

# Hidrostatica

Flaviano Williams Fernandes

Instituto Federal do Paraná  
Campus Irati

14 de Julho de 2022

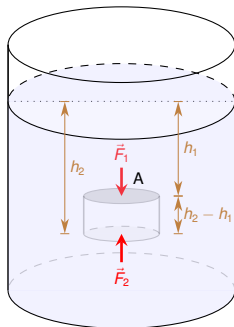
# Sumário

- 1 **Lei de Stevin**
- 2 **Princípio de Pascal**
- 3 **Princípio de Arquimedes**
- 4 **Apêndice**

## Cálculo da pressão no interior de um fluido

Supondo um cilindro totalmente imerso e imóvel no interior de um fluido como mostra a figura ao lado, verificamos que

- ✓ O peso do cilindro aplica uma força puxando-o para **baixo**;
- ✓ O fluido pressiona as paredes do cilindro no intuito de espremê-lo de fora para dentro;
- ✓ A somatória da pressão na base produz uma força que empurra o cilindro para **cima**;
- ✓ A somatória da pressão no topo produz uma força que empurra o cilindro para **baixo**;



Forças atuando acima e abaixo do objeto submerso num fluido em repouso.

## Variação da pressão com altitude e profundidade

Pela relação da pressão  $p$  e força  $F$ ,  
 $p = \frac{F}{A}$ , temos

$$F = (p) \times (A),$$

portanto

$$F_1 = p_1 A,$$

$$F_2 = p_2 A.$$

Se o cilindro está em repouso, pela segunda Lei de Newton a força resultante

deve ser zero, portanto

$$F_2 = F_1 + P.$$

Pela definição de densidade,  $m = \rho V$ ,  
e sabendo que o volume do cilindro é a  
base  $A$  vezes a altura  $h$  temos

$$p_2 A = p_1 A + \rho g h A,$$

$$\boxed{p_2 = p_1 + \rho g h.}$$

## Variação da pressão com a profundidade

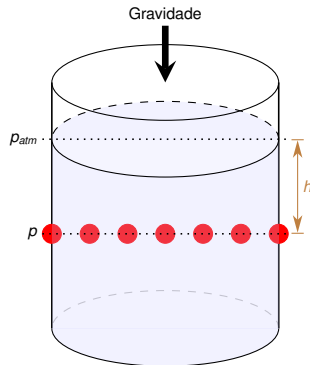
### Lei de Stevin

Se a superfície de um fluido, cuja densidade é  $\rho$ , está submetida a uma pressão  $p_{atm}$ , a pressão  $p$ , no interior desse líquido, a uma profundidade  $h$ , é dada por

$$p = p_{atm} + \rho gh$$

### Corollary

*A força da gravidade puxa o fluido para baixo causando uma pressão na base e nas paredes do recipiente.*

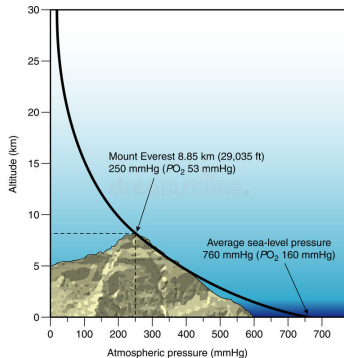


Pressão em função da profundidade  $h$ .

## Variação da pressão com a altitude

### Corollary

*Para baixas altitudes ou profundidade a força da gravidade é praticamente constante, portanto a Lei de Stevin pode ser aplicada, mas para altas altitudes a força da gravidade diminui de modo que a pressão do ar varia de maneira praticamente exponencial com a altura.*



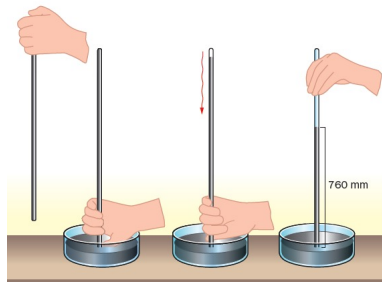
Variação da pressão com a altitude.

## Experiência de Torricelli

Coloca-se mercúrio cuja densidade é conhecida num tubo fino e vira-o de cabeça para baixo. O líquido irá descer e irá preencher o recipiente da parte de baixo. A parte de cima como estava fechada não entrou ar e com a descida do líquido criou-se um vácuo, portanto a pressão da parte de cima será zero. Pela Lei de Stevin temos que a pressão da parte de baixo é dado por

$$p_{atm} = \rho gh,$$

onde  $h$  é a coluna de mercúrio (se for medido ao nível do mar  $h=760\text{mm}$ ).

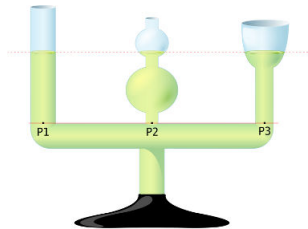


Representação da experiência de Torricelli.

## Vasos comunicantes

### Corollary

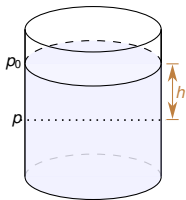
*Pela Lei de Stevin a variação da pressão em um fluido homogêneo ( $\rho = \text{constante}$ ) somente depende da profundidade do fluido e independe da posição do líquido ao longo da horizontal, portanto é esperado que a pressão seja a mesma para cada altura independente do recipiente que está contido o fluido.*



Pressão do fluido em diferentes recipientes (O líquido atinge a mesma altura independente do recipiente).

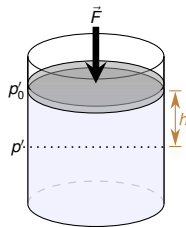


## Variação da pressão na superfície do recipiente



Pela Lei de Stevin a pressão nos pontos 1 e 2 equivale a

$$p = p_0 + \rho gh.$$



Pela Lei de Stevin a pressão nos pontos 1 e 2 equivale a

$$p' = p'_0 + \rho gh.$$

## Variação da pressão ao longo das paredes do recipiente

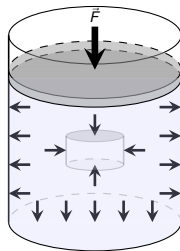
Calculando o quanto a pressão na posição 1 aumenta temos

$$\Delta p = p' - p,$$

$$\Delta p = (p'_0 + \rho gh) - (p_0 + \rho gh),$$

$$\Delta p = p'_0 + \rho gh - p_0 - \rho gh,$$

$$\Delta p = \Delta p_0.$$



### Corollary

*O acréscimo de pressão, em um ponto de um líquido em equilíbrio, transmite-se integralmente a todos os pontos desse líquido.*

## Máquinas hidráulicas

Pela definição de pressão podemos dizer que o aumento de pressão no pistão 1 é dado por

$$\Delta p_1 = \frac{F_1}{A_1}.$$

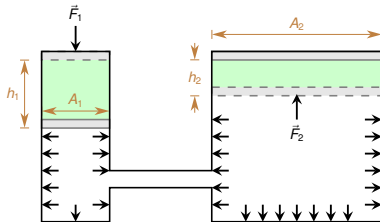
Pelo princípio de Pascal esse aumento será o mesmo no pistão 2, pois  $\Delta p_1 = \Delta p_2$ .

### Princípio de Pascal

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

### Corollary

*O volume deslocado em um pistão é o mesmo deslocado em outro pistão.*



Prensa hidráulica

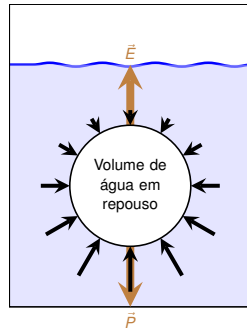
## O que é empuxo?

### Corollary

*A somatória de todas as forças que o fluido atua nas paredes de um objeto imerso em um fluido é igual a força resultante que atua para cima no intuito de subir o objeto;*

*Se a força resultante  $\vec{E}$  for de mesma intensidade da força peso  $\vec{P}$  do volume do fluido deslocado, essa força é chamada de empuxo;*

*Se o empuxo for maior que a força peso o objeto flutua, e se for menor o objeto afunda.*



Representação de empuxo como o peso da água deslocada.

## Relação entre a densidade do fluido, do objeto e o princípio de Arquimedes

Pela definição de empuxo  $E$  podemos dizer que

$$E = m_{\text{fluido}}g,$$

mas pela definição de densidade temos  $m_{\text{fluido}} = \rho_{\text{fluido}}V$ , portanto

$$E = \rho_{\text{fluido}}Vg$$

O peso  $P$  do objeto mergulhado no fluido é dado por  $P = m_{\text{obj}}g$ , portanto se o empuxo for igual ao peso do objeto temos

$$m_{\text{obj}}g = \rho_{\text{fluido}}Vg,$$
$$\rho_{\text{obj}}Vg = \rho_{\text{fluido}}Vg.$$

### Corollary

*Se  $\rho_{\text{fluido}} < \rho_{\text{obj}}$ , o corpo afundará;*

*Se  $\rho_{\text{fluido}} = \rho_{\text{obj}}$ , o corpo ficará em equilíbrio;*

*Se  $\rho_{\text{fluido}} > \rho_{\text{obj}}$ , o corpo irá flutuar na superfície;*

## Alfabeto grego

Alfa	$A$	$\alpha$	Ni	$N$	$\nu$
Beta	$B$	$\beta$	Csi	$\Xi$	$\xi$
Gama	$\Gamma$	$\gamma$	ômicon	$O$	$o$
Delta	$\Delta$	$\delta$	Pi	$\Pi$	$\pi$
Epsílon	$E$	$\epsilon, \varepsilon$	Rô	$P$	$\rho$
Zeta	$Z$	$\zeta$	Sigma	$\Sigma$	$\sigma$
Eta	$H$	$\eta$	Tau	$T$	$\tau$
Teta	$\Theta$	$\theta$	Ípsilon	$\Upsilon$	$v$
Iota	$I$	$\iota$	Fi	$\Phi$	$\phi, \varphi$
Capa	$K$	$\kappa$	Qui	$X$	$\chi$
Lambda	$\Lambda$	$\lambda$	Psi	$\Psi$	$\psi$
Mi	$M$	$\mu$	Ômega	$\Omega$	$\omega$

## Referências e observações<sup>1</sup>

 A. Máximo, B. Alvarenga, C. Guimarães, Física. Contexto e aplicações, v.1, 2.ed., São Paulo, Scipione (2016)

Esta apresentação está disponível para download no endereço  
<https://flavianowilliams.github.io/education>

---

<sup>1</sup>Este material está sujeito a modificações. Recomenda-se acompanhamento permanente.