

# TEMPERATURA 1. INTRODUÇÃO

O objetivo de se medir e controlar as diversas variáveis físicas em processos industriais é obter produtos de alta qualidade, com melhores condições de rendimento e segurança, a custos compatíveis com as necessidades do mercado consumidor.

Nos diversos segmentos de mercado sejam, eles químico, petroquímico, siderúrgico, cerâmico, farmacêutico, vidreiro, alimentício, papel e celulose, hidrelétrico, nuclear entre outros, a monitoração da variável Temperatura é fundamental para a obtenção do produto final especificado.

Termometria significa "Medição de Temperatura". Eventualmente o termo Pirometria é também aplicado com o mesmo significado, porém, baseando-se na etimologia das palavras, podemos definir:

**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 ao zero absoluto de temperatura.

**TERMOMETRIA** - Termo mais abrangente que incluiria tanto a Pirometria, como a Criometria que seriam casos particulares de medição.

## 1.1 TEMPERATURA E CALOR

Todas as substâncias são constituídas de pequenas partículas, as moléculas que se encontram em contínuo movimento. Quanto mais rápido o movimento das moléculas mais quente se apresenta o corpo e quanto mais lento mais frio se apresenta o corpo.

Então definiu-se Temperatura como o grau de agitação térmica das moléculas.

Na prática a temperatura é representada em uma escala numérica, onde, quanto maior o seu valor, maior é a energia cinética média dos átomos do corpo em questão.

Outros conceitos que se confundem às vezes com o de temperatura são:

- . Energia Térmica.
- . Calor.

A Energia Térmica de um corpo é a somatória das energias cinéticas, dos seus átomos, e além de depender da temperatura, depende também da massa e do tipo de substância.

Calor é energia em trânsito ou a forma de energia que é transferida através da fronteira de um sistema em virtude da diferença de temperatura.

Até o final do século XVI, quando foi desenvolvido o primeiro dispositivo para avaliar temperatura, os sentidos do nosso corpo foram os únicos elementos de que dispunham os homens para dizer se um certo corpo estava mais quente ou frio do que um outro, apesar da inadequação destes sentidos sob ponto de vista científico.

## 1.2 ESCALAS DE TEMPERATURA

Desde o início da termometria, os cientistas, pesquisadores e fabricantes de termômetro, sentiam a dificuldade para atribuir valores de forma padronizada à temperatura por meio de escalas reproduzíveis, como existia na época, para Peso, Distância, Tempo.

Em 1706 Daniel Gabriel Fahrenheit, um fabricante de termômetros de Amsterdã, definiu uma escala de temperatura, a qual possui 3 pontos de referência – 0, 48 e 96. Números que representavam nas suas palavras o seguinte: - "...48 no meu termômetro é o meio entre o frio mais intenso produzido artificialmente por uma mistura de água, gelo e sal-amoníaco, ou mesmo sal comum, e aquela que é encontrada (Temperatura) no sangue de um homem saudável ..."

Fahrenheit encontrou, que na sua escala o ponto de fusão do gelo valia 32 e o de ebulição da água 212 aproximadamente. Estes pontos, posteriormente foram considerados mais reprodutíveis e foram definidos como exatos e adotados como referência.

Em 1742, Anders Celsius, professor de Astronomia na Suécia, propôs uma escala com o zero no ponto de ebulição da água e 100 no ponto de fusão do gelo, no ano seguinte Christian de Lyons independentemente sugeriu a familiar escala centígrada (atualmente chamada escala Celsius).

### 1.2.1 Escalas

As escalas que ficaram consagradas pelo uso foram Fahrenheit e a Celsius. A escala Fahrenheit é definida atualmente com o valor 32 no ponto de fusão do gelo e 212 no ponto de ebulição da água. O intervalo entre estes dois pontos é dividido em 180 partes iguais, e cada parte é um grau Fahrenheit. Toda temperatura na escala Fahrenheit é identificada com o símbolo "°F" colocado após o número (ex. 250°F).

A escala Celsius é definida atualmente com o valor zero no ponto de fusão do gelo e 100 no ponto de ebulição da água. O intervalo entre os dois pontos está dividido em 100 partes iguais, e cada parte é um grau Celsius. A denominação "grau centígrado" utilizada anteriormente no lugar de "Grau Celsius", não é mais recomendada, devendo ser evitado o seu uso.

A identificação de uma temperatura na escala Celsius é feita com o símbolo " °C " colocado após o número (Ex.: 160°C).

Tanto a escala Celsius como a Fahrenheit, são relativas, ou seja, os seus valores numéricos de referência são totalmente arbitrários.

Se abaixarmos a temperatura continuamente de uma substância, atingimos um ponto limite além do qual é impossível ultrapassar, pela própria definição de temperatura. Este ponto, onde cessa praticamente todo movimento atômico, é o zero absoluto de temperatura.

Através da extrapolação das leituras do termômetro à gás, pois os gases se liquefazem antes de atingir o zero absoluto, calculou-se a temperatura deste ponto na escala Celsius em - 273,15°C.

Existem escalas absolutas de temperatura, assim chamadas porque o zero delas é fixado no zero absoluto de temperatura.

Existem duas escalas absolutas atualmente em uso; a Escala Kelvin e a Rankine.

A Escala Kelvin possui a mesma divisão da Celsius, isto é, um grau Kelvin é igual à um grau Celsius, porém o seu zero se inicia no ponto de temperatura mais baixa possível, 273,15 graus abaixo do zero da Escala Celsius.

A Escala Rankine possui obviamente o mesmo zero da escala Kelvin, porém sua divisão é idêntica à da Escala Fahrenheit. A representação das escalas absolutas é análoga às escalas relativas:- Kelvin ==> 400K (sem o símbolo de grau " ° "). Rankine ==> 785R.

A Escala Fahrenheit é usada principalmente na Inglaterra e Estados Unidos da América, porém seu uso tem declinado a favor da Escala Celsius de aceitação universal.

A Escala Kelvin é utilizada nos meios científicos no mundo inteiro e deve substituir no futuro a escala Rankine quando estiver em desuso a Fahrenheit.

Existe uma outra escala relativa a Reamur, hoje já praticamente em desuso. Esta escala adota como zero o ponto de fusão do gelo e 80 o ponto de ebulição da água. O intervalo é dividido em oitenta partes iguais. (Representação - °Re).

### 1.2.2 Conversão de escalas

A figura à seguir, compara as escalas de temperaturas existentes

	escalas absolutas		escalas relativas	
	°R	K	°C	°F
Ponto de ebulição da água	671,67	373,15	100	212
Ponto de fusão do gelo	491,67	273,15	0	32
Zero absoluto	0	0	-273,15	-459,67

Desta comparação podemos retirar algumas relações básicas entre as escalas:

**CELSIUS x FAHRENHEIT**

$$^{\circ}\text{C} = \frac{^{\circ}\text{F} - 32}{9} \times 5$$

**CELSIUS x KELVIN**

$$\text{K} = 273,15 + ^{\circ}\text{C}$$

**FAHRENHEIT x RANKINE**

$$\text{R} = 459,67 + ^{\circ}\text{F}$$

**KELVIN x RANKINE**

$$\text{K} = \frac{\text{R} \times 5}{9}$$

Outras relações podem ser obtidas combinando as apresentadas entre si.

Exemplo:

O ponto de ebulição do oxigênio é  $-182,86^{\circ}\text{C}$ . Exprimir esta temperatura em: a) K; b)  $^{\circ}\text{F}$ ; c) R.

a)  $^{\circ}\text{C p/ K} : \text{K} = 273,15 + (-182,86) = 90,29\text{K}$

b)  $^{\circ}\text{C p/ }^{\circ}\text{F} : -\frac{182,86}{5} = \frac{^{\circ}\text{F}-32}{9} = -297,15^{\circ}\text{F}$

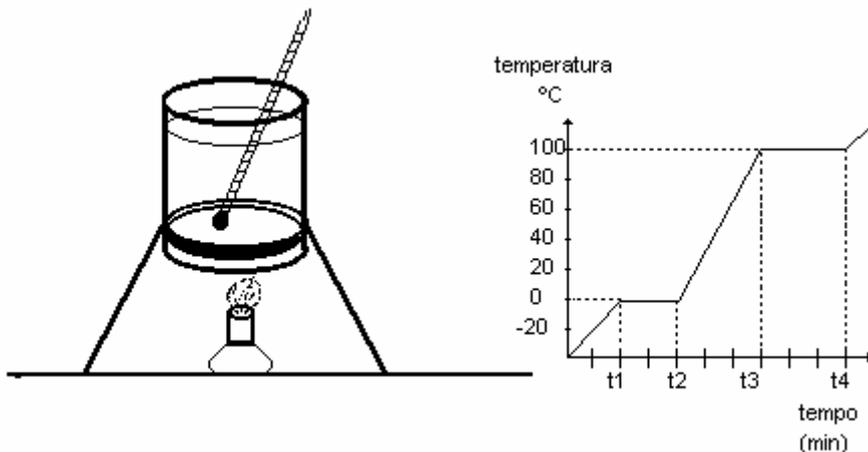
c)  $^{\circ}\text{C p/ R} :-$  ou melhor,  $^{\circ}\text{C p/ K p/ }^{\circ}\text{R} : 90,29 = \frac{\text{R} \times 5}{9} = 162,52 \text{ R}$

**1.2.3 Escala Internacional de Temperatura**

Para melhor expressar as leis da termodinâmica, foi criada uma escala baseada em fenômenos de mudança de estado físico de substâncias puras, que ocorrem em condições únicas de temperatura e pressão. São chamados de pontos fixos de temperatura.

Chama-se esta escala de IPTS - Escala Prática Internacional de Temperatura. A primeira escala prática internacional de temperatura surgiu em 1927 modificada em 1948 (IPTS-48). Em 1960 mais modificações foram feitas e em 1968 uma nova Escala Prática Internacional de Temperatura foi publicada (IPTS-68).

A mudança de estado de substâncias puras (fusão, ebulição) é normalmente desenvolvida sem alteração na temperatura. Todo calor recebido ou cedido pela substância é utilizado pelo mecanismo de mudança de estado.



Os pontos fixos utilizados pela IPTS-68 são dados na tabela abaixo

ESTADO DE EQUILÍBRIO	TEMPERATURA ( $^{\circ}\text{C}$ )
Ponto triplo do hidrogênio	-259,34
Ponto de ebulição do hidrogênio	-252,87
Ponto de ebulição do neônio	-246,048
Ponto triplo do oxigênio	-218,789

Ponto de ebulição do oxigênio	-182,962
Ponto triplo da água	0,01
Ponto de ebulição da água	100,00
Ponto de solidificação do zinco	419,58
Ponto de solidificação da prata	916,93
Ponto de solidificação do ouro	1064,43

#### Observação

Ponto triplo é o ponto em que as fases sólida, líquida e gasosa encontram-se em equilíbrio.

A ainda atual IPTS-68 cobre uma faixa de -259,34 a 1064,34°C, baseada em pontos de fusão, ebulição e pontos triplos de certas substâncias puras como por exemplo o ponto de fusão de alguns metais puros.

Hoje já existe a ITS-90 Escala Internacional de Temperatura, definida em fenômenos determinísticos de temperatura e que definiu alguns pontos fixos de temperatura.

PONTOS FIXOS	IPTS-68	ITS-90
Ebulição do Oxigênio	-182,962°C	-182,954°C
Ponto triplo da água	+0,010°C	+0,010°C
Solidificação do estanho	+231,968°C	+231,928°C
Solidificação do zinco	+419,580°C	+419,527°C
Solidificação da prata	+961,930°C	+961,780°C
Solidificação do ouro	+1064,430°C	+1064,180°C

Com o desenvolvimento tecnológico diferente em diversos países, criou-se uma série de normas e padronizações, cada uma atendendo uma dada região.

As mais importantes são:

ISA - AMERICANA

DIN - ALEMÃ

JIS - JAPONESA

BS - INGLESA

UNI - ITALIANA

Para atender as diferentes especificações técnicas na área da termometria, cada vez mais se somam os esforços com o objetivo de unificar estas normas. Para tanto, a Comissão Internacional Eletrotécnica - IEC, vem desenvolvendo um trabalho junto aos países envolvidos neste processo normativo, não somente para obter normas mais completas e aperfeiçoadas mas também de prover meios para a internacionalização do mercado de instrumentação relativo a termopares.

Como um dos participantes desta comissão, o Brasil através da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, está também diretamente interessado no desdobramento deste assunto e vem adotando tais especificações como Normas Técnicas Brasileiras.