

# 4-Hidrostática: Lei de Stevin e princípio de Pascal

---

## 4-1 HIDROSTÁTICA E VARIAÇÃO DA PRESSÃO

Na hidrostática procuramos entender as condições mediante as quais um fluido é capaz de se encontrar em repouso, bem como das consequências que essa condição acarreta. Ou seja, na hidrostática estamos interessados nas condições de equilíbrio dos fluidos e suas consequências. Neste caso, admitiremos que a velocidade de cada ponto do fluido é nula. O problema a ser resolvido, do ponto de vista dinâmico, é aquele envolvendo o equilíbrio de forças agindo sobre o fluido como um todo, ou sobre um elemento infinitesimal de volume do mesmo.

Assim, a primeira equação da hidrostática é aquela que estabelece a condição de não haver movimento do fluido. Escrevemos:

$$\vec{V} = 0$$

Na hidrostática, admitimos ademais que os campos associados à pressão e à densidade não dependem do tempo. Ou seja, essas grandezas podem depender apenas dos pontos do espaço.

$$\begin{aligned}\rho &= \rho(x, y, z) \\ P &= P(x, y, z)\end{aligned}$$

A situação mais simples a ser analisada é aquela na qual admitimos que a densidade do fluido é constante. Ou seja, no caso em que o fluido é incompressível;

$$\rho = \rho_0$$

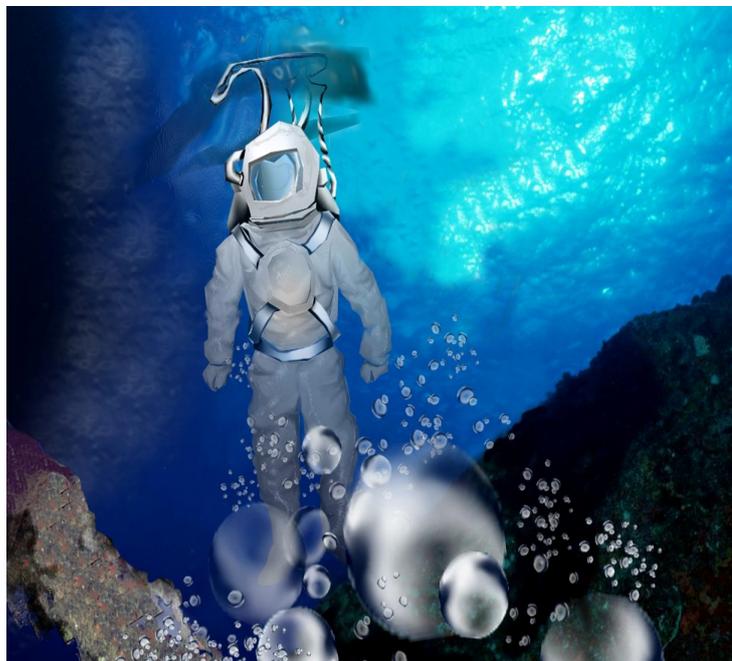
Muitas vezes, essa condição é válida dentro de uma boa aproximação. Por exemplo, quando líquidos ocupam um pequeno recipiente. Certamente essa não é uma boa aproximação para a atmosfera terrestre. Pois sua densidade varia com a altura. A metade da massa da atmosfera terrestre se encontra numa esfera de pouco mais de 5 km acima de nós.

Vamos agora falar de dois temas importantíssimos na hidrostática. Ou seja, abordaremos a lei de Stevin e também do princípio de Pascal. Vamos falar das aplicações dessa lei e desse princípio, pois existem muitas aplicações.

Vamos lembrar que nós estamos falando da hidrostática onde admitimos que o fluido esteja em repouso, que a densidade e a pressão não mudam com o tempo. O nosso

problema aqui é descrever uma equação para pressão que depende da densidade. Mas vamos simplificar tudo, que é válida sob determinadas circunstâncias. O que agente tem que entender é quando uma aproximação muito simples é válida

Já notaram que os mergulhadores utilizam uma roupa especial denominada escafandro, para mergulharem? Isso ocorre por que quando adentramos um fluido como a água vamos perceber que a pressão varia com a profundidade. Quanto maior a profundidade maior será a pressão. Assim, o uso do escafandro visa nos proteger, ou seja, minorar os efeitos da pressão. Porquanto, quando mergulhamos cada vez mais fundo podemos começar a sentir dores no ouvido como um dos primeiros sintomas.



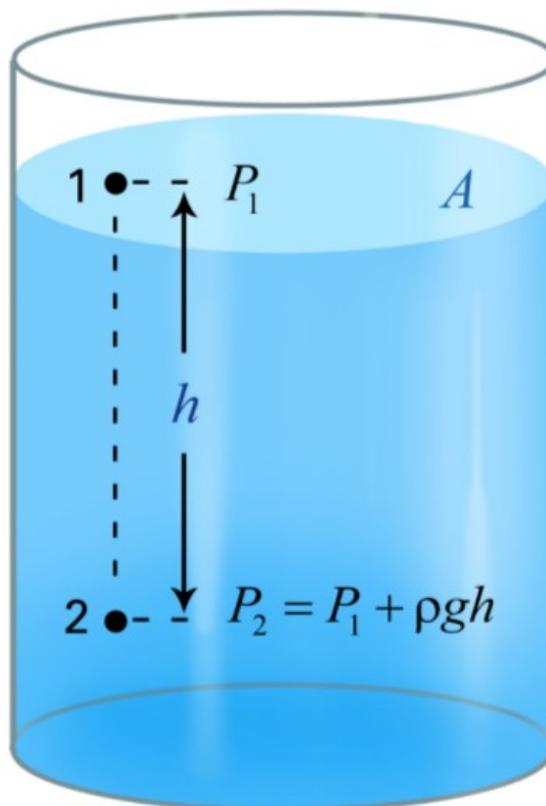
O escafandro visa reduzir o efeito da pressão sobre o nosso corpo, quando mergulhamos.

Sabemos, igualmente, que a grandes altitudes a pressão se reduz significativamente trazendo também conseqüências do ponto de vista do funcionamento do corpo humano. O fato é que quanto mais subimos na atmosfera terrestre menor será a pressão.

Podemos escrever uma expressão bem simples para as diferenças de pressão num fluido. Se denominarmos a pressão no nível do fluido, no nível do mar como sendo pressão atmosférica então a pressão a uma profundidade  $h$ , é dada por:

$$\underbrace{P_2}_{\text{Pressão no ponto 2}} = \underbrace{P_1}_{\text{Pressão no ponto 1}} + \rho g \underbrace{h}_{\text{profundidade}}$$

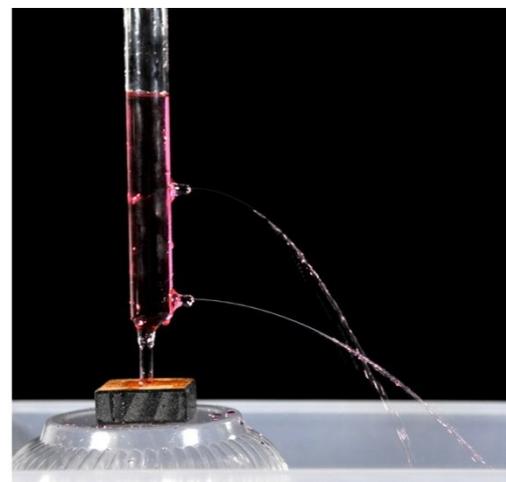
Onde  $g$  é a aceleração da gravidade local,  $\rho$  é a densidade do líquido,  $P_2$  é a pressão em pontos do líquido localizados a uma profundidade  $h$  dos pontos acima que exibem uma pressão  $P_1$



Essa lei é conhecida como **lei de Stevin**. É fácil entendê-la levando em conta à medida que afundamos a partir da superfície vamos ter acima de nós uma quantidade de fluido maior. Essa pressão é na realidade resultado do peso exercido pelo fluido sobre nós à medida que avançamos ou à medida que aumentamos a distância até a superfície.

Pode-se demonstrar, de uma forma muito simples, a variação de pressão com a altura. Basta, para isso, fazermos perfurações num recipiente cheio de líquido em posições diferentes. O jorro sairá cada vez mais forte à medida que aumentarmos a altura da coluna de líquido (isto é, nos pontos mais baixos).

Num fluido qualquer, a pressão não é a mesma em todos os pontos. Se um fluido homogêneo estiver em repouso, então todos os pontos numa superfície plana horizontal estarão à mesma



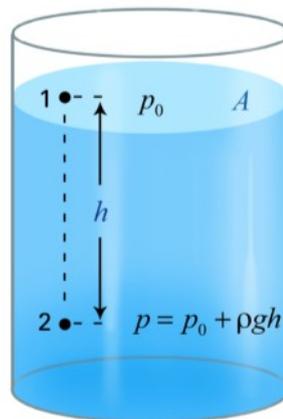
pressão.

#### 4.1.2 DEDUZINDO A LEI DE STEVIN

Para deduzir a Lei de Stevin, vamos admitir que a densidade seja constante

É fato muito conhecido, por parte dos mergulhadores, que, à medida que mergulhamos cada vez mais fundo no mar, a pressão aumenta. Qualquer objeto imerso num fluido fica submetido a uma pressão e essa pressão aumenta quando nele submergimos buscando profundidades maiores.

É fácil entender por que a pressão varia com a profundidade em um fluido. A pressão varia como resultado da força peso (por unidade de área) exercida pela parte do fluido que está acima. À medida que mergulhamos aumentamos a quantidade de fluido acima de nós e, conseqüentemente, a pressão. Vamos determinar como a pressão no fluido varia em função da profundidade admitindo que o fluido tenha uma densidade constante.



Um volume cilíndrico do fluido e dois pontos situados a uma distância  $h$  (na vertical)

Sejam dois pontos situados no interior de um fluido, localizados ao longo de um eixo imaginário na vertical, e situados a uma distância  $h$ . Eles serão denominados 1 e 2 (vide figura 16,5). Agora consideremos uma coluna do fluido de altura  $h$  e área  $A$  perpendicular ao eixo imaginário citado. Ou seja, a coluna cilíndrica que tem esses dois pontos em cada uma das superfícies da base do cilindro. O peso do fluido contido na coluna citada (que está acima do ponto 2 e termina no ponto 1) é:

$$Mg = \rho Ahg$$

Portanto, a pressão adicional,  $\Delta P$ , devido ao peso do fluido, é:

$$\Delta P = P_2 - P_1 = \frac{\rho g Ah}{A} = \rho g h$$

Logo, a pressão no ponto 2,  $P_2$ , a uma altura  $h$  abaixo do ponto 1 será dada por:

$$P_2 = P_1 + \rho gh$$

em que  $P_1$  é a pressão no ponto 1.

Este resultado vale para todos os pontos localizados a uma mesma altura dentro do fluido e é conhecido por **Lei de Stevin**.

Isso explica a variação de pressão na medida em que nós nos aprofundamos na água. Ou seja, na medida em que nós aumentamos a nossa distância a partir da superfície a pressão será maior. Essa dependência é uma dependência linear e tudo o que fizemos foi transmitir a força gravitacional constante e admitimos também a densidade constante. Lembre-se que isso no caso da água não tem problema algum.