



[Esta Foto](#) de Autor Desconhecido está licenciado em [CC BY-SA](#)

Aula 2 – Hidrostática

Subdivisões da Mecânica dos Fluidos e da Hidráulica

► - Hidráulica

a) Hidrostática: esforços a que estão submetidos os fluidos em repouso

b) Hidrodinâmica: fluidos em movimento.

c) Hidráulica aplicada: solução de problemas práticos.

- Dimensionamento de tubulações e canais

- Dimensionamento de redes de abastecimento

- Projetos de sistemas de irrigação e drenagem

Massa específica (ρ)

$$\rho = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$$

Sistema MK*S: $\rho = \text{UTM m}^{-3}$

SI (MKS): $\rho = \text{kg m}^{-3}$

CGS: $\rho = \text{g cm}^{-3}$

Quanto < Temperatura > massa específica

ρ água a 20°C = 101,75 UTM m⁻³ = 998,17 kg m⁻³

ρ água a 4°C = 101,94 UTM m⁻³ = 1000 kg m⁻³

Peso específica (γ)

$$\gamma = \frac{\text{peso}}{\text{volume}}$$

Sistema MK*S:

$$\gamma = \text{N m}^{-3}$$

SI (MKS):

$$\gamma = \text{kgf m}^{-3}$$

CGS:

$$\gamma = \text{dina cm}^{-3}$$

$$\gamma \text{ \u00e1gua a } 4^{\circ} \text{ C} = 9810 \text{ N m}^{-3} = 1000 \text{ kgf m}^{-3}$$

$$\gamma = \frac{\text{peso}}{\text{volume}} = \frac{\text{m} \cdot g}{\text{volume}} = \rho \cdot g \quad \text{e} \quad \rho = \frac{\gamma}{g}$$

ρ

Densidade relativa (d)

$$d = \frac{\rho \text{ substância considerada}}{\rho \text{ substância padrão}}$$

Ou

$$d = \frac{\gamma \text{ substância considerada}}{\gamma \text{ substância padrão}}$$

Medida relativa → Adimensional

Para nós a substância padrão será a água a 4°C:

$$\gamma = 9810 \text{ N m}^{-3} = 1000 \text{ kgf m}^{-3}$$

Tópicos da aula 2:

- Pressão e empuxo
- Empuxo em superfícies sólidas
- Pressão
 - Pressão relativa e pressão absoluta
 - Unidades de medida
 - Medidores
 - Cálculo em condutos interligados

1 Pressão e Empuxo

Pressão: força normal por unidade de área que a massa fluída exerce sobre uma superfície imersa.

$$P = \frac{F}{A} = \frac{\text{Força}}{\text{Área}}$$

Empuxo: força total resultante da ação da pressão sobre uma área imersa

$$E = F \times A$$

Exemplo

▶ empuxo atuante sobre uma comporta circular

▶ Dados: Pressão: $P = 1000 \text{ kgf m}^{-2}$;

Diâmetro: $D = 0,3 \text{ m} \rightarrow$ Área: $A = \frac{\pi D^2}{4} = 0,0707 \text{ m}^2$

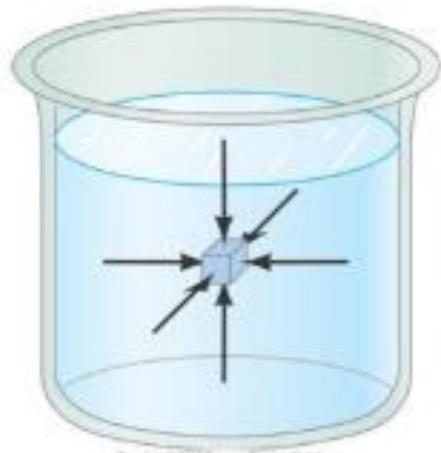
Empuxo: $E = P \times A \rightarrow E = 1000 \times 0,707 = 70,7 \text{ kgf}$

SI: $E = 70,7 \text{ kgf} \times 9,81 \text{ N/kgf} = 693,6 \text{ N}$

2. Princípios Básicos da Hidrostática: Leis fundamentais

► 2.1 Lei de Pascal

A pressão em ponto no interior de um líquido qualquer em equilíbrio é igual em todas as direções



As forças de pressão exercidas por um fluido em equilíbrio sobre as superfícies com as quais contacta exercem-se perpendicularmente a essas superfícies.

2. Princípios Básicos da Hidrostática:

Leis fundamentais

▶ 2.2 Lei de Stevin

A diferença de pressão entre dois pontos da massa de um líquido em equilíbrio é igual a diferença de profundidade multiplicada pelo peso específico do líquido

Forças atuantes: empuxo (E_1 e E_2) e peso do líquido (F_P)

$$\text{Peso do líquido: } F_P = \gamma V_L$$

F_P – peso (força), kgf

γ - peso específico, kgf m^{-3} ($\gamma_{\text{água}} = 1000 \text{ kgf m}^{-3}$ ou 9810 N m^{-3})

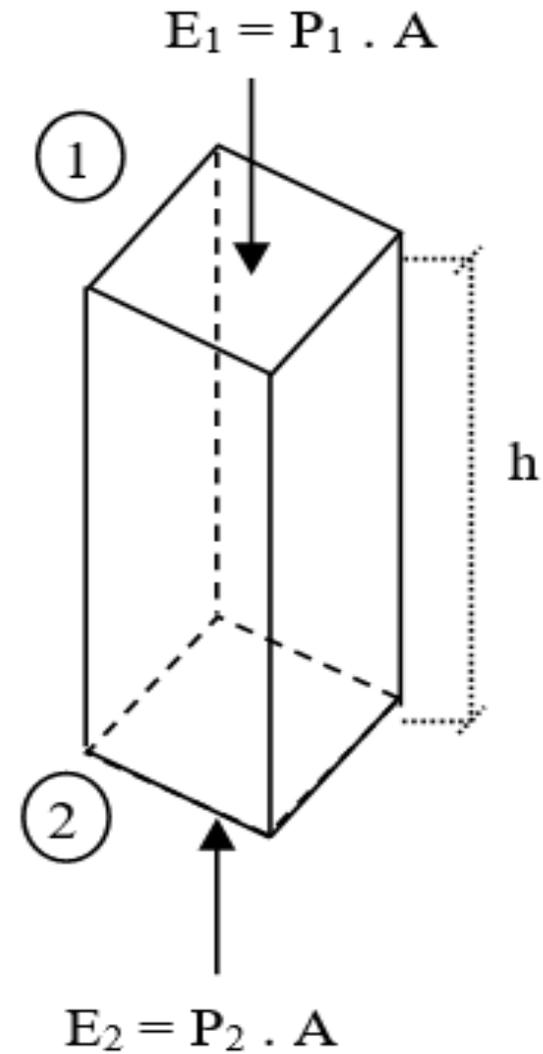
V_L – volume, m^3

$$V_L = h \cdot A$$

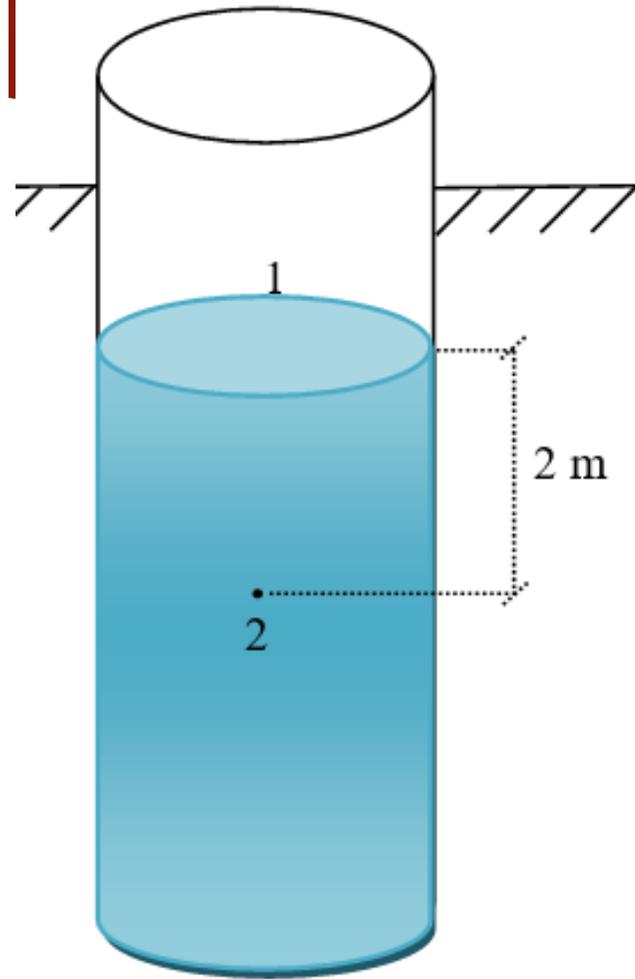
Líquido em repouso: $\sum F = 0$

$$P_1 \cdot A + \gamma \cdot h \cdot A - P_2 \cdot A = 0$$

$$P_1 - P_2 = \gamma \cdot h$$



Pressão atuante em um ponto a 2 metros de profundidade em um poço de água.



Dados:

$$\gamma = 1000 \text{ kgf m}^{-3} \text{ ou } 9810 \text{ N m}^{-3}$$

$$h = 2 \text{ m}$$

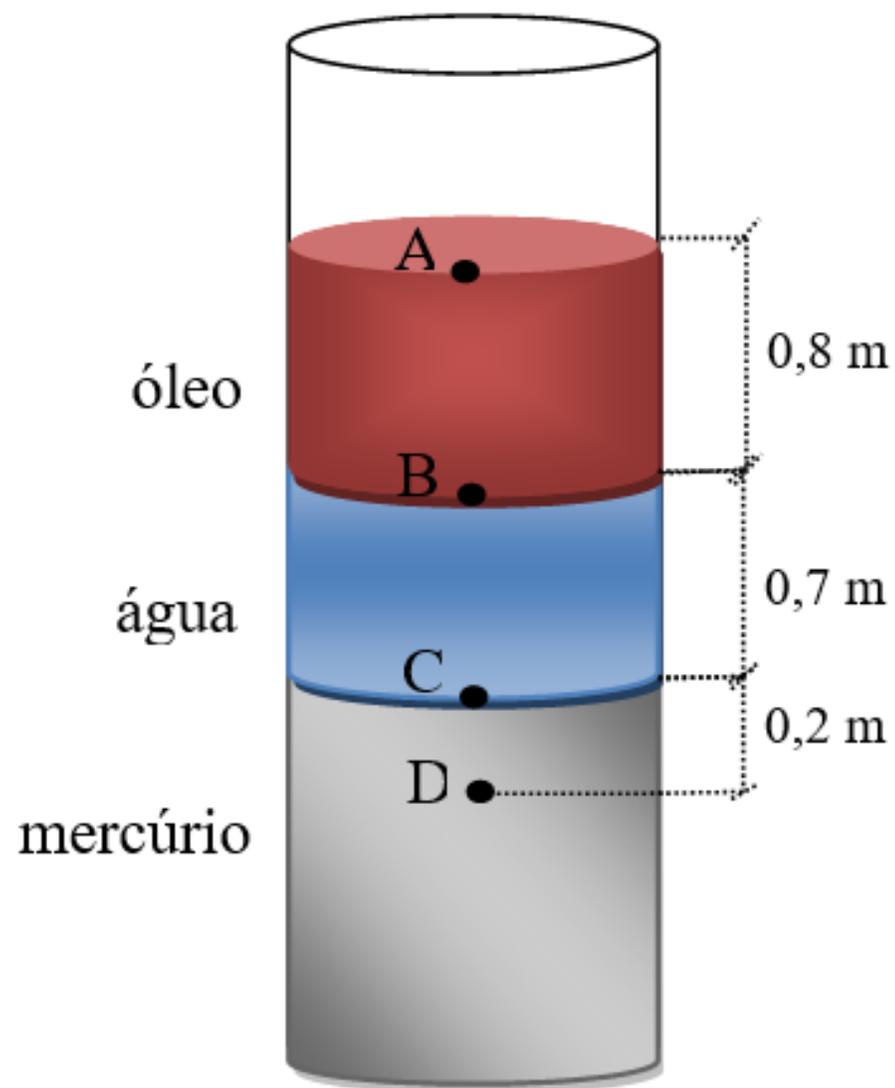
Cálculo:

$$P_2 - P_1 = \gamma \cdot h$$

$$P_1 = 0 \quad \Rightarrow \quad P_2 = 1000 \times 2 = 2000 \text{ kgf m}^{-2}$$

$$(16620 \text{ N m}^{-2})$$

Calcular a pressão relativa nos pontos A, B, C e D do esquema a seguir:



Dados:

$$\gamma_{\text{óleo}} = 850 \text{ kgf m}^{-2}$$

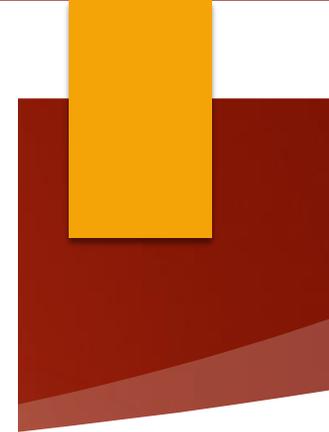
$$\gamma_{\text{água}} = 1000 \text{ kgf m}^{-2}$$

$$\gamma_{\text{mercúrio}} = 13600 \text{ kgf m}^{-2}$$

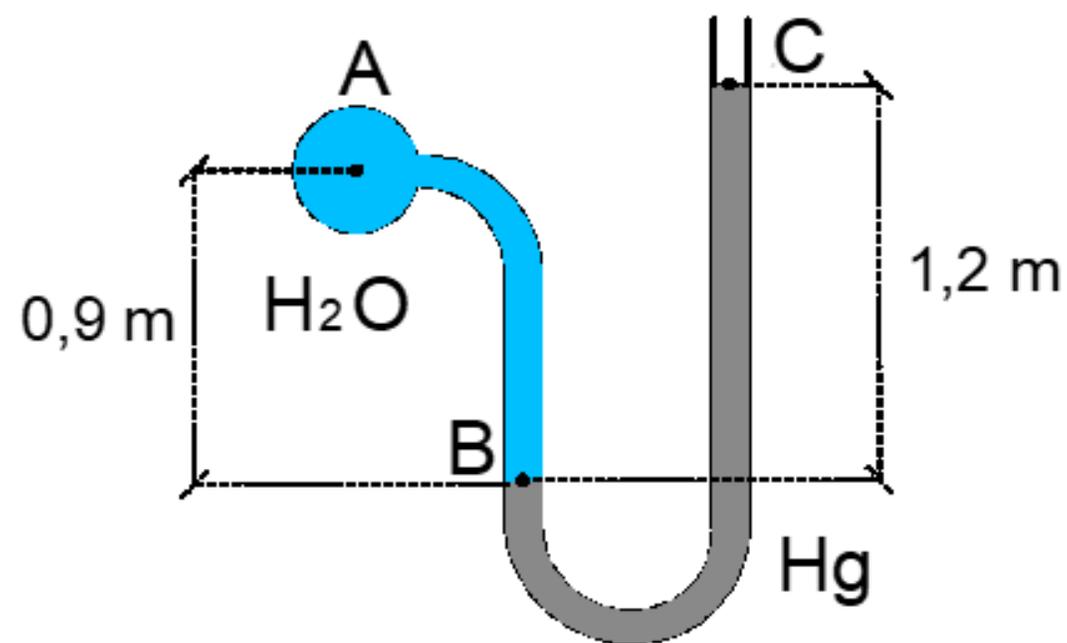
$$h_1 = 0,8 \text{ m}$$

$$h_2 = 0,7 \text{ m}$$

$$h_3 = 0,2 \text{ m}$$



Calcular a pressão relativa no ponto A, no esquema a seguir:



Dados:

$$\gamma_{\text{água}} = 1000 \text{ kgf m}^{-2}$$

$$\gamma_{\text{mercúrio}} = 13600 \text{ kgf m}^{-2}$$

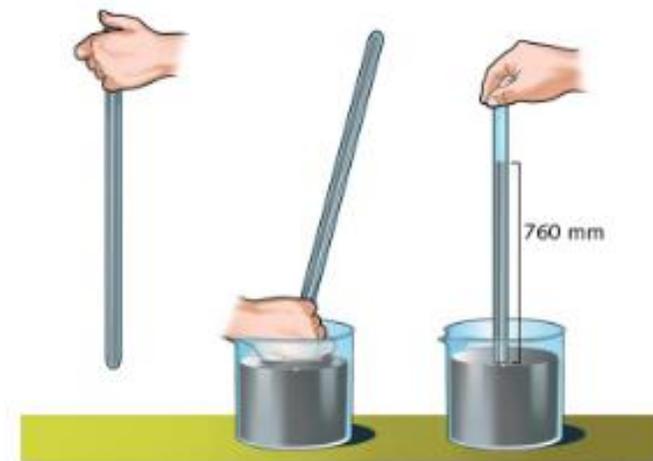
$$h_1 = 1,2 \text{ m}$$

$$h_2 = 0,9 \text{ m}$$

Princípio dos vasos comunicantes: a pressão é igual em dois pontos de um mesmo líquido, situados no mesmo nível (posição vertical).

3 Pressão absoluta e pressão relativa

- ▶ 3.1 Experiência de Torricelli (século XVII)
- ▶ Torricelli utilizou um tubo graduado de 1m de comprimento fechado em uma das extremidades. Encheu o tubo completamente com mercúrio e mergulhou a extremidade aberta em um recipiente contendo também mercúrio.
- ▶ Torricelli foi conclusivo em determinar que a pressão atmosférica realizava esta ação. E como a marca apresentada era de 76 cm, definiu que a pressão atmosférica teria o valor de 760 mm de Hg.

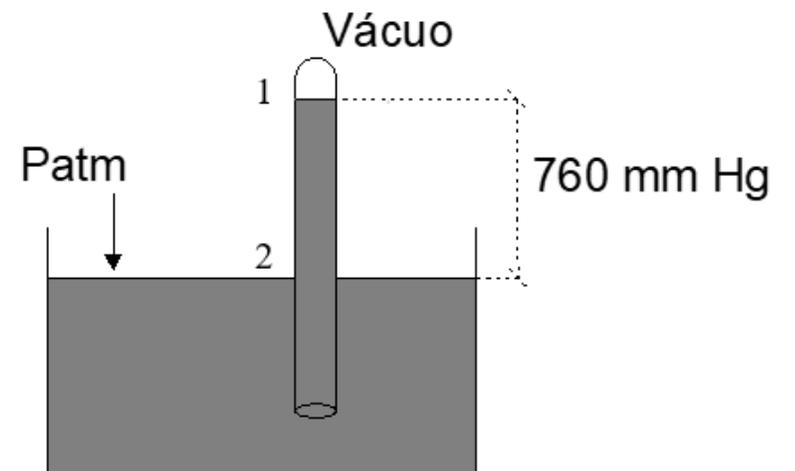


<https://profes.com.br/Rafaela.a.f/blog/experimento-de-torricelli>

3 Pressão absoluta e pressão relativa

- ▶ Torricelli realizou esse experimento por mais vezes, variando o local.
- ▶ Altitude influenciava na altura da coluna de mercúrio
- ▶ Conclusão: a pressão atmosférica diminui com a altitude.

Medida prática:
$$P_{\text{atm loc}} = P_{\text{atm (NM)}} - \frac{0,12 \text{ mca}}{100} \text{Alt}_{\text{loc}}$$



3 Pressão absoluta e pressão relativa

- ▶ Pressão relativa: medida em relação à P_{atm}

$$P_{rel} = 0 \Rightarrow \text{desconsidera } P_{atm} \text{ local}$$

Pressão manométrica

- ▶ Pressão absoluta: $P_{abs} = P_{rel} + P_{atm} \text{ local}$

$$P_{abs} = 0 \Rightarrow P = 0 \text{ (zero absoluto ou vácuo)}$$

$$P_{atm} \text{ local} \rightarrow \text{ao nível do mar} = 10.330 \text{ kgf/m}^2 = 10,33 \text{ m.c.a} = 760 \text{ mm Hg}$$

Exemplos:

- ▶ Calcular a pressão atmosférica em Piracicaba → Altitude local: 600 m
- ▶ Calcular a pressão relativa e absoluta a 3 metros de profundidade de um lago situado a 1200 m de altitude.

4 Unidades de medida de pressão

a) Sistema Internacional: N m^{-2} (Pascal) → múltiplos: kPa e MPa

b) kgf m^{-2} → Sistema MK*S (técnico) múltiplos: kgf cm^{-2}

c) dina cm^{-2} (baria) → Múltiplo: $1 \text{ bar} = 10^6 \text{ baria} \approx 10000 \text{ kgf m}^{-2}$ ou 1 kgf cm^{-2}

d) mca → $1 \text{ mca} = 1000 \text{ kgf m}^{-2}$

4 Unidades de medida de pressão

e) PSI (pounds per squared inch)

PSI: libra-força por polegada quadrada

$$1 \text{ PSI} = 702,85 \text{ kgf m}^{-2} = 7,0285 \text{ mca} \text{ ou } 0,70285 \text{ atm}$$

f) Atmosfera física $\rightarrow 1 \text{ Atm} = 10,33 \text{ mca}$

g) Atmosfera técnica $\rightarrow 1 \text{ Atm}^* = 10 \text{ mca} \text{ ou } 1 \text{ kgf cm}^{-2}$

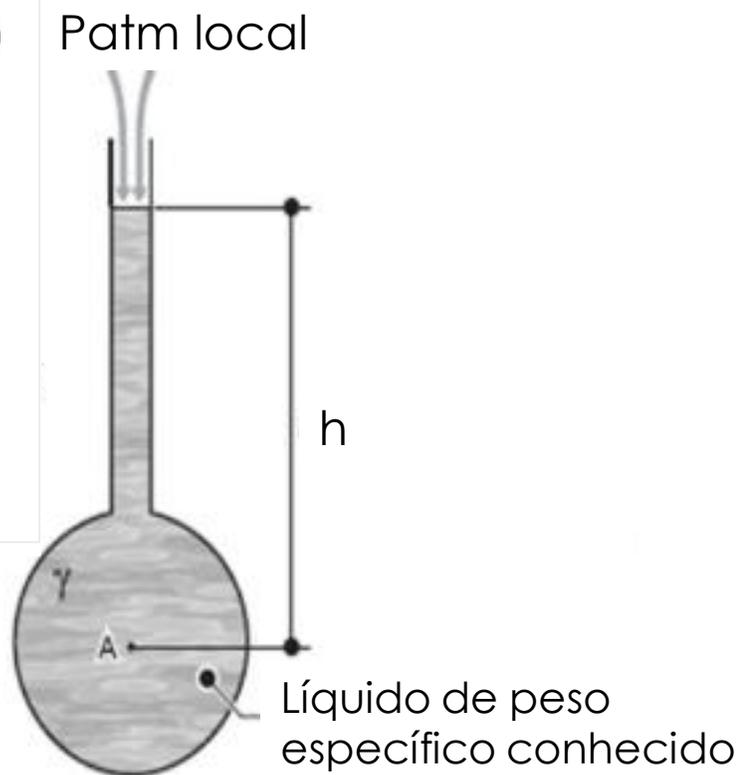
h) milímetros de mercúrio $\rightarrow 760 \text{ mm Hg} = 1 \text{ atm física (759,56 mm)}$

$$10,33 \text{ mca} = 10330 \text{ kgf m}^{-2}$$

5 Medidores de Pressão

a) Piezômetros (medição de pressão relativa)

- Não mede pressões negativas
- É impraticável para pressões elevadas (a altura da coluna seria muito alta)
- Não mede pressão de gases (o gás escapa, não formando coluna)

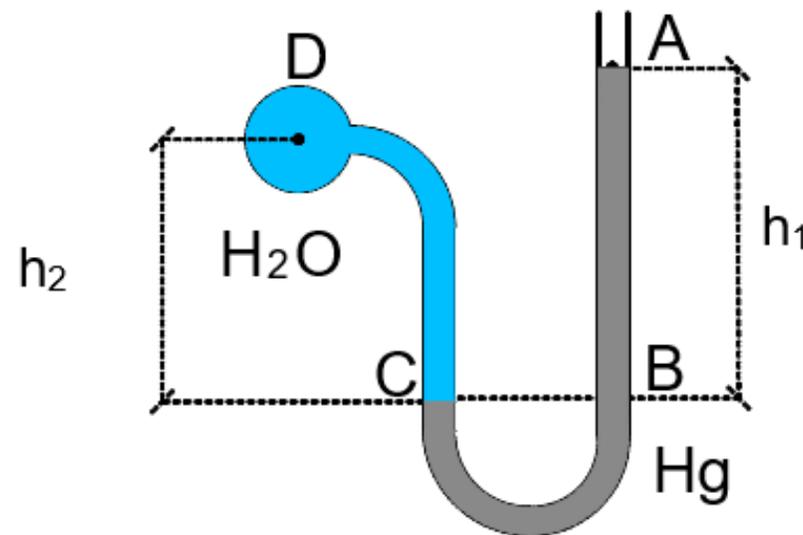


5 Medidores de Pressão

b) Tubo “U” (manômetro)

Indicado para pressões mais altas
(líquido indicador de peso específico alto)

Exemplo: $h_1 = 1\text{m}$; $h_2 = 0,7\text{m}$. Calcule a pressão no ponto D.

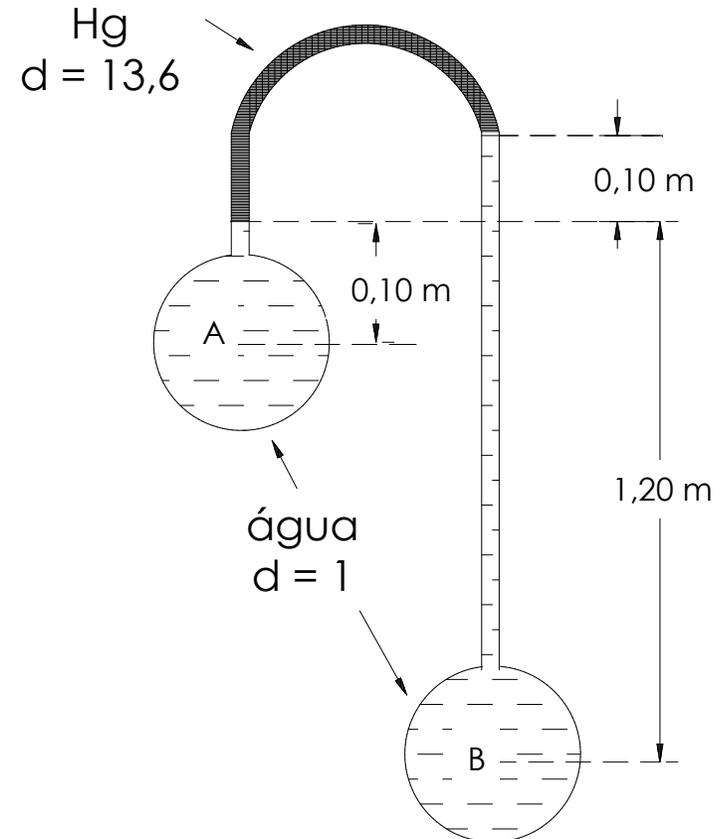


5 Medidores de Pressão

c) Manômetros diferenciais

Determina a diferença de pressão entre 2 pontos

Exemplo: Calcule a diferença de pressão entre os pontos A e B.



5 Medidores de Pressão

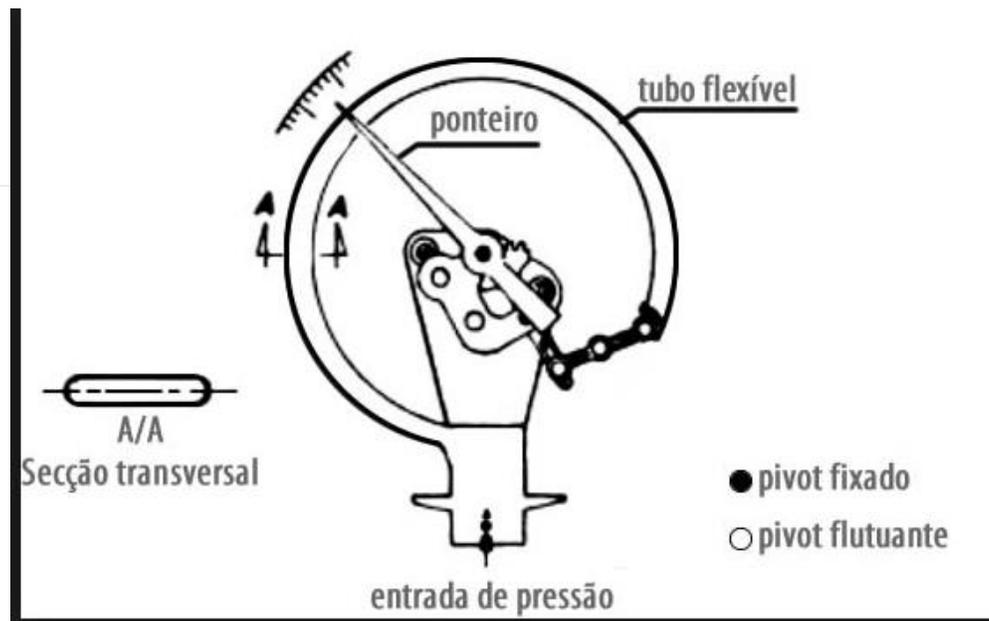
d) Manômetro tipo Bourdon

- Este tipo de sensor é um dos mais utilizados atualmente na indústria, tendo uma faixa de trabalho de 0,5 a 2500 Kg/cm².
- É constituído de um tubo em forma de "C" que terá o seu deslocamento proporcional à pressão aplicada.



5 Medidores de Pressão

d) Manômetro tipo Bourdon



5 Medidores de Pressão

e) Manômetro de peso morto

calibração de manômetros tipo Bourdon

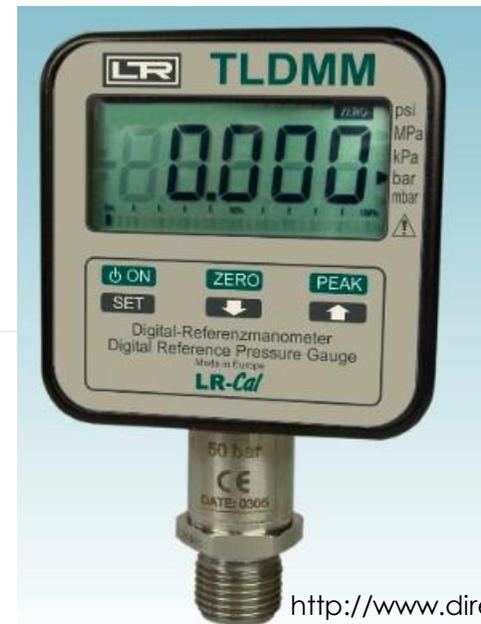


5 Medidores de Pressão

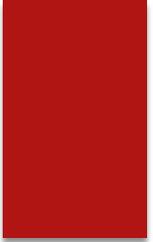
e) Manômetro eletrônico ou digital



<http://www.directindustry.com/pt/prod/ashcroft/product-7297-661757.html>



<http://www.directindustry.com/pt/prod/druck-temperatur-leitenberger-gmbh/product-14053-416401.html>



Para entregar: