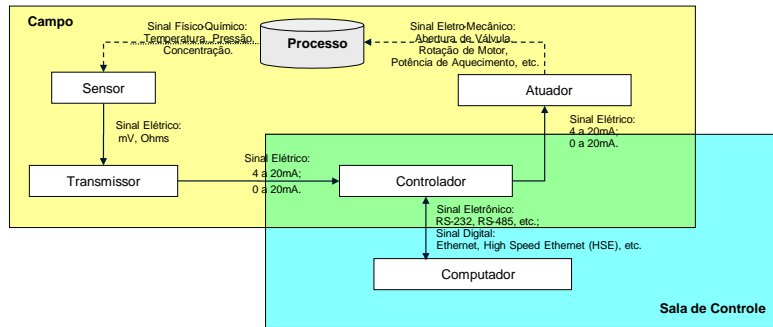
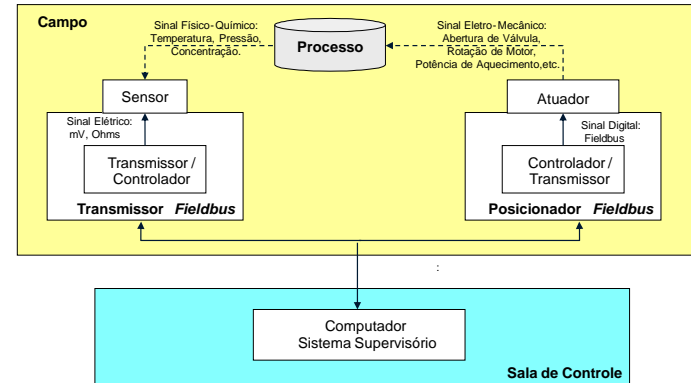




Instrumentação analógica versus Instrumentação FB

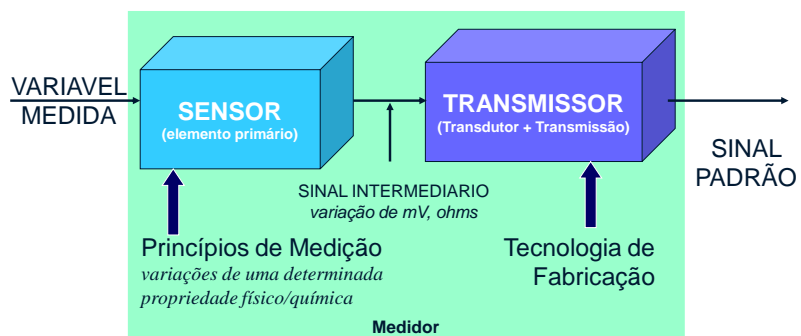


Instrumentação analógica versus Instrumentação digital





Instrumento de Medição



Principais variáveis medidas:
Pressão, Nível, Vazão, Temperatura.

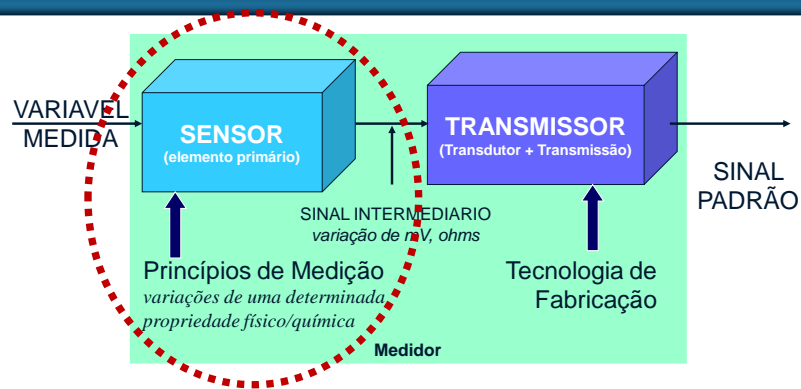


Definições

- **Sistema de Medição**- conjunto que indica ou registra as quantidades físicas ou químicas, é composto por:
 - **Sensor** – (elemento primário - sonda) dispositivo sensível a espécies químicas específicas (eletrodos, sondas, cristais, resistências, fibra ótica etc).
 - **Transmissor** – dispositivo que transforma/converte formas de energia física em sinal elétrico (temperatura, som, luz, deslocamento, pressão, etc);
 - **Indicador** (opcional) – indica as variáveis medidas;



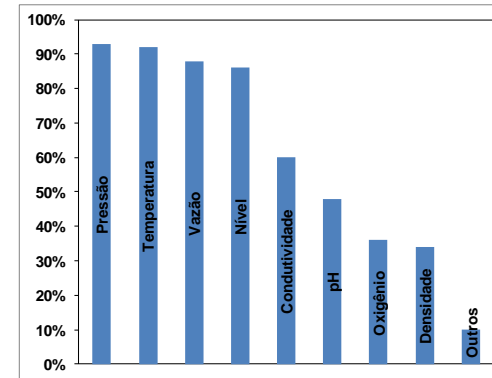
Sensores – Princípio de Medição



**Princípios de medição para Pressão,
Nível, Vazão e Temperatura .**



Utilização futura de transmissores em controle de processos



Control Engineering, 2002



PRINCIPIO DE MEDIÇÃO - MEDIDORES PRESSÃO

Tipos de Pressão Medidas

A pressão medida pode ser representada pela pressão absoluta, manométrica ou diferencial. A escolha de uma destas três depende do objetivo da medição.

Pressão absoluta

É a pressão positiva a partir do vácuo perfeito, ou seja, a soma da pressão atmosférica do local e a pressão manométrica.

Pressão manométrica

É a pressão medida em relação à pressão atmosférica existente no local, podendo ser positiva ou negativa.

Pressão diferencial

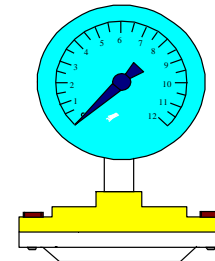
É o resultado da diferença de duas pressões medidas. Em outras palavras, é a pressão medida em qualquer ponto, menos no ponto zero de referência da pressão atmosférica

7



MEDIDORES DE PRESSÃO

- * **Medidores por coluna líquida**
- * **Medidores por elementos elásticos**
- * **Medidores especiais**

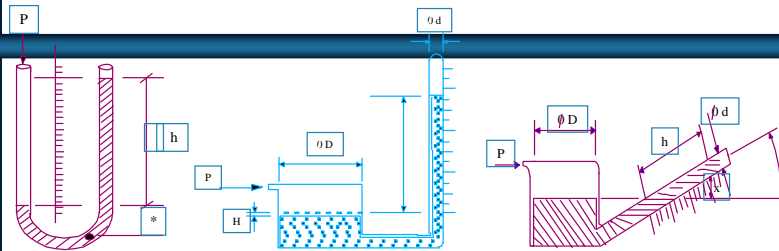


8



MEDIDORES POR COLUNA LÍQUIDA

Tipos: Coluna em U; Coluna reta vertical e Coluna inclinada



Vantagens e Desvantagens:

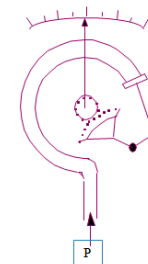
- medem pressões baixas, com boa precisão, custo baixo e simples construção, de fácil manutenção.
- exigem tubos calibrados, nivelamento, líq. somente não viscosos e não permite vibrações.

9

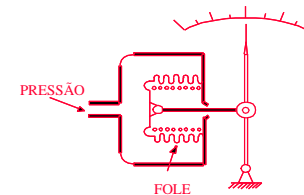


MEDIDORES POR ELEMENTOS ELÁSTICOS

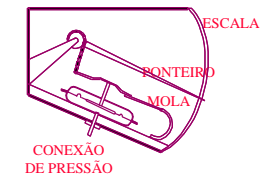
Manômetro "C"



Manômetro de Fole



Manômetro de Diafragma

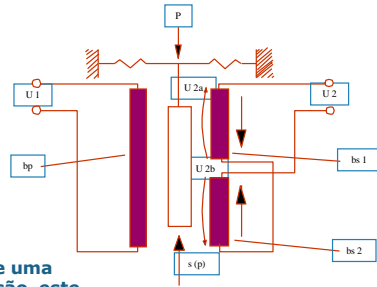


10



MEDIDORES ESPECIAIS DE PRESSÃO

a) Pressão Indutivo(LVDT)



Quando ocorre uma variação da pressão, este núcleo de ferro magnético se movimenta dentro de uma espiral alterando o campo magnético da bobina gerando uma variação de tensão.

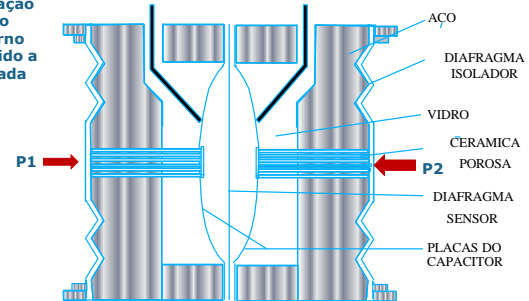
U = tensão elétrica
s = curso da mola
k=grau de acoplamento
P = pressão aplicada

11



b) Pressão Capacitivo

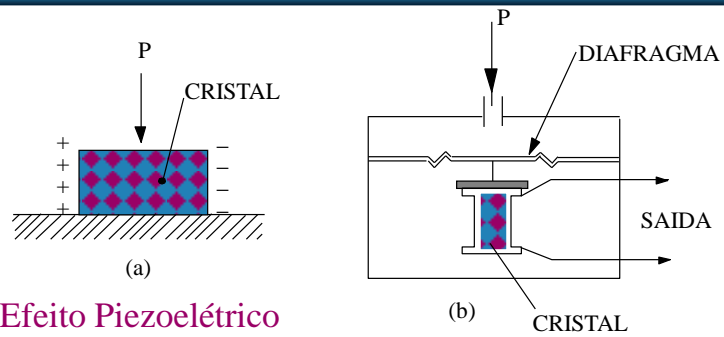
Mede a deformação das placas do capacitor interno quando submetido a uma determinada pressão



12



c) Piezoelétrico



Efeito Piezoelétrico

São cristais (como o quartzo, a turmalina e o titanato) que acumulam cargas elétricas em certas áreas da estrutura cristalina quando sofrem uma deformação física, por ação de uma pressão

Transdutor



Sensores de pressão

Sensor	Limites de Aplicação (°C)	Acurácia	Dinâmica	Vantagens	Desvantagens
Bourdon					
"C"	Até 100 MPa	1 a 5%	-	Baixo custo Precisão razoável Ampla utilização	Histerese Interferência de vibrações Indicação local
Espiral	Até 100 MPa	0,5%			
Helicoidal	Até 100 MPa	0,5 a 1%			
Fole	+ para vácuo ate 50 KPa	0,5 %	-	Baixo custo Pressão diferencial	Compensação de temperatura Baixa pressão
Capacitância / Indutância	Até 30 KPa	0,2 %	-	+ utilizado industrialmente	
Piezoelétrico	-	0,5 %	-	Muito rápido	Sensível a mudanças de temperatura



SISTEMAS DE SELAGEM

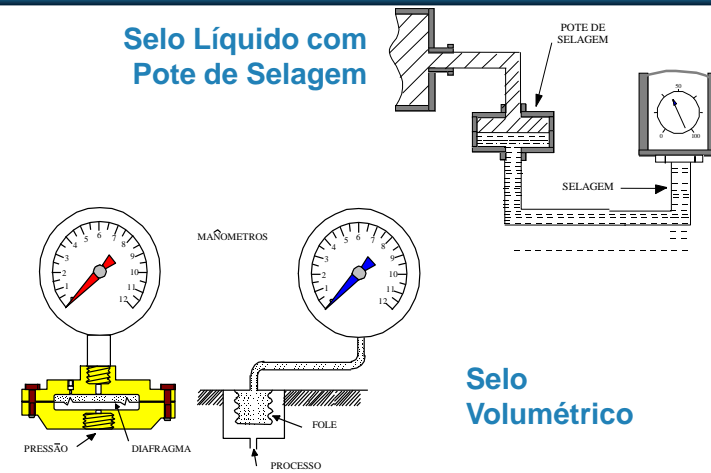
Aplicação:

- a) O fluido do processo for corrosivo ao dispositivo de medição;
- b) O fluido for um gás com possibilidade de condensação por diminuição de temperatura, quando for aplicado ao dispositivo de medição, ex: vapor d'água;
- c) O fluido for um líquido com sólidos em suspensão;
- d) O fluido for um líquido pastoso;
- e) O fluido tender a cristalizar-se com variações de temperatura ao ser aplicado ao dispositivo de medição, ex: óleo APF;
- f) O fluido não puder permanecer parado no dispositivo de medição, ex: medicamentos, leite etc;
- g) O fluido for perigoso.

15



Selo Líquido com Pote de Selagem



16



PRINCÍPIO DE MEDIÇÃO - MEDIÇÃO DE NÍVEL

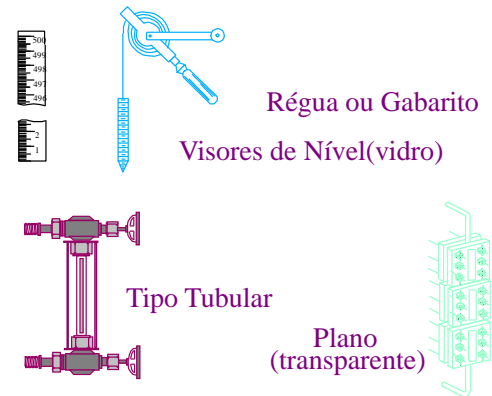
* Principais métodos de medição:

- Tipo régua ou gabarito,
- Tipo visor de nível,
- Tipo bóia ou flutuador,
- Tipo deslocador,
- Tipo pressão hidrostática,
- Tipo borbulhador,
- Tipo célula de carga (pesagem),
- Tipo radioativo,
- Tipo capacitivo.

17



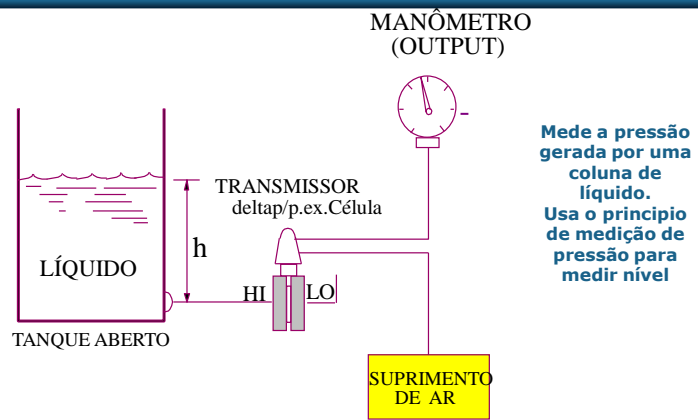
Medição de Nivel Direta



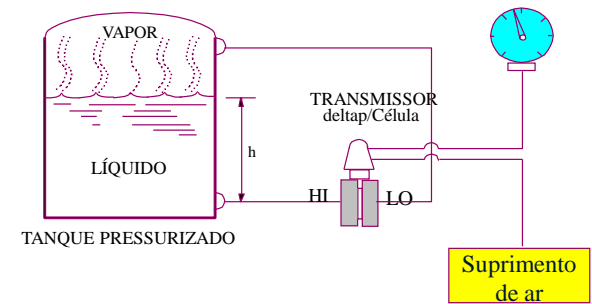
18



MEDIÇÃO TIPO PRESSÃO HIDROSTÁTICA



MEDIÇÃO TIPO PRESSÃO HIDROSTÁTICA





Sensores de nível

Sensor	Limites de Aplicação	Acurácia	Dinâmica	Vantagens	Desvantagens
Boia	Até 1 m		-	Chave de nível	Líquidos viscosos interferem
Deslocamento	0,3 a 3 m		-	Menor queda de pressão Uso com suspensão	Alto custo para alta pressão Faixa limitada
Pressão diferencial	Sem limitação		-	Boa Acurácia Larga faixa de aplicação Uso com líquidos perigosos	Admite densidade constante Selos sensíveis a temperatura
Capacância	Ate 30 m		-	Uso com líquidos perigosos	Influência de variação de densidade

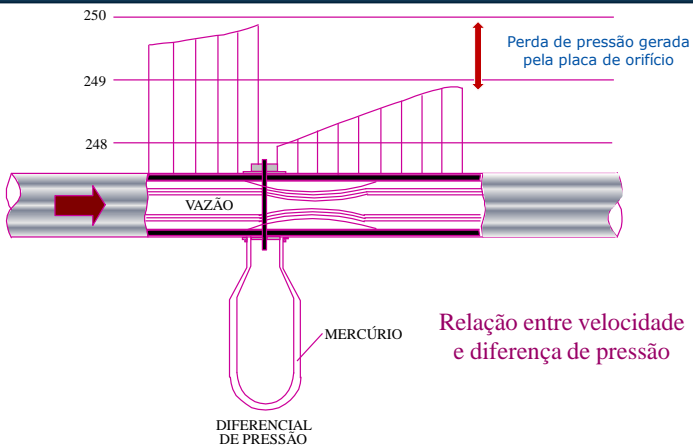


PRINCÍPIO DE MEDIÇÃO - MEDIÇÃO DE VAZÃO

- 1 - Medição por Pressão Diferencial (Elementos Deprimogênios)
Placa de Orifício, Tubo Venturi, Tubo Pitot, Bocal, etc.
- 2 - Medição por Área Variável Rotâmetro
- 3 - Medição através de Velocidade Turbina
- 4 - Medição através de Força Placa de Impacto
- 5 - Medição por Tensão Induzida Medidor Magnético
- 6 - Medição em Canais Abertos Calha Parchall Vertedores



MEDIÇÃO POR ELEMENTOS DEPRIMOGÊNIOS



Medição de Vazão por Pressão Diferencial

A partir da Equação de Bernoulli:

$$F = C_0 \sqrt{\frac{(P_1 - P_3)}{\rho_0}}$$

$$F = C_0 \sqrt{P_1 - P_3}$$

$$F = C_0 \sqrt{\frac{(P_1 - P_3)}{\rho_0}} \sqrt{\frac{P_0 T}{P T_0}}$$

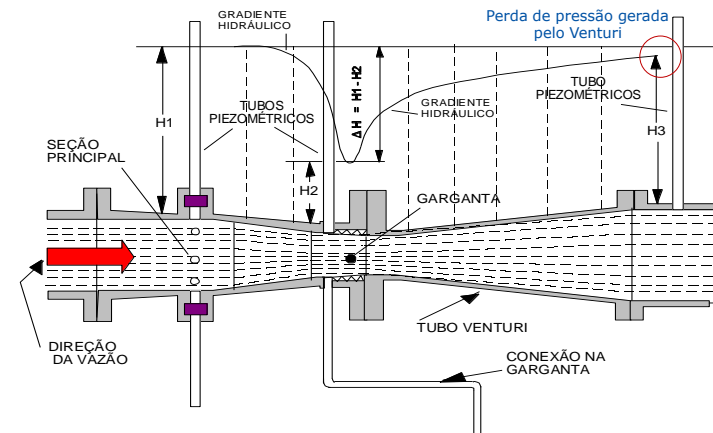


Tipos de conexões para instalação de placas de orifício

DENOMINAÇÃO NA LITERATURA INGLESA	DENOMINAÇÃO SUGERIDA EM PORTUGUÊS	DISTÂNCIA DA TOMADA A FACE MONTANTE K 1	DISTÂNCIA DA TOMADA A FACE MONTANTE K 2	
FLANGE TAPS	TOMADA EM FLANGES	1"	1" (J)	
RADIUS TAPS	TOMADAS A D E 1/2 D	1 D	1/2 D (M)	
VENA CONTRACTA TAPS	TOMADAS EM VENA CONTRACTA	1/2 D A 2 D	VER TABELA III.1b	
CORNER TAPS	TOMADAS EM CANTO	JUNTO	JUNTO	
PIPE TAPS	TOMADAS A 2 1/2 D E 8 D	2 1/2 D	8 D (M)	



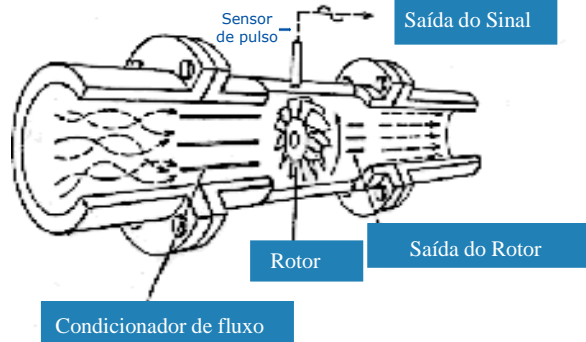
TUBO VENTURI



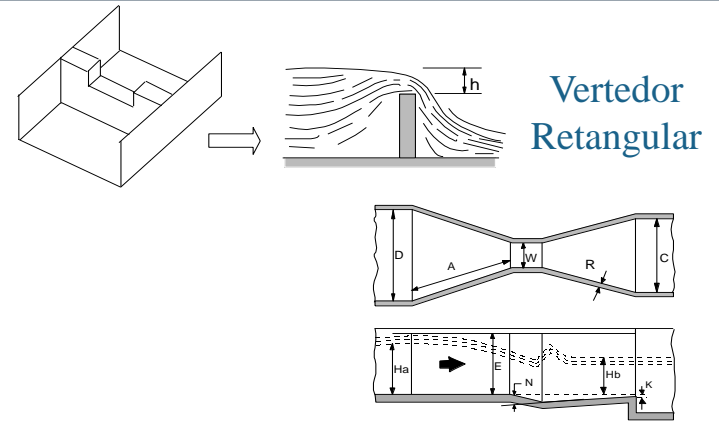


MEDIDOR TIPO TURBINA

Um sensor magnético conta os pulsos gerados pela passagem das hélices, medindo a rotação da turbina que é convertida em sinal em vazão. A rotação da turbina varia linearmente com a vazão



MEDIÇÃO DE VAZÃO EM CANAIS ABERTOS





Sensores de vazão

Sensor	Limites de Aplicação	Acurácia	Dinâmica	Vantagens	Desvantagens
Orifício	3:5:1	2 a 4%	-	Baixo custo Industrialmente + utilizado	Queda de pressão elevada Interferência de suspensão
Venturi	3:5:1	1 %	-	Menor queda de pressão Uso com suspensão	Alto custo
Turbina	20:1	0,25 %	-	Boa Acurácia Larga faixa de aplicação	Alto custo Sem solidos
Vortex	10:1	1%	-	Larga faixa de aplicação Não sofre influência de TxPxD	Alto custo Pequenos span Fisicamente fragil
Deslocamento positivo	10:1	0,5%	-	Larga faixa de aplicação	Queda de pressão elevada

29



PRINCÍPIO DE MEDIÇÃO - MEDIÇÃO DE TEMPERATURA

Definições

PIROMETRIA: medição de altas temperaturas, na faixa onde os efeitos de radiação térmica passam a se manifestar.

CRIOMETRIA: medição de baixas temperaturas, ou seja, aquelas próximas do zero absoluto.

TERMOMETRIA: termo mais abrangente que incluiria tanto a Pirometria como a Criometria.

Conceitos Básicos

TEMPERATURA: grau de agitação térmica das moléculas.

ENERGIA TÉRMICA: é a somatória das energias cinéticas dos seus átomos.

CALOR: é a energia em trânsito.

30



MEDIDORES DE TEMPERATURA

1. Instrumentos de transferência de calor por condução

- * Termômetro à dilatação de líquido,
- * Termômetro à dilatação de gás,
- * Termômetro à tensão de vapor saturante,
- * Termômetro à dilatação de sólido,
- * Termômetro à resistência elétrica,
- * Termômetro à par termo-elétrico.

2. Instrumentos de transferência de calor por radiação

- * Pirômetros à radiação
- * Pirômetros ópticos.

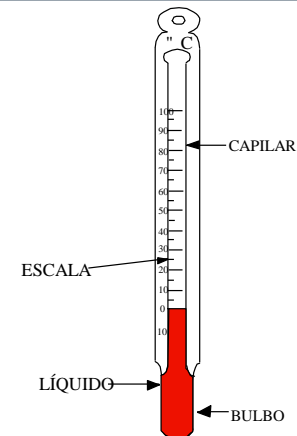
OBS: o uso dependerá da faixa de medição, tempo de resposta e precisão

31



TERMÔMETRO DE DILATAÇÃO DE LÍQUIDO

Os termômetros de dilatação de líquido baseiam-se na lei de expansão volumétrica de um líquido com a temperatura dentro de um recipiente fechado.



* Líquidos utilizados:

- Tolueno (-80 à 100°C),
- Mercúrio (-35 à 750°C),
- Álcool e outros.

* Precisão:

- 0,5 à 3% term.comum
- 0,1 à 0,5% term.padrão

* Sensibilidade:

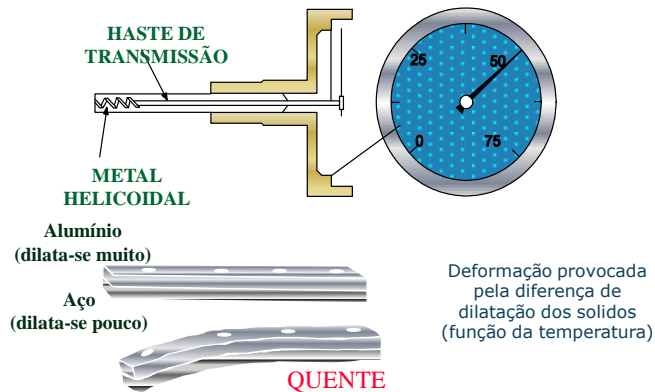
função de vários fatores.

32



TERMÔMETRO DE DILATAÇÃO DE SOLIDO

Termômetro Bimetálico

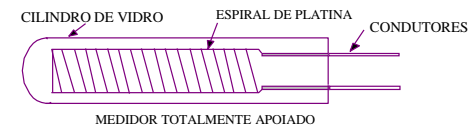


33



TERMORESISTÊNCIAS (RTDs)

“Termômetros de resistência” estão baseados na variação de resistência de um determinado material quando submetido a diferentes temperatura; de um modo geral, os metais aumentam a resistência com a temperatura, ao passo que os semicondutores diminuem a resistência com a temperatura.



Materiais + utilizados: Pt, Cu ou Ni

- * Alta resistividade, melhor sensibilidade,
- * Alto coeficiente de variação ($R \cdot T$)
- * Linearidade na faixa de medida
- * Ter rigidez e dutibilidade: fios finos.

Efeito da Temperatura na resistência

$$R_T = R_{T_0}(1 + \alpha T)$$

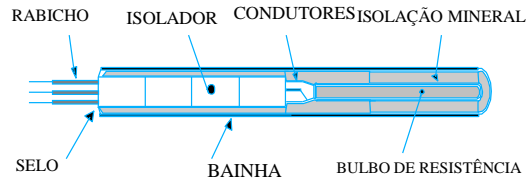
R_{T_0} – Resistência à 0°C

34



Características da Pt100(à 0°C)

- * Padrão de Temperatura: (- 270 à 660°C),
- * Alta estabilidade e repetibilidade,
- * Tempo de resposta.

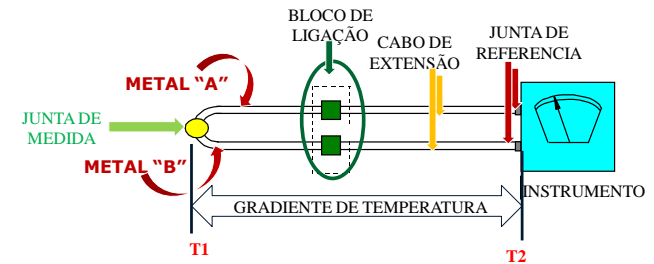


TERMOPARES

Efeitos Termoelétricos : Seebeck Peltier, Thompson e Volta.

“Ao se conectar dois metais diferentes (ou ligas metálicas) tem-se um circuito tal que, se as junções “A” e “B” forem mantidas em temperaturas diferentes T_1 e T_2 , surgirá uma f.e.m. termoeétrica e uma corrente elétrica “i” circulará pelo chamado “par termoeétrico” ou “termopar”.

A VARIAÇÃO DA F.E.M. GERADA ESTÁ RELACIONADA A DIFERENÇA DE TEMPERATURA ENTRE A JUNTA DE MEDIDA E JUNTA DE REFERÊNCIA





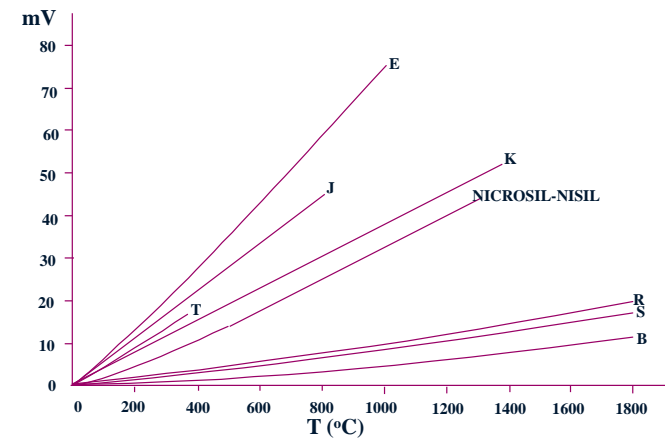
CARACTERÍSTICAS/TIPOS DOS TERMOPARES

Tipo é dado pela combinação de 2 metais condutores:
Possuem uma relação razoável/ linear entre Temp. e fem

- Tipos:
- * Termopares Básicos.
 - * Termopares Nobres.
 - * Termopares Especiais.

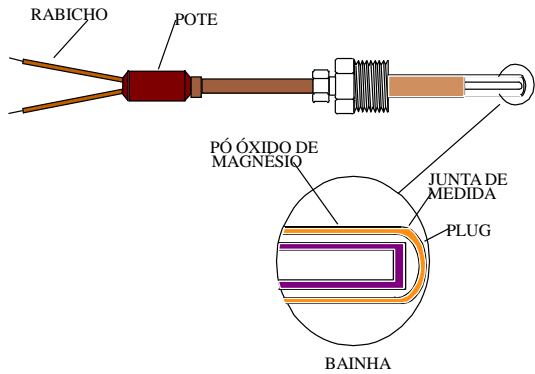


Correlação da F.E.M. x Temperatura (para diferentes tipos de termopares)





Termopar com Isolamento Mineral



Sensores de Temperatura

Sensor	Limites de Aplicação (°C)	Acurácia	Dinâmica	Vantagens	Desvantagens
Termopares					
Tipo E: (cromel e constantan)	-100 a 1000	± 1,5%	-	Boa reprodutibilidade Larga faixa de utilização	Variação mínima de 40 °C Relação T x fem pode ser não linear Baixa fem (ruidos)
Tipo J: (aço e constantan)	0 a 750	0,75%			
Tipo K: (cromel e níquel)	0 a 1250	0,75%			
RTD	-200 a 400	0,2 %	-	Boa Acurácia Alto alcance Alta linearidade	Alto aquecimento Fisicamente fragil
Termistor	-40 a 150	± 0,1%	-		Alta não linearidade Pequenos span Fisicamente fragil
Bimetálico	-	2,0%	-	Baixo custo Robusto	Display local



Instrumentos de transferência de calor por radiação

Pirômetro Óptico

Trabalham por comparação de cor, o operador do medidor faz uma comparação entre a cor de um filamento aquecido ao rubro com a cor do objeto em medição. A cor do filamento é definida pela corrente elétrica que circula pelo mesmo, a qual é medida por um miliamperímetro com uma escala relativa a temperatura do objeto. Este medidor apresenta pouca precisão por estar dependente da comparação feita pelo olho humano. A faixa de medição normalmente começa em 600°C.

Pirômetro de Radiação

Este medidor utiliza a radiação térmica emitida pelo corpo que se deseja medir a temperatura. Por utilizar sensores eletro-eletrônicos este medidor possui uma alta sensibilidade, com isto a faixa de medição normalmente começa em -50 °C.