

# Estados da matéria e mudanças de fase

Flaviano Williams Fernandes

Instituto Federal do Paraná  
Campus Iratí

10 de Dezembro de 2020

## Sumário

- 1 Estados da matéria
- 2 Mudanças de estado
- 3 Diagrama de fase
- 4 Aplicações
- 5 Apêndice

## Estado sólido

Os átomos estão ligados muito próximos um do outro;

Existe uma ligação eletromagnética relativamente forte entre os átomos;

Os átomos vibram em torno de uma posição média.

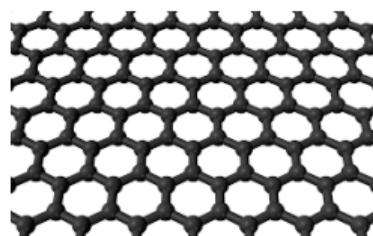
Os átomos se organizam em uma estrutura bem definida chamada **rede cristalina**, que se repete ao longo do sólido (**baixa entropia**).

Rede cristalina em duas dimensões

## Estrutura cristalina e allotropia

### Corollary

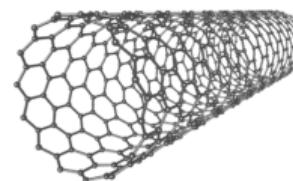
*A mesma substância pode se apresentar em estruturas cristalinas diferentes.*



grafeno



Diamante



Nanotubo de carbono

### Sólidos amorfos

Estado sólido onde os átomos não estão ordenados numa rede cristalina.

## Estado líquido

Os átomos (ou moléculas) se encontram mais afastados um dos outros que no estado sólido;

O aumento da distância entre os átomos enfraquece a força eletrostática;

Os átomos possuem mais liberdade para se movimentarem.

Os átomos não estão distribuídos ordenadamente (**maior entropia**).

Água líquida a 298 K e 1 atm.

## Estado gasoso

A separação entre as moléculas é muito maior que no estado líquido;

A força de ligação entre as moléculas é praticamente nula;

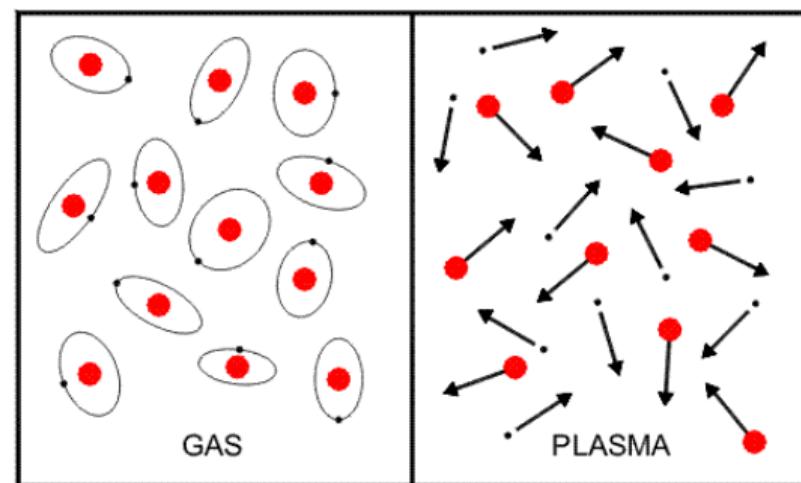
As moléculas estão livres para se moverem em todas as direções. Por isso, dizemos que o gás ocupa todo o recipiente que o contém (**entropia elevada**).

Gás de argônio a 298 K e 1000 atm.

# Plasma

## Corollary

Um gás superaquecido a temperaturas elevadas pode romper as ligações entre os elétrons e os íons, formando um **gás ionizado**. Portanto, dizemos que o plasma é o estado no qual as partículas que constituem o material se apresentam em forma de íons.



Diferença entre gás e plasma [1].

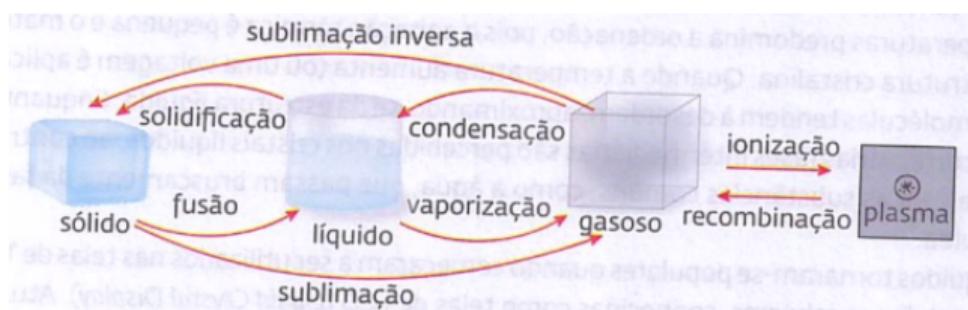
# Mudanças de estado

## Corollary

Quando um objeto recebe calor, o aumento da temperatura causa um aumento na agitação dos átomos, o que modifica a sua organização. Isso faz com que ele **mude o seu estado físico** para qualquer um dos outros quatro estados da matéria.

## Corollary

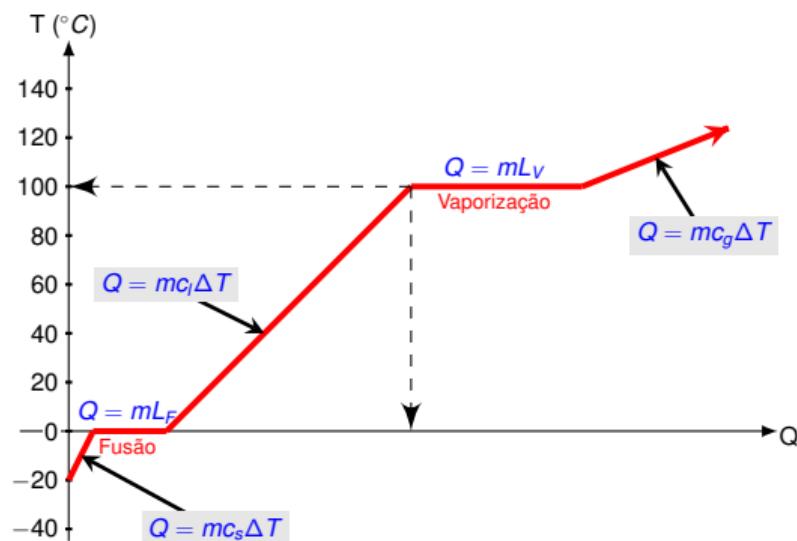
Cada estado da matéria possui características bem definidas que a diferenciam das demais.



Estados da matéria e transições que pode ocorrer com a substância.

## Curva de aquecimento

- ✓ Durante o aquecimento do gelo, uma quantidade de calor  $Q = mc\Delta T$  é adicionado aumentando a sua temperatura.
- ✓ Durante a transição de fase, a temperatura permanece constante e uma quantidade de calor  $Q = mL$  é necessária para romper as ligações químicas da água e fazer a transição de fase. L é chamado **calor latente da substância** ou calor de fusão/vaporização.

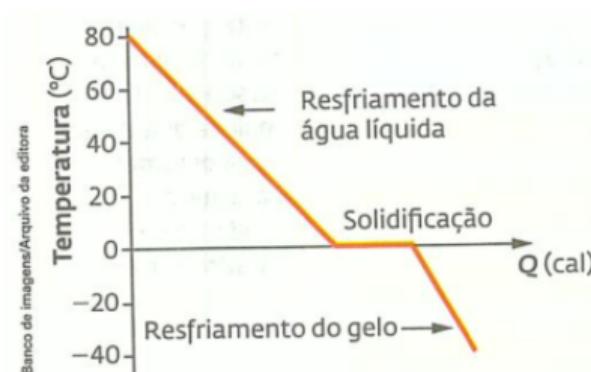


Curva de aquecimento da água.

## Curva de resfriamento

Durante o resfriamento da água, uma quantidade de calor  $Q = mc\Delta T$  é removida, diminuindo a sua temperatura.

Durante a transição de fase, a temperatura permanece constante e uma quantidade de calor  $Q = mL$  deve ser removida, de modo que a substância possa refazer as ligações químicas e retornar para o seu estado ordenado.



Curva de resfriamento da água.

### Corollary

Somente válido para substâncias puras.

# Influência da pressão nas mudanças de estados

## Corollary

*Com o aumento da pressão ocorre o aumento da temperatura de ebulação da água.*

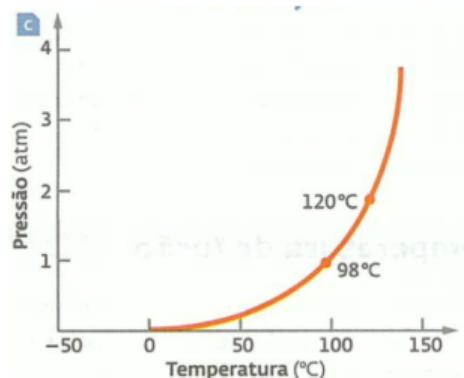
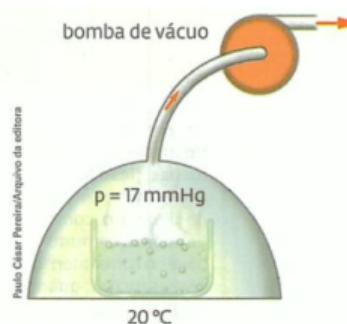


Diagrama de vaporização da água.



Ebulição a baixas temperaturas.

## Diagrama de fases

## A->B: Fusão.

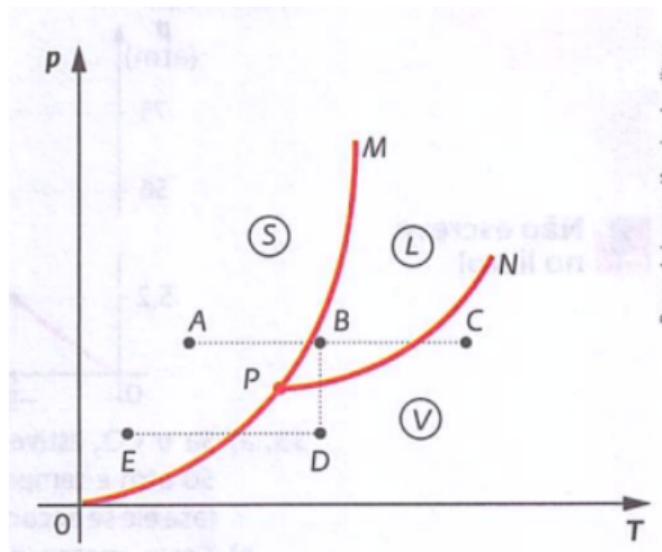
## B->A: Solidificação.

## E->D: Sublimação.

## D->E: Sublimação.

## B->D: Vaporização.

## D->B: Condensação.



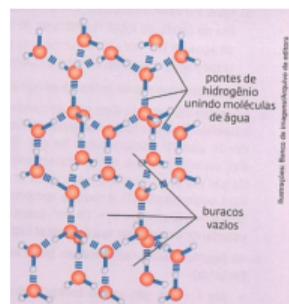
Banco de imágenes / Archivo de imágenes

## Diagrama de fases de uma substância.

# Diagrama de fases da água

## Corollary

A água é uma das poucas substâncias na natureza cuja densidade no estado sólido é menor que no estado líquido. Além disso, **a temperatura de fusão diminui com o aumento da pressão**, ao contrário do que ocorre com outras substâncias.



Fonte: Banco de imagens/Arquivo da autora

Água no estado sólido.

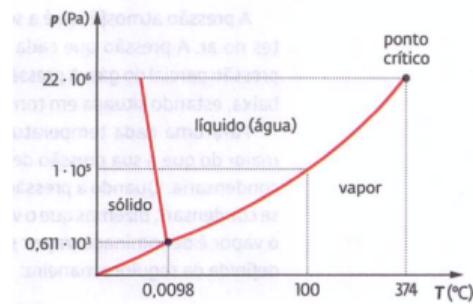


Diagrama de fases da água.

## Algumas considerações sobre o diagrama de fases

**Ponto Tripló:** Estado onde os três estados físicos da substância encontram-se simultaneamente em equilíbrio (o ponto tripló da água pura é aproximadamente 0,006 atm e 273 K).

**Temperatura crítica  $T_c$ :** Temperatura mínima onde o gás não consegue se liquefazer, independente da pressão aplicada sobre ele (chamamos de vapor a substância no estado gasoso abaixo de  $T_c$ ).

**Pressão de vapor:** Pressão mínima aplicada sobre o gás real (diferente de um gás ideal), onde a partir desse valor ele começa a se condensar.

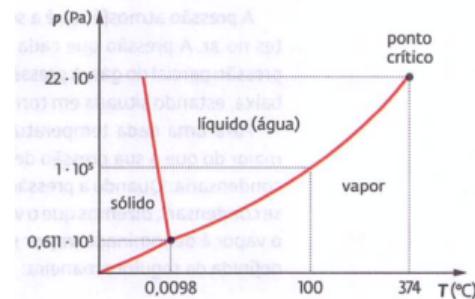


Diagrama de fases da água.

## Ponto de orvalho

Quando a pressão que o ar exerce sobre as moléculas de água atinge a sua pressão de vapor dizemos que a água condensa, ou seja, ela passa do estado gasoso para o líquido, formando as gotas de orvalho. A razão entre a pressão que o ar exerce sobre as moléculas de água e a pressão de vapor chamamos de umidade relativa do ar,  $u_r$ ,

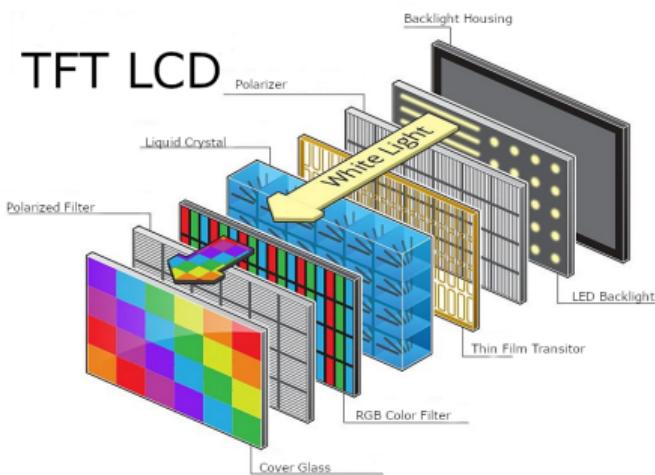
$$u_r = \left( \frac{\text{Pressão parcial do vapor de água}}{\text{Pressão de vapor da água}} \right) \times 100\%$$

Dizemos que a umidade do ar está saturada quando formam as gotas de orvalho, ou seja,  $u_r = 100\%$ .

Pressão de vapor de água.

Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Pressão de vapor (mmHg)
0	4,6
5	6,5
10	8,9
15	12,6
20	17,5
40	55,1
60	150
80	355
100	760

## Algumas aplicações tecnológicas



Cristal líquido.



Tocha de plasma.

## Transformar um número em notação científica

### Corollary

*Passo 1: Escrever o número incluindo a vírgula.*

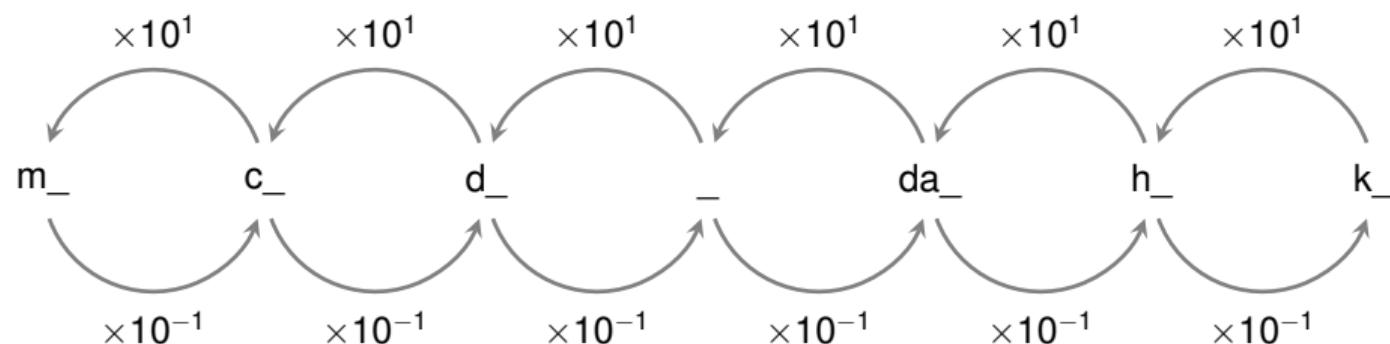
*Passo 2: Andar com a vírgula até que reste somente um número diferente de zero no lado esquerdo.*

*Passo 3: Colocar no expoente da potência de 10 o número de casas decimais que tivemos que "andar" com a vírgula. Se ao andar com a vírgula o valor do número diminuiu, o expoente ficará positivo, se aumentou o expoente ficará negativo.*

### Exemplo

$$6\,590\,000\,000\,000\,000,0 = 6,59 \times 10^{15}$$

## Conversão de unidades em uma dimensão

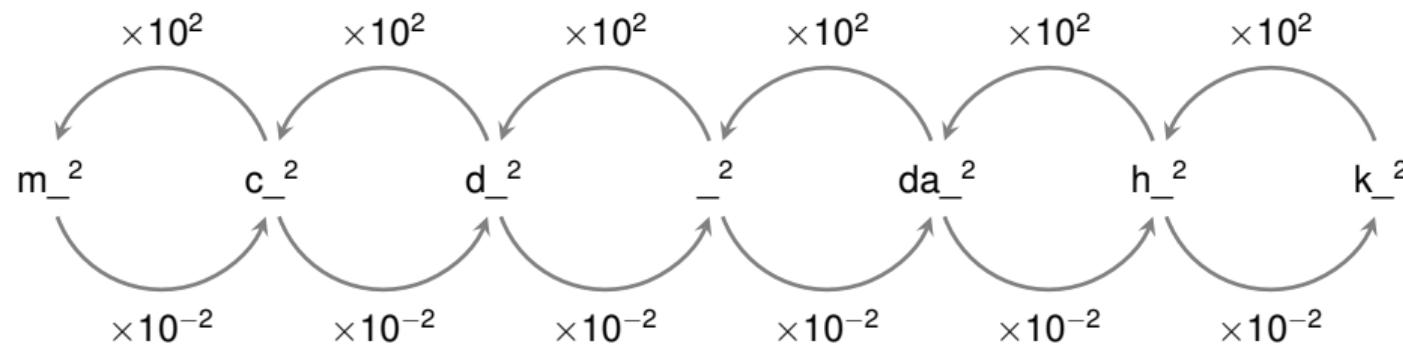


$$1 \text{ mm} = 1 \times 10^{(-1) \times 2} \text{ dm} \rightarrow 1 \times 10^{-2} \text{ dm}$$

$$2,5 \text{ kg} = 2,5 \times 10^{(1) \times 6} \text{ mg} \rightarrow 2,5 \times 10^6 \text{ mg}$$

$$10 \text{ ms} = 10 \times 10^{(-1) \times 3} \text{ s} \rightarrow 10 \times 10^{-3} \text{ s}$$

## Conversão de unidades em duas dimensões

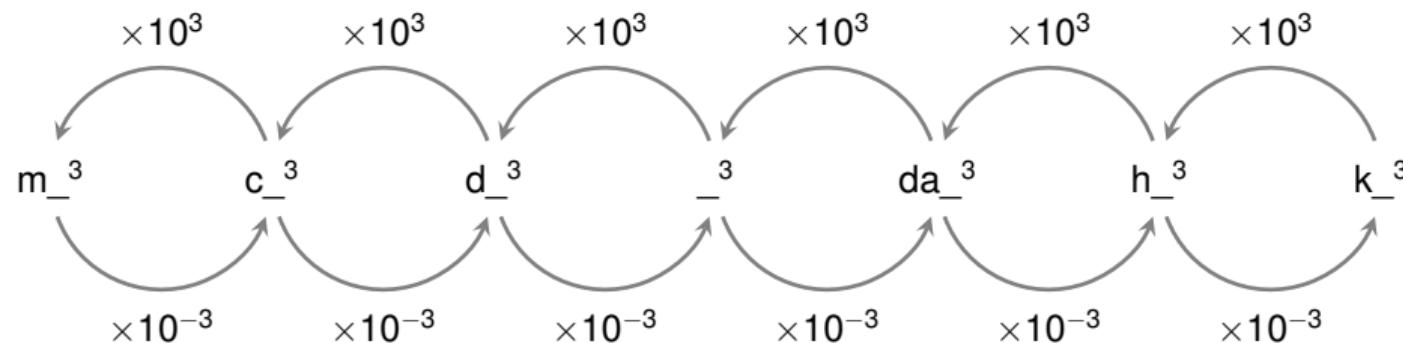


$$1 \text{ mm}^2 = 1 \times 10^{(-2) \times 2} \text{ dm}^2 \rightarrow 1 \times 10^{-4} \text{ dm}^2$$

$$2,5 \text{ m}^2 = 2,5 \times 10^{(2) \times 3} \text{ mm}^2 \rightarrow 2,5 \times 10^6 \text{ mm}^2$$

$$10 \text{ ms}^2 = 10 \times 10^{(-2) \times 3} \text{ s}^2 \rightarrow 10 \times 10^{-6} \text{ s}^2$$

## Conversão de unidades em três dimensões



$$1 \text{ mm}^3 = 1 \times 10^{(-3) \times 2} \text{ dm}^3 \rightarrow 1 \times 10^{-6} \text{ dm}^3$$

$$2,5 \text{ m}^3 = 2,5 \times 10^{(3) \times 3} \text{ mm}^3 \rightarrow 2,5 \times 10^9 \text{ mm}^3$$

$$2,5 \text{ km}^3 = 2,5 \times 10^{(3) \times 6} \text{ mm}^3 \rightarrow 2,5 \times 10^{18} \text{ mm}^3$$

## Alfabeto grego

Alfa	<i>A</i>	$\alpha$	Ni	<i>N</i>	$\nu$
Beta	<i>B</i>	$\beta$	Csi	$\Xi$	$\xi$
Gama	$\Gamma$	$\gamma$	ômicron	<i>O</i>	$o$
Delta	$\Delta$	$\delta$	Pi	$\Pi$	$\pi$
Epsílon	<i>E</i>	$\epsilon, \varepsilon$	Rô	<i>P</i>	$\rho$
Zeta	<i>Z</i>	$\zeta$	Sigma	$\Sigma$	$\sigma$
Eta	<i>H</i>	$\eta$	Tau	<i>T</i>	$\tau$
Teta	$\Theta$	$\theta$	Ípsilon	$\Upsilon$	$\upsilon$
Iota	<i>I</i>	$\iota$	Fi	$\Phi$	$\phi, \varphi$
Capa	<i>K</i>	$\kappa$	Qui	<i>X</i>	$\chi$
Lambda	$\Lambda$	$\lambda$	Psi	$\Psi$	$\psi$
Mi	<i>M</i>	$\mu$	Ômega	$\Omega$	$\omega$

## Referências e observações<sup>1</sup>

-  [http://www2.laps.ee/fyysika/Pildid/04\\_01/](http://www2.laps.ee/fyysika/Pildid/04_01/)
-  A. Máximo, B. Alvarenga, C. Guimarães, Física. Contexto e aplicações, v.2, 2.ed., São Paulo, Scipione (2016)

Esta apresentação está disponível para download no endereço  
<https://flavianowilliams.github.io/education>

---

<sup>1</sup>Este material está sujeito a modificações. Recomenda-se acompanhamento permanente.