

# Introdução



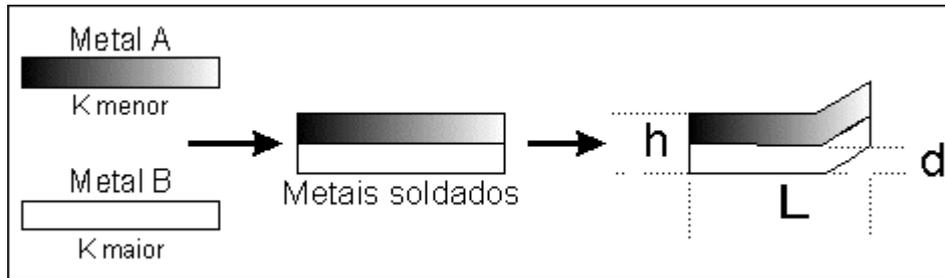
Os termómetros bimetalícos pertencem ao conjunto de sensores ou elementos primários, instrumentos que estão em contacto com as unidades processuais e que integram um anel de controlo.

São constituídos por duas lâminas de metais com coeficientes de dilatação térmica ( $k$ ) diferentes, soldadas uma à outra, ao longo do seu comprimento. Com a elevação da temperatura, cada metal sofre uma dilatação diferente e o resultado é a deflexão do elemento bimetal. Este efeito é então aproveitado para rodar um ponteiro ou para ligar/desligar um interruptor.

# Princípio de funcionamento

Os termómetros bimetálicos inserem-se no sistema a dilatação linear, isto é, utilizam a propriedade de dilatação e de contracção de uma barra metálica para medir a temperatura.

Estes termómetros são constituídos por duas camadas metálicas, como ilustrado na figura abaixo, cada uma de um material diferente e por consequência com coeficientes de dilatação diferentes. Dado os dois metais estarem soldados um ao outro, quando aquecidos, os dois metais expandem-se. No entanto, o metal com o coeficiente de dilatação maior expande mais.



O resultado é a formação de uma curvatura para compensar a diferença dos novos comprimentos.

O raio da curvatura é dado pela expressão

$$r_a = \frac{\left[ 3(1+\theta)^2 + (1+\theta e)\left(\theta^2 + \frac{1}{\theta e}\right) \right] t}{6(\alpha_A - \alpha_B)(1+\theta)^2 \Delta T}$$

onde

$$q = T_B/T_A$$

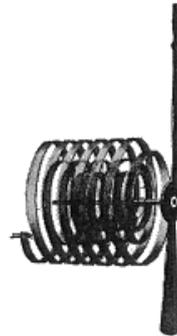
$$e = E_B/E_A$$

# Construção e materiais

## Constituição

Dois metais com coeficientes de dilatação diferentes (este requisito é imprescindível porque ao elevarmos a temperatura, obtemos dilatações diferentes e dá-se uma deflexão do elemento bimetal), laminados numa espessura fina e soldados um ao outro ao longo do seu comprimento.

A configuração helicoidal, que se pode observar na figura seguinte, é bastante usada em termómetro com este tipo de funcionamento.



## Caixa

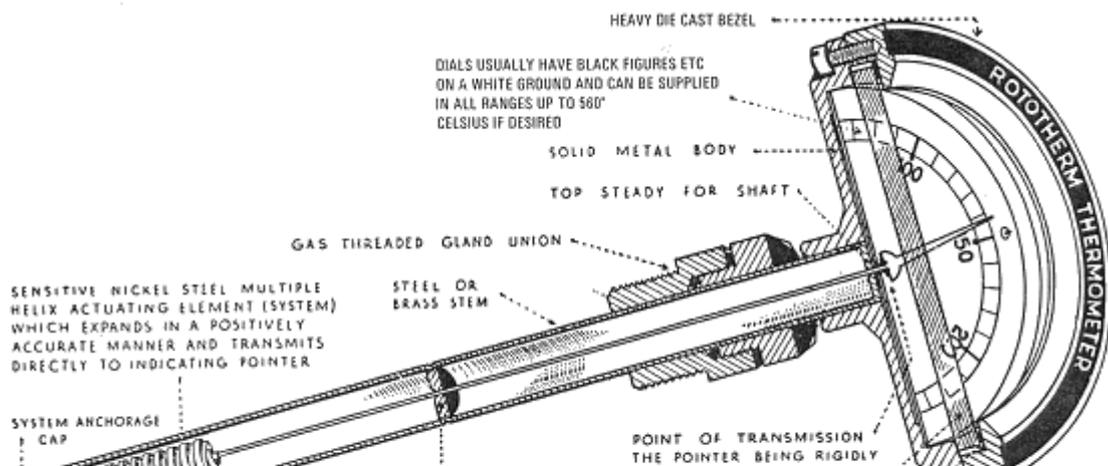
A caixa é de aço inoxidável, e tem resistência à corrosão. Encontra-se fechada hermeticamente, isolando o conjunto interno do termómetro do meio exterior, evitando que o vapor entre nessa zona quando da utilização deste instrumento em altas temperaturas.

## Ponteiro

De alumínio ligeiro, com acabamento em negro mate para uma maior facilidade de leitura.

## Caráctula

Com escala °F em °C ou escala dupla (em °C e °F) fabricada em alumínio com acabamento de uma pintura electrostática. É resistente a temperaturas superiores a 150 °C, sem sofrer qualquer dano.



# Características estáticas

Dado o momento angular deste instrumento ser proporcional á temperatura, para determinadas gamas, o mesmo irá ter uma escala linear, e poderá indicar temperaturas abaixo dos 300 °C com +/-1% do alcance da escala.

Em seguida indicam-se de uma forma resumida as principais características do termómetro bimetálico:

- Gama global: -30.400 °C
- Linearidade: Linear
- Robustez: Grande
- Preço: Baixo
- Gama de medida: de -50 a 50 °C até 100 a 500°C
- Exactidão: +/- 1% da banda



# Gama de medida

Este tipo de instrumento pode ser usado numa vasta gama de temperaturas. Nas secções relativas aos [fabricantes](#), [construção/materiais](#) e [outros](#) temos diversos exemplos de utilização deste tipo de manómetros em diferentes gamas de medida e condições de operação.



# Calibração

A calibração de um termómetro é feita colocando esse termómetro a diversas temperaturas bem conhecidas e registando as indicações.



O tipo de equipamento a utilizar para a calibração é determinado pelo grau de precisão exigido. Assim, se for exigida uma precisão elevada será necessário recorrer a padrões primários que reproduzam os pontos da Escala Internacional de Temperaturas, enquanto que para uma calibração de rotina num laboratório de uma indústria será suficiente a utilização de calibradores que utilizem banhos com controlo de temperatura. Em qualquer dos casos é importante a elaboração de um documento que certifique qual foi o tipo de calibração efectuada e a data em que foi feita.

## *Padrões primários*

Os padrões primários são constituídos por: células que replicam os pontos fixos da ITS; banhos de calibração de temperatura controlada e termómetros de precisão. A calibração pode ser efectuada quer nos pontos fixos da ITS quer em pontos intermédios.

## *Células para pontos fixos*

De entre as diversas células que permitem replicar os pontos fixos da ITS são correntes no mercado as que se indicam na tabela seguinte

| Ponto fixo                | Temperatura (°C) | Incerteza (°C) | Repetibilidade (°C) |
|---------------------------|------------------|----------------|---------------------|
| Triplo da água            | 0.01             | 0.0002         | 0.00005             |
| Fusão do gálio            | 29.7946          | 0.0004         | 0.0001              |
| Solidificação do índio    | 156.5985         | 0.001          | 0.0003              |
| Solidificação do estanho  | 231.928          | 0.0014         | 0.0004              |
| Solidificação do zinco    | 419.527          | 0.0016         | 0.0004              |
| Solidificação do alumínio | 660.323          | 0.005          | 0.001               |
| Solidificação da prata    | 961.78           | 0.007          | 0.002               |
| Solidificação do cobre    | 1084.62          | 0.015          | 0.004               |

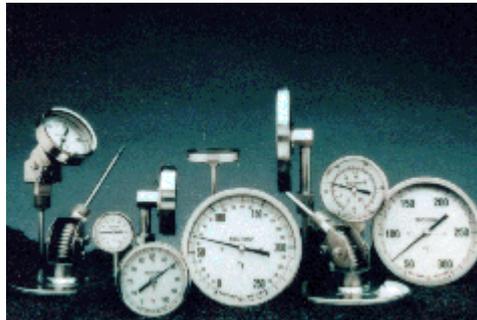
Os materiais utilizados nestas células são de pureza muito elevada, devendo ser exactamente conhecido o valor da pressão a que se encontram. As estufas de controlo da temperatura destas células devem ter um valor de perdas por radiação muito baixo e um sistema de controlo de temperatura muito rigoroso.

As células são equipamentos delicados; não podem ser manuseadas directamente com as mãos, para que o quartzo não seja atacado pelos ácidos existentes à superfície da pele. Para o seu manuseamento devem ser utilizadas luvas. Cada célula deve ser armazenada em caixa própria para o efeito.

# Seleccção

Para se efectuar a selecção do sensor de temperatura mais adequado a uma determinada aplicação industrial é necessário tomar em consideração os seguintes factores:

- Gama de temperaturas a medir
- Fiabilidade do sensor/transmissor
- Agressividade do meio em que será instalado, em particular vibrações mecânicas, agentes químicos corrosivos, e pressões e temperaturas elevadas
- Normalização na fábrica
- Facilidade de instalação e de manutenção
- Simplicidade na utilização
- Precisão, sensibilidade e linearidade
- Resposta dinâmica
- Preço de aquisição mais instalação
- Experiência de instalações anteriores



Embora alguns destes factores sejam independentes uns dos outros, outros encontram-se intimamente relacionados. Assim se, por exemplo, se pretender ter um determinado sensor bem protegido do ataque de agentes corrosivos, a sua gama dinâmica ficará reduzida. Também, a extensão da gama dinâmica conduz a uma diminuição da linearidade. E como será de esperar, uma grande fiabilidade ou uma grande precisão são incompatíveis com preços baixos.

Para se efectuar a especificação e a consequente selecção de sensores de temperatura é pois preciso ponderar todos os factores intervenientes, estabelecendo um critério de selecção realista e adequado ao processo em causa.

# Custos e fabricantes



[www.teltru.com](http://www.teltru.com)



[www.omega.com](http://www.omega.com)



[www.wika.com](http://www.wika.com)



[www.kobold.com](http://www.kobold.com)

# Vantagens e desvantagens

## *Vantagens*

- São de construção robusta e de baixo custo.
- Deformam-se significativamente com pequenas variações na temperatura (muito sensíveis), daí que sejam utilizados numa grande variedade de controladores de temperatura como por exemplo termostatos.
- São muito usados em outros instrumentos de medida para compensar efeitos da temperatura.
- Podem ser usados para uma grande variedade de gamas de temperatura e em muitos sítios, onde os usuais termómetros de mercúrio não podem.
- São fáceis de usar como indicadores de leitura directa



## *Desvantagens*

- São pouco precisos.
- Tem problemas de histerese.
- Apresentam resposta bastante lenta.