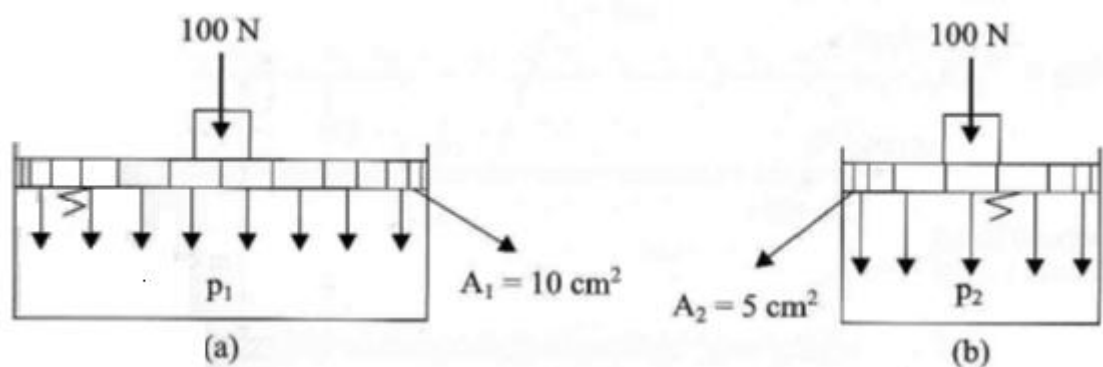


1. Conceito de pressão

Se a pressão for constante (uniforme ou média), temos: $p = \frac{|F_N|}{A}$

Se pensarmos em um ponto, temos: $p = \frac{|dF_N|}{dA}$

Importante notar que a **pressão** é diferente de **força**, para deixar claro veja o exemplo abaixo:



$$p = \frac{100\text{N}}{10\text{cm}^2} = 10 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$p = \frac{100\text{N}}{5\text{cm}^2} = 20 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

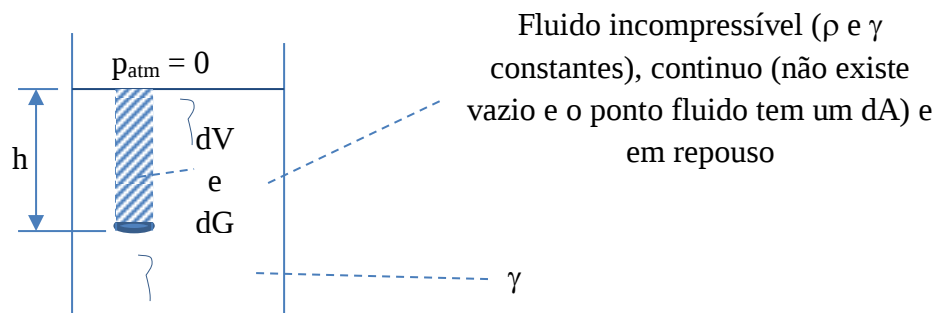
Portanto constatamos que a mesma força origina pressões diferentes e isto **demonstra** que a **pressão** é diferente de **força**.

2. Escala efetiva

É aquela que adota como zero a pressão atmosférica local e isto comprova que trata-se de uma escala relativa e não física já que o zero desta escala muda de local para local.

Na escala efetiva, podemos ter pressões positivas, nulas e negativas, estas dentro de certos limites como veremos posteriormente.

3. Pressão em um ponto fluido



$$p = \frac{dG}{dA} = \frac{\gamma \times dA \times h}{dA} = \gamma \times h$$

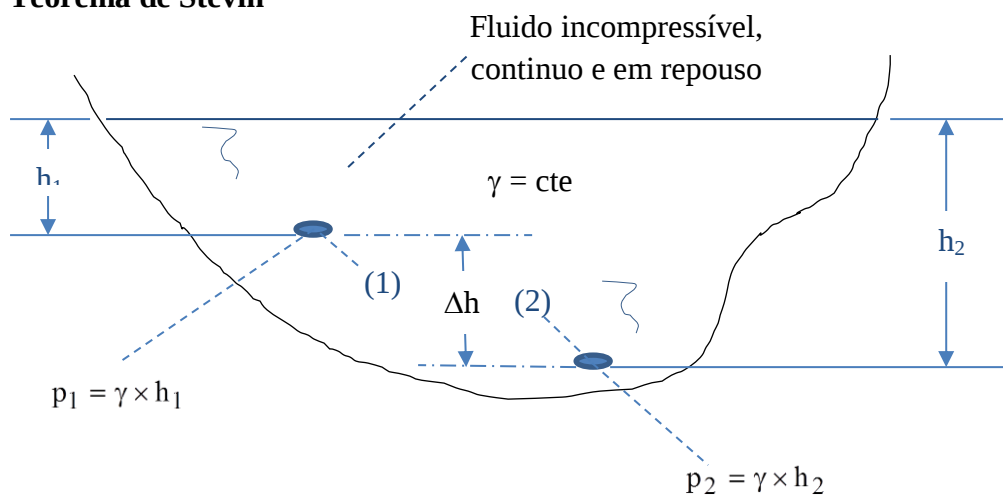
h = **carga de pressão** que terá como unidade uma unidade de comprimento acrescida do nome do fluido considerado, as mais usadas são:

mca = metro de coluna de água

mmHg = milímetro de mercúrio

4. **Escala absoluta** – aquela que adota como zero o vácuo absoluto, ou seja, local com ausência total de matéria. Nesta escala só existem pressões positivas teoricamente pode existir a pressão nula que corresponderia ao vácuo absoluto.

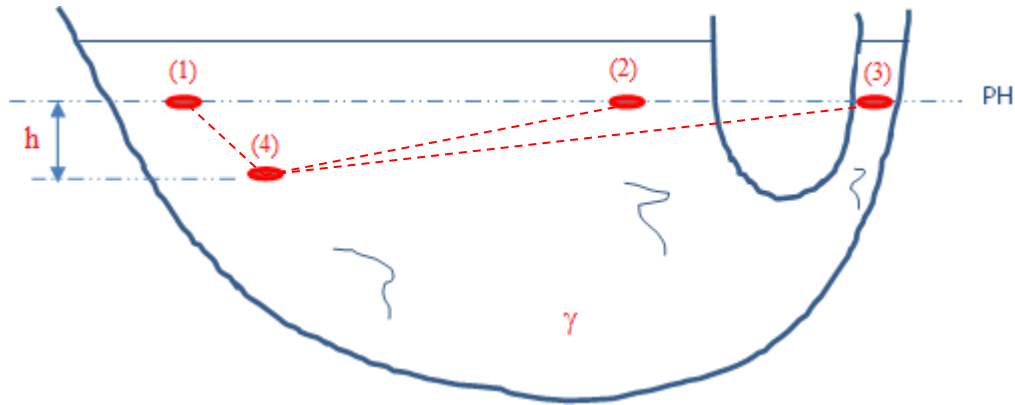
5. Teorema de Stevin



$$p_2 - p_1 = \gamma \times h_2 - \gamma \times h_1 = \gamma \times (h_2 - h_1) = \gamma \times \Delta h$$

“A DIFERENÇA DE PRESSÃO ENTRE DOIS PONTOS FLUIDOS PERTENCENTES A UM FLUIDO INCOMPRESSÍVEL, CONTÍNUO E EM REPOUSO É IGUAL AO PRODUTO DO PESO ESPECÍFICO DO FLUIDO PELA DIFERENÇA DE COTA ENTRE OS PONTOS.”

6. Conclusões obtidas através do teorema de Stevin



Primeira conclusão: $p_4 - p_1 = p_4 - p_2 = p_4 - p_3$, portanto $p_1 = p_2 = p_3$, ou seja, os pontos pertencentes a um plano horizontal (PH) em meio a um fluido estão submetidos a mesma pressão.

Segunda conclusão: sabendo que a distância é um segmento de reta que une dois pontos, portanto a distância entre o ponto (4) e o ponto (1) é diferente da distância entre o ponto (4) e o ponto (2) e também é diferente da distância entre o ponto (4) e o ponto (3), porém $p_4 - p_1 = p_4 - p_2 = p_4 - p_3 = \gamma \times h$ portanto a diferença de pressão entre dois pontos fluidos pertencentes a um fluido incompressível, contínuo e em repouso não depende da distância entre os pontos, mas somente da diferença de cotas (ou alturas).

Terceira conclusão: $p_1 = p_3$, porém o formato dos recipientes que contem os pontos (1) e (3) são diferentes, portanto a pressão em um ponto fluido não depende do formato do recipiente (desde que não seja capilar) que o contém.

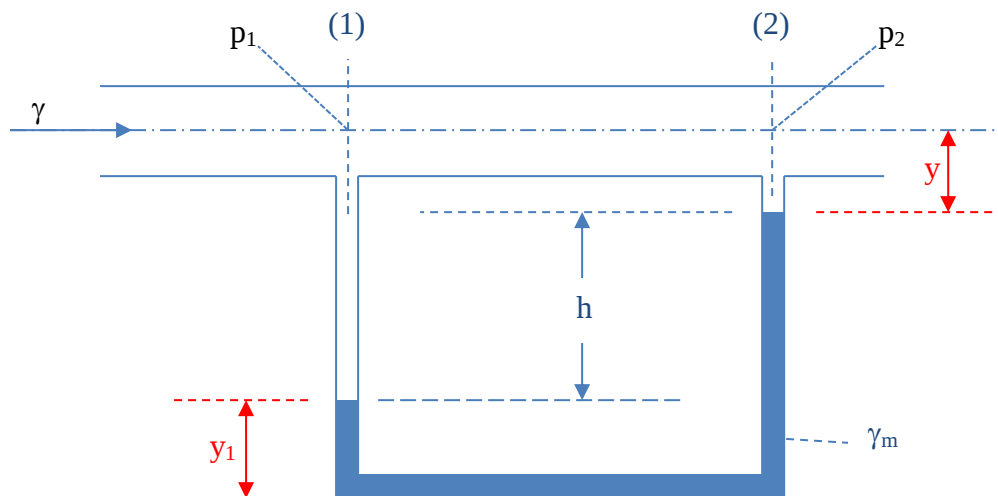
7. **Equação manométrica** – é uma regra pratica que permite obter a diferença de pressão entre dois pontos fluidos.

Para escrevê-la, devemos:

- escolher dois pontos;
- adotar um deles como origem;
- sair da origem e ir para o outro ponto sempre na vertical e horizontal;
- escrever a equação:

$$\left(\begin{array}{l} \text{pressão que} \\ \text{age na origem} \end{array} \right) + \downarrow \sum \gamma \times h - \uparrow \sum \gamma \times h = \left(\begin{array}{l} \text{pressão do ponto} \\ \text{não adotado como origem} \end{array} \right)$$

Seja o caso representado pela figura a seguir:



$$p_1 - p_2 = ?$$

Adotando o ponto (1) como origem, temos:

$$p_1 + y \times \gamma + h \times \gamma + y_1 \times \gamma_m - y_1 \times \gamma_m - h \times \gamma_m - y \times \gamma = p_2$$

$$p_1 + h \times \gamma - h \times \gamma_m = p_2$$

$$p_1 - p_2 = h \times \gamma_m - h \times \gamma = h \times (\gamma_m - \gamma) \rightarrow \text{equação manométrica}$$

8. Observações importantes

- a. A massa específica da água tem a sua variação com a temperatura no intervalo de 0 a 100°C representada pela equação:

$$\rho_{\text{água}} = 1000 - 0,01788 \times |t_c - 4|^{1,7}$$

$$\text{Com } [\rho] = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

- b. O cálculo da massa específica de um gás perfeito pode ser feito pelas equações a seguir:

$$p \times V = n \times R \times T, \text{ com:}$$

p = pressão do gás na escala absoluta que no SI é dada em N/m² ou Pa;

V = volume do gás que no SI é dado em m³;

n = número de moles = $\frac{m}{M}$, onde m = massa do gás e M = massa molecular do gás;

R = constante universal do gás que no SI é 8,31 J/(mol x K);

T = temperatura Kelvin

Pela dificuldade de trabalharmos com a equação anterior em sistemas abertos, a mesma pode ser modificada para: $\frac{p}{\rho} = R_g \times T$, onde:

$R_g = \frac{R}{M}$ que é constante do gás, no caso do ar é igual a 287 m²/(s² x K)

9. Exercícios

- I. Considerando uma sala com pé direito de 3,5 m, comprimento de 6 m e largura de 4 m, que encontra-se totalmente fechada e que contém ar a pressão atmosférica que é igual a 10^5 N/m^2 , pede-se determinar o peso que o ar exerce no chão da sala. Dado: $R_{\text{ar}} = 287 \text{ m}^2/(\text{s}^2 \times \text{K})$

Solução:

$$\frac{10^5}{\rho_{\text{ar}}} = 287 \times (25 + 273) \therefore \rho_{\text{ar}} = \frac{100000}{287 \times (25 + 273)} \cong 1,17 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$1,17 = \frac{m_{\text{ar}}}{V_{\text{ar}}} = \frac{m_{\text{ar}}}{3,5 \times 6 \times 4} \therefore m_{\text{ar}} = 1,17 \times 84 = 98,28 \text{ kg}$$

$$G_{\text{ar}} = m_{\text{ar}} \times g = 98,28 \times 9,8 \cong 963,2 \text{ N} \approx 0,963 \text{ kN}$$

- II. Considerando que seja feito um furo a 0,5 m do chão e a 2,5 m do chão, onde se instala uma mangueira de nível, pergunta-se quais os desníveis de água observado na mangueira?

Nenhum já que dentro e fora da sala temos a mesma pressão.

- III. Considerando uma sala com pé direito de 3,5 m, comprimento de 6 m e largura de 4 m, que encontra-se totalmente fechada e que contém água submetida a pressão atmosférica que é igual a 10^5 N/m^2 , pede-se determinar o peso que a água exerce no chão da sala. Dado: $\rho_{\text{água}} = 1000 - 0,01788 \times |t_c - 4|^{1,7}$

Solução:

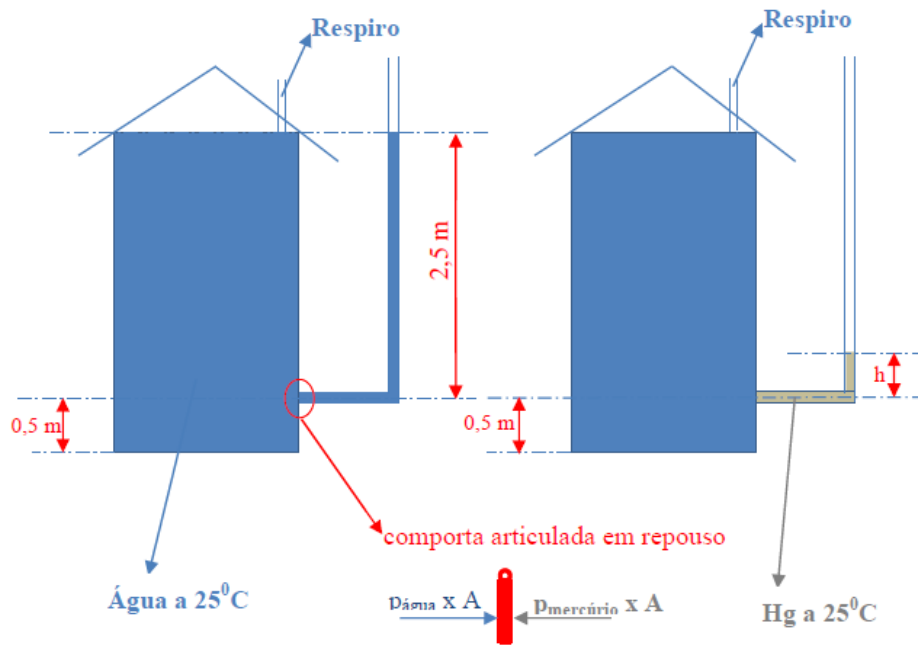
$$\rho_{\text{água}} = 1000 - 0,01788 \times |25 - 4|^{1,7} \cong 996,84 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$m_{\text{água}} = 996,84 \times 84 = 83734,56 \text{ kg}$$

$$G_{\text{água}} = m_{\text{água}} \times g = 83734,56 \times 9,8 \cong 820598,7 \text{ N} \cong 820,6 \text{ kN}$$

IV. Para as figuras representadas a seguir determine o desnível h de mercúrio

A.



$$p_{\text{água}} \times A = p_{\text{mercúrio}} \times A \text{ condição para manter a comporta fechada}$$

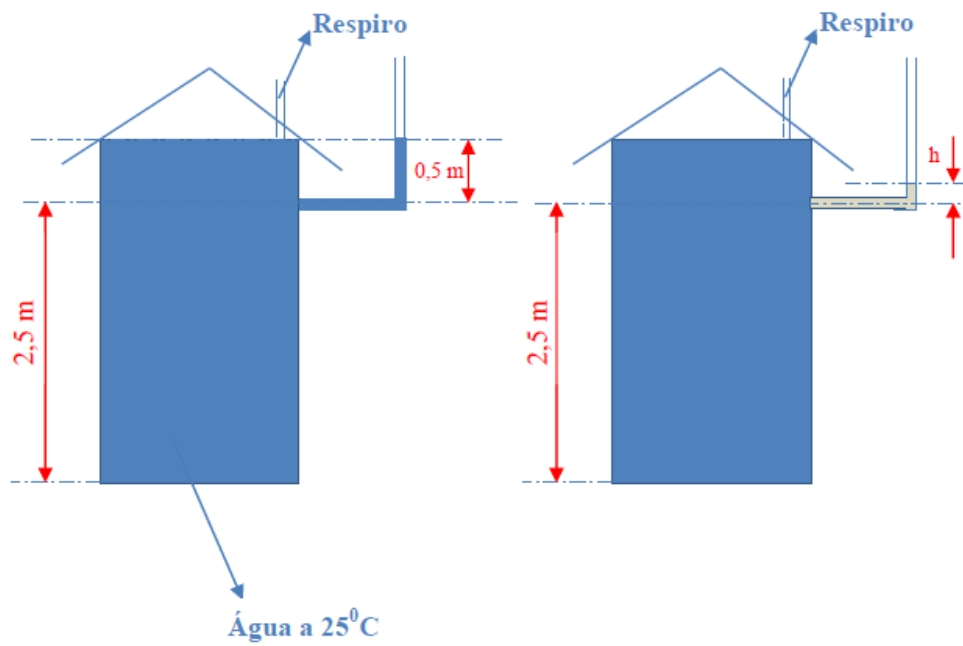
Dado: mercúrio a 25°C: $\rho_{\text{Hg}} = 13534 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Solução:

$$2,5 \times 996,84 \times 9,8 = h \times 13534 \times 9,8 \therefore h = \frac{2,5 \times 996,84}{13534} \cong 0,1841 \text{ m} = 184,1 \text{ mm}$$

B.

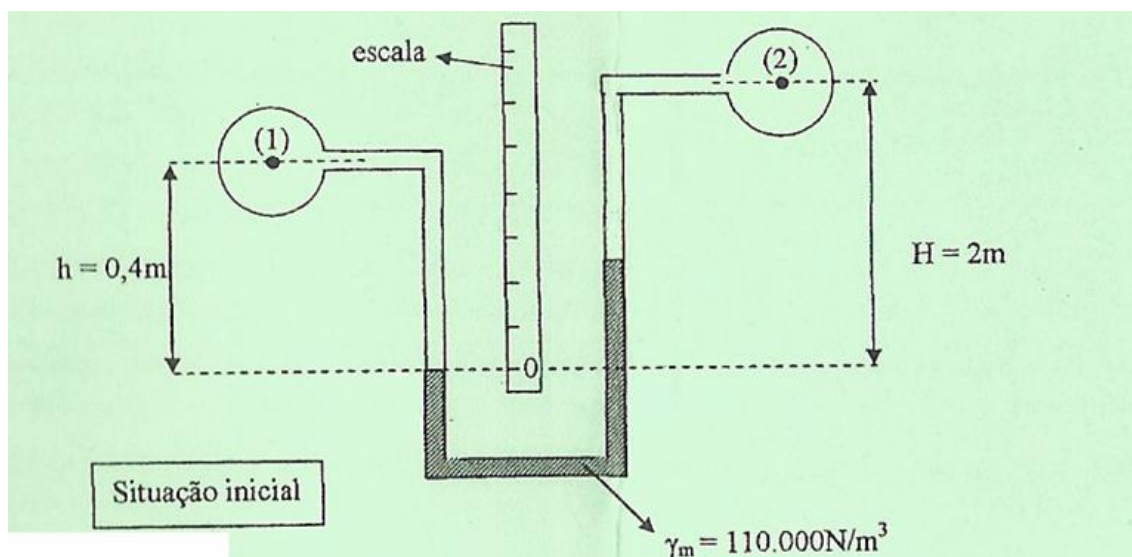
$p_{\text{água}} \times A = p_{\text{mercúrio}} \times A$ condição para manter a comporta fechada



Solução:

$$0,5 \times 996,84 \times 9,8 = h \times 13534 \times 9,8 \therefore h = \frac{0,5 \times 996,84}{13534} \cong 0,0368 \text{ m} = 36,8 \text{ mm}$$

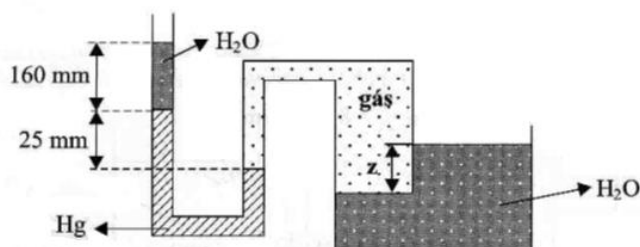
- V. Um manômetro diferencial é instalado entre dois condutos por onde escoo o mesmo fluido, de massa específica 800 kg/m^3 , como mostra a figura. A pressão no tubo (2) é constante e igual a 114 kPa . Quando, numa primeira situação $p_1 = 320 \text{ kPa}$, o nível do fluido manométrico na coluna esquerda coincide com o zero da escala. Determinar a altura do fluido manométrico.



2.16 Para a configuração a seguir, responder:

- Qual é a pressão do gás em valor absoluto?
- Qual é o valor da cota z ?
- Aquece-se o gás de 20°C para 60°C e o desnível z varia para 1 m . Qual será o novo volume do gás, se o inicial era 2 m^3 ?

Dados: $p_{\text{atm}} = 662 \text{ mmHg}$; $\gamma_{\text{Hg}} = 136.000 \text{ N/m}^3$; $\gamma_{\text{H}_2\text{O}} = 10.000 \text{ kN/m}^3$



Resp.: a) 95 kPa (abs) ; b) $0,5 \text{ m}$; c) $2,16 \text{ m}^3$