

Hidrostática

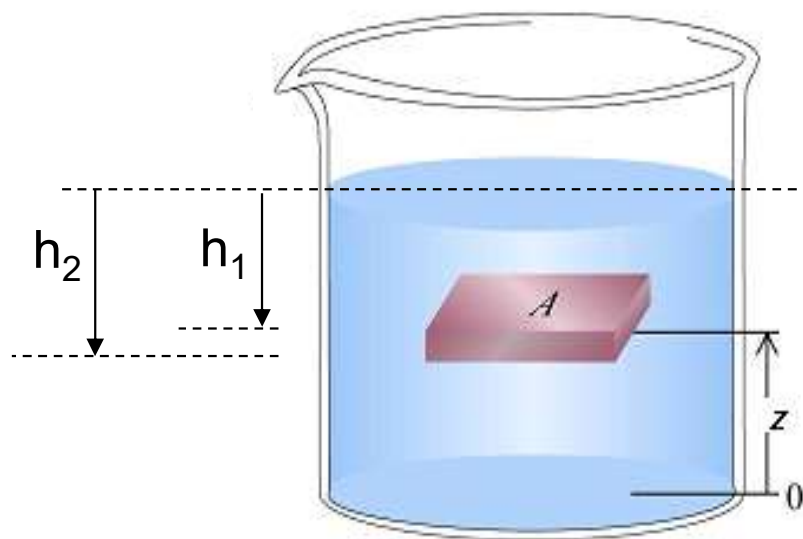
Fluidos não resistem a tensões de cisalhamento → os fluidos em repouso (**Hidrostática**) só estão sujeitos a forças perpendiculares (forças de pressão)

Pressão

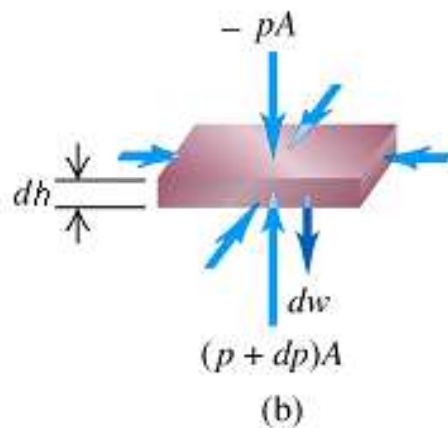
$$p = F/A$$

Unidades da pressão

Unidade	Definição ou Relação
1 pascal (Pa) – unidade SI	$1 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-2} = 1 \text{ N m}^{-2}$
1 bar	$1 \times 10^5 \text{ Pa}$
1 atmosfera (atm)	$1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$
760 mm Hg	1 atm



(a)



(b)



$$\sum \vec{F} = \vec{0}$$

$$(p + dp)A - p \cdot A - dW = 0$$

$$(p + dp)A - p \cdot A - \rho \cdot dV \cdot g = 0$$

$$(p + dp)A - p \cdot A - \rho \cdot A \cdot dh \cdot g = 0$$

$$dp = \rho \cdot g \cdot dh$$

$$p = \int_0^h \rho g dh = \rho \cdot g \cdot h + p_0$$

Equação fundamental da Hidrostática

$$p = \rho g h (+ p_0)$$

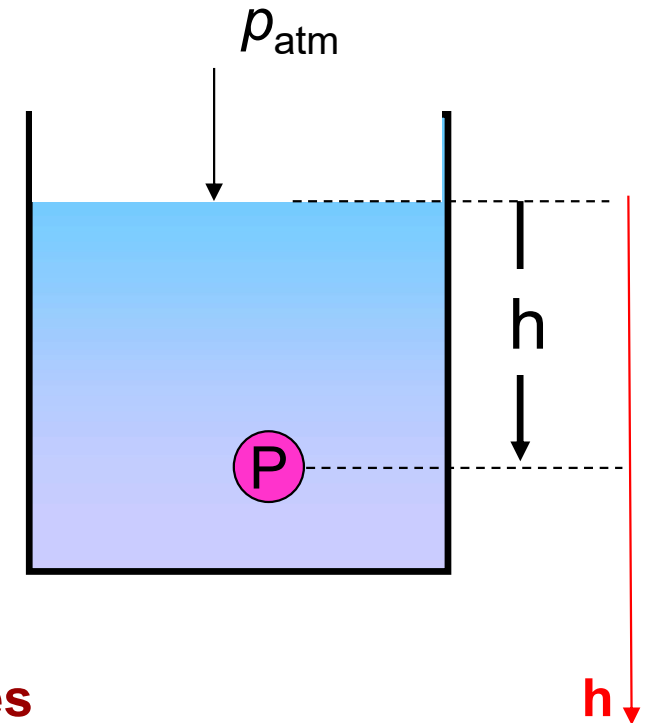
- Se o ponto 0 se localizar na superfície livre, a pressão p_0 é a pressão atmosférica, p_{atm}

$$p = \rho g h$$

pressão hidrostática - relativa

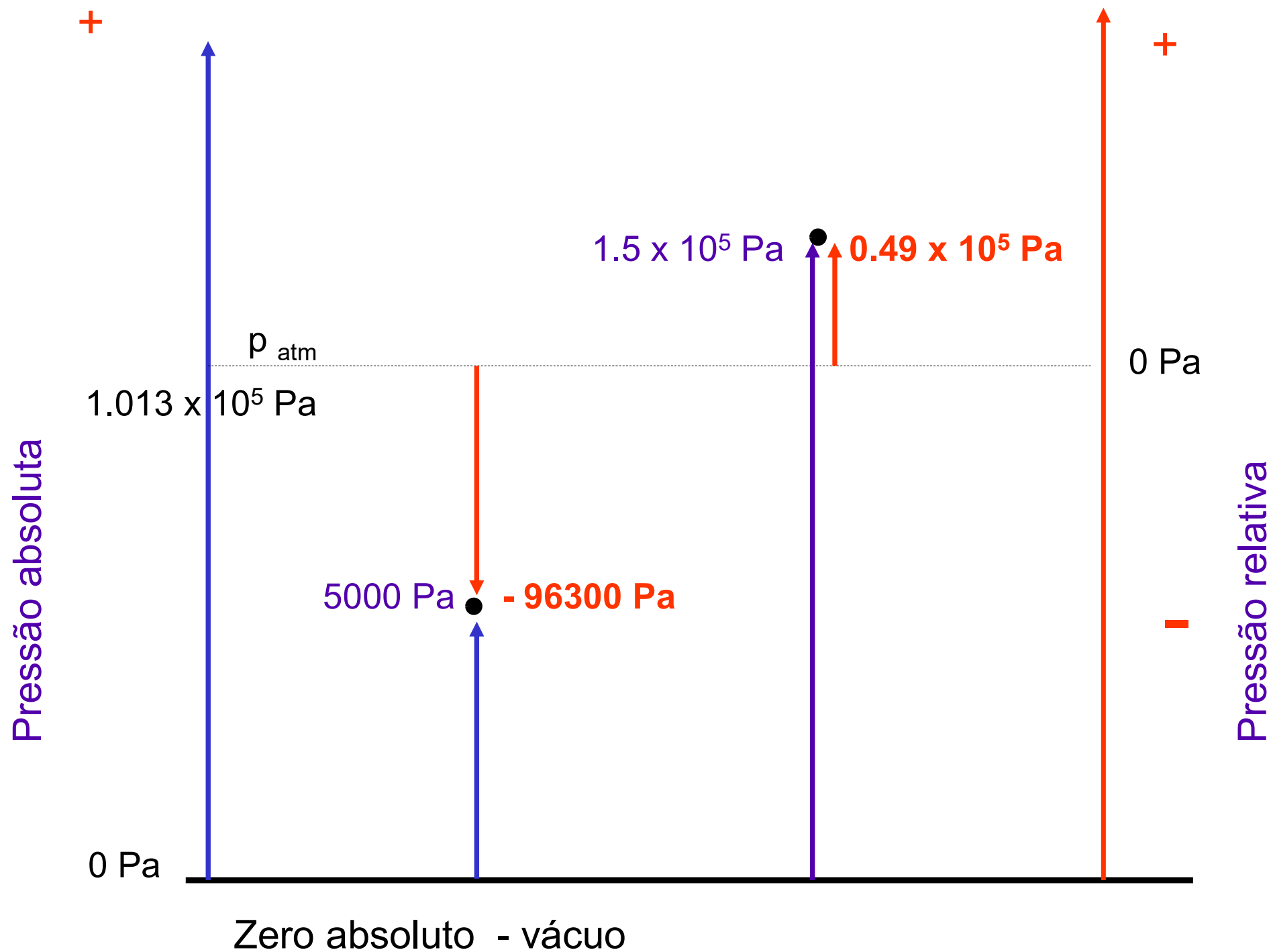
$$p = \rho g h + p_{atm}$$

pressão absoluta (ou total)



Escalas para a medição de pressões

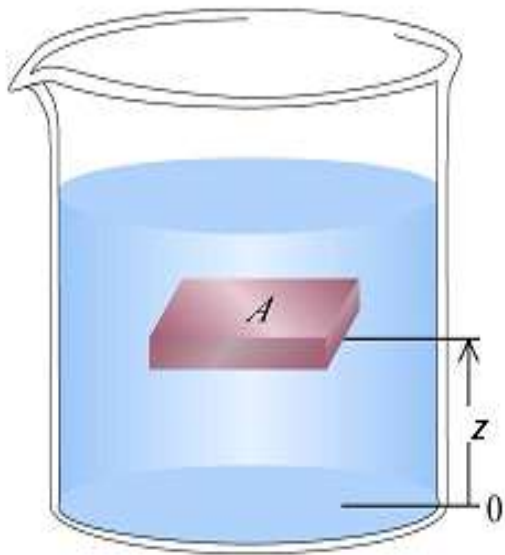
- **Pressão absoluta:** p_{abs} é medida numa escala que tem como **origem o vácuo**; é sempre **positiva**. **Usa-se na maioria dos problemas que envolvem gases (termodinâmica)**
- **Pressão relativa:** p_{rel} é medida numa escala que tem como **origem a pressão atmosférica local**; **pode ser negativa** (abaixo da pressão atmosférica) **ou positiva** (acima da pressão atmosférica). **Utiliza-se na maioria dos problemas que envolvem líquidos**



$$p = \rho g h$$

$$h = \frac{p}{\rho g} = \frac{p}{\gamma}$$

Altura representativa da pressão
= altura piezométrica



$$dp = \rho g dh$$

$$dp = -\rho g dz$$

$$p_2 - p_1 = -\int_1^2 \rho \cdot g \cdot dz = -[\rho \cdot g \cdot z]_1^2$$

$$p_2 - p_1 = \rho \cdot g \cdot z_1 - \rho \cdot g \cdot z_2$$

$$p_2 + \rho \cdot g \cdot z_2 = p_1 + \rho \cdot g \cdot z_1 = \text{constante}$$

$$\frac{p}{\gamma} + z = \text{constante}$$

Altura piezométrica

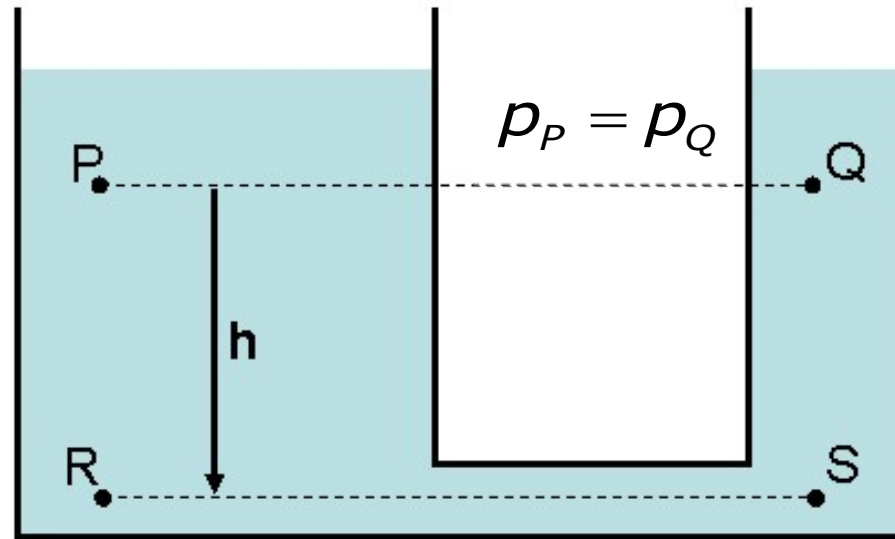
+

Cota geométrica

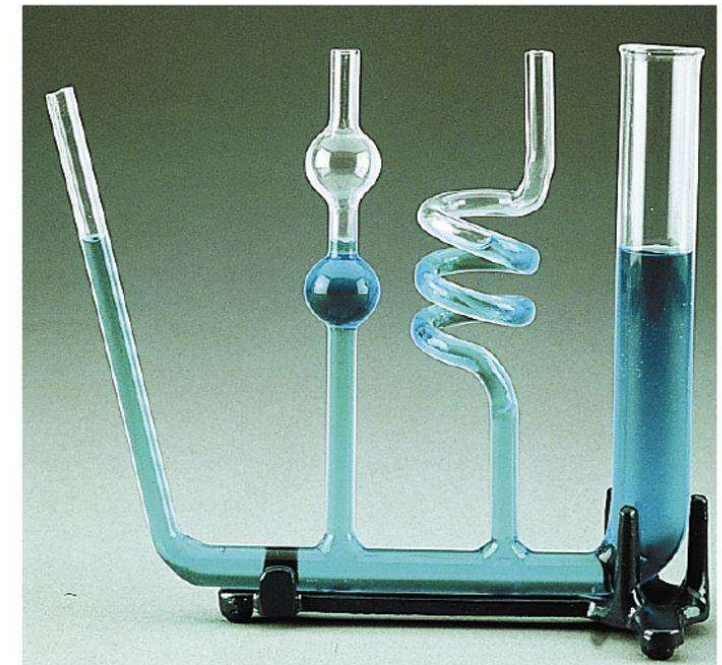
Carga piezométrica

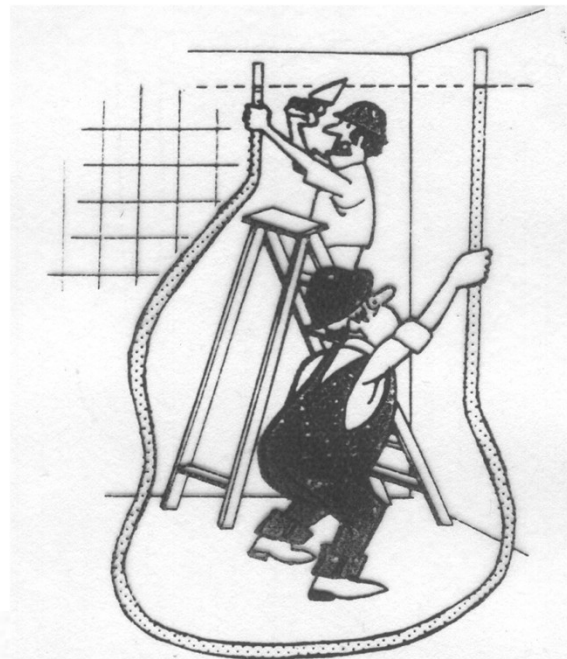
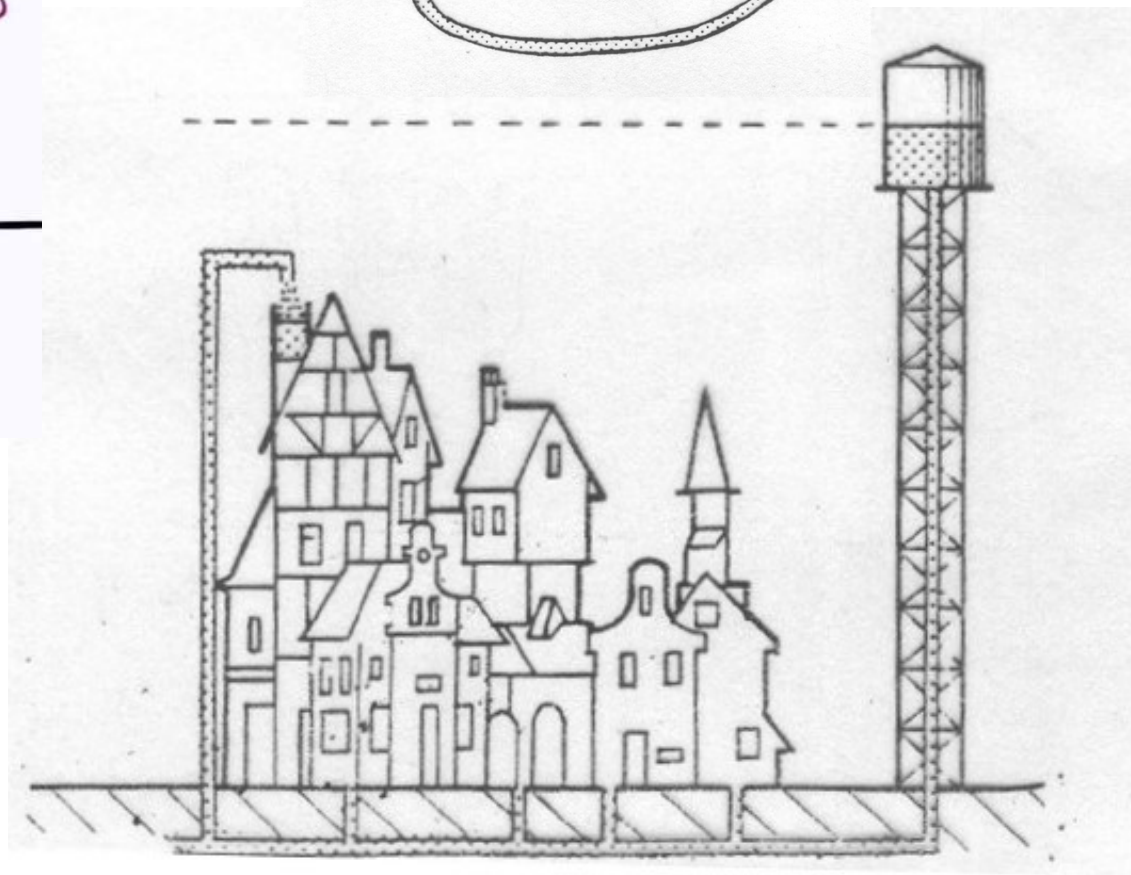
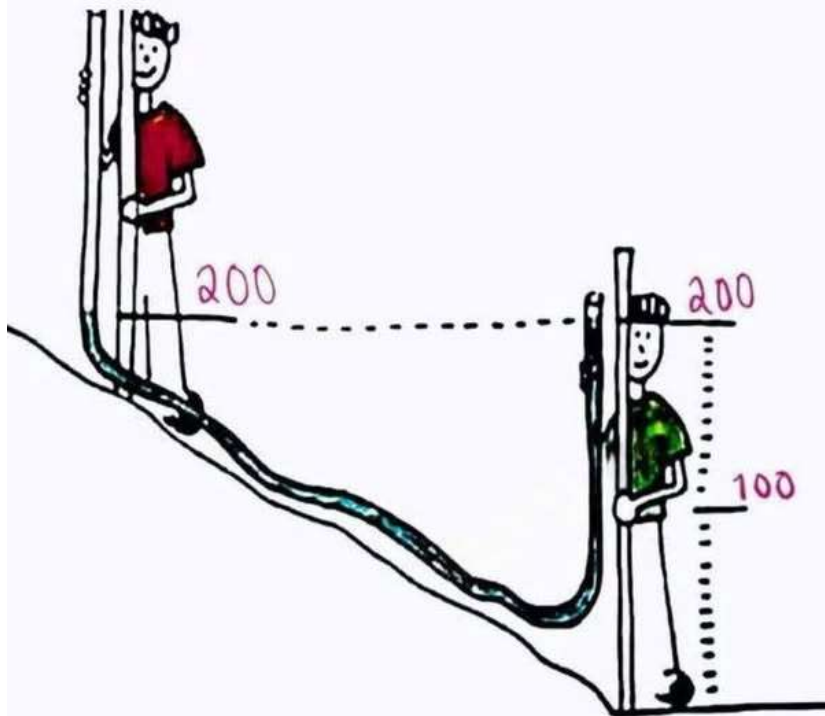
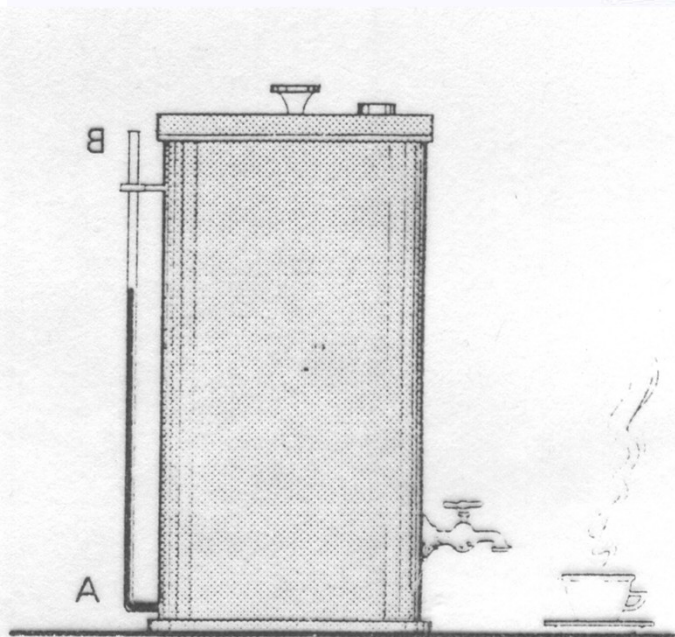
Num fluido em repouso todos os pontos têm a mesma carga piezométrica

Consequência do princípio fundamental da hidrostática: a pressão hidrostática é igual em todos os pontos que no interior do mesmo fluido estejam à mesma profundidade

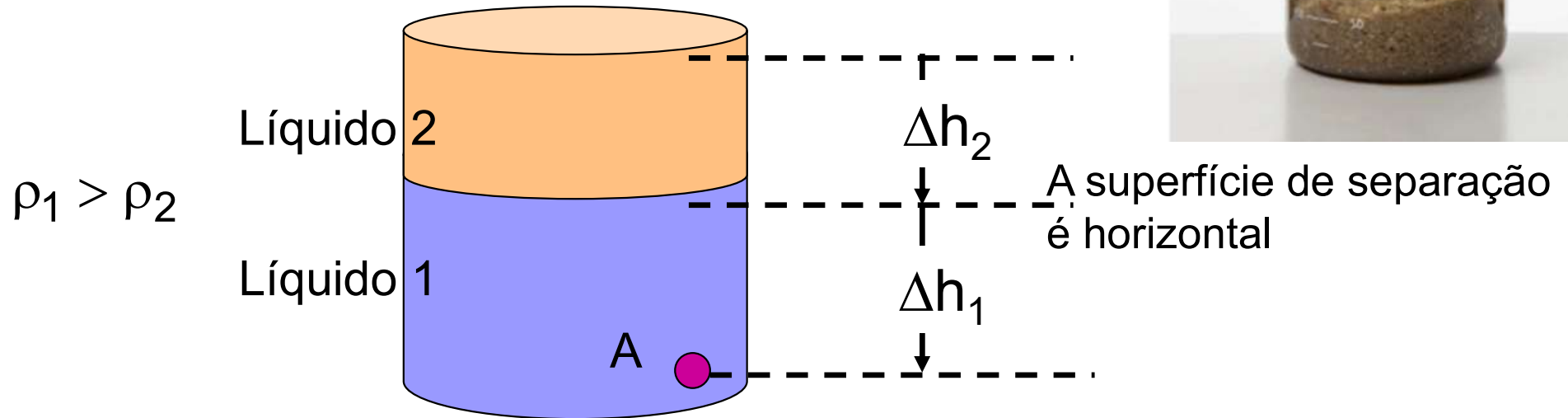


$$p_R = p_S$$





Se o reservatório contém vários líquidos imiscíveis



Pressão no ponto A:

$$p_A = \underbrace{0 + \rho_2 \cdot g \cdot \Delta h_2}_{p_{\text{interface}}} + \rho_1 \cdot g \cdot \Delta h_1$$

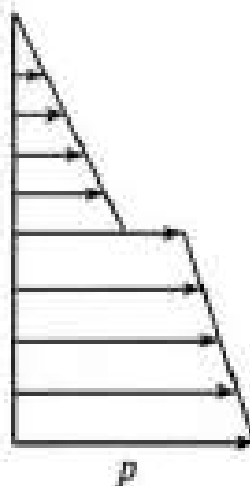
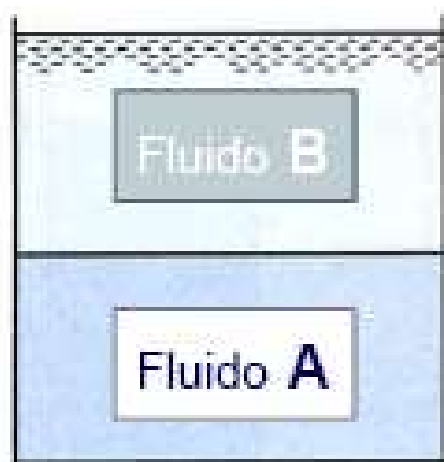
Pressão hidrostática
(relativa)

$$p_{A_{abs}} = p_{atm} + \rho_2 \cdot g \cdot \Delta h_2 + \rho_1 \cdot g \cdot \Delta h_1$$

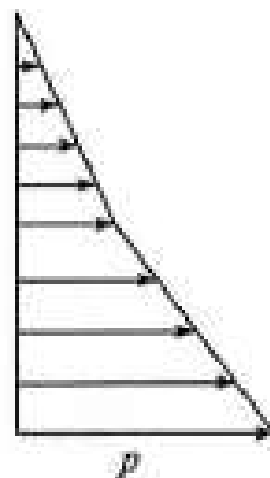
Pressão absoluta

Qual o gráfico que traduz correctamente a variação da pressão com a profundidade?

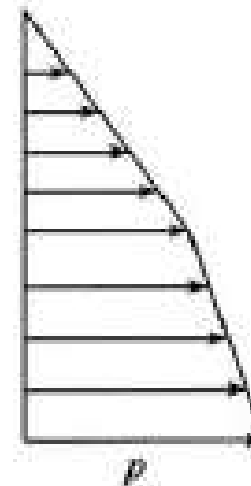
$$\rho_A > \rho_B$$



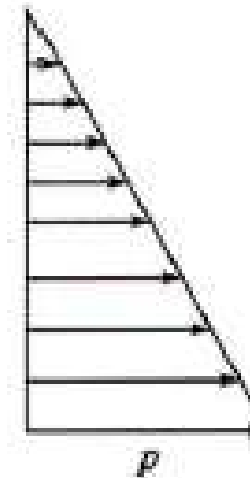
(a)



(b)



(c)



(d)

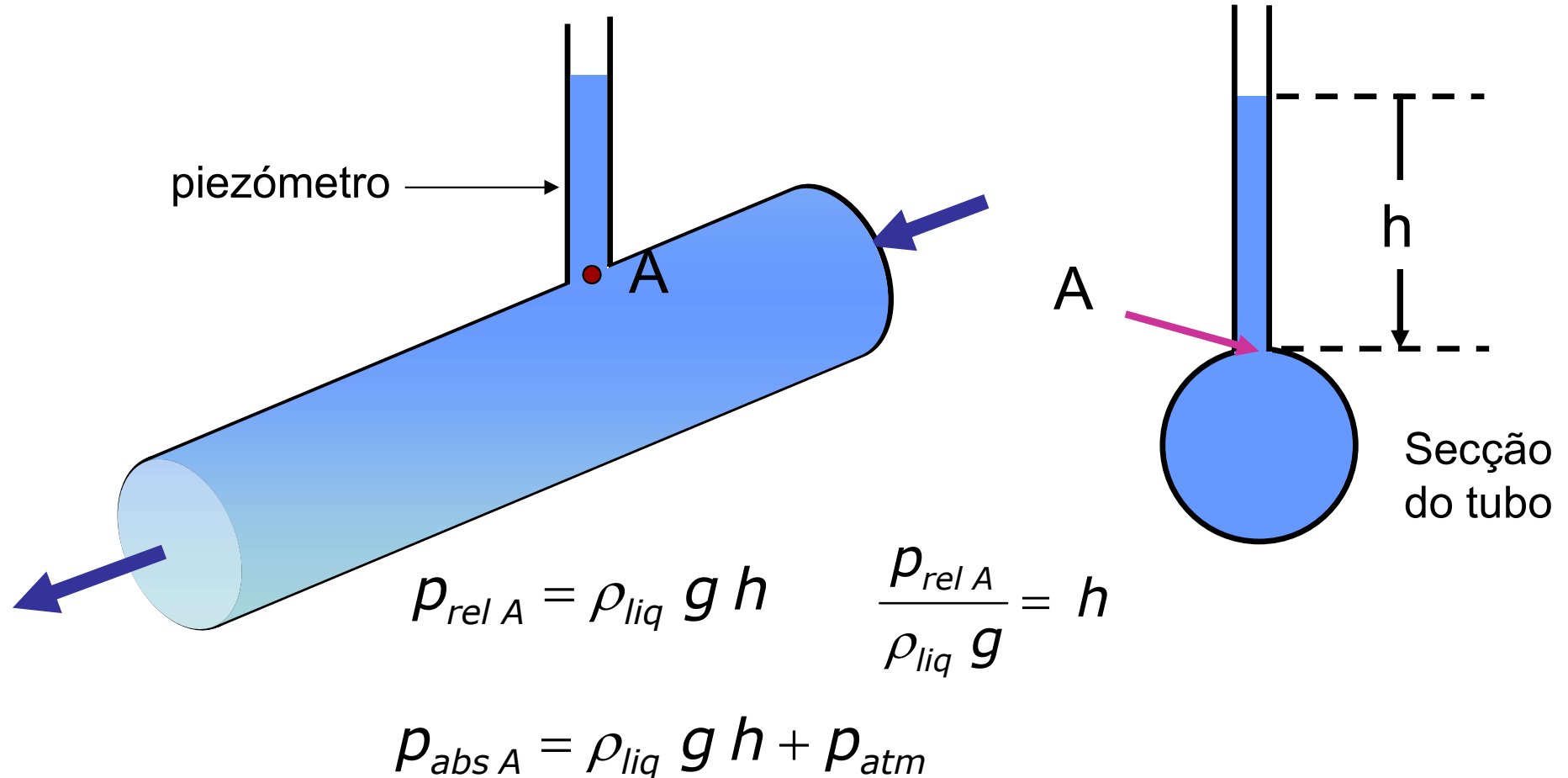


Medidores de pressão - manómetros

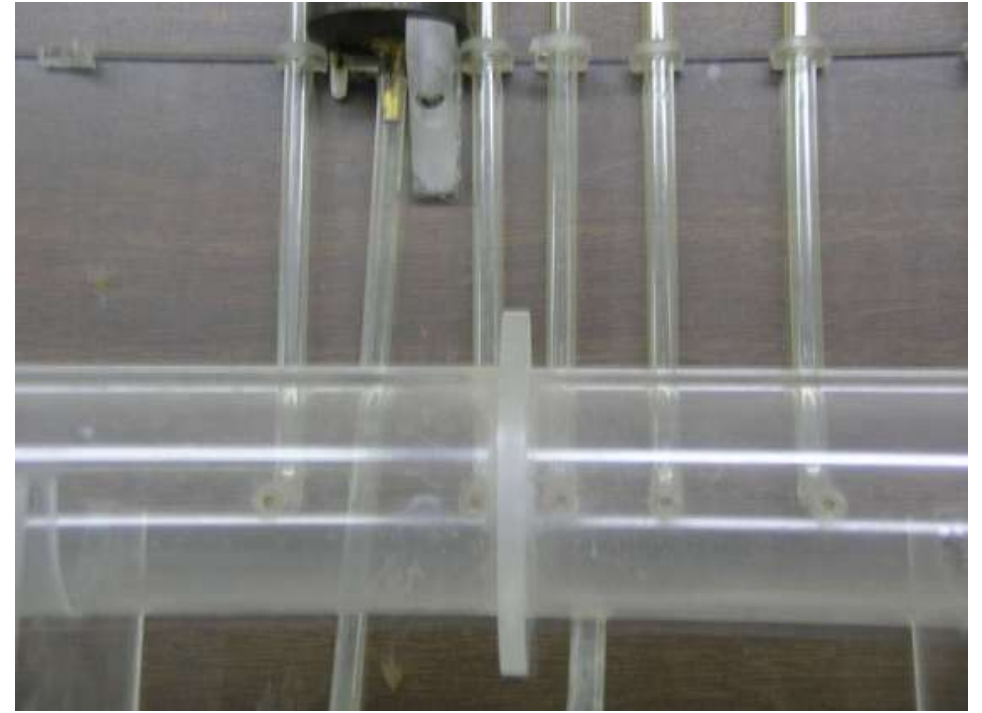
Um manómetro é um instrumento para medir pressões relativas (manométricas) em fluidos

- **Manómetros de tubo:** baseados na relação entre pressão e altura de líquido
- **Manómetros mecânicos:** a diferença de pressão origina uma deformação cujo valor depende da diferença de pressão.
- **Transdutores de pressão:** a diferença de pressão é transformada num sinal eléctrico.

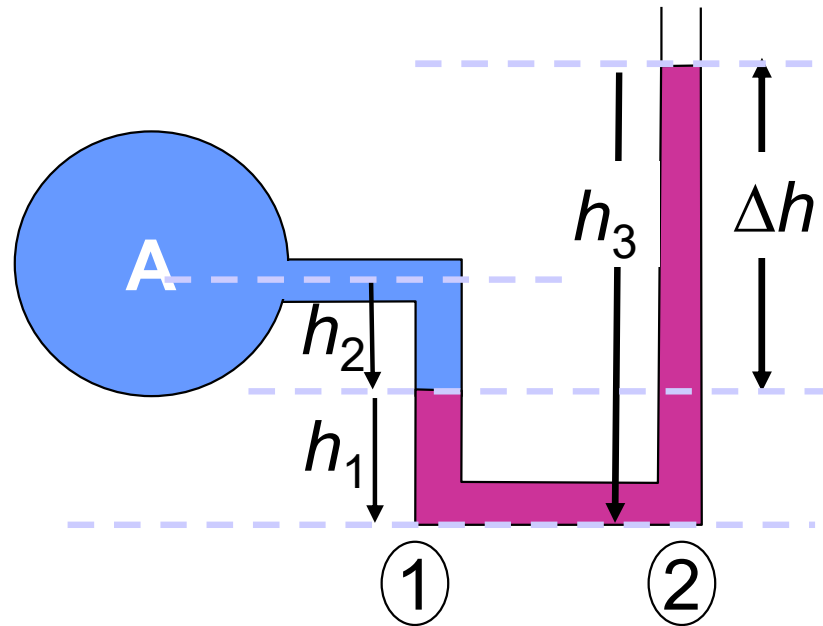
Manómetro simples - Piezómetro



- ❖ Não é adequado para medir pressões muito elevadas
- ❖ Não é adequado para medir pressões em gases
- ❖ Não é adequado para medir pressões relativas negativas



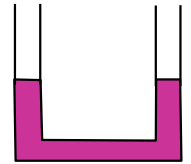
Manómetro simples em U



$$p_1 = p_A + \rho_2 g h_2 + \rho_1 g h_1$$

$$p_2 = \rho_1 g h_3$$

b) Com líquido manométrico



$$p_1 = p_2$$

$$p_A + \rho_2 g h_2 + \rho_1 g h_1 = \rho_1 g h_3$$

$$p_A = \rho_1 g h_3 - \rho_1 g h_1 - \rho_2 g h_2$$

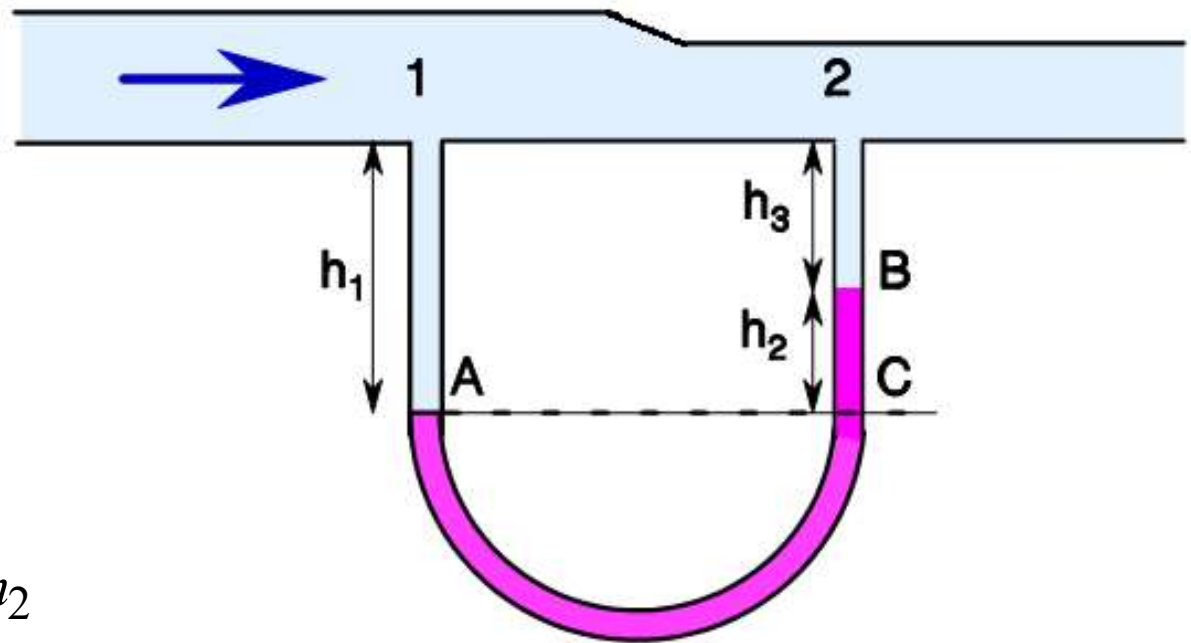
$$p_A = \rho_1 g (h_3 - h_1) - \rho_2 g h_2$$

$$p_{rel A} = \rho_1 g \Delta h - \rho_2 g h_2$$

Se o fluido A for um gás, $\rho_2 \ll \rho_1 \Rightarrow \rho_2$ é desprezável

$$p_{rel A} = \rho_1 g \Delta h$$

Manómetro diferencial



$$p_A = p_C$$

$$p_A = p_1 + \rho g h_1$$

$$p_C = p_2 + \rho g h_3 + \rho_{\text{man}} g h_2$$

$$p_1 + \rho g h_1 = p_2 + \rho g h_3 + \rho_{\text{man}} g h_2$$

$$p_1 - p_2 = \rho_{\text{man}} g h_2 - \rho g (h_1 - h_3)$$

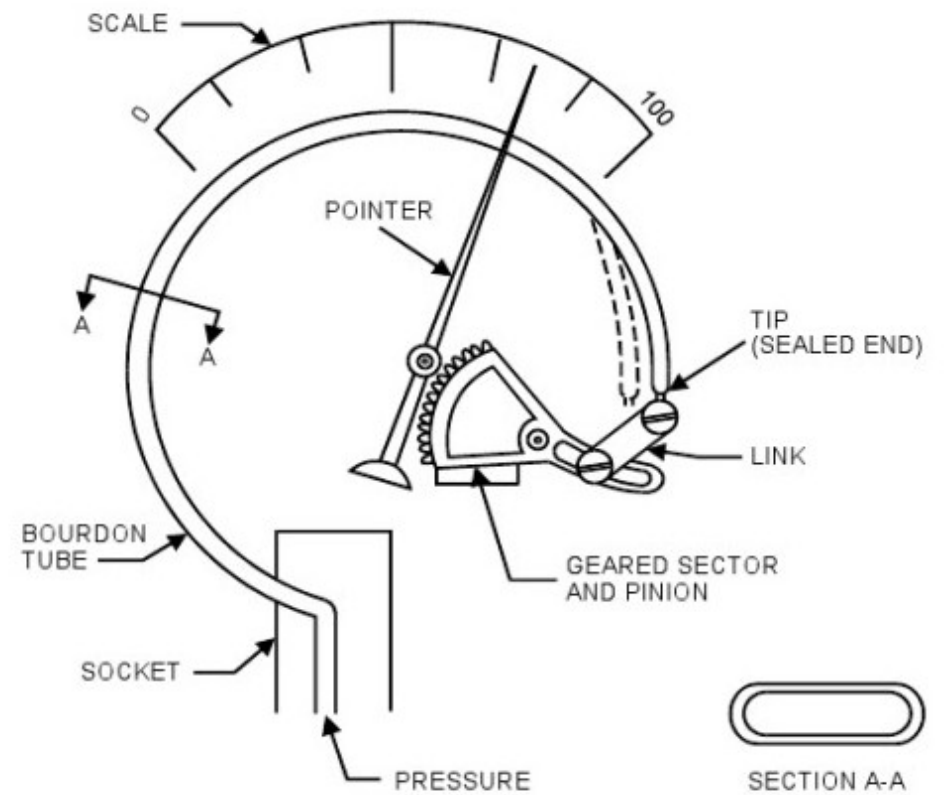
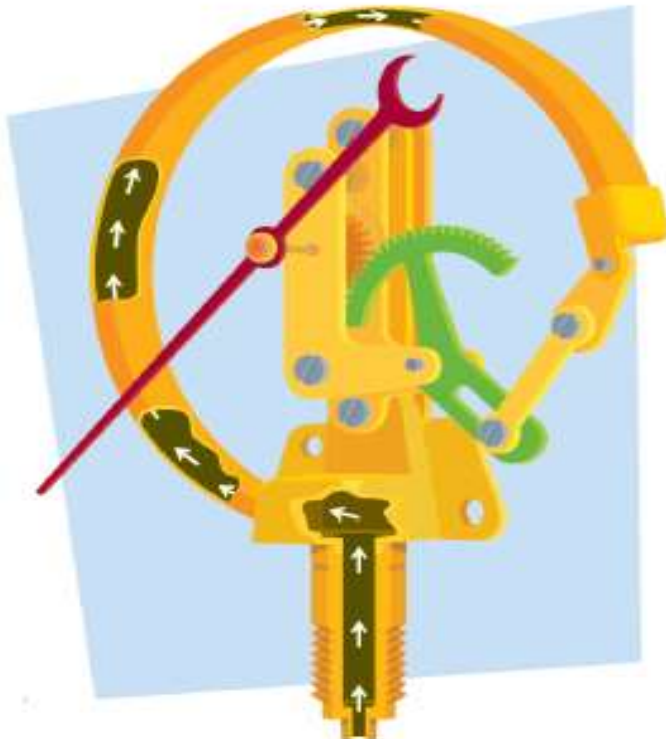
$$h_1 - h_3 = h_2 = \Delta h$$

$$p_1 - p_2 = (\rho_{\text{man}} - \rho) g \Delta h$$

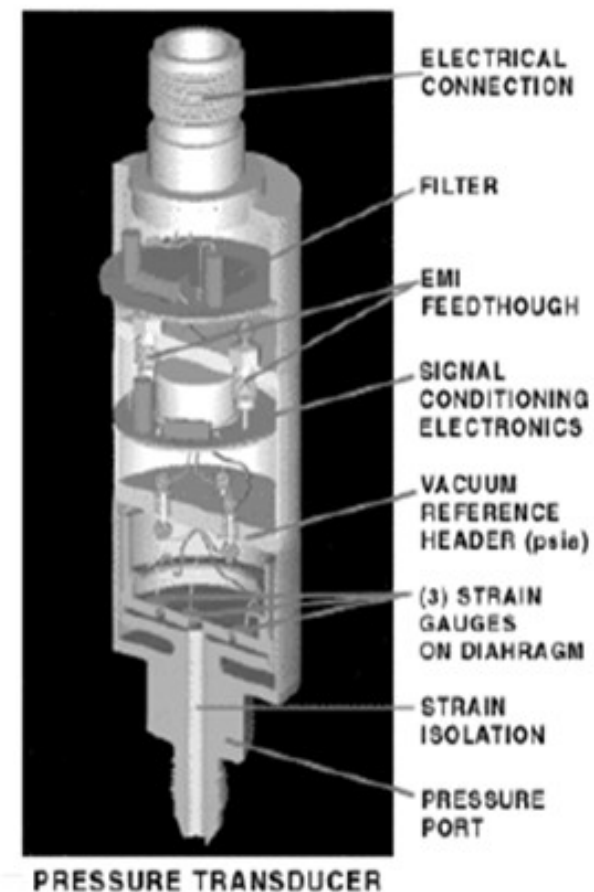
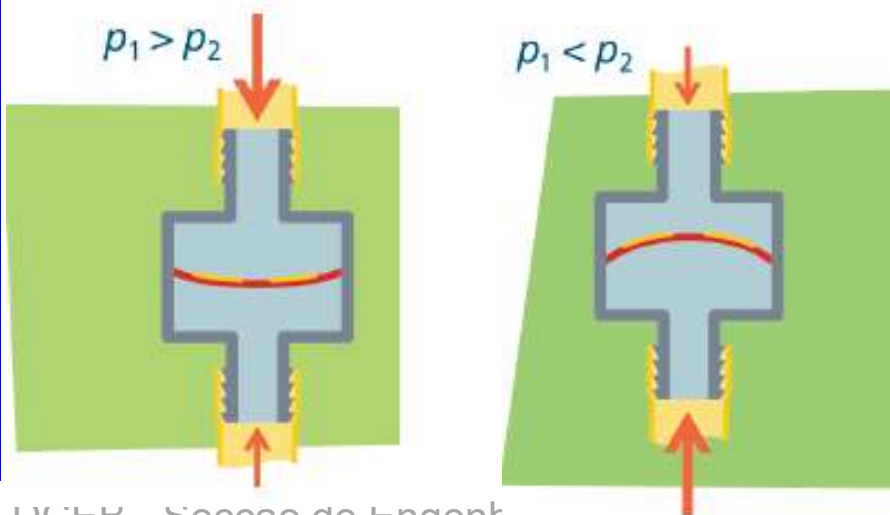
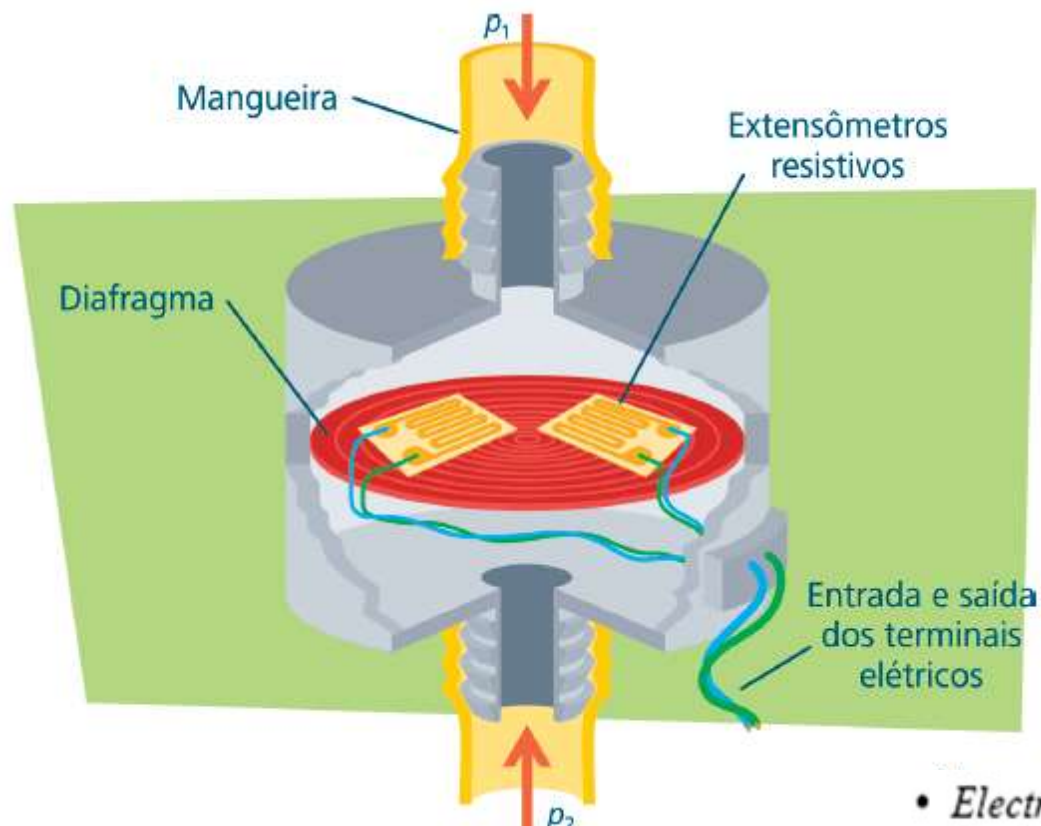
Manómetro de Bourdon



- Pode medir pressões positivas ou negativas
- Grande gama de medição (-1 → 7000 bar)



Transdutores de pressão



- *Electrical pressure transducer* converts displacement of a diaphragm to an electrical signal.

