

MEDIÇÃO DE PRESSÃO

ELTT314 – Instrumentação Eletrônica

Lucas Ananias – 90259
Eduardo Ávila – 93499

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
VIÇOSA – MINAS GERAIS 2021

Resumo

Neste trabalho serão abordados os tipos de sensores para a medição de pressão, bem como suas aplicações e características para cada forma de medição.

Sumário

1. Introdução	2
2. Contextualização	2
a. Sua História	2
b. Classificação de Medição de Pressão	3
c. Alguns Princípios Básicos	4
d. Unidades de Pressão no Sistema Internacional (SI).....	5
3. Sensores Utilizados na Medição de Pressão.....	6
4. Equipamentos Industriais para Medição de Pressão	9
5. Exemplo de Aplicações Típicas com Transmissor de Pressão.....	10
6. Como Especificar Transmissores de Pressão	12
7. Conclusão	13
8. Referências Bibliográficas.....	13

1. Introdução

Medição e controle de pressão são as variáveis de processo mais comumente usadas nos mais diversos segmentos da indústria de controle de processos. Além disso, muitas outras variáveis de processo, como nível de líquido, volume, fluxo e densidade, podem ser facilmente inferidas a partir da pressão. Neste trabalho, estudaremos as principais características das mais importantes tecnologias utilizadas em sensores de pressão, bem como algumas de suas aplicações.

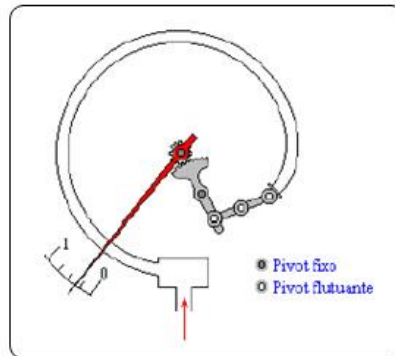
2. Contextualização

a. Sua História

Estudos relativamente importantes a esse tema surgiram de diversas épocas antigas. Mas, toma-se 1643, ano em que o físico italiano Evangelista Torricelli desenvolveu o barômetro, como um dos principais marcos ao mesmo. Através dele era realizada a avaliação da pressão atmosférica. Já em 1648, o francês Blaise Pascal usou o barômetro para mostrar que no alto das montanhas a pressão do ar era menor.

Apenas dois anos mais tarde, em 1650, o físico alemão Otto Von Guericke desenvolveu a primeira bomba de ar eficiente, com a qual Robert Boyle realizou experimentos sobre compressão e descompressão.

Alguns estudos foram sendo realizados com o passar dos anos, mas somente em 1849, cerca de 200 anos depois, Eugene Bourdon recebeu patente pelo Tubo de Bourdon, utilizado até hoje na medição de pressão.

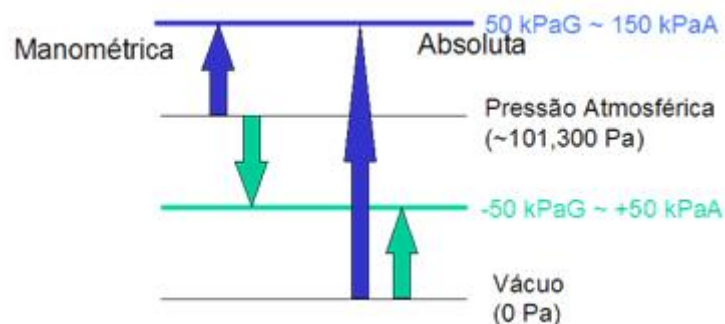


Tubo de Bourdon

Já na atualidade, após surgimento da tecnologia digital uma larga variedade de equipamentos surgiu e se espalhou pelo mercado.

b. Classificação de Medição de Pressão

Em função da referência, pode-se classificar a medição de pressão como: manométrica, absoluta e diferencial ou relativa.



Classificação das pressões.

- **Pressão absoluta:** é medida em relação ao vácuo perfeito (zero absoluto). Trata-se da diferença de pressão de um determinado ponto à pressão do vácuo.
- **Pressão diferencial:** é a diferença de pressão medida entre dois pontos quaisquer, com referências diferentes do vácuo ou atmosfera.

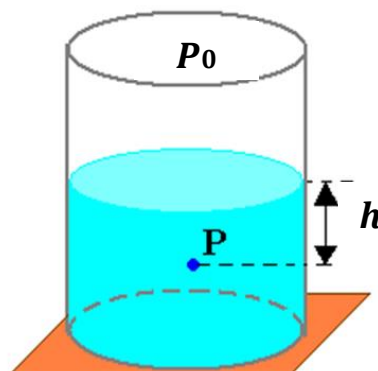
- **Pressão manométrica:** é medida em relação à pressão atmosférica. Trata-se da diferença da pressão absoluta de um determinado ponto à pressão atmosférica. É sempre importante registrar na notação que a medição é relativa.

c. Alguns Princípios Básicos

A **pressão estática** P de um determinado ponto é definida como sendo a razão entre força F aplicada perpendicularmente a uma superfície de área A :

$$P = \frac{F}{A}$$

Já quando se trata da pressão exercida por uma coluna de fluido em repouso, abordamos a **pressão hidrostática**.



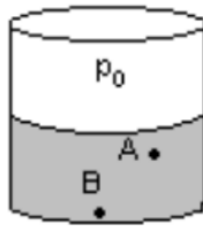
Pressão hidrostática

Nesses casos, a força peso do líquido sobre o ponto P é responsável pela pressão nesse ponto, que pode ser definida como:

$$P = P_0 + \rho * g * h$$

Sendo P_0 o valor da pressão acima da superfície do fluido, ρ o valor da densidade do líquido, g o valor gravitacional e h a altura do líquido sob o ponto. Não dependendo da área sob nenhuma circunstância.

Além disso, é garantido através da Lei de Stevin que em um fluido homogêneo e incompressível em equilíbrio sob a ação da gravidade a diferença de pressão entre dois pontos é igual ao produto do peso específico do fluido pela diferença de nível entre os pontos considerados, logo:



$$P_{BA} = P_B - P_A = \rho \cdot g \cdot h_B - \rho \cdot g \cdot h_A$$

$$P_{BA} = \rho \cdot g \cdot \Delta h$$

Diferença de pressão entre dois fluidos

Lei de Stevin

d. Unidades de Pressão no Sistema Internacional (SI)

O Pascal [Pa] é a unidade de pressão do Sistema Internacional de unidades (SI). Sendo que, um Pa é a pressão gerada pela força de 1 Newton agindo sobre uma superfície de 1 metro quadrado. Contudo, existem inúmeras formas de medir essa grandeza, sendo as principais estão descritas abaixo:

	PSI	KPA	Polegadas s H ₂ O	mmH ₂ O	Polegadas s Hg	mmHg	Bars	m Bars	Kg/cm ²	gf/cm ²
PSI	1	6.8947	27.7620	705.1500	2.0360	51.7150	0,0689	68.9470	0,0703	70.3070
KPA	0.1450	1	4.0266	102.2742	0.2953	7.5007	0.0100	10.0000	0.0102	10.1972
inH ₂ O	0.0361	0.2483	1	25.4210	0.0734	1.8650	0.0025	2.4864	0.0025	2.5355
mmH ₂ O	0.0014	0.0098	0.0394	1	0.0028	0.0734	0.0001	0.0979	0.0001	0.0982
inHg	0.4912	3.3867	13.6200	345.9400	1	25.4000	0.0339	33.864	0.0345	34.532
mmHg	0.0193	0.1331	0.5362	13.6200	0.0394	1	0.0013	1.3332	0.0014	1.3595
Bars	14.5040	100.000	402.1800	10215.0000	29.5300	750.0600	1	1000	1.0197	1019.70
m Bars	0.0145	.1000	0.402	10.2150	0.0295	0.7501	0.001	1	0.0010	1.0197
Kg/cm ²	14.2230	97.9047	394.4100	10018.0	28.9590	735.560	0.9800	980.7000	1	1000
gf/cm ²	0.0142	0.0970	0.3944	10.0180	0.0290	0.7356	0.0009	0.9807	0.001	1

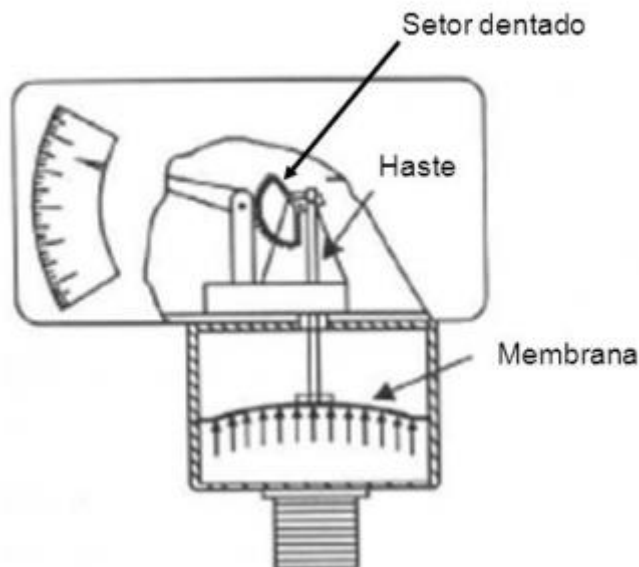
Unidades de pressão

3. Sensores Utilizados na Medição de Pressão

De forma geral, os sensores são nomeados conforme a técnica usada na conversão mecânica da pressão em um sinal eletrônico proporcional. Sendo assim, é possível definir tais sensores como equipamentos capazes de transformar a pressão aplicada em um sensor em um sinal eletrônico proporcional a mesma:

- Diafragma ou membrana
- Piezo-resistivo (Strain Gage)
- Piezo-elétrico
- Silício Ressonante
- Capacitivo

1) Diafragma

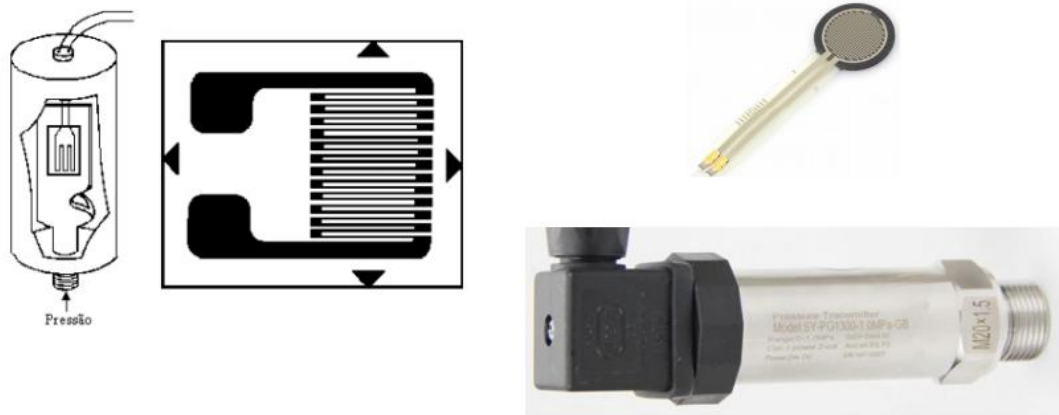


Sensor Diafragma ou Membrana

Utilizado também como suporte em outros sensores, trata-se de um dispositivo constituído pela membrana responsável por captar a variação de pressão, uma parte composta por um material elástico no formato de disco com uma haste fixada no centro do mesmo que o liga ao mecanismo de indicação composto por um setor dentado responsável por mover tal indicador.

No momento em que se aplica determinada pressão, a membrana se desloca proporcionalmente à pressão aplicada fazendo com que o dispositivo capte e meça a mesma.

2) Piezo-resistivo ou Strain Gage

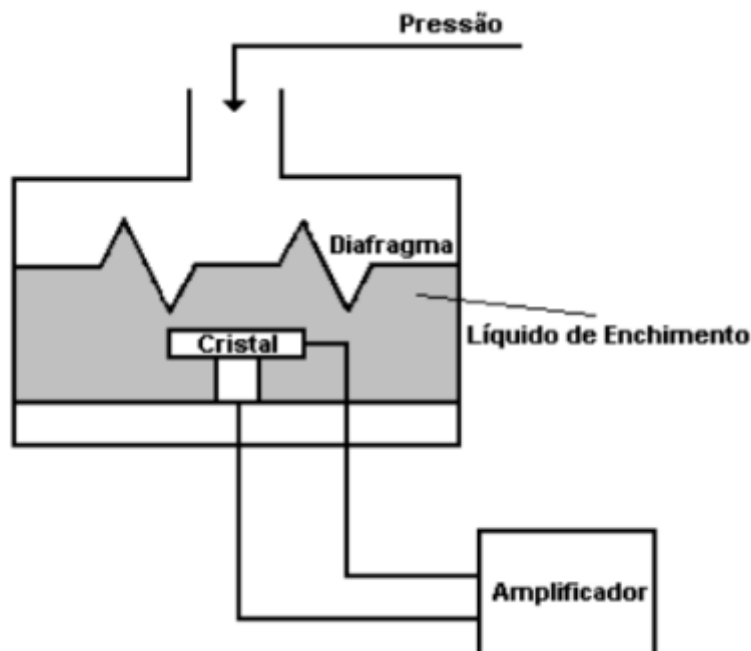


Sensor Piezo-resistivo ou Strain Gage

Baseia-se no princípio de mudança da resistência elétrica com a deformação/contração como resultado da pressão aplicada. Na sua grande maioria são formados por elementos cristalinos (*strain gage*) interligados em ponte (*wheatstone*) com outros resistores. O material de construção varia de fabricante para fabricante e hoje em dia é comum sensores de estado sólido.

Suas desvantagens são as seguintes: faixa limitante de temperatura de operação, aplicável em ranges baixos de pressão por gerarem um sinal muito baixo de excitação, muito instável.

3) Piezo-elétrico



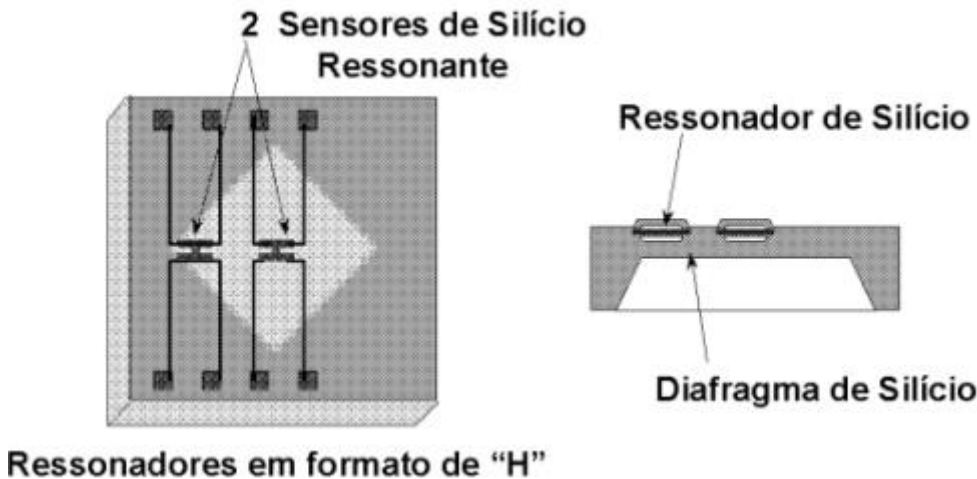
Sensor Piezo-elétrico

O material piezo-elétrico é um cristal que é utilizado por ser capaz de produzir uma tensão diferencial proporcional a pressão a ele aplicada. Alguns exemplos são o quartzo, sal de Rochelle, titânio de bário, turmalina etc. Este

material acumula cargas elétricas em certas áreas de sua estrutura cristalina, quando sofrem uma deformação física, por ação de uma pressão.

Tem a desvantagem de requerer um circuito de alta impedância e um amplificador de alto ganho, sendo susceptível a ruídos. Porém, tem a vantagem de rápida resposta.

4) Ressonantes de Silício



Sensor Ressonantes de Silício

Esse tipo de sensores possui em geral o princípio da tecnologia que é conhecida como "vibrating wire". Nesse caso específico, utiliza-se o silício é anexada ao diafragma que ao ser submetido a um campo magnético e ser percorrido por uma corrente elétrica entra em ressonância. A frequência de oscilação é proporcional as diferentes frequências obtidas que são funções da expansão/compressão.

O sensor é formado por uma cápsula de silício colocada em um diafragma que vibra ao se aplicar um diferencial de pressão, e a frequência de vibração depende da pressão aplicada.

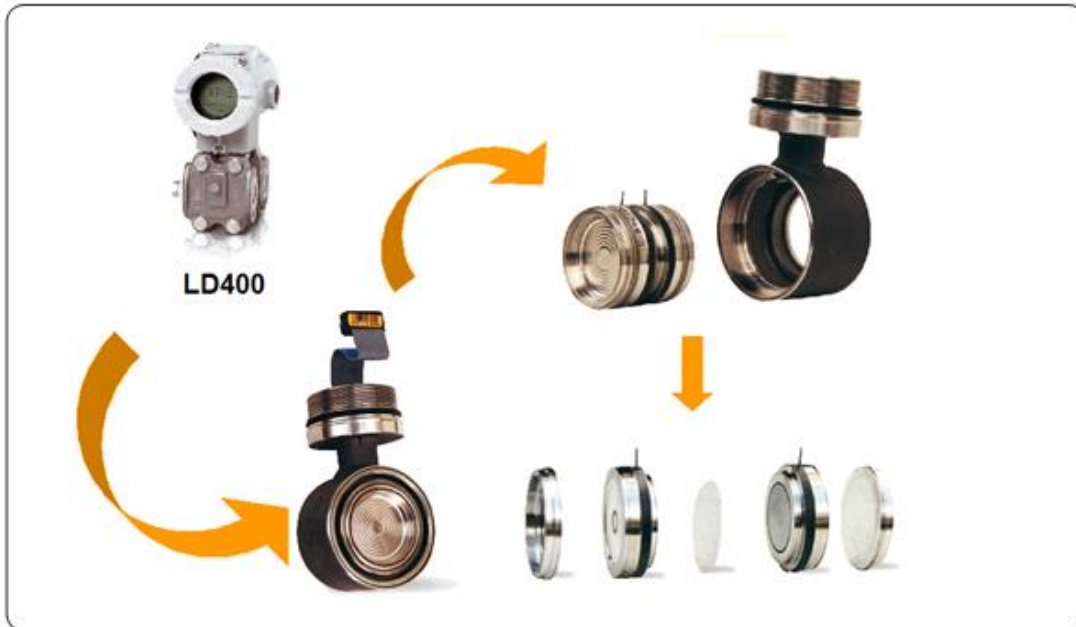
5) Capacitivo

Tratam-se de dos quais a pressão aplicada a diafragmas sensores faz com que se tenha uma variação da capacitância entre os mesmos e um diafragma central, por exemplo. Esta variação de capacitância gera uma variação de frequência de um oscilador. Diante disto, esta frequência pode ser medida e convertida em pressão.

Possuem respostas lineares e praticamente insensíveis a variações de temperatura, sendo os mais indicados em instrumentação e controle de processos, já que possuem excelentes performance em estabilidade, em temperatura e pressão estática. Algumas de suas vantagens:

- Ideais para aplicações de baixa e alta pressão.
- Minimizam a taxa de erro.

- Ideais para aplicações de vazão.
- Por sua resposta linear, permite alta rangeabilidade com exatidão.



Sensores capacitivos

4. Equipamentos Industriais para Medição de Pressão

Partindo para um ambiente industrial, dentre os diversos equipamentos usados para medir pressão podemos destacar dois deles: o manômetro e o transmissor de pressão. O primeiro, o manômetro, é usado para leituras locais da pressão, possuem baixo custo e são usados quando a pressão não precisa ser transmitida para um sistema de controle e não se precisa exatidão. Por exemplo, pressões estáticas, pressões de bomba, etc. Existem também modelos diferenciais, vacuômetros, sanitários, etc.



Manômetros

São constituídos, normalmente, por uma conexão com o processo e um display ou ponteiro para que se possa ler a pressão localmente.

Enquanto isso, transmissor de pressão é normalmente utilizado para se referir a um sensor de pressão equipado com interface elétrica, interface mecânica e sinal de saída padronizado. Nesses casos, a pressão do meio a ser medido é direcionada através de uma conexão ao processo padrão até o

elemento sensor de pressão interna, causando neste uma mudança de estado. A eletrônica interna converte o sinal apresentado pelo sensor bruto em um sinal filtrado, amplificado, com compensação de temperatura e padronizado.

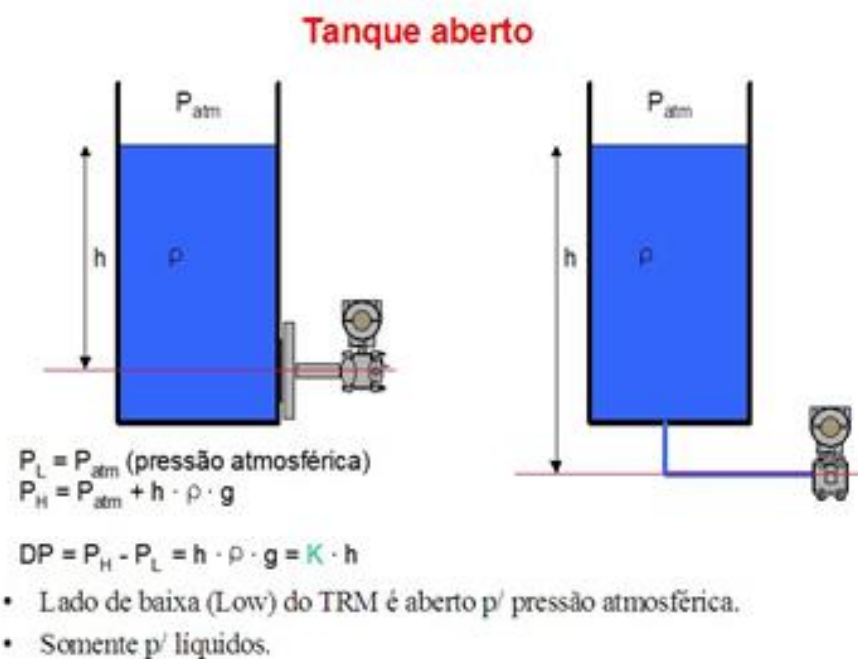


Transmissores de pressão

5. Exemplo de Aplicações Típicas com Transmissor de Pressão

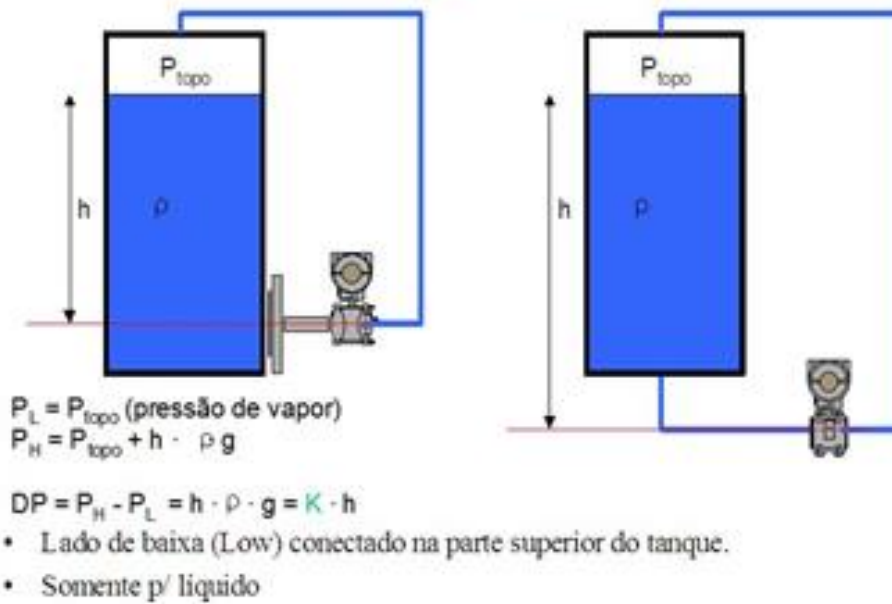
Tem-se a seguir exemplos típicos de aplicação com transmissor de pressão:

Medição de nível de líquidos



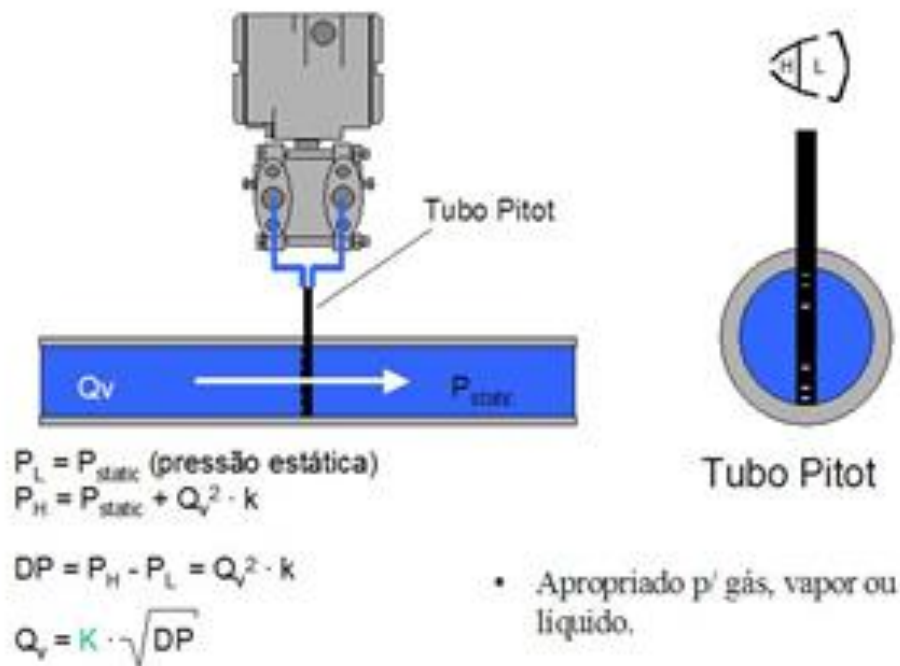
Medição de nível de líquidos - tanque aberto

Tanque fechado

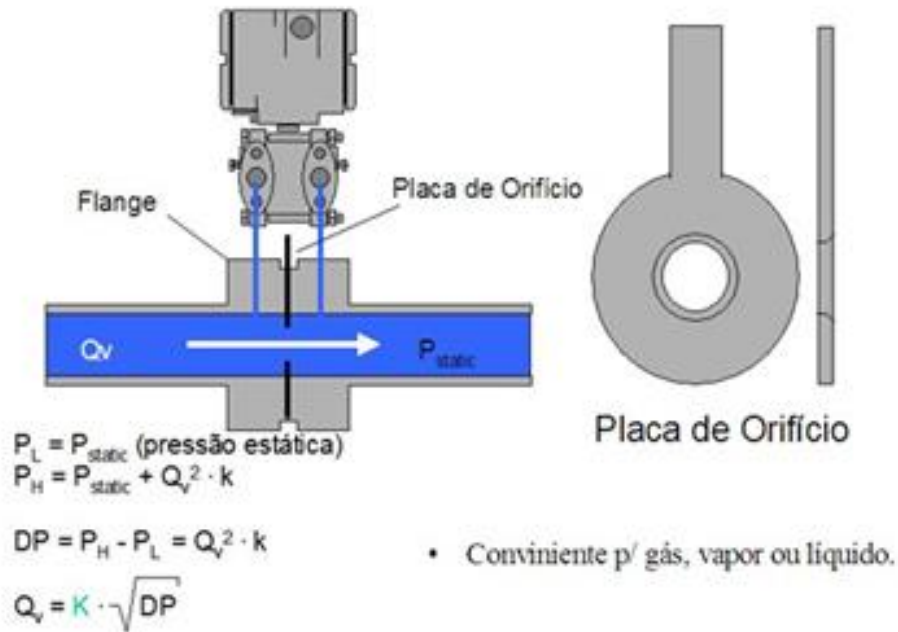


Medição de nível de líquidos - tanque fechado

Medição de vazão



Medição de vazão usando tubo de Pitot



Medição de vazão usando placa de orifício

6. Como Especificar Transmissores de Pressão

Existem diversos tipos de transmissores de pressão, pois que à primeira vista possam parecer itens simples de projeto, são muitos os detalhes que, se não corretamente especificados, poderão gerar um prejuízo na hora da montagem ou mesmo durante a operação. Para isso, existem perguntas a serem feitas que auxiliam no processo de seleção do mesmo.

1) O que se deseja medir?

Pressão manométrica, pressão absoluta, pressão diferencial; outras grandezas inferidas a partir de medições de pressão, tal como exemplificado: vazão, níveis distintos, etc.

2) Com qual fluido será trabalhado?

Alguns dados do fluido de processo são fundamentais na escolha do transmissor:

- Estado (líquido, gás, vapor);
- Pressão máxima do processo;
- Temperatura máxima do processo.

3) Qual a faixa de pressão / rangeabilidade?

Fabricantes adotam uma terminologia padronizada que precisa ser conhecida:

- URL: Limite superior para a faixa de calibração;

- LRL: Limite inferior para a faixa de calibração (em geral $LRL = -URL$);
- URV: valor superior da faixa calibrada (deverá ser menor ou igual à URL);
- LRV: valor inferior da faixa calibrada (deverá ser maior ou igual à LRL);
- $SPAN = URV - LRV$ (deverá ser maior que o SPAN mínimo do instrumento);

A relação URL / SPAN mínimo define a rangeabilidade do instrumento.

Os catálogos dos fabricantes em geral mostram os valores de URL, LRL, e SPAN mínimo para as diversas faixas dos transmissores. Pode-se observar que o SPAN mínimo de uma determinada faixa será sempre maior que o URL da faixa imediatamente inferior. Exemplo:

1. Faixa 4: URL = 25 kgf/cm²; Span mínimo = 0,21 kgf/cm²; limites de pressão estática = 160 kgf/cm².
2. Faixa 5: URL = 250 kgf/cm²; Span mínimo = 2,1 kgf/cm²; limites de pressão estática = 320 kgf/cm².

Para um caso no qual a faixa calibrada com URL = 0 a 20 kgf/cm², é possível utilizar qualquer um dos dois. Contudo, recomenda-se escolher sempre o de faixa inferior. Todas as especificações são determinados com valores percentuais de URL, a menos que os limites de pressão estática podem ser atingidos.

7. Conclusão

Através deste trabalho, aprendemos sobre a história da medição de pressão, a importância da medição de pressão na automação e controle de processo, a particularidade de certos tipos de sensores e algumas de suas aplicações.

8. Referências Bibliográficas

Controle&Instrumentação - Edição nº 106, O Brasil quebrando as barreiras tecnológicas com a inovação – Transmissores de Pressão César Cassiolato, 2005

Intech Edição 93 , Medições de Pressão: características e tecnologias, César Cassiolato, 2007

Controle&Instrumentação - Edição nº 135, Medições de Pressão: Tudo o que você precisa saber, César Cassiolato, 2008

Controle&Instrumentação - Edição nº 137, Medição de Vazão, César Cassiolato, Evaristo O. Alves, 2008