

# Introdução



As termoresistências, ou termómetros de resistência, são sensores de alta precisão e excelente repetibilidade de leitura.

O seu funcionamento baseia-se na variação da resistência eléctrica de modo proporcional à temperatura do meio em que são colocadas. Se bem que a lei de variação da resistência de acordo com a temperatura pode ser aplicada a qualquer condutor eléctrico, o elemento sensor na maioria dos casos é feito de platina e níquel e encapsulados em bulbos de cerâmica ou vidro.



As termoresistências, por apresentarem, excelentes características tornaram-se num dos sensores de medição de temperatura mais utilizados numa ampla faixa de utilização em processos industriais. São também um dos principais sensores padrão em laboratórios de calibração.

# Princípio de funcionamento

A termometria de resistência utiliza as relações características da resistência eléctrica com a temperatura, por forma a efectuar medições de temperatura.

Para metais puros, esta relação poder ser expressa da seguinte forma

$$R_t = R_0 (1 + a \times t + b \times t^2 + c \times t^3 + \dots)$$

- $R_0$  - resistência à temperatura de referência (usualmente a temperatura do ponto de congelação da água,  $0^\circ\text{C}$ )
- $R_t$  - resistência a temperatura  $t$
- $a$  - coeficiente de temperatura da resistência,  $\text{W/W}(\text{C})$
- $b$  e  $c$  - coeficientes calculados com base em dois ou mais pontos onde se conhece o par resistência/temperatura.

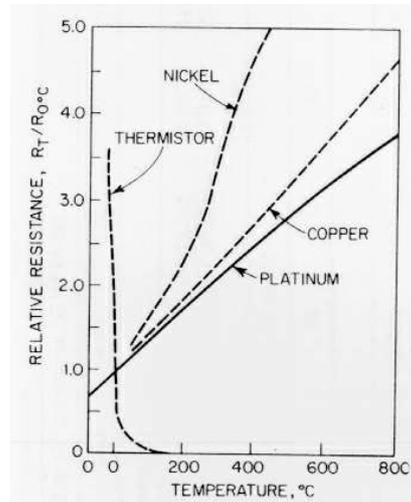
Para ligas metálicas e semicondutores, a relação temperatura-resistência segue uma única equação, sendo esta dependente do material envolvido. Visto que a maior parte são construídos a partir de metais condutores, estes apresentam geralmente coeficientes de temperatura positivos, fazendo com que um aumento de temperatura resulte num aumento da resistência. Por sua vez, a maior parte dos semicondutores apresenta um coeficiente de temperatura da resistência negativo.

# Construção e materiais

Na sua montagem convencional, o bulbo de resistência é montado numa bainha de aço inox totalmente preenchida com óxido de magnésio permitindo uma óptima condução térmica e protegendo o bulbo de qualquer impacto ou choques mecânicos. A interligação do bulbo é feita com fio de cobre ou, em montagens especiais, com fios de prata ou níquel isolados entre si. Com este tipo de montagem a isolação é mínima entre os terminais do bulbo e a bainha.



Os termómetros de resistência são geralmente do tipo sonda de imersão, de forma a poderem ser introduzidos no meio cuja temperatura se pretende determinar. Uma forma típica de construir uma termoresistência consiste em revestir um pequeno tubo de platina ou prata com material cerâmico, enrolar a resistência sobre esta e revestir esta última com uma outra camada de cerâmica. Esta montagem é aquecida a altas temperaturas para assegurar o recozimento do enrolamento resistivo, e montada na ponta da sonda que é protegida por um encapsulamento final.



Características de resistência-temperatura para alguns materiais utilizados na construção de termoresistências

As cápsulas são desenhadas para uso em líquidos ou gases a altas pressões, como em tanques de pressão, usinas de vapor, etc. O seu uso torna-se indispensável a pressões superiores a 3 atm. Estas cápsulas são geralmente feitas a partir de barras sólidas, normalmente aço inoxidável, e o elemento sensível é montado no seu interior, sendo uma caixa de conexões montada no seu topo.

# Características estáticas

## *Exactidão*

A exactidão das termoresistências varia consoante o material resistivo utilizado. Na tabela seguinte estão tabelados os valores da exactidão para diversos tipos de termoresistências.

Valores da exactidão para diversos tipos de termoresistências.

Termoresistência	Exactidão
Platina, Pt	$\pm 0,3\%$ fsd
Níquel, Ni	$\pm 0,5\%$ fsd
Cobre, Cu	$\pm 0,5\%$ fsd

Refira-se que a exactidão de uma termoresistência, em geral, é boa.

## *Precisão*

A precisão tem a ver com a concordância das medidas da mesma quantidade observada. Numa termoresistência, para uma leitura de temperaturas consecutivas, a precisão é superior a  $0,02\text{ W}$  (podendo corresponder a aproximadamente  $0,10^\circ\text{F}$ ).

## *Sensibilidade*

A sensibilidade das termoresistências varia com o material resistivo utilizado. Assim, a sensibilidade de uma termoresistência de platina é da volta de  $0,004\text{ W}/^\circ\text{C}$ . Por sua vez, a sensibilidade de uma RTD de níquel é cerca de  $0,005\text{ W}/^\circ\text{C}$ .

	Níquel	Cobre	Platina	Tungsténio
Gama de medida ( $^\circ\text{C}$ )	-100,500	-100,450	-260,800	-70,2700
Resistividade ( $\text{Wm}$ )	$5.91 \times 10^{-8}$	$1.529 \times 10^{-8}$	$9.81 \times 10^{-8}$	$4.99 \times 10^{-8}$
Linearidade	baixa	alta	alta	média
Sensibilidade a $0^\circ\text{C}$ ( $^\circ\text{C}^{-1}$ )	0.0067	0.0042	0.003925	0.0045

# Gama de medida

A gama de medida de uma termoresistências depende do material utilizado na sua construção.

Na tabela seguinte pode observar-se a gama de medida geral de termoresistências constituídas por materiais resistivos diferentes.

Gama de medida geral de termoresistências constituídas por materiais resistivos diferentes.

Termoresistência	Gama de medida (°C)
Platina, Pt	-258 a 900
Níquel, Ni	-150 a 300
Cobre, Cu	-200 a 120

# Calibração

O principal problema a eliminar será o dos desvios á linearidade observados. Neste sentido devemos eliminar, na medida do possível, os erros com origem neles.

- Restrição da gama de calibração, sempre que tal seja possível. Por exemplo, a termoresistência de níquel é calibrada para a gama  $[200,400]^{\circ}\text{C}$  apresenta uma melhor linearidade do que se for calibrada por exemplo, para  $[100,400]^{\circ}\text{C}$ .
- Utilização de duas ou mais termoresistências em série, com não linearidades opostas, de forma a reduzir os coeficientes  $g_2, \dots, g_n$ . é um método utilizado quando é necessário cobrir uma gama de temperaturas ampla.
- Utilização de uma resistência de valor fixo em paralelo com a termoresistência. Este método tem o inconveniente de causar uma diminuição da sensibilidade.
- Utilização de um transmissor com compensação electrónica das não linearidades. Este método obriga a efectuar a configuração do transmissor para a termoresistência em uso, sendo utilizado ultimamente com a instrumentação inteligente, que dispõe de microprocessadores para efectuar este tipo de compensação.
- Em muitos sistemas de controlo distribuídos ,DCS, há cartas electrónicas dedicadas à ligação directa às termoresistências, que permitem normalmente a introdução de valores para linearizar a termoresistência, e que são normalmente suficientes para as aplicações industriais.



# Seleccção

A seleccção do tipo de instrumento a utilizar deve ter em conta a várias características do sistema a medir, de modo a que o instrumento escolhido possa responder ao tipo de medição que se pretende. O instrumento escolhido deve ser o mais barato possível, pois o factor económico é bastante importante, por vezes decisivo, na indústria.

Nas secções de [fabricantes](#) e [construção/materiais](#) existem informações que podem ajudar, numa fase preliminar, a seleccção da instrumentação mais adequada.

# Custos e fabricantes

Os preços das termoresistências são muito diversificados e variam com o material que a constitui e de fabricante para fabricante. Contudo os preços mais comuns no mercado variam entre 3500\$00 e 5000\$00.



[www.nava.it](http://www.nava.it)

ON

**omega.com**

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



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

# Vantagens e desvantagens

As principais vantagens e desvantagens das termoresistências são indicadas de seguida



## *Desvantagens*

- Auto-aquecimento
- Sensibilidade à deformação
- Comprimento das ligações
- Estabilidade das leituras
- Protecção mecânica e química
- As bainhas metálicas podem sofrer ataques de produtos químicos corrosivos

## *Vantagens*

- Alta velocidade de resposta
- Larga gama de medição de temperaturas
- Alta precisão e excelente repetibilidade de leitura.