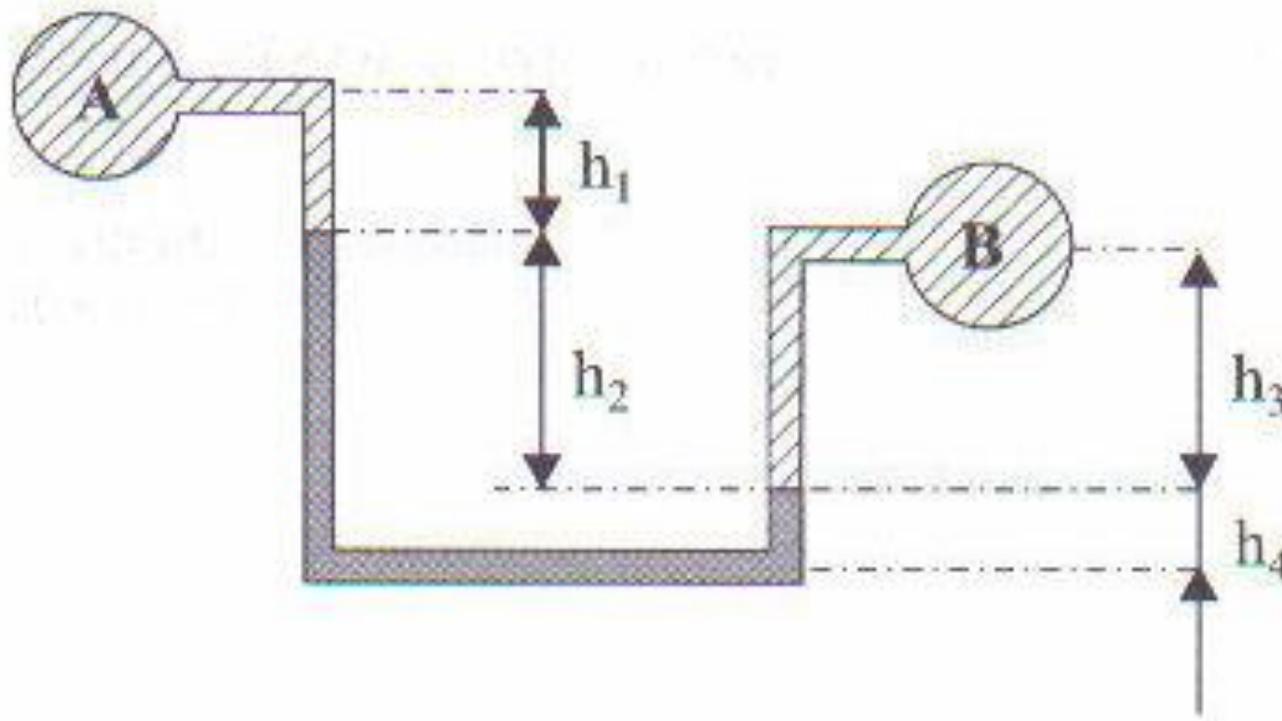
$$h'_{H_2O} = \frac{\rho_{H_2O} \cdot h_{H_2O} + \rho_{\text{óleo}} \cdot h_{\text{óleo}}}{\rho_{H_2O}}$$

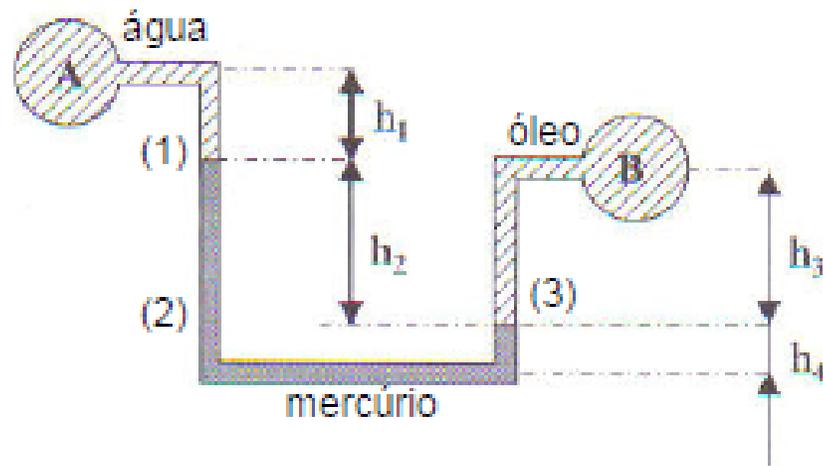
$$h'_{H_2O} = \frac{1,0 \cdot 10^3 \cdot 120 + 8,0 \cdot 10^2 \cdot 200}{1,0 \cdot 10^3}$$

$$h'_{H_2O} = 280 \text{ mm}$$

QUESTÃO 7

No manômetro diferencial mostrado na figura, o fluido A é água, B é óleo e o fluido manométrico é mercúrio. Sendo $h_1 = 25\text{cm}$, $h_2 = 100\text{cm}$, $h_3 = 80\text{cm}$ e $h_4 = 10\text{cm}$, **Determine qual é a diferença de pressão entre os pontos A e B.** Dados: $\gamma_{H_2O} = 10000\text{N/m}^3$, $\gamma_{Hg} = 136000\text{N/m}^3$, $\gamma_{\text{óleo}} = 8000\text{N/m}^3$.





Ponto 1:

$$P_1 = P_A + \gamma_{h_2o} \cdot h_1$$

Ponto 2:

$$P_2 = P_1 + \gamma_{Hg} \cdot h_2$$

$$P_2 = P_A + \gamma_{h_2o} \cdot h_1 + \gamma_{Hg} \cdot h_2$$

Ponto 3:

$$P_3 = P_2 \quad \text{Mesmo fluido e nível}$$

$$P_3 = P_A + \gamma_{h_2o} \cdot h_1 + \gamma_{Hg} \cdot h_2$$

Diferença de pressão:

$$P_B = P_3 - \gamma_{\text{óleo}} \cdot h_3$$

$$P_B = P_A + \gamma_{h_2o} \cdot h_1 + \gamma_{Hg} \cdot h_2 - \gamma_{\text{óleo}} \cdot h_3$$

$$P_B - P_A = \gamma_{h_2o} \cdot h_1 + \gamma_{Hg} \cdot h_2 - \gamma_{\text{óleo}} \cdot h_3$$

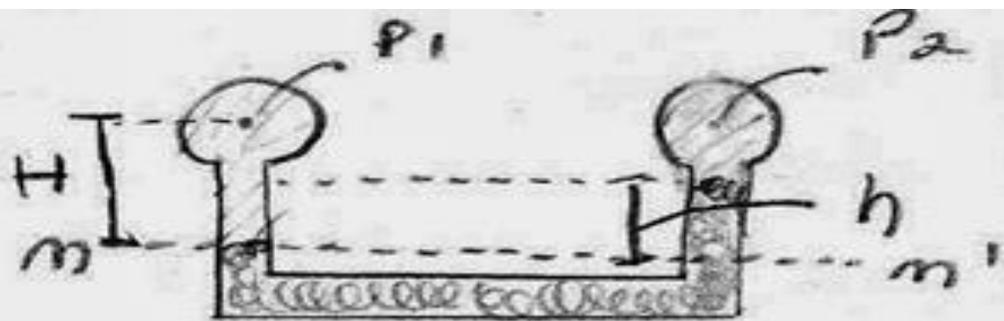
$$P_B - P_A = 10000 \cdot 0,25 + 136000 \cdot 1 - 8000 \cdot 0,8$$

$$P_B - P_A = 132100 \text{ Pa}$$

QUESTÃO 8

O manômetro da figura abaixo contém dois líquidos. O liq. A tem densidade relativa de 0,88 e o liq. B 2,95. Calcule a altura quando a diferença de $P_1 - P_2$ for igual a 870 Pa.

III



$$P_m = P_{m'}$$

$$P_m = P_1 + \rho_A \cdot g \cdot H$$

$$P_{m'} = P_2 + \rho_A \cdot g \cdot (H - h) + \rho_B \cdot g \cdot h$$

$$P_1 + \cancel{\rho_A \cdot g \cdot H} = P_2 + \rho_A \cdot g \cdot (\cancel{H} - h) + \rho_B \cdot g \cdot h$$

$$P_1 - P_2 = \rho_A \cdot g \cdot (-h) + \rho_B \cdot g \cdot h$$

$$P_1 - P_2 = g \cdot h \cdot (\rho_B - \rho_A)$$

$$\frac{P_1 - P_2}{\rho \cdot (P_B - P_A)} = h$$

$$h = \frac{870}{10 \cdot (2950 - 880)}$$

$$\rho = \alpha \cdot \rho_{H_2O}$$

$$\rho_A = 0,88 \cdot 1000 = 880 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_B = 2,95 \cdot 1000 = 2950 \text{ kg/m}^3$$

$$\rightarrow h = 0,092 \text{ m} = 9,2 \text{ cm}$$