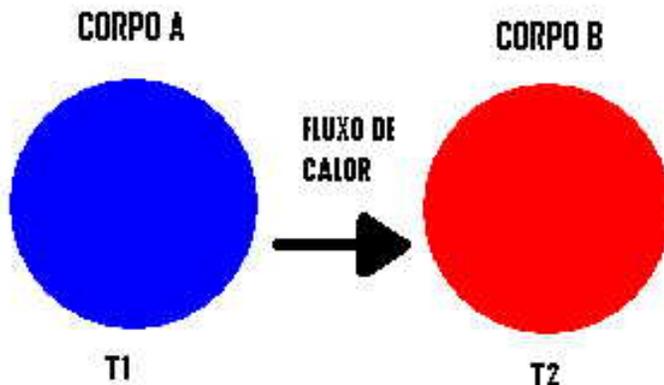


# 2ª Aula do cap. 19 Calor

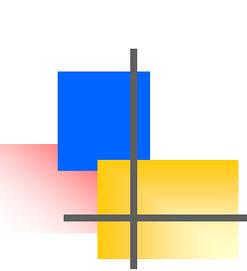
## Calor e Mudança de Estado Físico

**Definição:** Calor é energia térmica em trânsito motivada por uma diferença de temperatura, sendo sempre transferida do meio de maior temperatura para o meio de menor temperatura.



Quando dois corpos A e B, com temperaturas  $T1$  e  $T2$ , respectivamente, estão em contato, há um fluxo de calor do corpo de maior temperatura para o de menor. Tomemos, como exemplo,  $T1 > T2$ .





# Quantidade de Calor

---

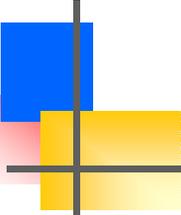
A propriedade física que define a quantidade de calor  $Q$  necessária para aquecer determinado material de  $\Delta T$  é chamada capacidade térmica, e é definida como:

$$Q = C \Delta T$$

A capacidade térmica é uma característica de uma amostra de determinada substância.

$$C = \frac{Q}{\Delta t}$$

A capacidade térmica de um corpo é a razão entre a quantidade de calor que o corpo troca (ganhando ou perdendo) e a variação de temperatura que ele sofre nesta troca. Sua unidade de medida no Sistema Internacional de Unidades (S.I) é o J / K, sendo que a mais usada é a cal / °C.



# Calor Sensível

---

A propriedade física que define a quantidade de calor  $Q$  necessária para aquecer de  $\Delta T$  uma massa  $m$  de determinado material é chamada calor específico, e é definida:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

**Unidade: J / kg . K, usual cal/g . °C**

Chamamos de Calor específico de uma substância (  $c$  ) a razão entre a quantidade de calor que a substância troca e o produto entre a sua massa e a variação de temperatura sofrida.

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta t}$$

# Unidades de calor

Antes dos cientistas reconhecerem que havia uma ligação entre a termodinâmica e a mecânica, o calor era definido em termos das variações de temperatura que ele produzia num corpo, e utilizava-se uma unidade separada de energia, a **caloria**, para o calor.

**A caloria (cal) era definida como o calor necessário para elevar a temperatura de 1g de água de 14,5 °C para 15,5°C.**

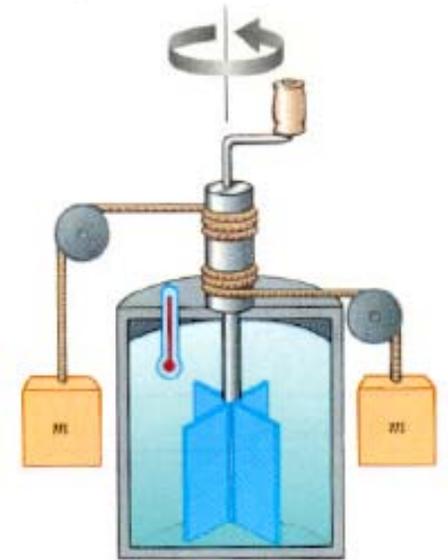
Em 1948, os cientistas concordaram que, o calor (assim como o trabalho) é uma medida da transferência de energia, e sua unidade no SI deveria ser o joule.

Equivalente mecânico de calor

$$1 \text{ cal} \equiv 4.186 \text{ J}$$

Dispositivo de Joule para determinar a relação da caloria e joule

O trabalho realizado sobre a água pelos pesos em queda (em joules), rodam as pás produzindo um aumento de temperatura, equivalente à absorção, pela água, de uma determinada quantidade de calor (em calorias)

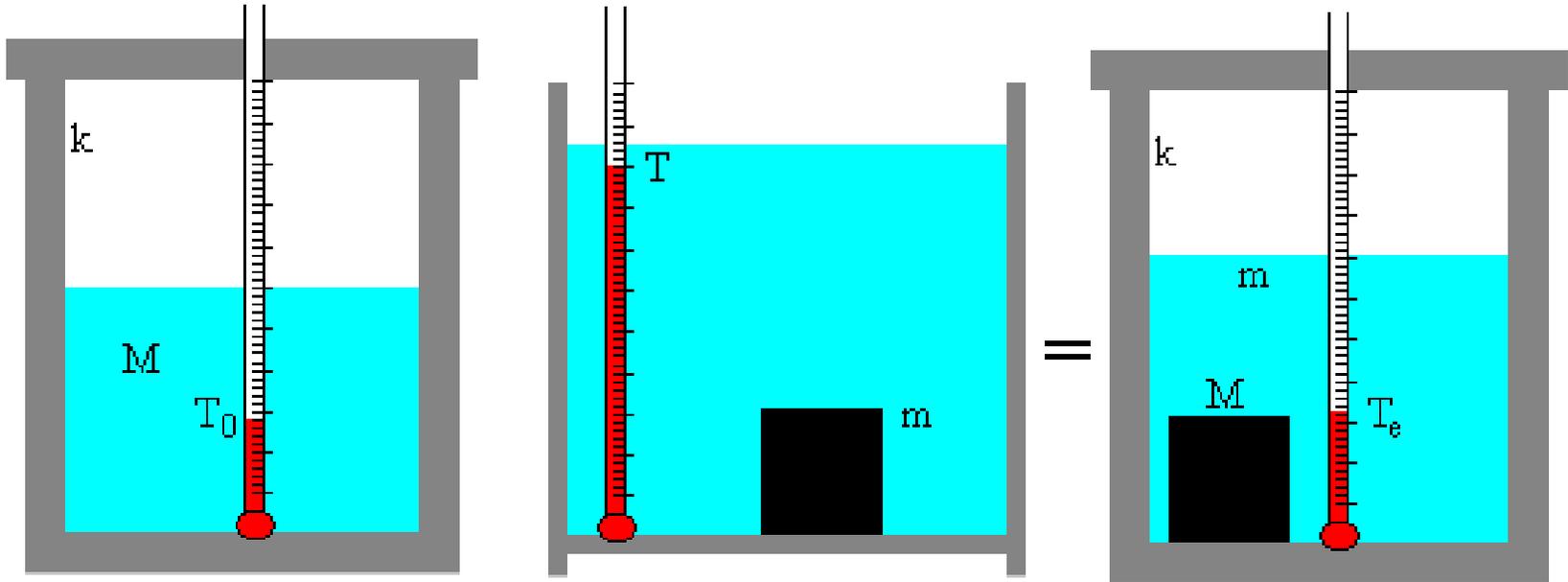


A Tabela mostra os calores específicos de algumas substâncias a 25 °C e pressão atmosférica

Substância	Calor Específico, $c$	
	J/kg · °C	cal/g · °C
<b>Sólidos Elementares</b>		
Alumínio	900	0,215
Berílio	1830	0,436
Cádmio	230	0,055
Cobre	387	0,0924
Germânio	322	0,077
Ouro	129	0,0308
Ferro	448	0,107
Chumbo	128	0,0305
Silício	703	0,168
Prata	234	0,056
<b>Outros Sólidos</b>		
Bronze	380	0,092
Madeira	1700	0,41
Vidro	837	0,200
Gelo (-5,0 °C)	2090	0,50
Mármore	860	0,21
<b>Líquidos</b>		
Álcool (etílico)	2400	0,58
Mercúrio	140	0,033
Água (15,0 °C)	4186	1,00

# Calorimetria

Técnica para medir o calor específico de um sólido ou de um líquido



O princípio de conservação de energia para esse sistema isolado requer que a energia que sai pelo calor da substância mais quente (de calor específico desconhecido) se iguale à energia que entra na água. Logo, podemos escrever

$$Q_{\text{frio}} = -Q_{\text{quente}}$$

Água de massa  $M (m_a)$   $\leftarrow Q_{\text{frio}} = -Q_{\text{quente}} \rightarrow$  Corpo de massa  $m (m_x)$

$$m_a c_a (T - T_a) = -m_x c_x (T - T_x)$$

$c_a$  - calor específico da água

$T_a$  - temperatura inicial da água

$c_x$  - calor específico do corpo

$T_x$  - temperatura inicial do corpo

$T$  – temperatura de equilíbrio final após a água e a substância se combinarem

Obtemos o calor específico do corpo

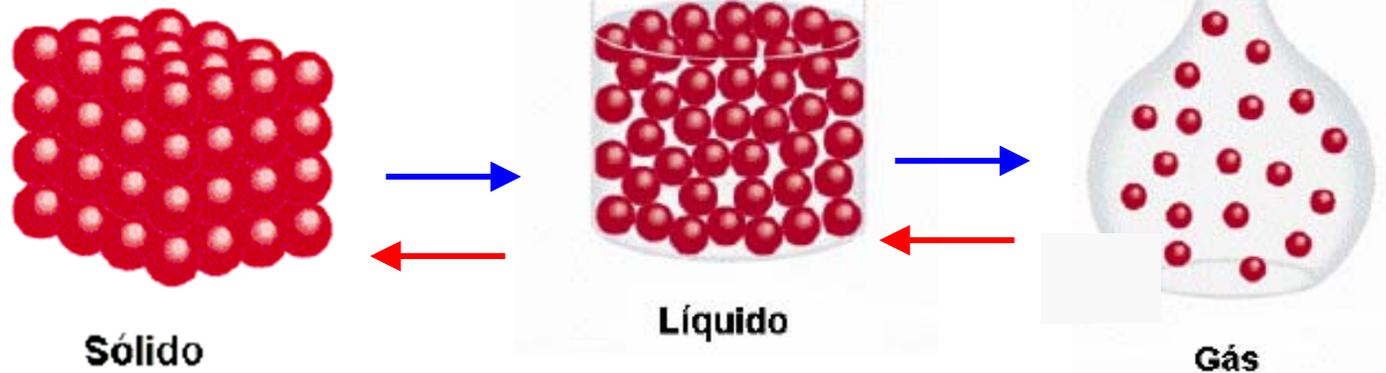
$$c_x = \frac{m_a c_a (T - T_a)}{m_x (T_x - T)}$$

# Calor Latente

Durante a mudança de fase a temperatura permanece constante

As mudanças de fase comuns são de sólido para líquido (fusão),

líquido para gás (evaporação)



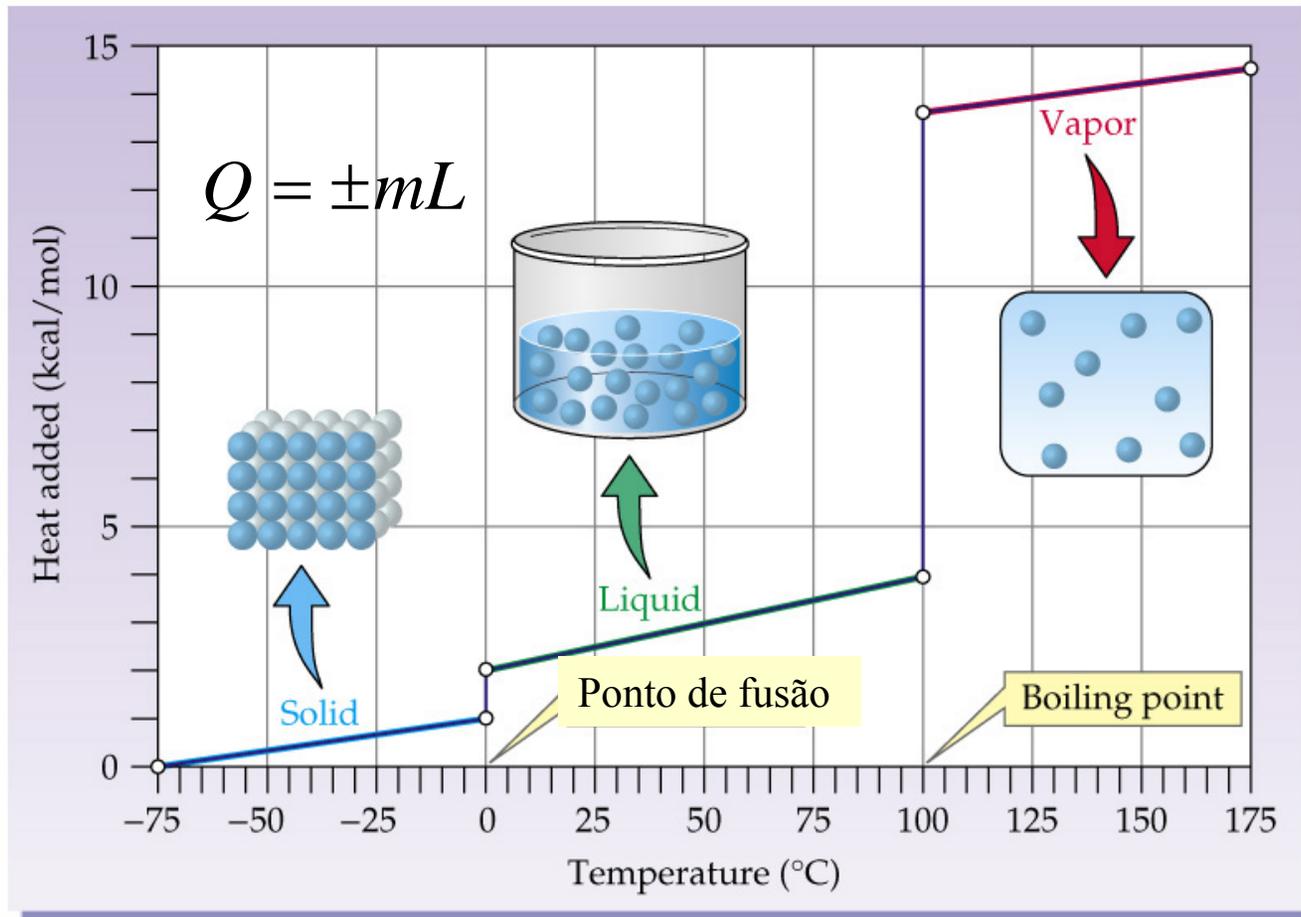
A propriedade física que define a quantidade de calor  $Q$  necessária para uma mudança de fase de uma massa  $m$  de determinada substância é chamada calor latente, e

$$\text{é definida como: } Q = m L$$

O calor latente de fusão é a energia necessária para romper todas as ligações intermoleculares num quilograma de uma substância de maneira a converter a fase sólida em fase líquida.

$L$  - calor latente da substância  $\rightarrow$  depende da natureza da mudança de fase e da substância

fusão ou congelamento  $\rightarrow$  calor de fusão  $L_f$

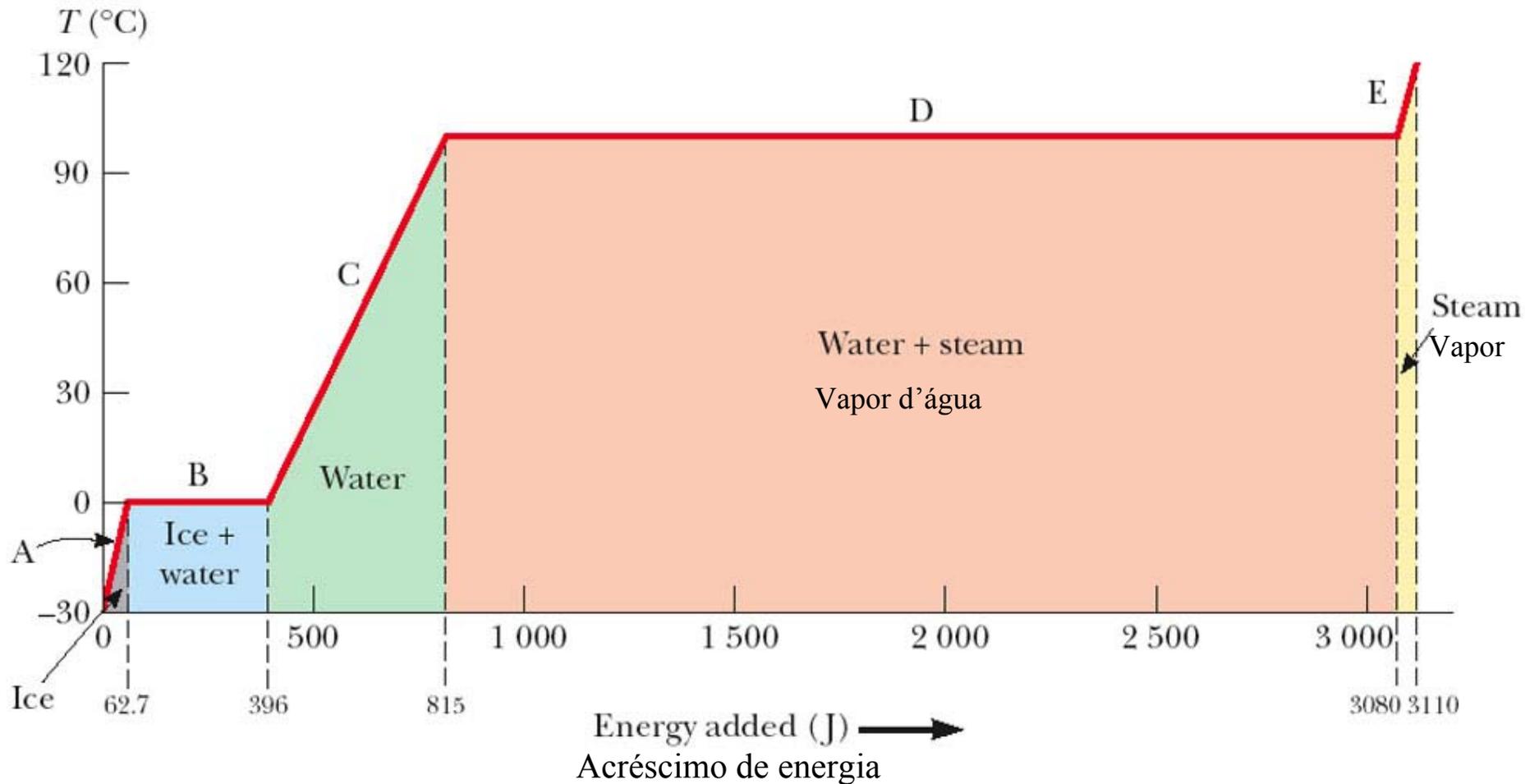


A Tabela mostra os calores latentes de diferentes substâncias

Substância	Ponto de Fusão (°C)	Calor Latente de Fusão (J/kg)	Ponto de Ebulição (°C)	Calor Latente de Vaporização (J/kg)
Hélio	-269,65	$5,23 \times 10^3$	-268,93	$2,09 \times 10^4$
Nitrogênio	-209,97	$2,55 \times 10^4$	-195,81	$2,01 \times 10^5$
Oxigênio	-218,79	$1,38 \times 10^4$	-182,97	$2,13 \times 10^5$
Álcool etílico	-114	$1,04 \times 10^5$	78	$8,54 \times 10^5$
Água	0,00	$3,33 \times 10^5$	100,00	$2,26 \times 10^6$
Enxofre	119	$3,81 \times 10^4$	444,60	$3,26 \times 10^5$
Chumbo	327,3	$2,45 \times 10^4$	1750	$8,70 \times 10^5$
Alumínio	660	$3,97 \times 10^5$	2450	$1,14 \times 10^7$
Prata	960,80	$8,82 \times 10^4$	2193	$2,33 \times 10^6$
Ouro	1063,00	$6,44 \times 10^4$	2660	$1,58 \times 10^6$
Cobre	1083	$1,34 \times 10^5$	1187	$5,06 \times 10^6$

O calor latente de evaporação para uma dada substância é geralmente muito maior do que o calor latente de fusão

Temperatura *versus* energia fornecida, quando 1 g de gelo inicialmente a  $-30.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  é convertido em vapor a  $120.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



# Condução de calor

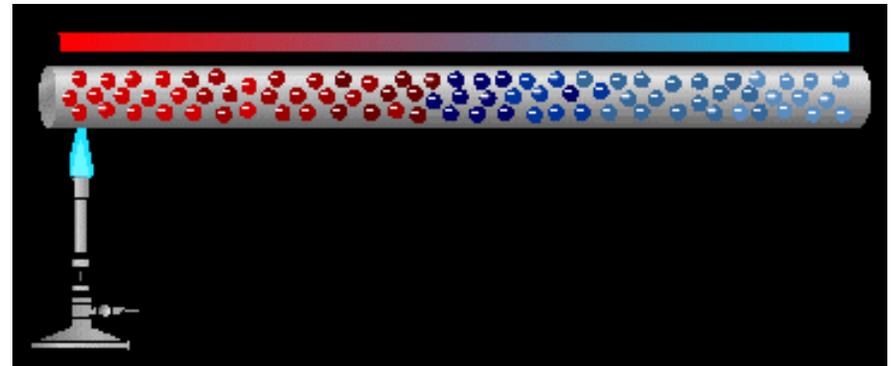
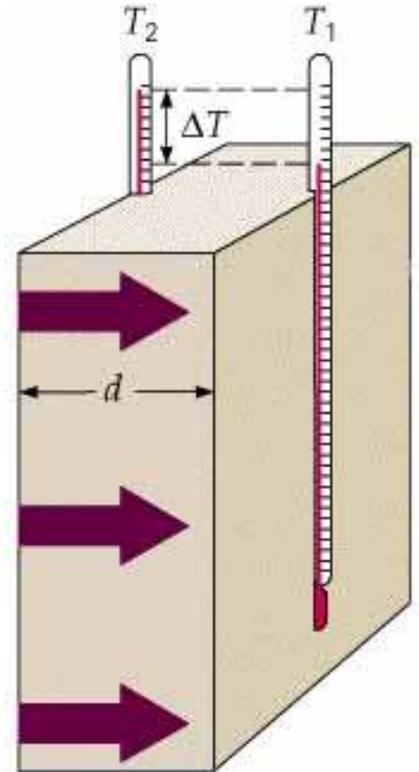
A condução térmica consiste na transferência de energia entre as moléculas que constituem o sistema.

## Fluxo de Calor ( $\Phi$ )

É a quantidade de **calor** que atravessa uma determinada superfície a cada unidade de **tempo**.

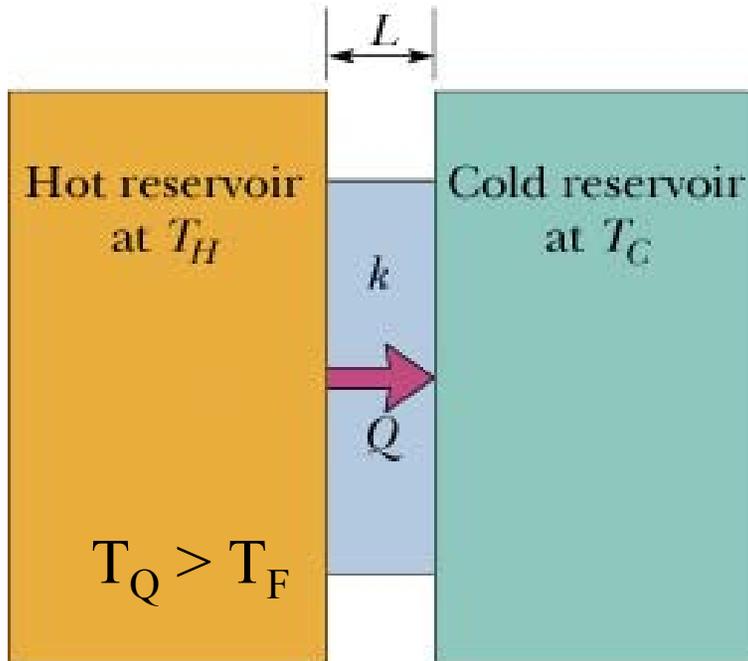
$$\Phi = \frac{Q}{\Delta t} \quad \frac{\text{cal}, \text{cal}, J, \dots}{\text{s} \quad \text{min} \quad \text{s}}$$

$\Phi$  Quantidade de energia transferida na unidade de tempo (Potência).



# Condução de calor

Energia é transferida de átomo para átomo ao longo do material.



$Q$  – quantidade de calor transferida no tempo  $t$

$k$  – condutividade térmica do material

$A$  – Área     $T$  – temperatura

$L$  – espessura

As amplitudes de vibração intensificadas, e portanto a energia associada, são transferidas ao longo do material, de átomo para átomo, em colisões entre átomos adjacentes.

$$P_{\text{cond}} = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{kA(T_Q - T_F)}{L}$$

Bom condutor  $k$  elevado

Mau condutor  $k$  reduzido

$k$  = coeficientes de condutibilidade de alguns materiais.

<i>Material</i>	$k$ ( cal / s . cm . ° C )
Ar seco	0,00006
Lã	0,00009
Papel	0,003
Água	0,0014
Vidro	0,0015
Concreto	0,0025
Gelo	0,0040
Ferro	0,17
Latão	0,26
Alumínio	0,50
Ouro	0,70
Prata	0,97



**Bom isolante**

Radiadores usam materiais de alta condutividade térmica e tubos com grande área de contato com o ar, para trocar mais calor com o ambiente.



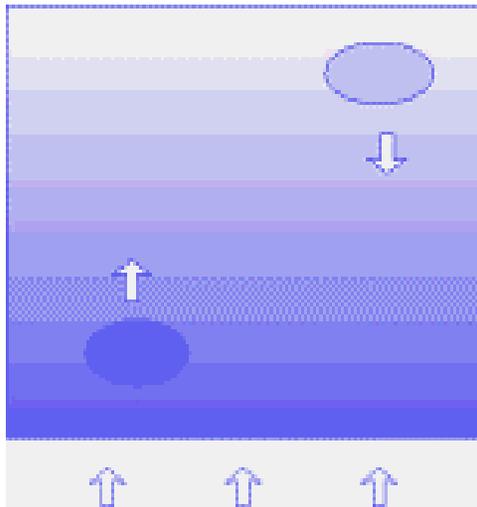
**Bom condutor**



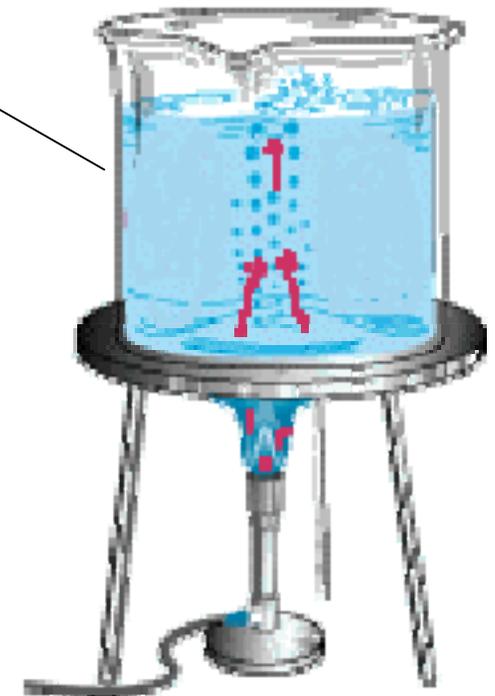
# Convecção Térmica

Só acontece em fluidos, ou seja, líquidos e gases. O fluido quente, que fica menos denso, tende a subir, ao passo que o fluido frio desce.

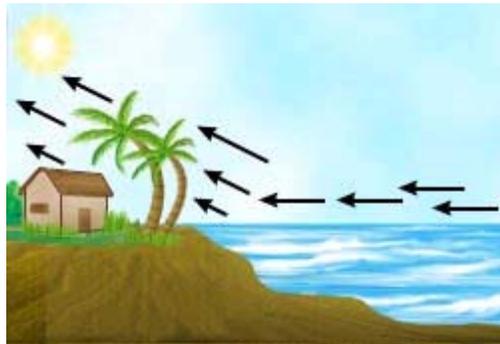
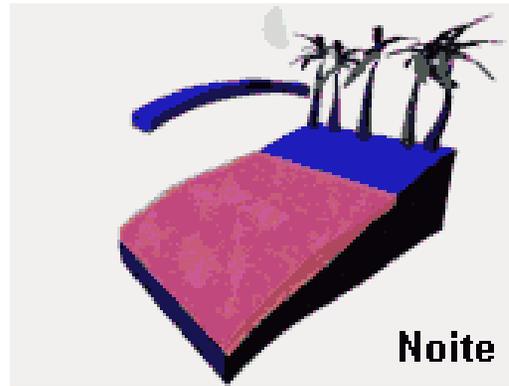
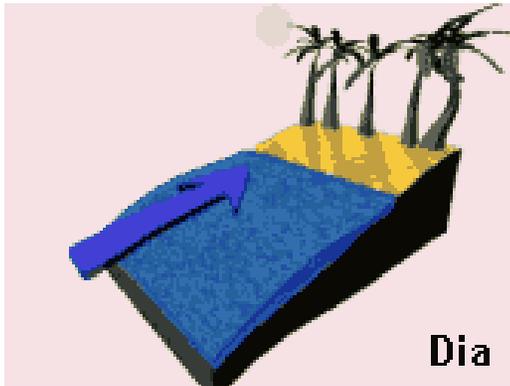
- Ocorre com transporte de matéria.
- Não ocorre no vácuo(não há fluidos).



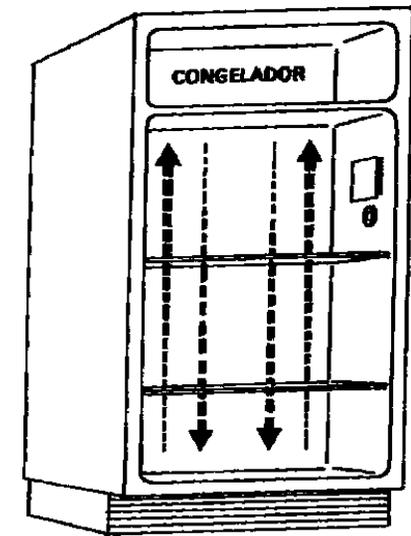
Correntes de convecção



# Aplicações:



## Brisa Marítima

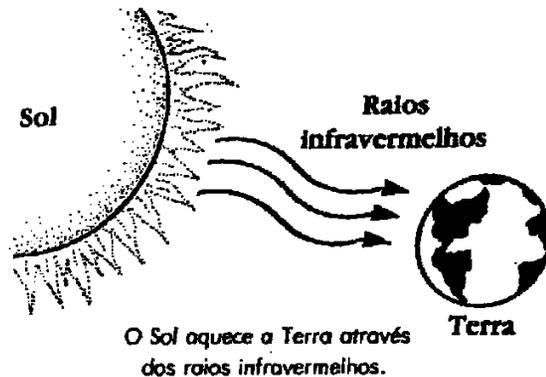


Geladeiras possuem prateleiras de grades para favorecer as correntes de convecção. Note que o congelador fica no alto, caso contrário não ocorreria esta circulação.

# Irradiação Térmica

Ocorre através de radiação eletromagnética, a radiação infra-vermelha. É o único processo de transmissão de calor que ocorre no vácuo.

A energia transferida desta forma é frequentemente chamada de radiação térmica para distinguir da radiação eletromagnética (ex.: radio difusão).



Radiar = Geralmente significa Emitir

$$P_{\text{rad}} = \sigma \varepsilon A T^4$$

$$\sigma = 5,6703 \times 10^{-8} \text{ W / m}^2 \text{ K}^4$$

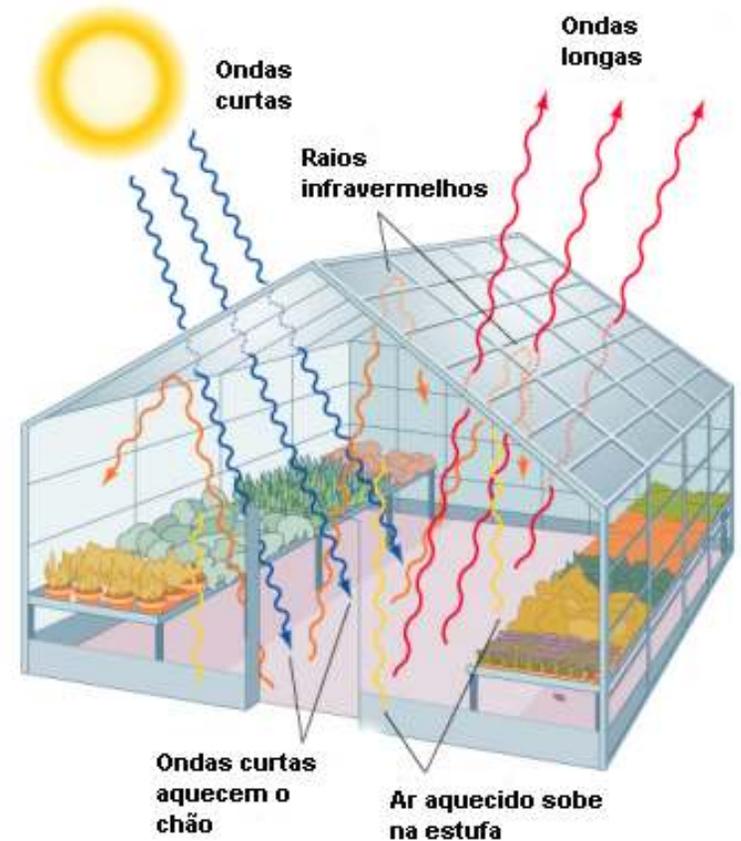
(Stefan – Boltzman)

$\varepsilon$  = Emissividade

$E_{\lambda} = \sigma T^4 =$  Irradiância do  
**corpo negro**

Um exemplo de aplicação da irradiação é a estufa de plantas. A luz solar (energia radiante) atravessa as paredes transparentes de vidro e é absorvida por diversos corpos. Posteriormente, essa energia é emitida na forma de raios infravermelhos que não atravessam o vidro (o vidro é um material opaco para os raios infravermelhos).

Dessa maneira, o ambiente interno mantém-se aquecido.

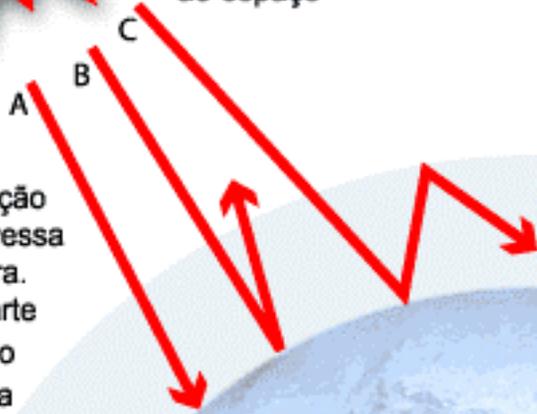


## Efeito de Estufa



B - Alguma da radiação solar é reflectida pela Terra e atmosfera, de volta ao espaço

C - Parte da radiação infravermelha (calor) é reflectida pela superfície da terra, mas não regressa ao espaço, pois é reflectida de novo e absorvida pela camada de gases de estufa que envolve o planeta. O efeito é o aquecimento da superfície terrestre e da atmosfera.



A - A radiação solar atravessa a atmosfera. A maior parte da radiação é absorvida pela superfície terrestre e aquece-a

ATMOSFERA

