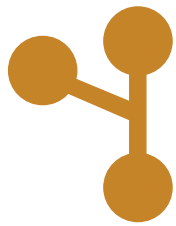


REVISTA TÉCNICO - CIENTÍFICA



robótica®

automação
controlo
instrumentação



ARTIGO CIENTÍFICO

- Rescue bot using IoT
- 8 Gémeos Digitais híbridos e o estudo de caso na indústria da energia eólica

INSTRUMENTAÇÃO

- Pressão estática e manómetro de coluna líquida

ELETRÓNICA INDUSTRIAL

- Eletrónica (27.ª Parte)

PORTUGAL 3D

- Airbag e a importante combinação com outros dispositivos de segurança em veículos (2.ª Parte)

ROBÓTICA 360º

- Introdução à Robótica Industrial (5.ª Parte)

DOSSIER SOBRE METROLOGIA, INSTRUMENTAÇÃO E MEDIDA

- Metrologia para a Sustentabilidade
- Centro de Competência em Monitorização e Controlo do LIP: promover inovação através da colaboração

ENTREVISTA

- Sérgio Rodrigues, FANUC Portugal:
"O segredo é um: ouvir os nossos clientes."

REPORTAGEM

- A caminho da eficiência energética
- I2F: o futuro passa pela mobilidade e inovação!
- Eplan Portugal celebra 40 anos de inovação e fortalece laços com clientes em encontros nacionais
- IA no centro de mais um F.Fonseca Day
- PLC 2024 discutiu sustentabilidade, mobilidade e digitalização
- WEG inaugura nova fábrica em Santo Tirso



Weidos Device

Digitalize a sua energia com a nossa solução industrial baseada em Open Source

Weidmüller

www.weidmuller.pt

Pressão estática e manómetro de coluna líquida

A medição de pressão em instalações industriais é uma das mais antigas e das mais importantes, sendo os sensores de pressão dos mais numerosos, a seguir aos sensores de temperatura.

A utilização dos sensores de pressão, também designados por manómetros, remonta às primeiras máquinas a vapor, em que, por questões de segurança, tinha de existir um indicador de pressão da caldeira. Hoje a lei obriga¹ os utilizadores de instalações de média e de alta pressão, em particular em caldeiras, a disporem de indicadores locais de pressão. A pressão está, pois, intimamente ligada à segurança das instalações, em particular das caldeiras, dos tanques e das tubagens.

Uma outra razão para o uso da medida da pressão, encontra-se no rendimento das instalações. Com efeito, é através do conhecimento exacto das pressões e temperaturas, entre outras grandezas, que se pode otimizar o funcionamento de uma instalação, de modo a evitar a colocação de bombas que elevem demasiado a pressão (custo energético excessivo), ou dispositivos que introduzam perdas de carga elevadas. Também o rendimento do fabrico de muitos produtos depende do valor da pressão a que se realiza, sendo mais uma razão, esta também de carácter económico, que justifica a medição desta grandeza.

1. DEFINIÇÕES

Considere-se uma determinada região do espaço preenchida com um fluido, em repouso ou em movimento, delimitado por uma superfície A . A delimitação do fluido poderá ser ideal, ou então depender da forma do recipiente que o contém, ou que o transporta. Considere-se, ainda, a área elementar dA desta superfície delimitadora e que contém o ponto P . Sobre ela vai exercer-se uma força $d\mathbf{F}$, também elementar. Designe-se por \mathbf{n} o vector unitário normal à superfície A e por dF_n o módulo da força elementar exercida perpendicularmente à superfície dA (conforme representado na Figura 1).

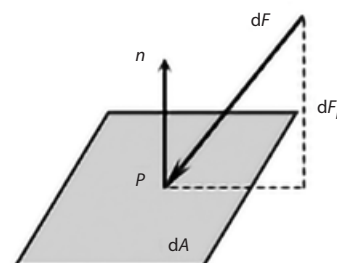


Figura 1. Representação gráfica da definição de pressão.

Será então

$$dF_n = -(\mathbf{n}, d\mathbf{F}) \quad (1)$$

em que $(\mathbf{n}, d\mathbf{F})$ representa o produto interno entre os vectores \mathbf{n} e $d\mathbf{F}$.

Define-se pressão exercida pelo fluido, sobre a superfície elementar dA , através da grandeza escalar

$$p = \frac{dF_n}{dA} \quad (2)$$

A definição de pressão de um fluido não exige que esta seja medida sobre uma superfície delimitadora do fluido. O conceito de pressão de um fluido é extensível ao seu interior. Para o efeito deverá considerar-se, em cada ponto interior, uma superfície imaginária de duas faces de área elementar dA , normal à força $d\mathbf{F}$ aplicada pelo fluido sobre essa mesma superfície.

2. FLUIDOS ESTÁTICOS

No caso do fluido se encontrar em repouso, a força por ele exercida sobre a superfície elementar dA é devida apenas ao peso da sua coluna de fluido (Figura 2), eventualmente podendo-se adicionar a pressão que se exerce sobre esta, no seu topo (Figura 3).

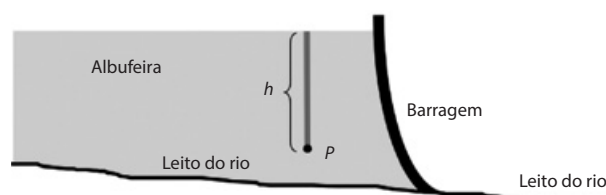


Figura 2. A pressão no ponto P é devida apenas ao peso da coluna de água de altura h (está-se a ignorar a acção da pressão atmosférica).

¹ Entre outros, o Decreto-Lei n.º 102/74, de 14 de Março, aprova o Regulamento de Recipientes sob Pressão.

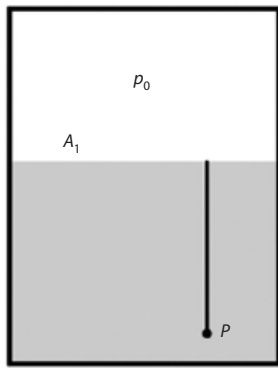


Figura 3. Recipiente fechado em que a pressão no ponto P é devida ao peso da coluna líquida, à qual se adiciona a pressão p_0 exercida pelo gás sobre a superfície A_1 .

No caso dos reservatórios abertos há que considerar a influência da pressão atmosférica. Esta é devida ao facto de a Terra estar envolvida por uma camada de ar que, como todos os corpos, está sujeita à lei da atracção universal, sendo o ar atraído pela Terra, o que dá origem ao seu peso. Como o ar é um gás e os gases são muito compressíveis (quando comparados com os líquidos), o ar à superfície da Terra encontra-se mais comprimido do que quando distante da sua superfície. A pressão atmosférica diminui com a altitude, mas não varia de uma forma linear. A Figura 4 representa a variação da pressão atmosférica com a altitude.

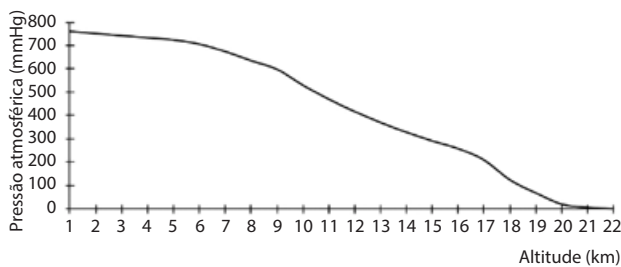


Figura 4. Variação da pressão atmosférica com a altitude.

Um método muito conhecido para a determinação do valor da pressão atmosférica, consiste em encher de mercúrio um tubo de vidro, com o comprimento de cerca de um metro e de secção interna reduzida (para economizar mercúrio), e invertê-lo sobre um recipiente contendo também mercúrio (Figura 5).

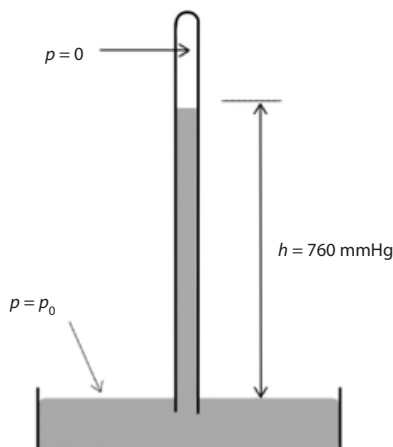


Figura 5. Barómetro de mercúrio.

Verifica-se que, ao colocar o tubo invertido na posição vertical, se forma vácuo no topo interior do tubo e o mercúrio desce até atingir uma altura de cerca de 76 cm. Este método de medir a pressão atmosférica foi concebido por Torricelli². Ao dispositivo destinado à medida da pressão atmosférica dá-se o nome de barómetro.

A pressão atmosférica não tem sempre o mesmo valor, dependendo da altitude do local e das condições atmosféricas. Ao nível do mar, o seu valor médio é de 760 mm de mercúrio, podendo ter variações superiores a 10% deste valor.

Define-se pressão atmosférica normal, como aquela que à temperatura de 0 °C equilibra uma coluna de mercúrio com 760 mm de altura.

Considere-se de novo o exemplo dado na Figura 2. Ao efectuar a medição da pressão no ponto P , tal como foi indicado, não se está a considerar a pressão atmosférica. Ao valor da pressão devida apenas ao peso da coluna líquida de altura h , dá-se o nome de pressão relativa (*gauge pressure*). Se, no entanto, se considerar também a pressão atmosférica, esta deverá ser adicionada ao valor da pressão relativa em P , obtendo-se a chamada pressão absoluta (*absolute pressure*). A pressão absoluta é sempre medida em relação ao vácuo.

Tem-se assim

$$p_a = p_r + p_0 \quad (3)$$

em que:

- p_a – pressão absoluta;
- p_r – pressão relativa;
- p_0 – pressão atmosférica.

Se for $p_r=0$, então $p_a=p_0$.

No caso de ser $p_a=0$, tem-se $p_r=-p_0$.

A Figura 6 resume graficamente o que acaba de se expor.

² Evangelista Torricelli, matemático e físico italiano que descobriu, em 1644, o princípio de funcionamento do barómetro, 1608–1647.

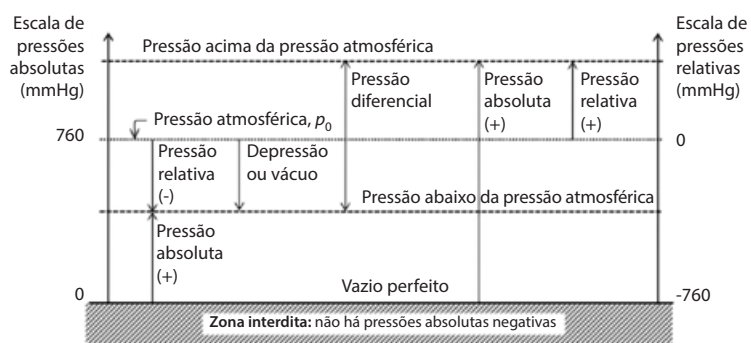


Figura 6. Relação entre as diversas designações de pressão.

O facto de se utilizar a medida da pressão em valores absolutos ou relativos depende da aplicação concreta, não se podendo, à priori, apresentar vantagens de uma sobre a outra. Normalmente os estudos teóricos trabalham com pressões absolutas, enquanto a medida de pressões na indústria em tanques, linhas e caldeiras, é feita em valores relativos.

Ao dispositivo utilizado para efetuar a medida de pressões chama-se manómetro.

Muitas vezes o manómetro mede o valor da pressão, tomando como referência, não a pressão atmosférica, nem o vácuo, mas um determinado valor de referência conveniente. Chama-se, à medida assim efectuada, pressão diferencial. Esta corresponde à diferença de pressão entre dois pontos.

3. UNIDADES

Retome-se a equação (2) utilizada para definir a pressão. Em que unidades é que esta se exprime? No Sistema Internacional de Unidades (SI), a superfície exprime-se em metro quadrado (m²) e a força em newton (N). À unidade de pressão, N m⁻², dá-se o nome de pascal (Pa). Corresponde à pressão exercida pela força de 1 N sobre uma superfície com a área de 1 m², perpendicularmente a esta. A Tabela 1 apresenta os coeficientes que permitem efetuar a conversão entre diferentes unidades de pressão.

Tabela 1. Coeficientes para a conversão entre unidades de pressão.

	atm	kgf/m ²	mmHg	Pa	psi	bar
atm	1	1,033227	760	101325	14,6959	1,0132501
kgf/m ²	0,96787	1	735,58	9,80665	14,224	0,98069
mmHg	0,001316	0,001360	1	133,322365	0,01934	0,001333
Pa	0,000098692	0,101972	0,007501	1	0,000145	0,00001
psi	0,06805	0,07031	51,718	6894,7573	1	0,068947
bar	0,9869233	1,01969	750,0617	100000	14,5039	1

As unidades representadas são:

- atm, atmosfera;
- kgf, quilograma-força;
- mmHg, milímetro de mercúrio;
- Pa, pascal (unidade de pressão no SI);
- psi, libras por polegada quadrada;
- bar, bar.

Para converter uma pressão expressa nas unidades indicadas na primeira coluna da tabela 1, numa pressão expressa nas unidades das restantes colunas da mesma tabela, tem de se multiplicar o valor da primeira pelo coeficiente que se encontra na intersecção linha/coluna entre as unidades escolhidas (e.g. $p = 1024 \text{ mmHg} = 1024 \times 133,322365 \text{ Pa} = 136,522102 \text{ kPa}$).

Existe ainda uma outra unidade de pressão cujo nome é torr (em homenagem ao matemático e físico italiano Evangelista Torricelli), com símbolo de unidade Torr. Historicamente, um torr deveria ser igual a um milímetro de mercúrio, contudo, devido aos avanços tecnológicos e subsequentes redefinições das duas unidades, estas tornaram-se ligeiramente diferentes (em menos de 0,000015%).

4. MANÓMETRO DE COLUNA LÍQUIDA

Neste tipo de manómetro, o valor da pressão é obtido pela medição do comprimento da coluna de líquido necessária para equilibrar a pressão que se pretende medir (Figura 7 (a)).

Na Figura 7 (b), representa-se um tipo de manómetro em U, que pode ser utilizado para medir pressões relativas e pressões diferenciais, sendo o valor destas obtido através da leitura da diferença de cotas entre as duas superfícies do líquido do manómetro ($h = h_2 - h_1$).

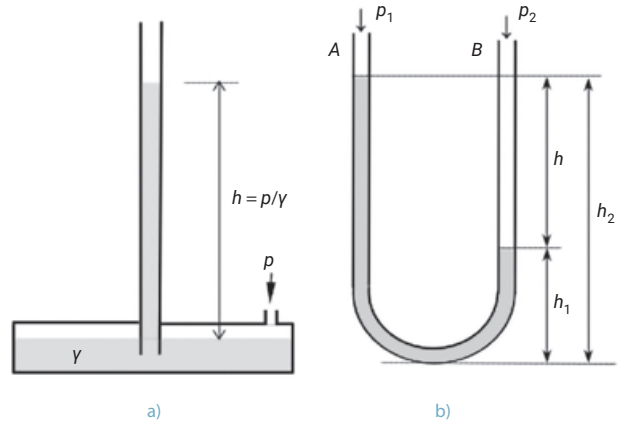


Figura 7. Manómetros de coluna líquida (a) e em U (b).

A diferença de pressão entre os extremos A e B do manómetro é dada por

$$p_2 - p_1 = \gamma h = \rho g h \tag{4}$$

em que:

- p_1 – pressão aplicada à extremidade A;
- p_2 – pressão aplicada à extremidade B;
- γ – peso volúmico do líquido manométrico;
- ρ – massa volúmica do líquido manométrico;
- h – diferença entre as cotas das superfícies livres;
- g – aceleração da gravidade ($g = 9,80 \text{ m s}^{-2}$).

A expressão (4) torna claro que a diferença de alturas h é dependente da temperatura através do peso volúmico do líquido manométrico.

A precisão deste tipo de manómetro é elevada, dependendo fundamentalmente da precisão na medida de h . Apesar de ser relativamente fácil a obtenção de um sinal elétrico representativo da altura h , devido à sua fragilidade e ao reduzido intervalo de medição, não é normalmente utilizado em aplicações industriais.

É, no entanto, utilizado com frequência em laboratórios, como padrão para aferição de outros tipos de sensores de pressão.

Os líquidos manométricos mais correntes têm as seguintes características:

	Densidade	ρ (Kg/m ³)	γ (N/m ³)
água (H ₂ O)	1,000	1000	9807
mercúrio (Hg)	13,546	13546	132846