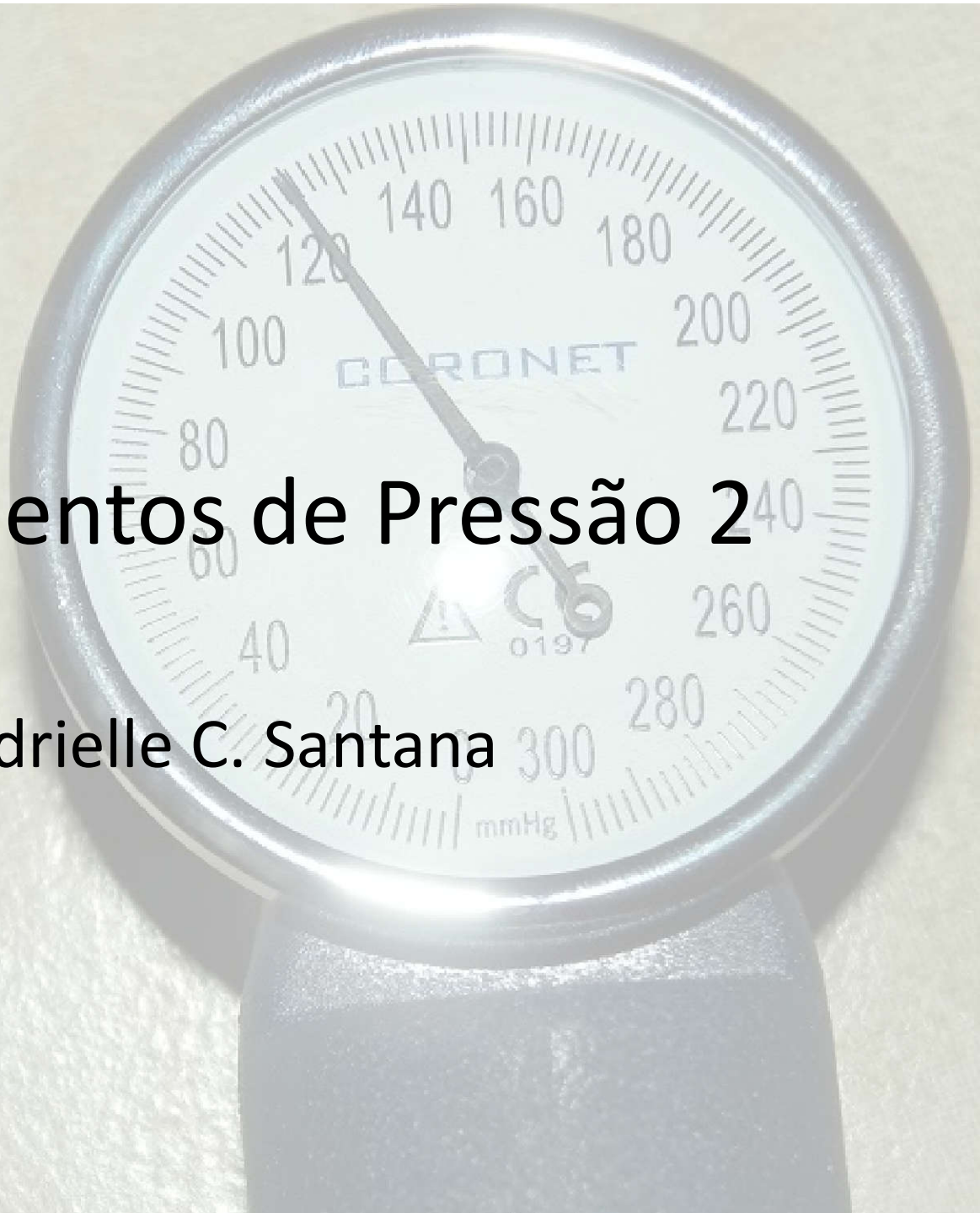


Instrumentos de Pressão 2

Adrielle C. Santana



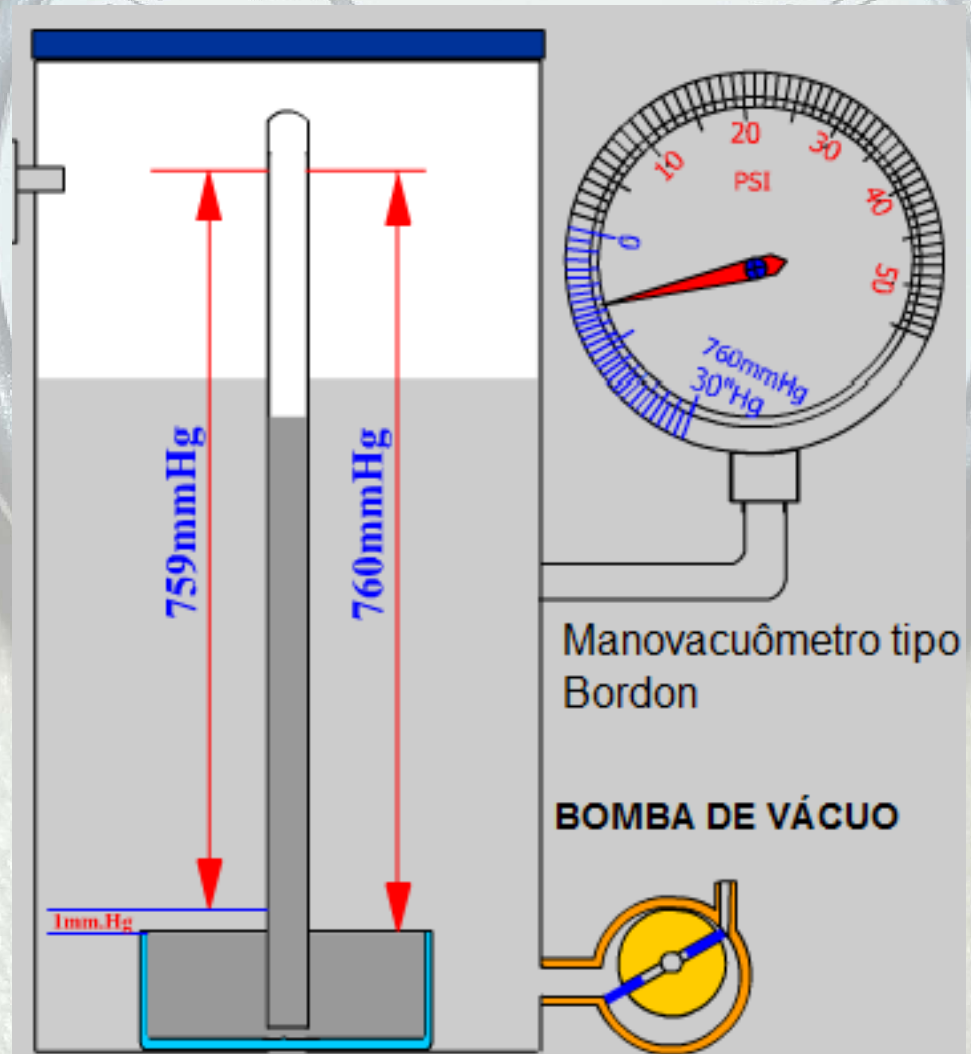
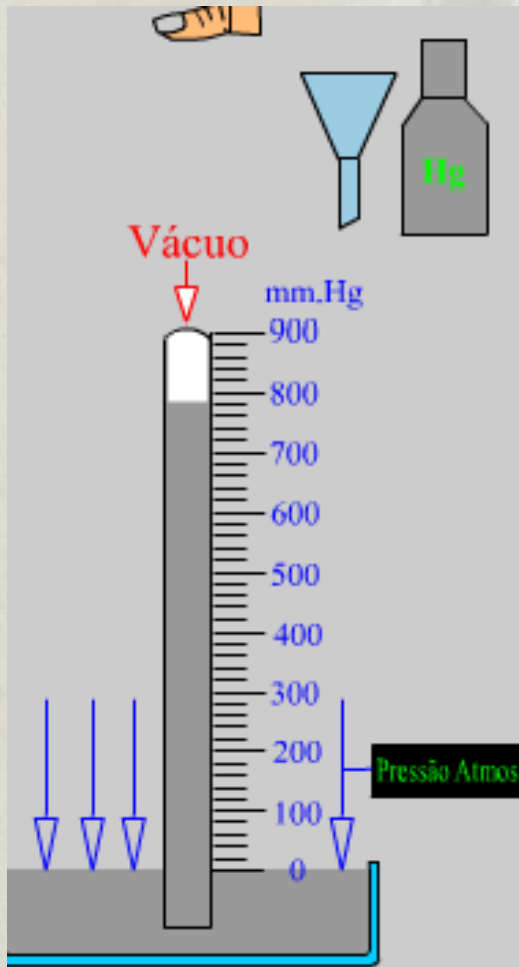
Barômetro



Instrumento utilizado para medição de pressão atmosférica. Existem dois tipos de uso corrente: os barômetros de mercúrio e os barômetros aneroides (metálico). Foi inventado por Evangelista Torricelli em 1643, e funciona porque o ar aplica uma pressão com seu peso. Torricelli observou que, se a abertura de um tubo de vidro fosse cheia com mercúrio, a pressão atmosférica iria afetar o peso da coluna de mercúrio no tubo. Quanto maior a pressão do ar, mais comprida fica a coluna de mercúrio. Assim, a pressão pode ser calculada, multiplicando-se a **altura da coluna de mercúrio pela densidade do mercúrio e pela aceleração da gravidade**. Ao nível do mar, a pressão atmosférica é de cerca 760 milímetros de mercúrio (760 mmHg). Isto é equivalente a 101,3 quilopascals (101,3 kPa).

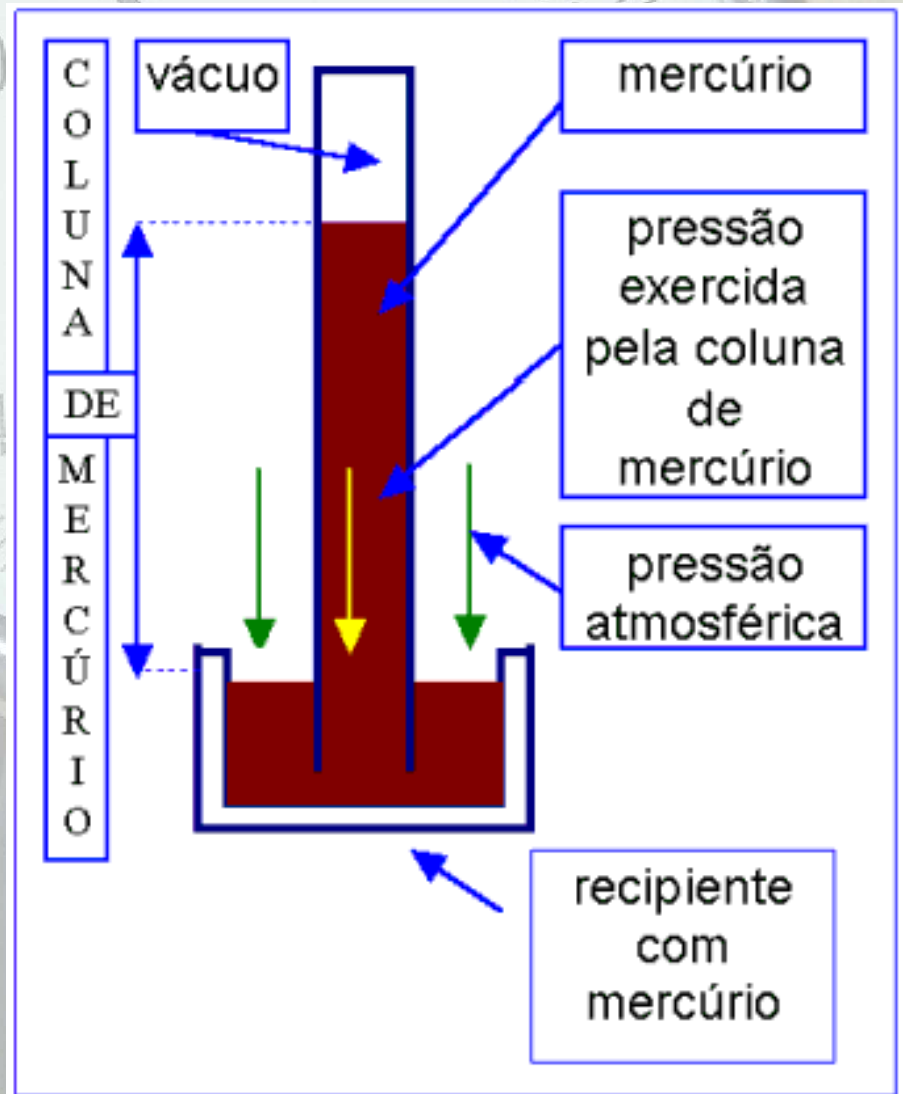
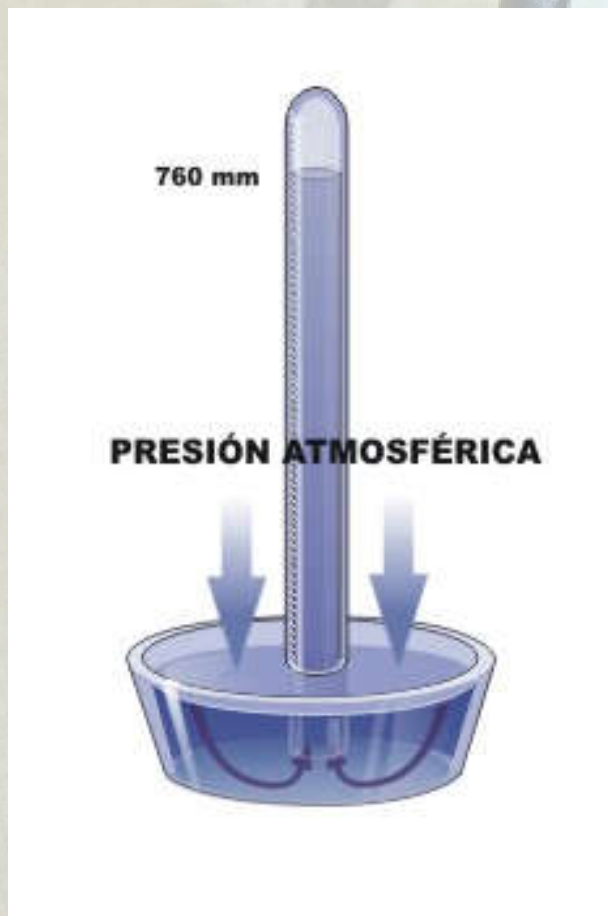
Barômetro

Animação.



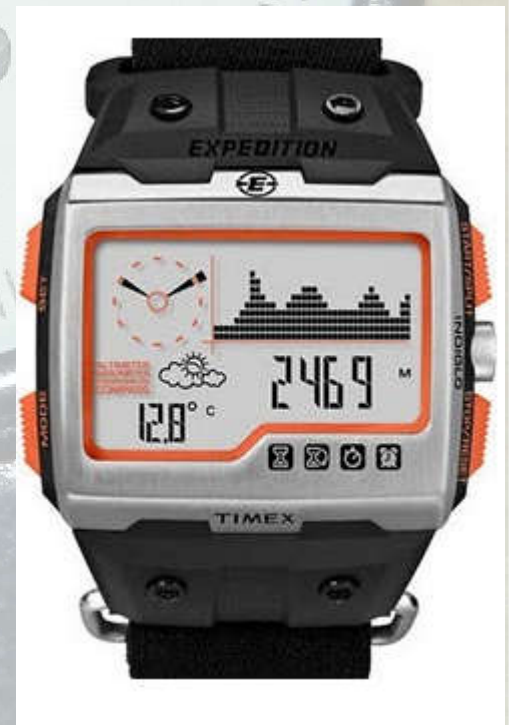
Barômetro

Barômetro de Mercúrio



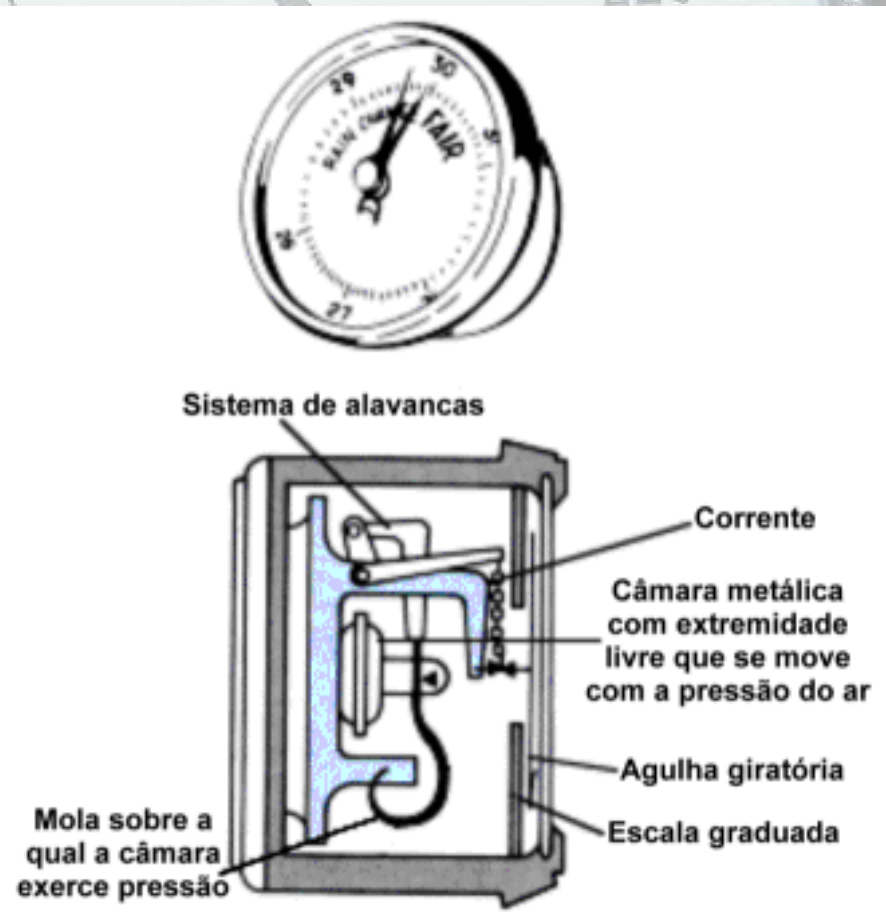
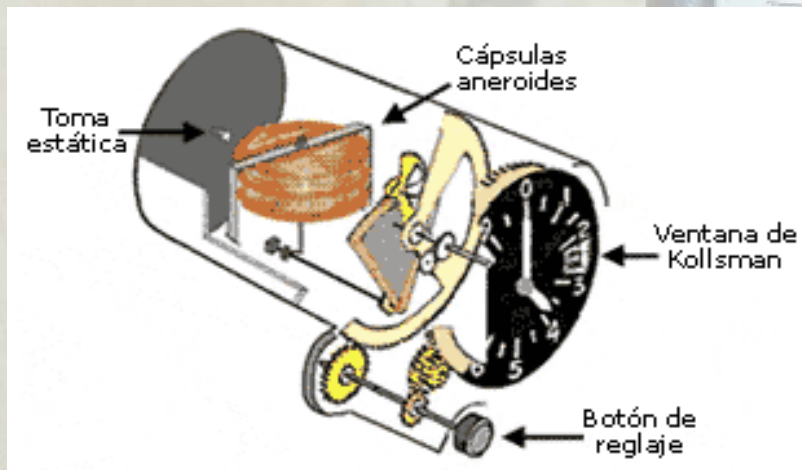
Barômetro

Barômetro Digital (medição em hPa ou mb)



Barômetro

Barômetro Aneróide



Barômetro



- Barômetro Aneróide
- Menos preciso que o barômetro de mercúrio;
- Diafragma metálico flexível com um pouco de ar em seu interior hermeticamente fechado;
- Pressão diminui -> câmara expande-se;
- Pressão cresce -> câmara comprime-se;
- Movimentos transmitidos a ponteiro que indica a pressão sobre um mostrador;
- Um barômetro aneróide pode ser calibrado para fornecer a altitude uma vez que a pressão varia com essa. Ele se torna então um altímetro.

Outros sensores utilizados na medição de pressão

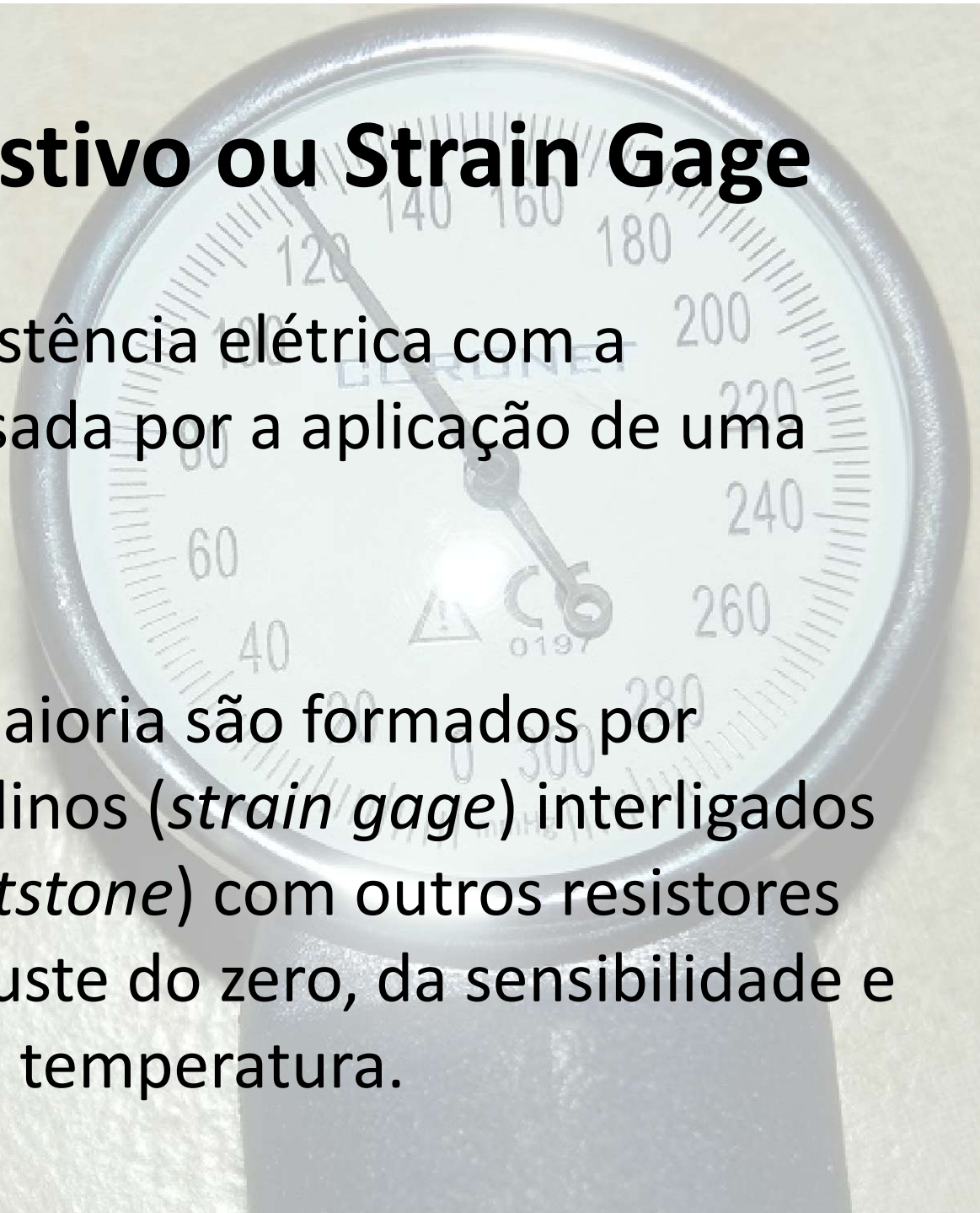
Em geral os sensores são classificados conforme a técnica usada na conversão mecânica da pressão em um sinal eletrônico proporcional. Todas as tecnologias tem um só propósito que é **transformar a pressão aplicada** em um sensor, em um **sinal eletrônico** proporcional a mesma:

- Capacitância Variável (Capacitivos)
- Piezo-resistivo (Strain Gage)
- Potenciométrico
- Piezoelétrico
- Relutância Variável
- Ressonante
- Ótico

Piezoresistivo ou Strain Gage

Mudança da resistência elétrica com a deformação causada por a aplicação de uma pressão.

Na sua grande maioria são formados por elementos cristalinos (*strain gage*) interligados em ponte (*wheatstone*) com outros resistores que provém o ajuste do zero, da sensibilidade e compensação de temperatura.



Piezoresistivo ou Strain Gage

- Vantagens:

Baixo custo.

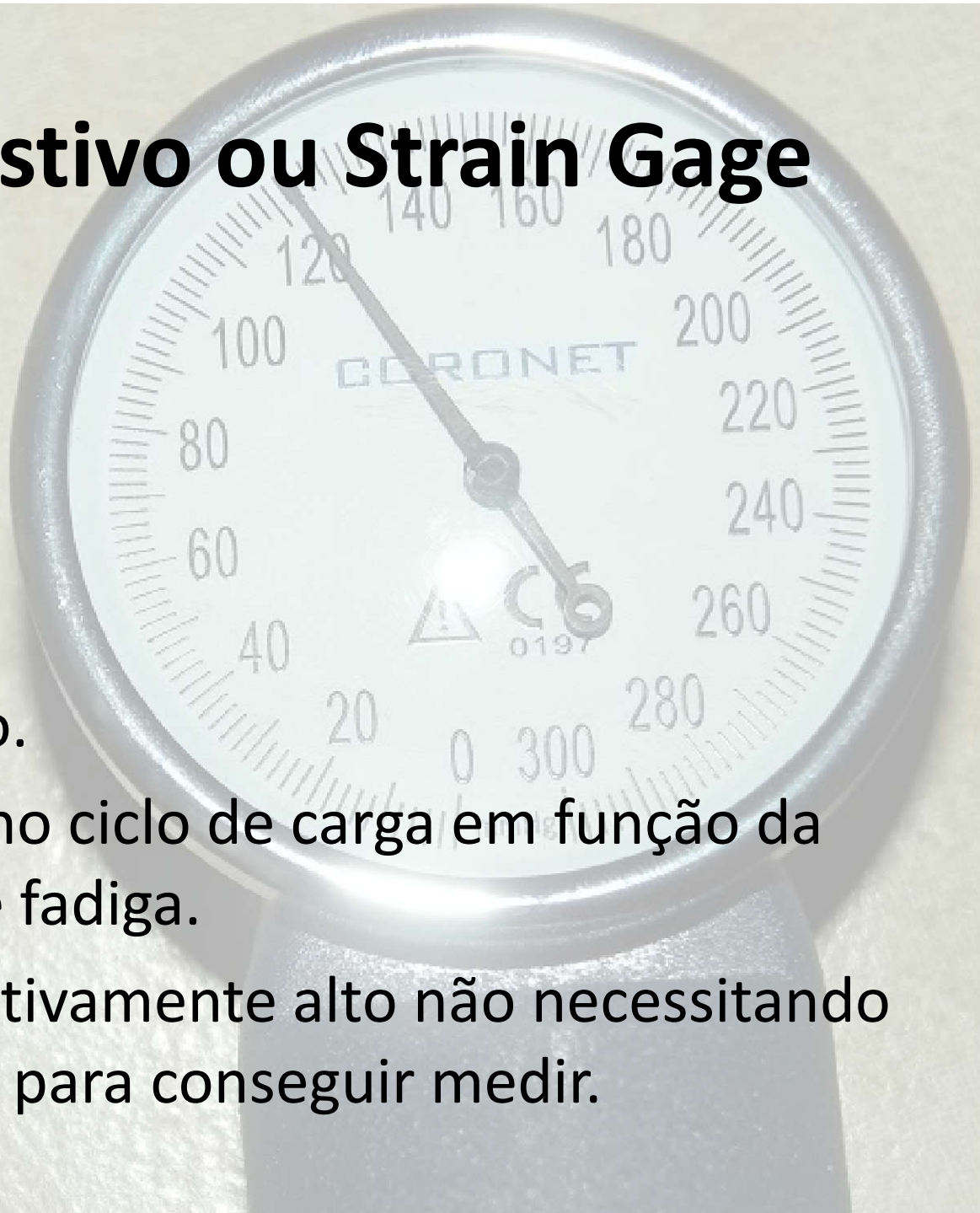
Linearidade.

Resposta rápida.

Sistema compacto.

Alta estabilidade no ciclo de carga em função da não ocorrência de fadiga.

Sinal de saída relativamente alto não necessitando de amplificadores para conseguir medir.

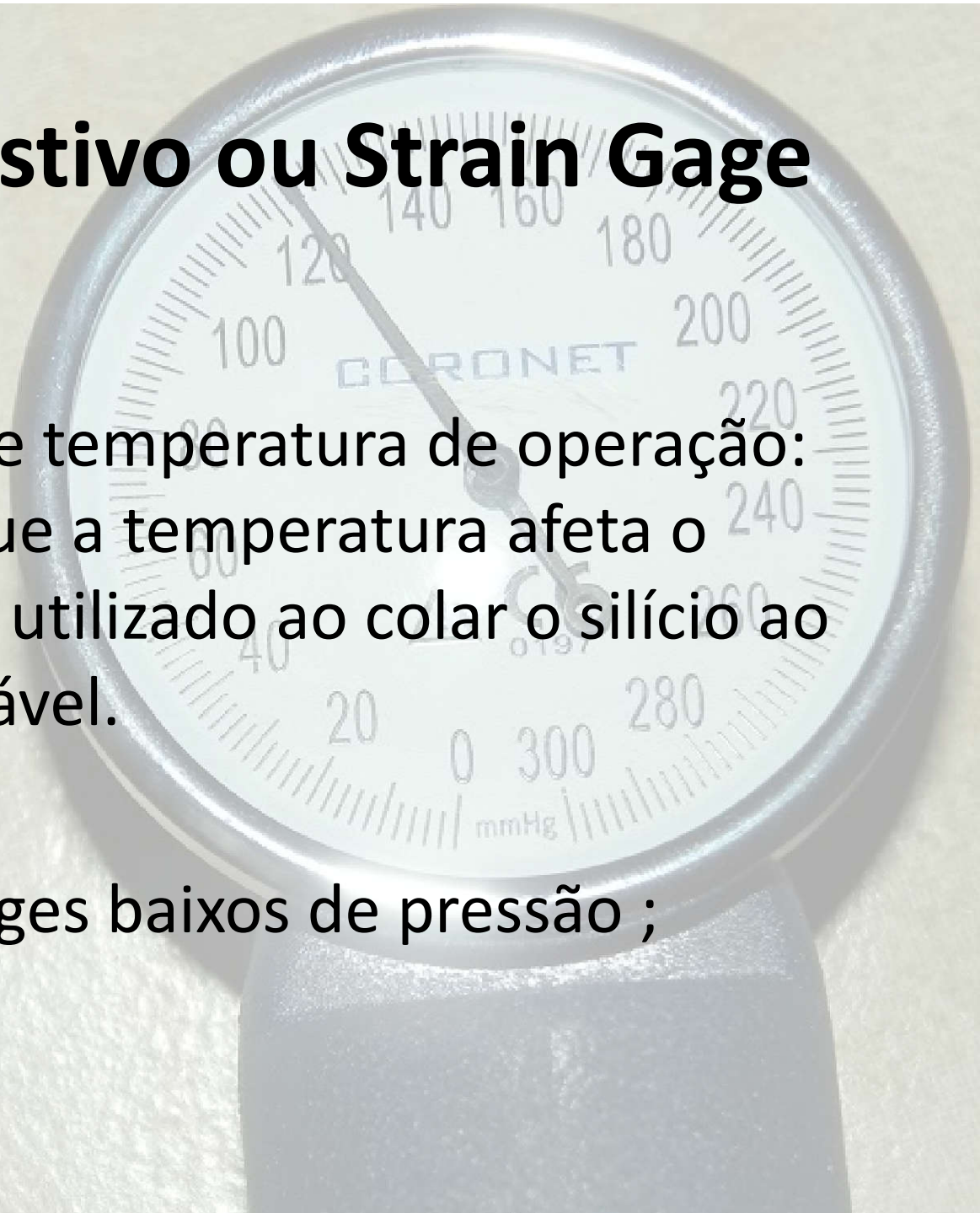


Piezoresistivo ou Strain Gage

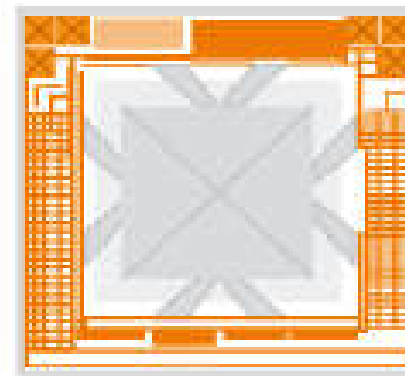
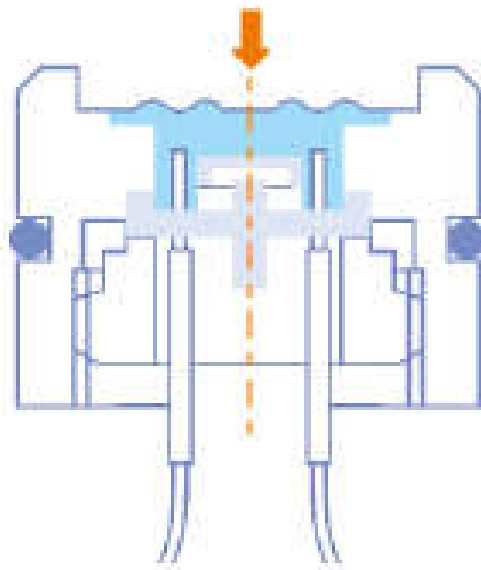
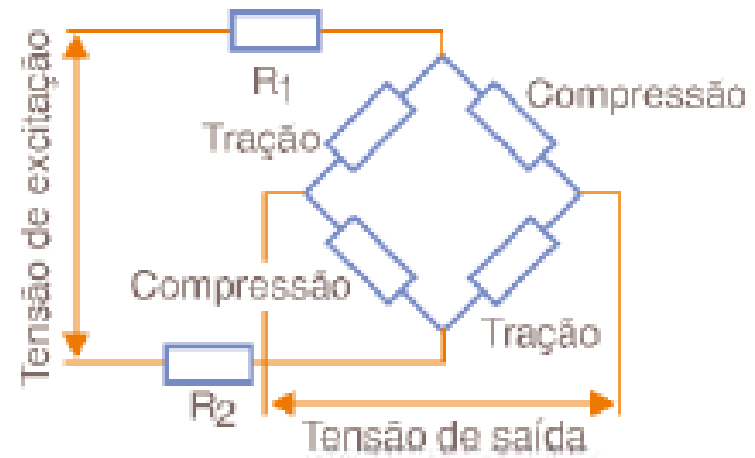
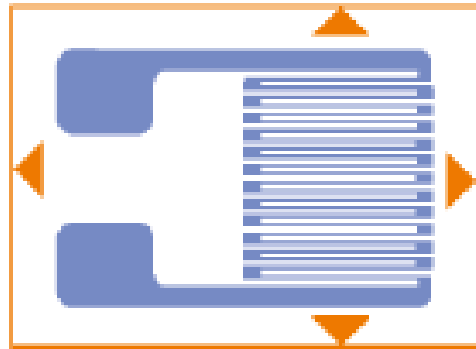
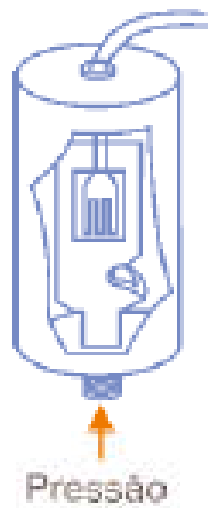
- Desvantagens

Faixa limitante de temperatura de operação: vulneráveis, já que a temperatura afeta o material adesivo utilizado ao colar o silício ao material deformável.

Aplicável em ranges baixos de pressão ;



Piezoresistivo ou Strain Gage



Piezoelétrico

A piezo-eletricidade foi descoberta por Pierre e Jacques Curie em 1880. O material piezoelétrico é um cristal que produz uma tensão diferencial proporcional a pressão a ele aplicada em suas faces: quartzo, sal de Rochelle, titanato de bário, turmalina, topázio, etc.



Pierre Curie (1859-1906),
Nobel Prize in Physics, 1903



Jacques Curie (1856-1941)

Piezoelétrico

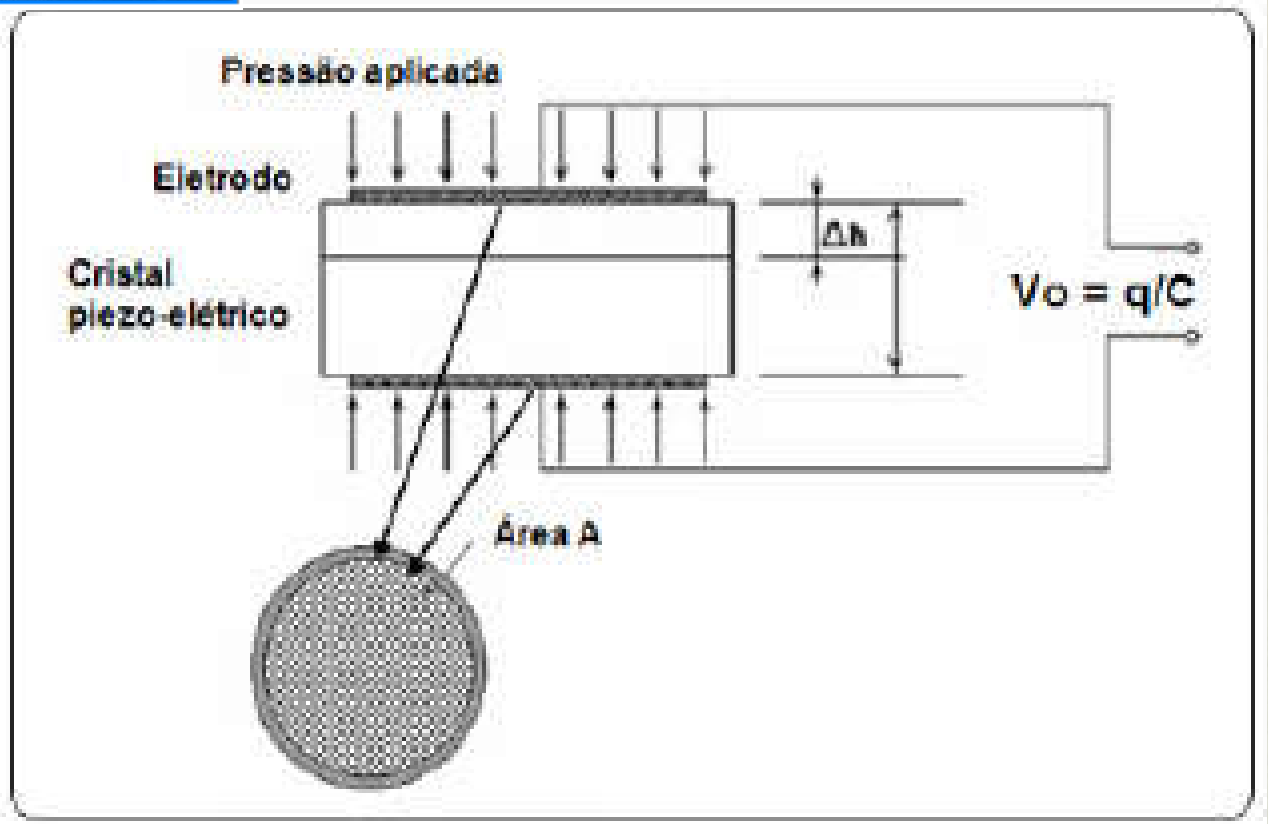
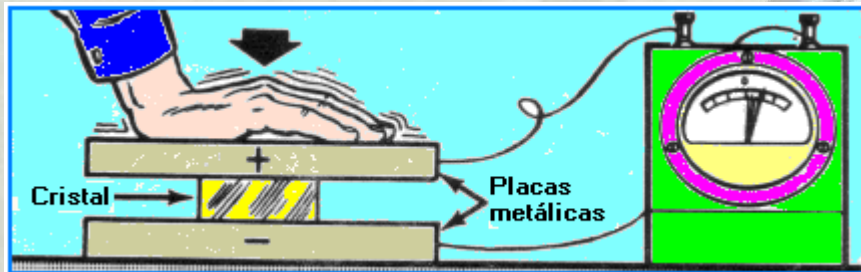
Este material acumula cargas elétricas em certas áreas de sua estrutura cristalina, quando sofrem uma deformação física, por ação de uma pressão.

No ano seguinte, Gabriel Lippmann descobriu o efeito inverso.



Gabriel Lippmann (1845-1921),
Nobel Prize in Physics, 1908

Piezoelétrico



[APRESENTAÇÃO](#)
(Clique Aqui)

Piezoelétrico

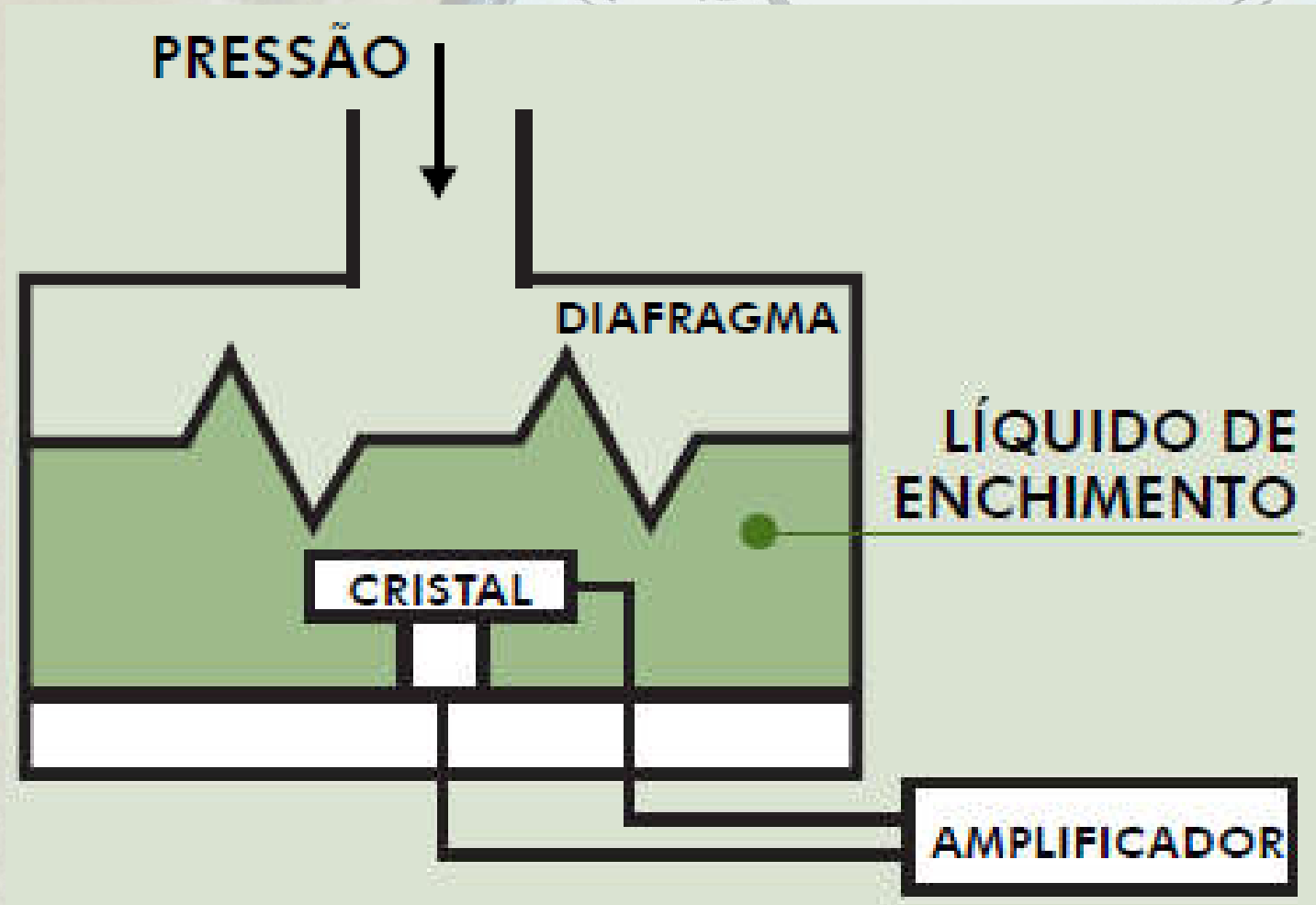
$$q = S_q AP$$

$$V_o = q/C$$

Em que:

- P: pressão aplicada
- A: área do eletrodo
- S_q : sensibilidade
- q: carga elétrica
- C: capacidade do cristal
- V_o : tensão de saída

Piezoelétrico



Piezoelétrico



Um cristal é obtido cortando-se uma fatia muito fina do material piezoelétrico (como o quartzo) e folheando a superfície dessa fatia com material condutor para fazer uma conexão elétrica.

Quando esse cristal é deformado, uma carga elétrica se desprende ao longo dos eixos ou faces desse cristal (denominados “cortes”).

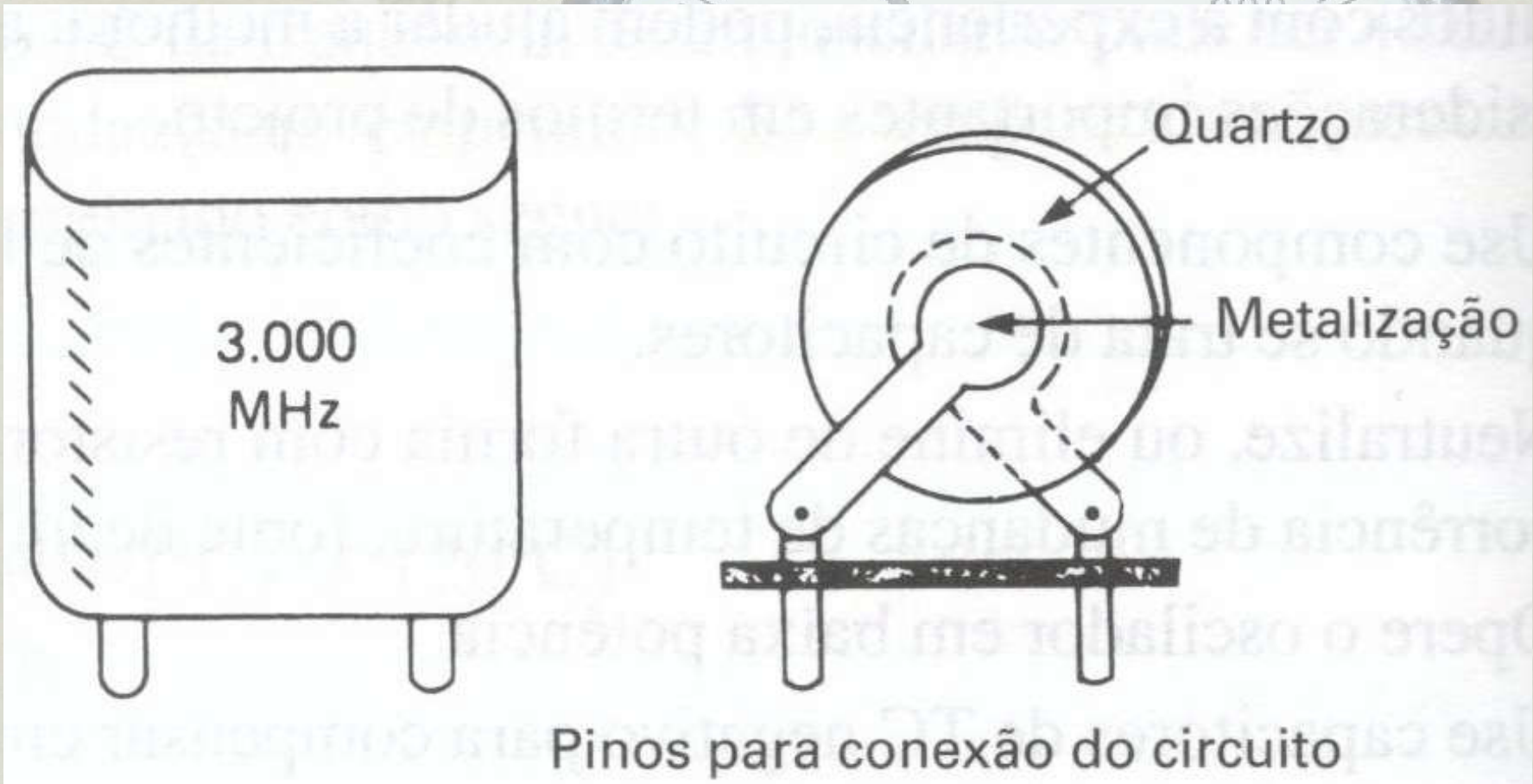
Piezoelétrico



O contrário também é verdade. Se aplicarmos uma tensão elétrica ao longo de determinados eixos ou cortes do cristal ele se deformará. No caso, observa-se uma vibração desse cristal.

Tal propriedade é útil para a construção de filtros de sinal (áudio) e de osciladores (relógios, sistemas computacionais). A rigidez e o tipo de corte determinará a frequência de oscilação do cristal.

Piezoelétrico



Piezoelétrico

Desvantagem

- Requer um circuito de alta impedância e um amplificador de alto ganho, sendo susceptível a ruídos.
- Alta estabilidade e linearidade.
- Devido à natureza dinâmica, não permite a medição de pressão em estado sólido.

Vantagem

- Rápida resposta.
- A relação entre a carga elétrica e a pressão aplicada ao cristal é praticamente linear

$$q = S_q \cdot A \cdot p$$

p - pressão aplicada,
 A - área do eletrodo,
 S_q - sensibilidade,
 q - carga elétrica

Capacitivos

Este tipo de sensor resume-se na deformação, diretamente pelo processo de uma das armaduras do capacitor. Tal deformação altera o valor da capacitância total, que é medida por um circuito eletrônico.

Obs.: A capacitância de um capacitor depende diretamente da distância entre suas armaduras.

Capacitivos

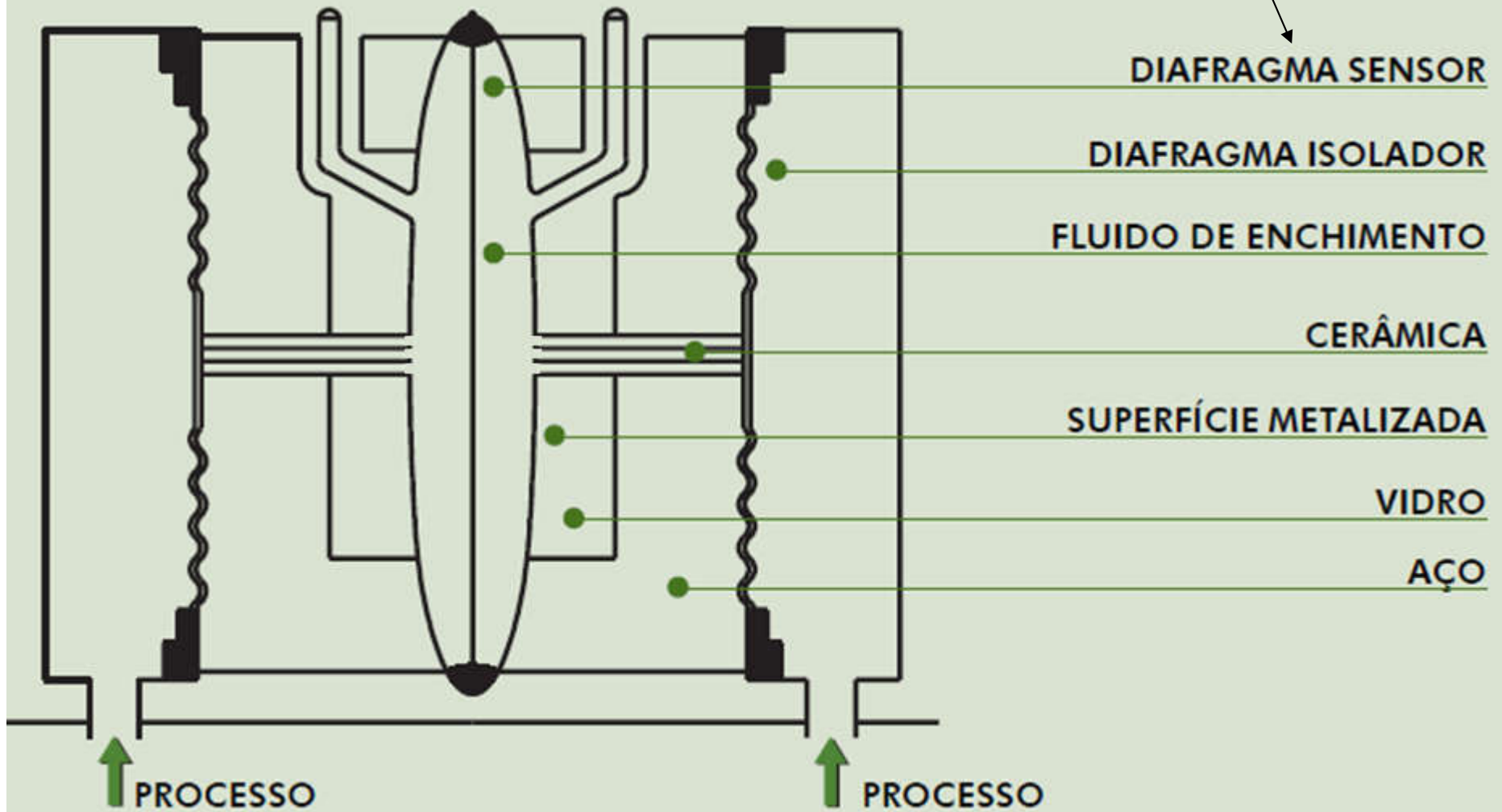


A diferença de pressão entre as câmaras de alta (*high*) e de baixa pressão (*low*) produz uma força no diafragma isolador que é transmitida pelo líquido de enchimento.

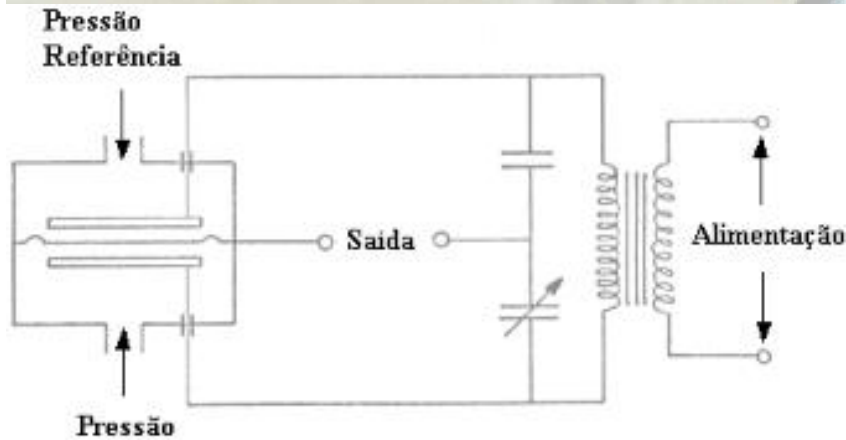
A força atinge a armadura flexível (diafragma sensor), provocando sua deformação e alterando, portanto, o valor das capacitâncias formadas pelas armaduras fixas e a armadura móvel. Esta alteração é medida pelo circuito eletrônico, que gera um sinal proporcional à variação de pressão aplicada à câmara da cápsula de pressão diferencial capacitiva.

Capacitivos

De material condutor



Capacitivos



P_1 e P_2 são pressões aplicadas nas câmaras H e L.

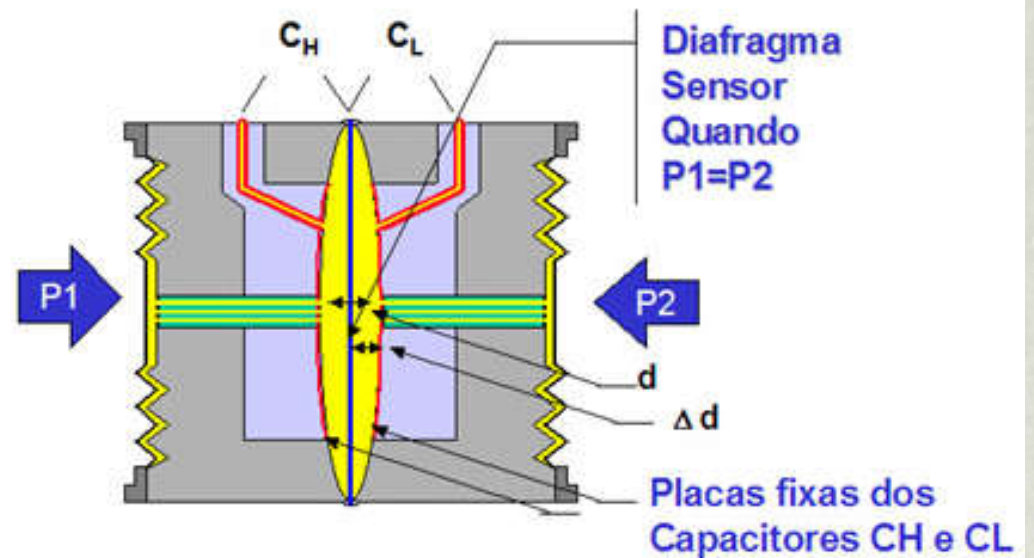
CH = capacitância medida entre a placa fixa do lado de P_1 e o diafragma sensor.

CL = capacitância medida entre a placa fixa do lado de P_2 e o diafragma sensor.

d = distância entre as placas fixas de CH e CL.

$$C = \frac{\epsilon A}{d}$$

ϵ permissividade elétrica



Capacitivos

Se considerar CH e CL como capacitâncias de placas planas de mesma área e paralelas, quando $P1 > P2$ tem-se:

$$CH = \frac{\epsilon \cdot A}{(d/2) + \Delta d} \quad e \quad CL = \frac{\epsilon \cdot A}{(d/2) - \Delta d}$$

Por outro lado, se a pressão diferencial (DP) aplicada à célula capacitiva, não defletir o diafragma sensor além de $d/4$, podemos admitir ΔP proporcional a Δd , ou seja:

$$\Delta P \propto \Delta d$$

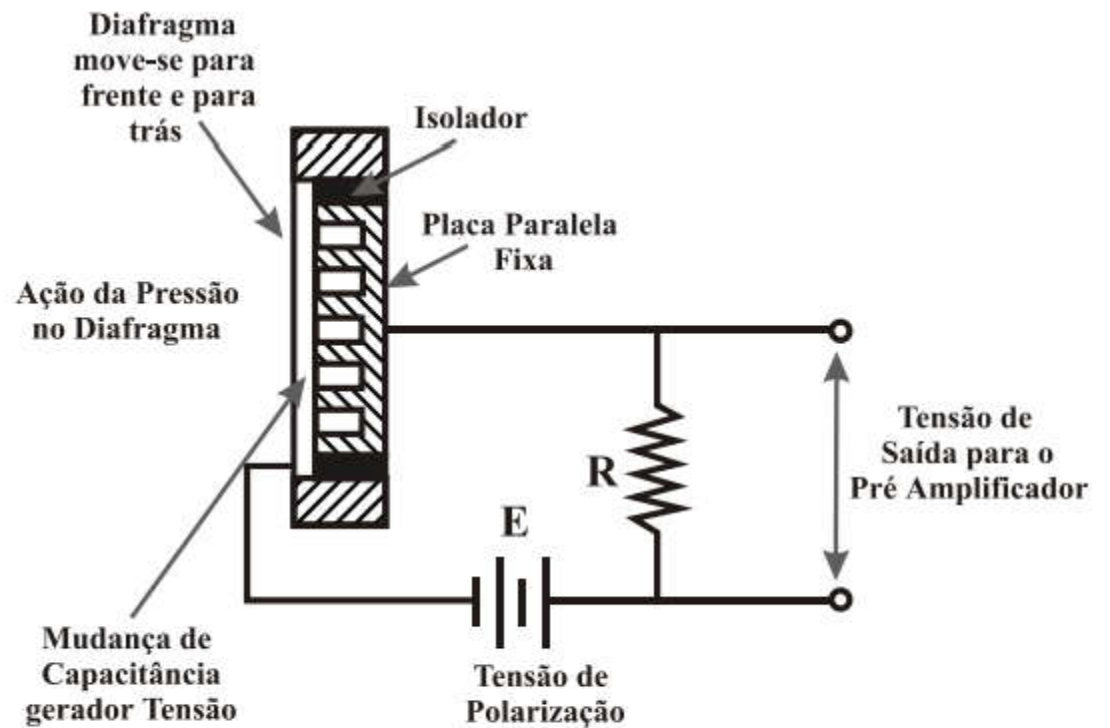
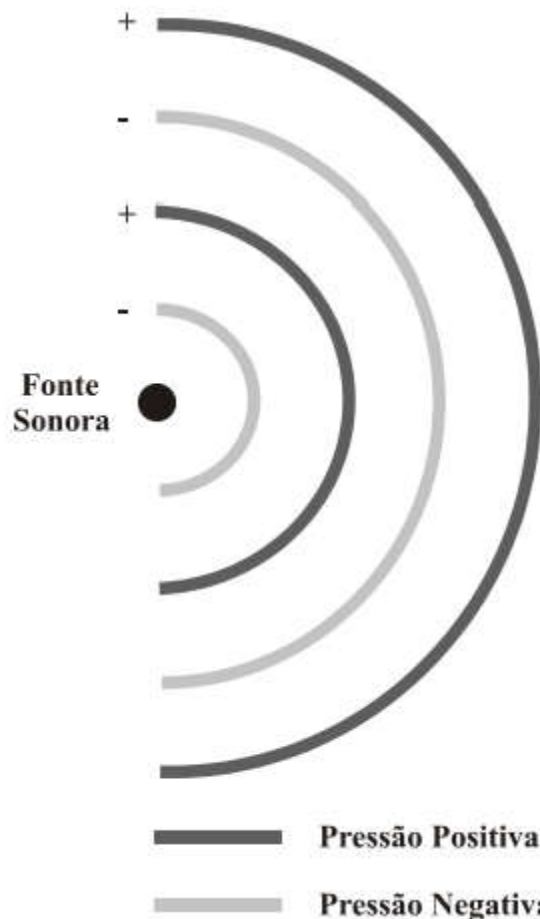
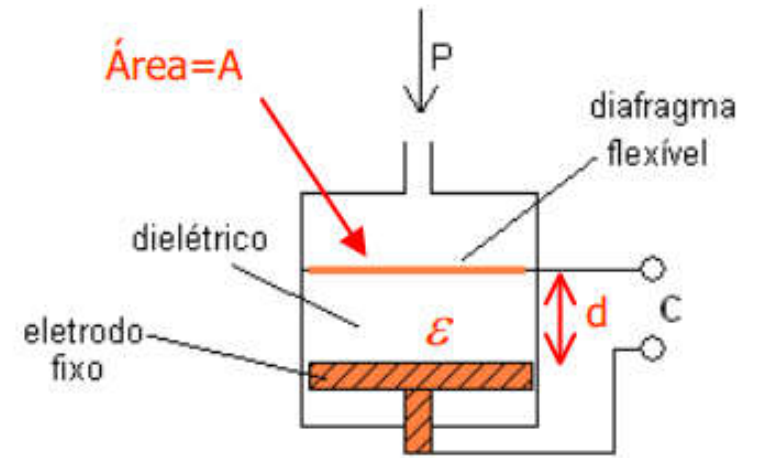
Se desenvolvermos a expressão $(CL-CH) / (CL+CH)$ obteremos:

$$\Delta P = \frac{CL - CH}{CL + CH} = \frac{2\Delta d}{d}$$

Estes capacitores fazem parte de um circuito oscilador que tem sua frequência dependente da pressão diferencial aplicada. Esta frequência é medida pela CPU do transmissor de pressão em alta resolução, alta exatidão e velocidade de processamento. Esta frequência será inversamente proporcional à pressão aplicada.

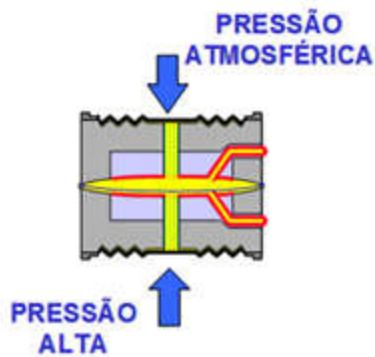
Capacitivos

Microfones Capacitivos



Capacitivos

Esta variação de capacitância tipicamente é usada para variar a frequência de um oscilador ou usada como elemento em uma ponte de capacitores.



Capacitivos

- Ideais para aplicações de baixa e alta pressão.
- Minimizam o erro total provável e consequentemente à variabilidade do processo.
- Ideais para aplicações de vazão.
- Por sua resposta linear, permite alta rangeabilidade com exatidão.

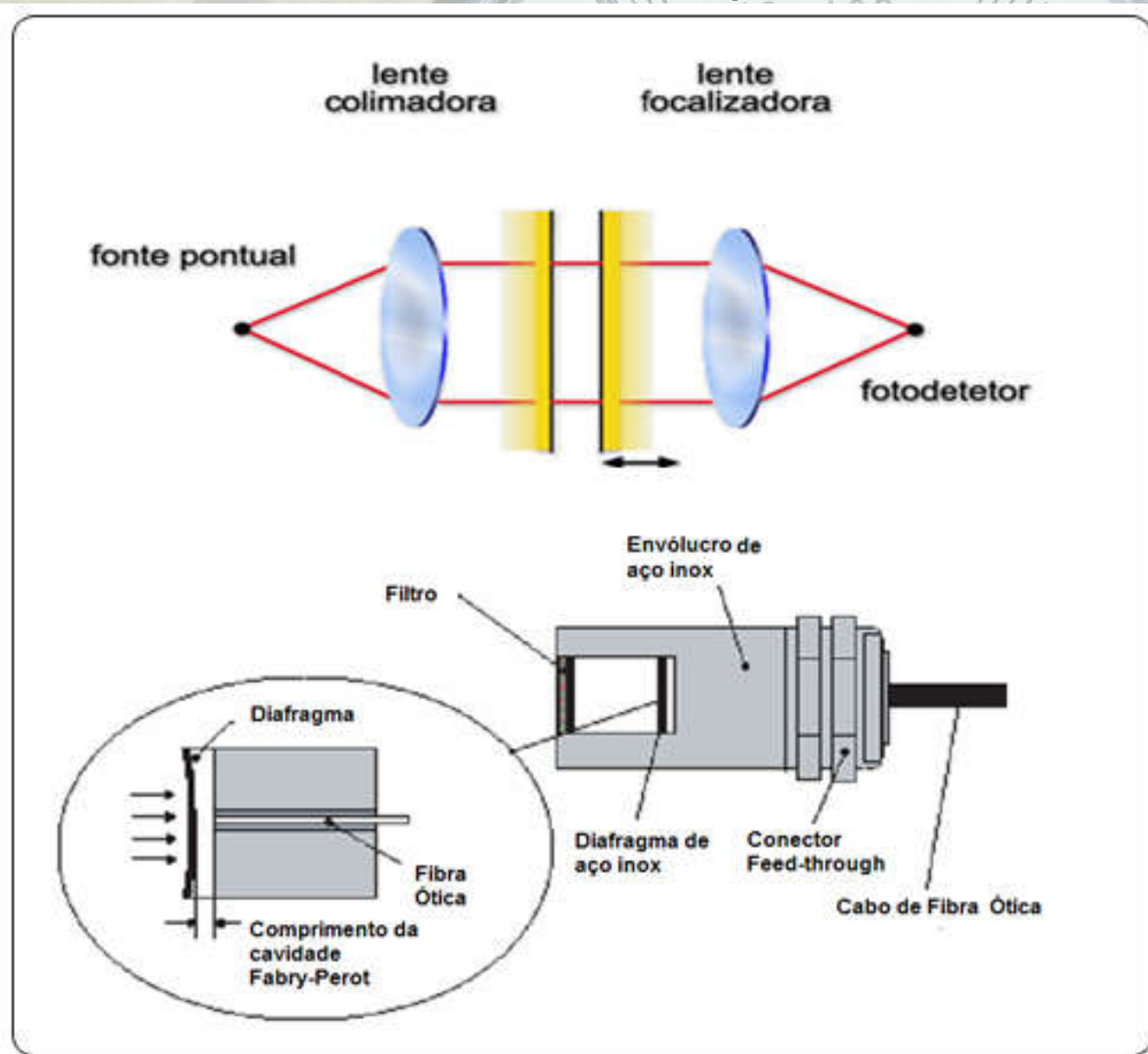
Óticos

Ainda não muito difundidos.

Dois espelhos parcialmente refletivos (de vidro ou quartzo) são alinhados e se obtém uma variação no contraste de franjas máximo de acordo com distância entre os mesmos que pode ser causada por uma variação mecânica relacionada a aplicação de uma pressão.

Óticos

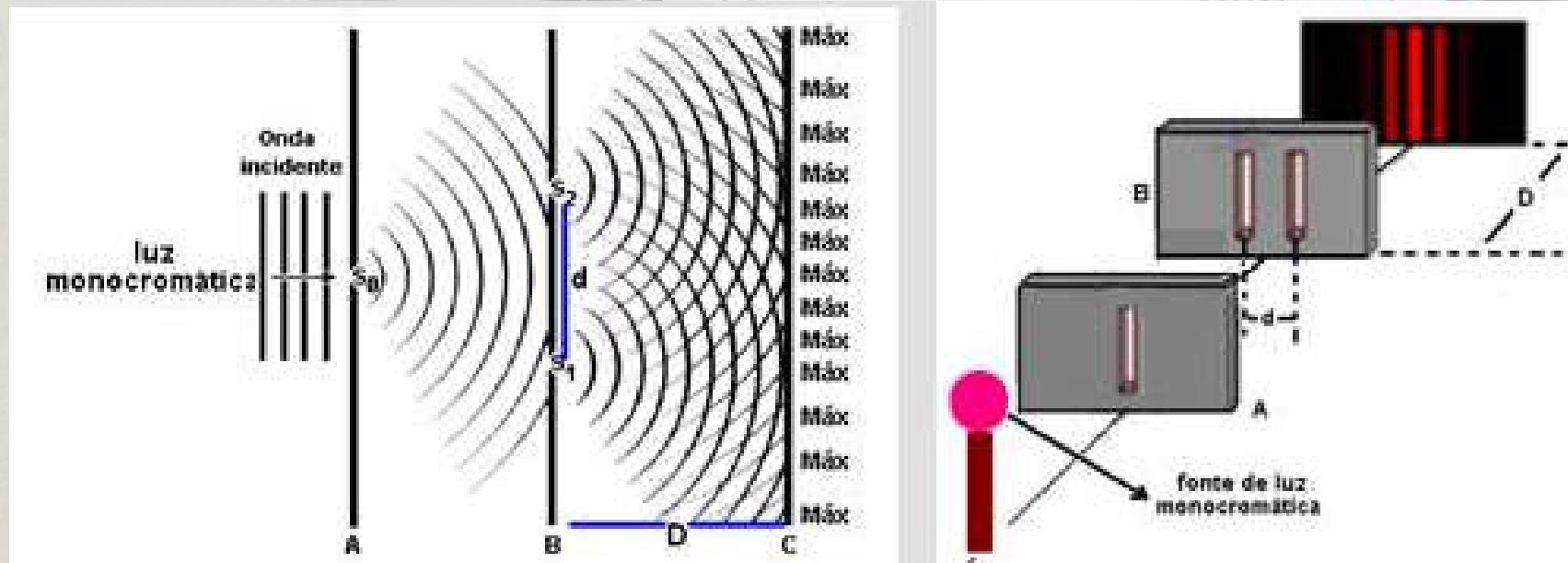
Interferômetro Fabry-Perot



Óticos

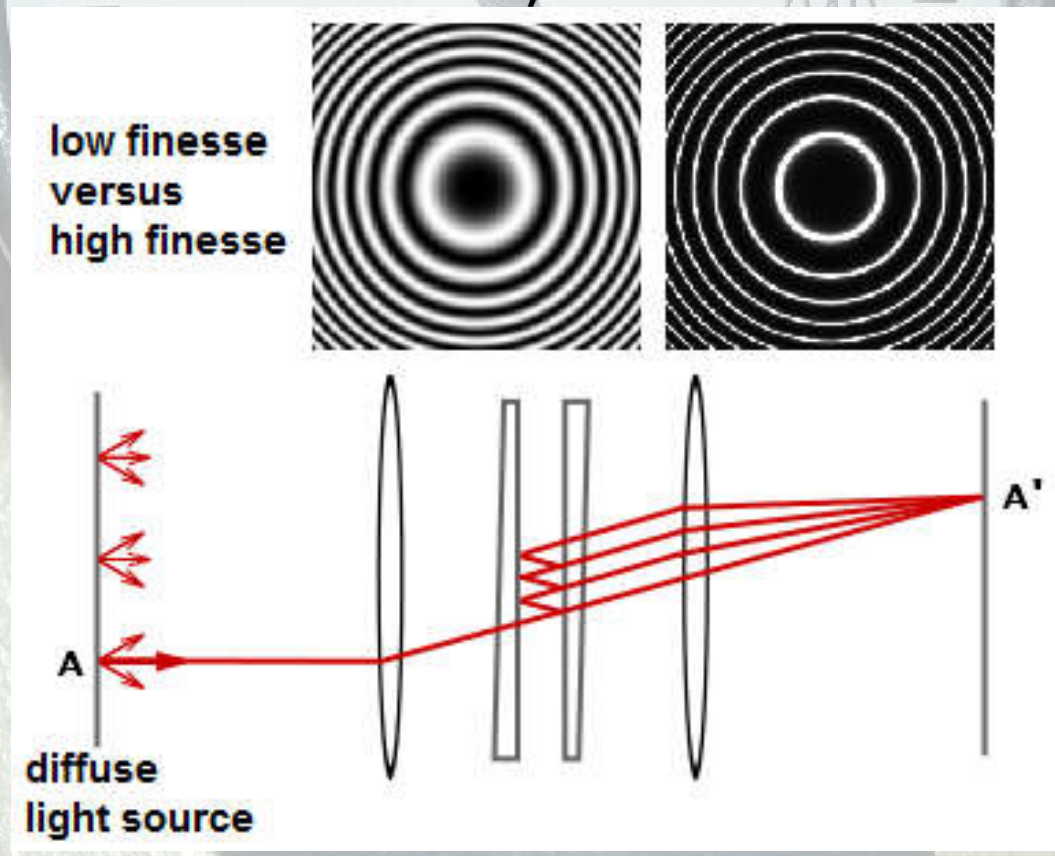
Franjas de Interferência

Padrão de faixas de luz formado pela reflexão da luz em anteparos ou superfícies refletoras (ver experimento de Young).



Óticos

A distância entre as lentes interfere diretamente no comprimento de onda da saída (λ). Relacionando esse λ com a pressão aplicada ao diafragma (o qual interfere na distância entre as lentes) temos um sensor de pressão.



Óticos



Alta sensibilidade, tamanho reduzido, flexibilidade e resistência, baixo peso, longa vida útil, longa distância de transmissão, baixa reatividade química do material, ideal para operar em ambientes com risco de explosão e intrinsecamente seguros, ideal para operar em ambientes com alta tensão, imunidade eletromagnética.

Equipamentos Industriais para Medição de Pressão



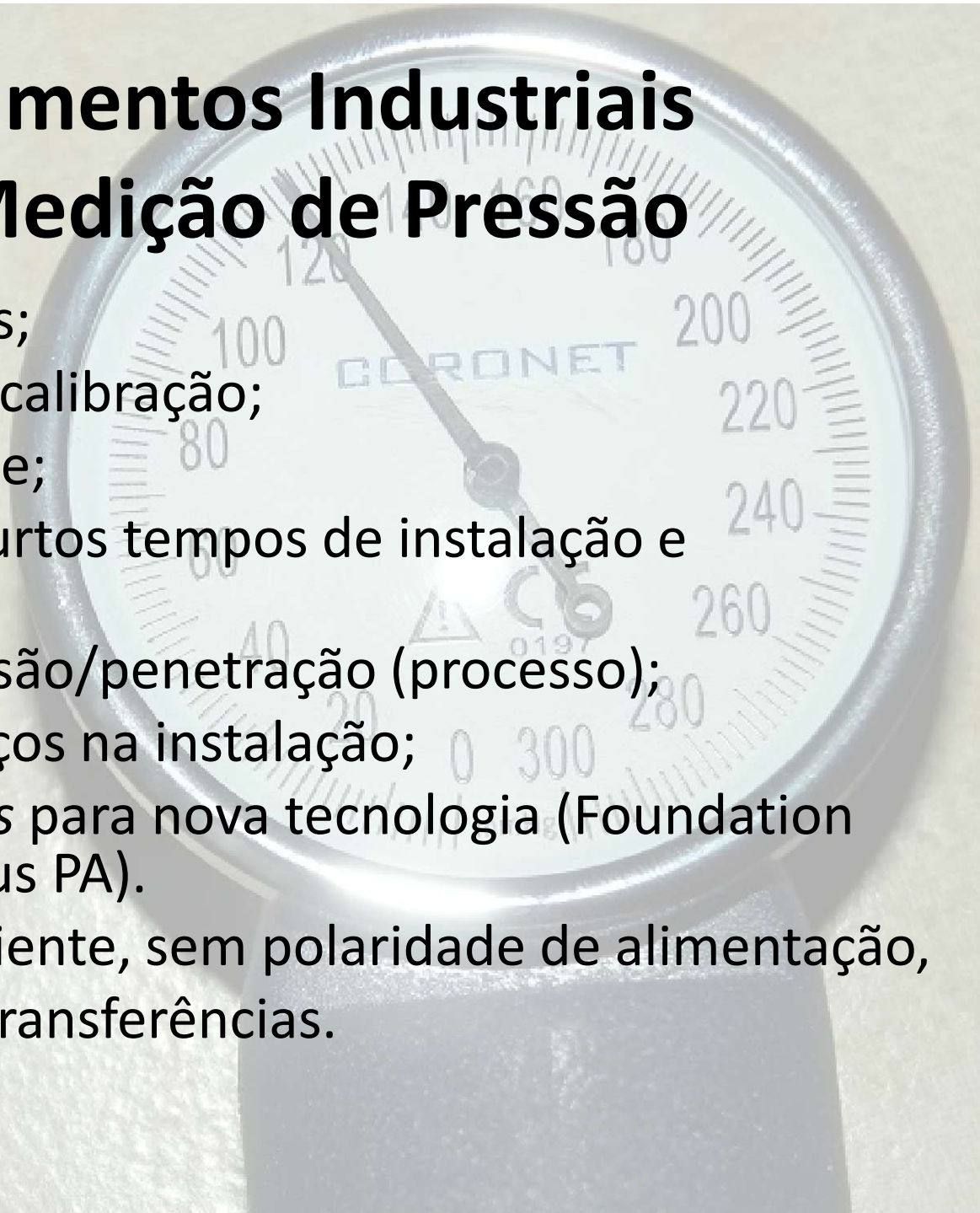
Um transmissor de pressão inteligente combina a tecnologia do sensor mais sua eletrônica.

Tipicamente, deve prover as seguintes características:

- Sinal digital de saída ;
- Interface de comunicação: Elétrica, digital (HART/4-20mA, F-Fieldbus, Profibus-PA);
- Compensação de pressão e de temperatura;
- Estabilidade;
- Deve permitir fácil e amigável calibração;

Equipamentos Industriais para Medição de Pressão

- Auto Diagnósticos;
- Fácil instalação e calibração;
- Alta confiabilidade;
- Baixos custos e curtos tempos de instalação e manutenção;
- Redução na intrusão/penetração (processo);
- Economizar espaços na instalação;
- Permitir *upgrades* para nova tecnologia (Foundation Fieldbus e Profibus PA).
- Protetor de transiente, sem polaridade de alimentação,
- Trava física para transferências.



Critérios para Especificar Transmissores de Pressão

- O que se pretende medir?
- Para que medir pressão?
- Qual é o fluido do processo?
- Protocolo de comunicação?
- Pré-configurações?
- Certificações?
- Faixa de pressão / rangeabilidade?
- Controle PID

Critérios para Especificar Transmissores de Pressão



Fluído do processo

- O fornecedor deverá ser informado das características do fluido. Em geral o fabricante poderá recomendar materiais ou conexões especiais.
- Vale lembrar que a decisão final será sempre do usuário ou da empresa de engenharia envolvida. Alguns dados do fluido de processo são fundamentais na escolha do transmissor:



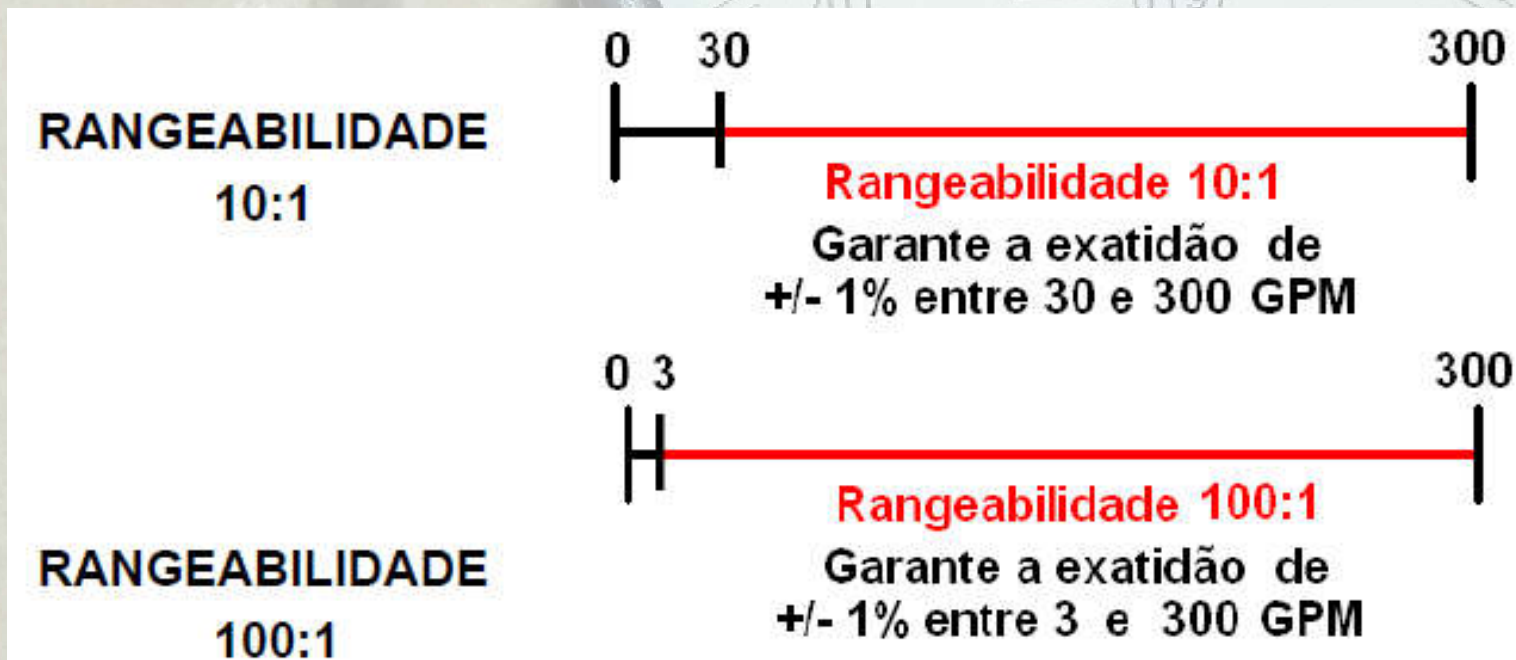
Faixa de pressão

Os fabricantes adotam uma terminologia padronizada que precisa ser conhecida:

- URL (Upper Range Limit): é a mais alta pressão que o transmissor de pressão foi setado para medir, respeitando-se o limite superior do sensor;
- LRL (Lower Range Limit): é a mais baixa pressão que o transmissor de pressão foi setado para medir, respeitando-se o limite inferior do sensor;
- SPAN (Range Calibrado): A faixa de trabalho onde é feito a calibração: URL – LRL;

Rangeabilidade

Rangeabilidade (Largura de Faixa) - É a relação entre o valor máximo e o valor mínimo, lidos com a mesma exatidão (da folha de dados) na escala de um instrumento.



Bibliografia



Medição de pressão – Professora Ninoska Bojorge – Departamento de Engenharia Química e de Petróleo – UFF

Relés x Sensores, disponível em <http://www.instrumatic.com.br/artigo/reles-x-sensores>, acesso em 17/05/2016.