

# Mecânica dos fluidos

Um **fluido** é uma substância que se deforma continuamente quando submetida a uma tensão de corte, não importando o quão pequena possa ser essa tensão. Nesta definição estão incluídos os líquidos, os gases e os plasmas.

Os fluidos compartilham a propriedade de não resistir à deformação e apresentam a capacidade de fluir (**também descrita como a habilidade de tomar a forma dos seus recipientes**).

Enquanto que nos sólidos as moléculas vibram em torno de posições médias fixas, nos fluidos elas são livres de se deslocarem ao acaso. No caso dos gases praticamente não há interação entre as moléculas.

## 1. Densidade ou massa volúmica e densidade relativa

Quando um material possui a mesma massa por unidade de volume em todos os seus pontos, denomina-se **homogêneo**. Quando a massa ( $m$ ) de um material homogêneo possui o volume ( $V$ ), a sua massa volúmica ( $\rho$ ) calcula-se por:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

UNIDADES:

Eq. de dimensões:  $[L^{-3}M]$

No SI:  $[\rho]=\text{kgm}^{-3}$

No sistema CGS:  $[\rho]=\text{gcm}^{-3}$

Massa volúmica da água:

$$\rho_{\text{água}} = 1000 \text{ kg m}^{-3} \quad \text{no SI}$$

$$\rho_{\text{água}} = 1 \text{ g cm}^{-3} \quad \text{no sistema CGS}$$

Outras massa volúmicas

$$\rho_{\text{mercúrio}} = 13600 \text{ kg m}^{-3}$$

$$\rho_{\text{alcol}} = 800 \text{ kg m}^{-3}$$

A **densidade relativa** de um material exprime-se como a relação entre a massa volúmica do material e a massa volúmica da água a 4°C. É uma grandeza adimensional

$$d_{\text{água}} = 1$$

$$d_{\text{mercúrio}} = 13,6$$

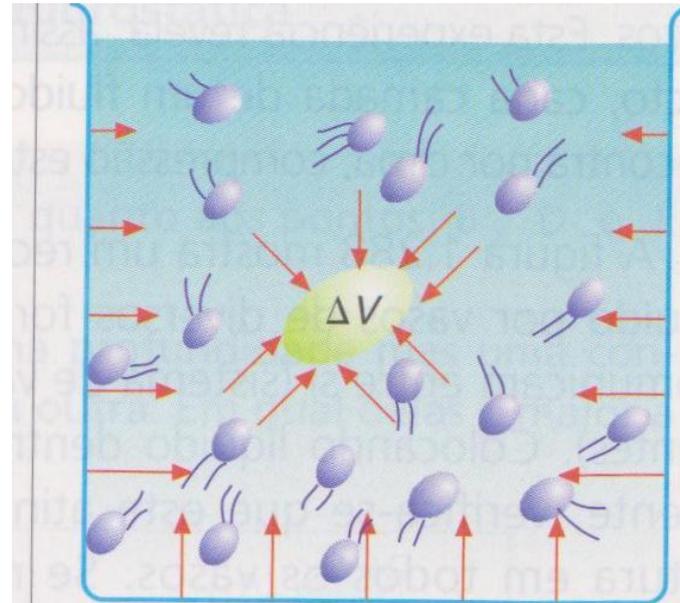
$$d_{\text{alcol}} = 0,8$$

## 2. Pressão de um fluido

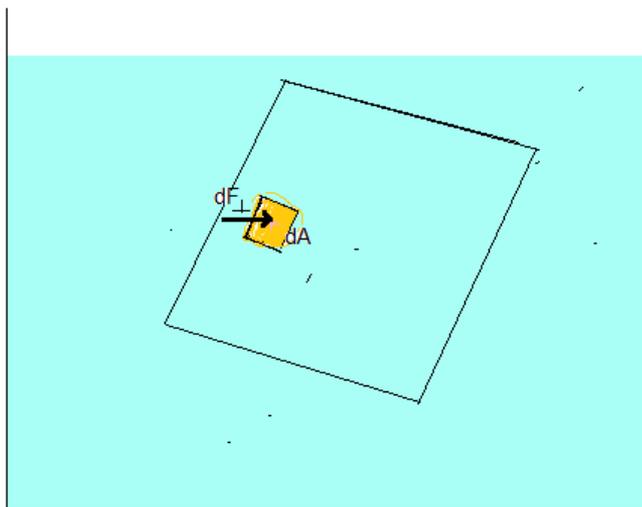
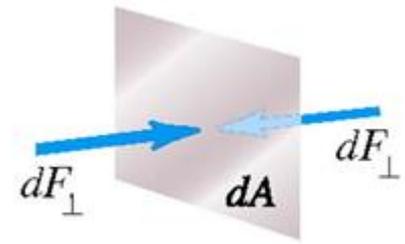
Considere-se um fluido em equilíbrio, como por exemplo um líquido dentro de um recipiente. O fluido está em equilíbrio, mas as moléculas que o constituem estão em movimento errático.

As forças exercidas pelo fluido sobre as paredes que o limitam, são provenientes das colisões moleculares sobre aquelas superfícies e exercem-se normalmente às superfícies

Se se isolar uma porção do líquido  $\Delta V$ , ele continuará em equilíbrio e a superfície imaginária que o limita sofre da parte do líquido uma força que é perpendicular àquela superfície em cada um dos seus pontos.



Para definir melhor a pressão, e dado que ela é uma tensão no interior do fluido, idealiza-se uma superfície elementar, imaginária ( $dA$ ), dentro de um fluido. Essa superfície permanece em equilíbrio porque sofre de cada um dos lados uma força que é perpendicular à superfície. As duas forças anulam-se porque no caso contrário a superfície sofreria uma aceleração.



A pressão exercida pelo fluido num dos lados dessa superfície elementar é dada por

$$p = \frac{dF_{\perp}}{dA}$$

Se a força se mantiver constante em todos os pontos da área  $A$ , o que é verdade se não se tiver em conta o peso, então:

$$p = \frac{F_{\perp}}{A}$$

A superfície poderia ter uma orientação qualquer, pelo que se pode dizer que a pressão é independente da área que serve para a sua definição.

**Princípio de Pascal – Se não se tiver em conta o peso do fluido, a pressão no interior de um fluido é a mesma em todos os pontos e em todas as direções**

## UNIDADES DA PRESSÃO

A equação de derivação é  $P = \frac{F}{A}$

Equação de dimensões  $[p] = L^{-1}MT^{-2}$

a) No SI a unidade é a **Pascal (Pa)**

$$[Pa] = Nm^{-2}$$

b) No sistema CGS a unidade é a **bária (Ba)**

$$[Ba] = cm^{-1}g s^{-2} \text{ ou } [Ba] = dyn cm^{-2}$$

$$1Pa = 1m^{-1}kgs^{-2} = \left(\frac{10^2 cm}{1m}\right)^{-1} \left(\frac{10^3 g}{1kg}\right) \left(\frac{1s}{1s}\right)^{-2} = 10cm^{-1}gs^{-2} = 10 Ba$$

c) O **bar** é uma unidade de pressão (símbolo: *bar*). Equivale exatamente a  $10^5$  Pa (ou  $10^6$  Ba).

Este valor de pressão é muito próximo ao da pressão atmosférica normal, que é definido como 101 325 Pa. O plural do nome da unidade de pressão bar é bars.

O **milibar (mbar)** é a milésima parte do bar:  $1 mba = 10^{-3} bar = 10^2 Pa$

d) A **atmosfera (atm)**  $1 atm = 101325 Pa = 1013,25 mbar \approx 1 bar$

e) No Sistema Técnico ou Gravitacional:  $Kgf m^{-2}$ .

No entanto a unidade mais utilizada não é esta mas sim uma unidade auxiliar, o  $kgf/cm^2$

$$1kgf / cm^2 = \left(\frac{9,8N}{1kgf}\right) \left(\frac{10^2 cm}{1m}\right)^2 = 9,8 \times 10^4 Pa = 0,98 \times 10^5 Pa \approx 1 bar$$

## Pressão em profundidade.

Na definição dada anteriormente desprezou-se o peso do fluido. De um modo geral, no caso dos líquidos, este não é desprezável. Para estes fluidos a pressão varia com a altura de fluido ( $h$ ) acima do ponto que estamos a considerar .

Seja um fluido homogéneo ( $\rho$  constante) e que a aceleração da gravidade toma o mesmo valor em todos os pontos do fluido.

Considere-se agora um cilindro de fluido em equilíbrio no interior do fluido

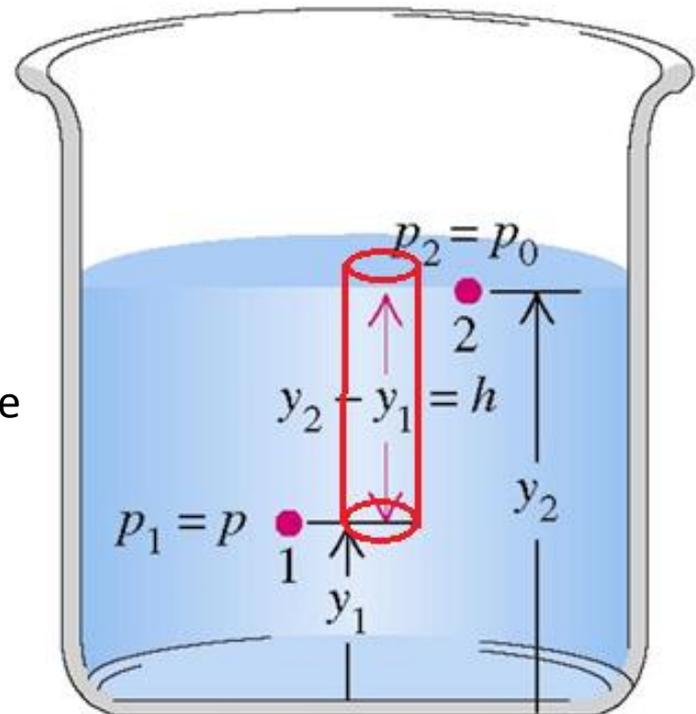
Seja  $a$  a área da base do cilindro de altura  $h$  representado na figura. A massa do cilindro obtém-se multiplicando o seu volume pela massa volúmica ( $\rho$ )

$$m_{cilindro} = a \times h \times \rho$$

$$peso_{cilindro} = a \times h \times \rho \times g$$

A pressão exercida pelo fluido à profundidade  $h$  é igual ao peso do fluido por unidade de área e designa-se por **pressão relativa ( $p_r$ )**.

$$p_r = \rho g h$$

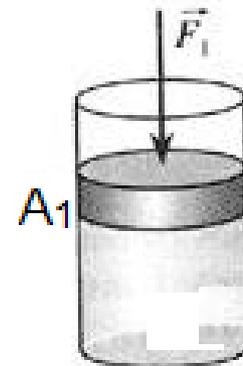


Se se considerar a pressão na superfície do líquido ( $p_0$ ) fica:

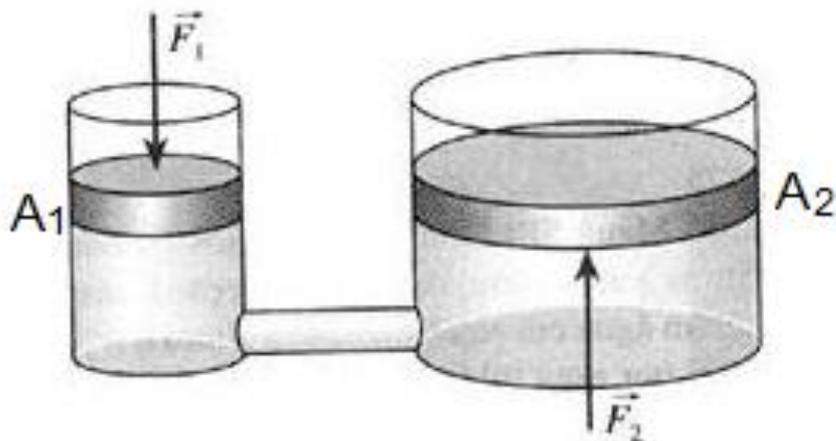
### EQUAÇÃO FUNDAMENTAL DA HIDROSTÁTICA

$$p = p_0 + \rho gh$$

Esta equação mostra que se aumentarmos a pressão à superfície (com um êmbolo, como na figura ao lado), a pressão transmitir-se-á igualmente a todos os pontos do líquido, sendo igual para todos os que estão à mesma profundidade.



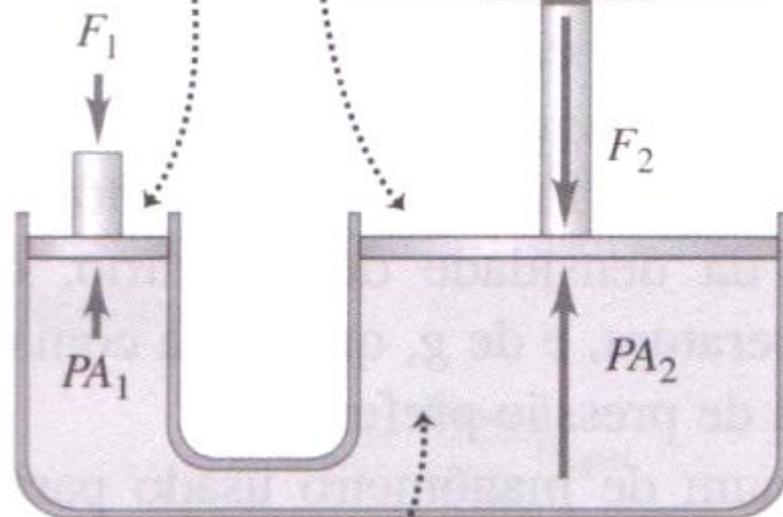
**SE TIVERMOS EM CONTA O PESO DO FLUIDO, A PRESSÃO É IGUAL EM TODOS OS PONTOS QUE ESTÃO À MESMA PROFUNDIDADE.**



Dois recipientes ligados pela base são preenchidos por um líquido em equilíbrio, normalmente óleo. Na superfície livre de cada recipiente está colocado um êmbolo. Aplicando uma força  $F_1$ , a pressão que ela exerce sobre o líquido será transmitida para o 2º êmbolo com o mesmo valor.

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \Rightarrow F_2 = F_1 \frac{A_2}{A_1}$$

① Uma força  $F_1$  é aplicada a uma pequena área  $A_1$



③ Atuando sobre um pistão de área ampla, a pressão cria uma força capaz de sustentar um carro.

② A pressão  $P$  tem o mesmo valor em todos os pontos à mesma altura no interior do fluido (lei de Pascal).

## Pressão absoluta e pressão relativa

Quando se diz que a pressão de um pneu é de 2 atmosferas, a pressão total no interior do pneu é de 3 atmosferas, porque no exterior a pressão é de 1 atmosfera.

O excesso de pressão acima da pressão atmosférica denomina-se **pressão manométrica** ou **pressão relativa**. A pressão total dá-se o nome de **pressão absoluta**.

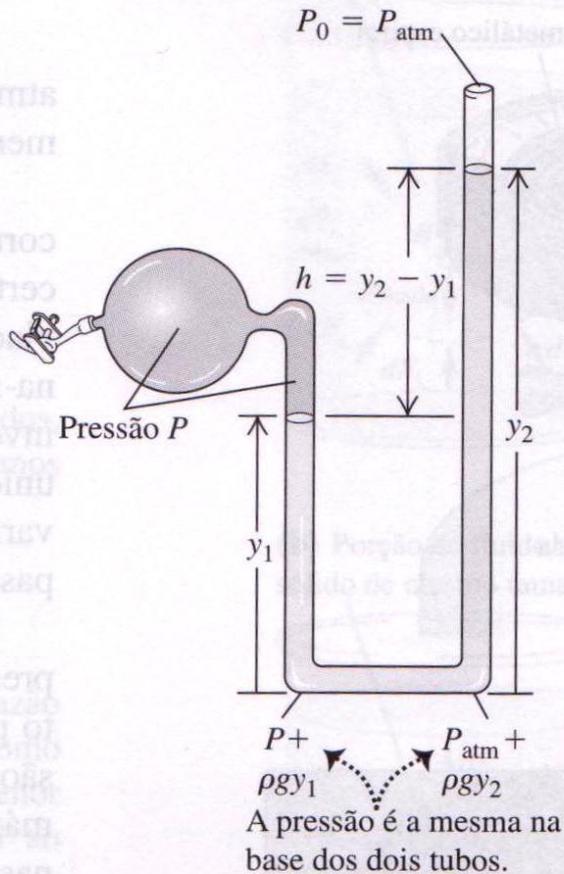
Para um líquido em repouso, cuja superfície livre está em contacto com a pressão atmosférica, escreve-se:

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

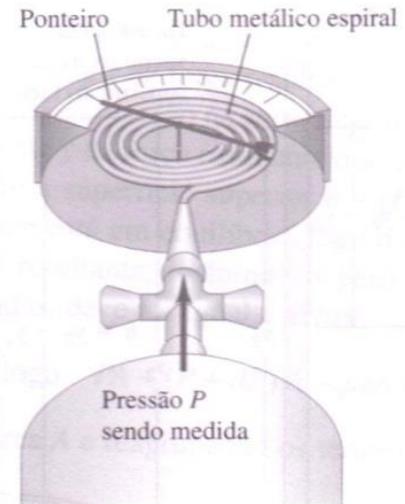
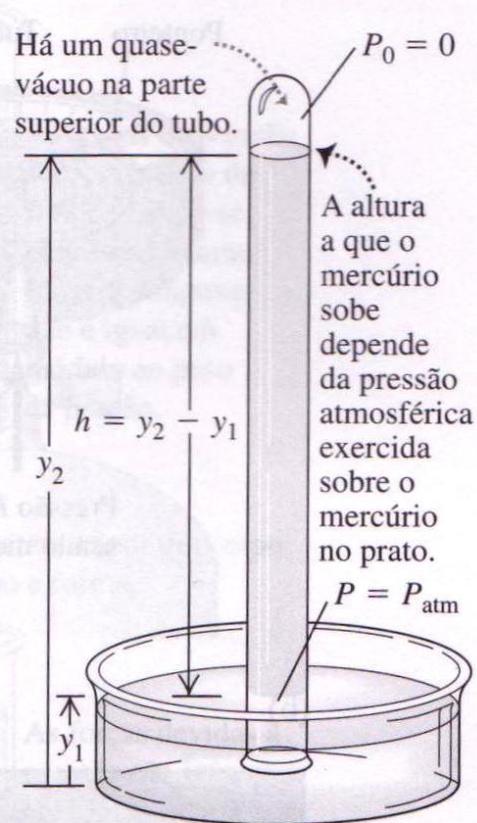
$p = \rho g h$       É a pressão relativa ou manométrica

## Instrumentos para medir a pressão

(a) O manômetro de tubo aberto.



(b) O barômetro de mercúrio.



Manômetros de tubo de Bourdon



**Figura 14.9** Dois tipos de manômetros.



Manómetros digitais.

Estão ligados a um sensor que mede uma grandeza que de alguma forma está relacionada com a pressão..

## Impulsão. Princípio de Arquimedes

Considere-se um paralelepípedo elementar de lados  $dx$ ,  $dy$ ,  $dz$ , imerso num fluido de massa volúmica  $\rho$ .

A pressão exercida pelo fluido nas faces verticais anula-se, dado que a pressão exercida pelo fluido numa das faces é igual e de sentido contrário à pressão exercida na face oposta. De facto, a qualquer ponto de uma destas faces corresponde sempre um ponto à mesma profundidade na face oposta e portanto com um valor simétrico da pressão.

O fluido exerce na face superior:  $Fz_1 = \rho g h \times dx dy$

e na face inferior  $Fz_2 = \rho g (h + dz) \times dx dy$

Logo, a impulsão  $I$  calcula-se por:

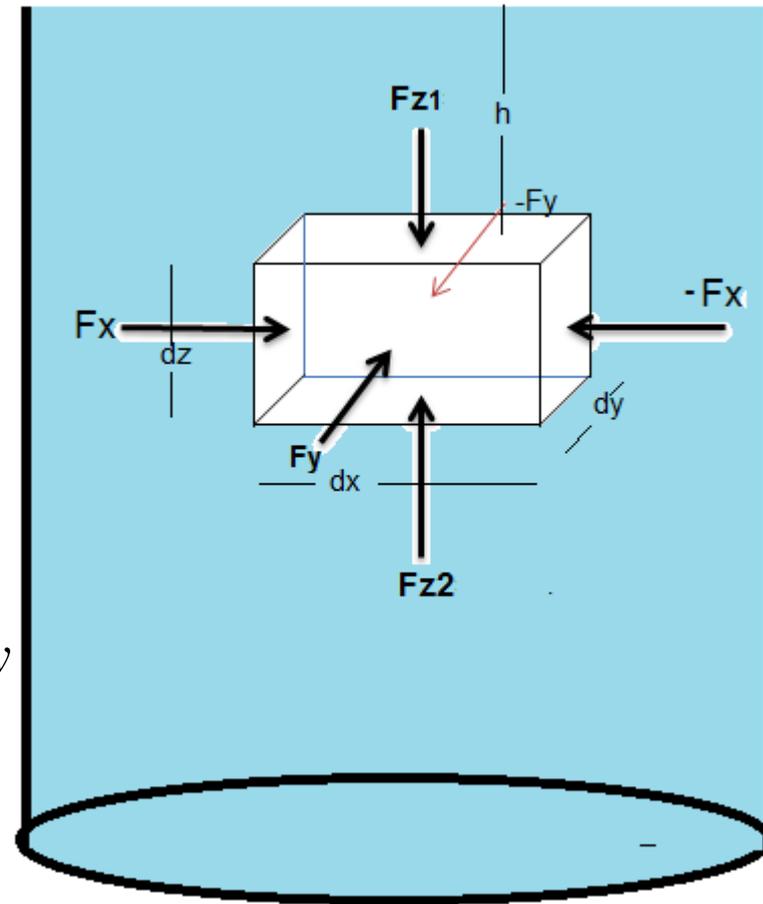
$$I = Fz_2 - Fz_1 = \rho g (h + dz) dx dy - \rho g h dx dy$$

$$I = \rho g dx dy dz$$

$$I = \rho_{\text{fluido}} V_{\text{deslocado}} g$$

A impulsão é uma força vertical, dirigida de baixo para cima, e igual ao peso do volume do líquido deslocado

Esta conclusão é válida para qualquer volume e não só para o paralelepípedo elementar, como facilmente se pode verificar.



## Equilíbrio de um corpo imerso num líquido

Para que um corpo esteja em equilíbrio, totalmente imerso num líquido, **na ausência de atrito**, será então necessário que a impulsão equilibre o peso do corpo.

$$I = \rho_{\text{líquido}} V_{\text{líquido}} g ; P = \rho_{\text{corpo}} V_{\text{corpo}} g$$

O corpo só estará em equilíbrio, totalmente imerso,  $V_{\text{líquido}} = V_{\text{corpo}}$  se a sua massa volúmica (densidade) for igual à do líquido

$$\rho_{\text{líquido}} V_{\text{líquido}} = \rho_{\text{corpo}} V_{\text{corpo}}$$

$$\frac{\rho_{\text{corpo}}}{\rho_{\text{líquido}}} = \frac{V_{\text{líquido}}}{V_{\text{corpo}}}$$

a) Quando a densidade do corpo for menor que a do líquido: o volume do líquido deslocado terá que ser menor que o volume do corpo, e uma parte do corpo terá que ficar acima da superfície livre do líquido (emersa).

b) Quando a densidade do corpo for maior que a do líquido: O equilíbrio é impossível e o corpo afundar-se-á lentamente.

