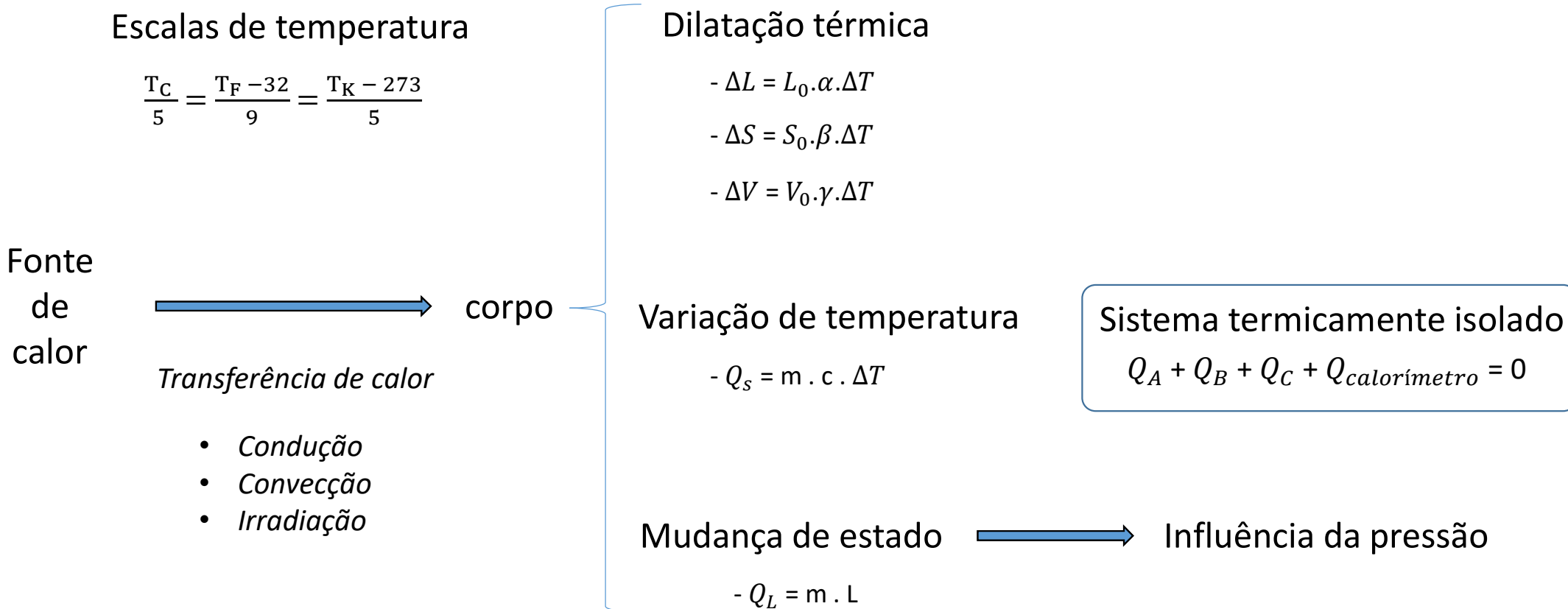


Mudança de estado e influência da pressão

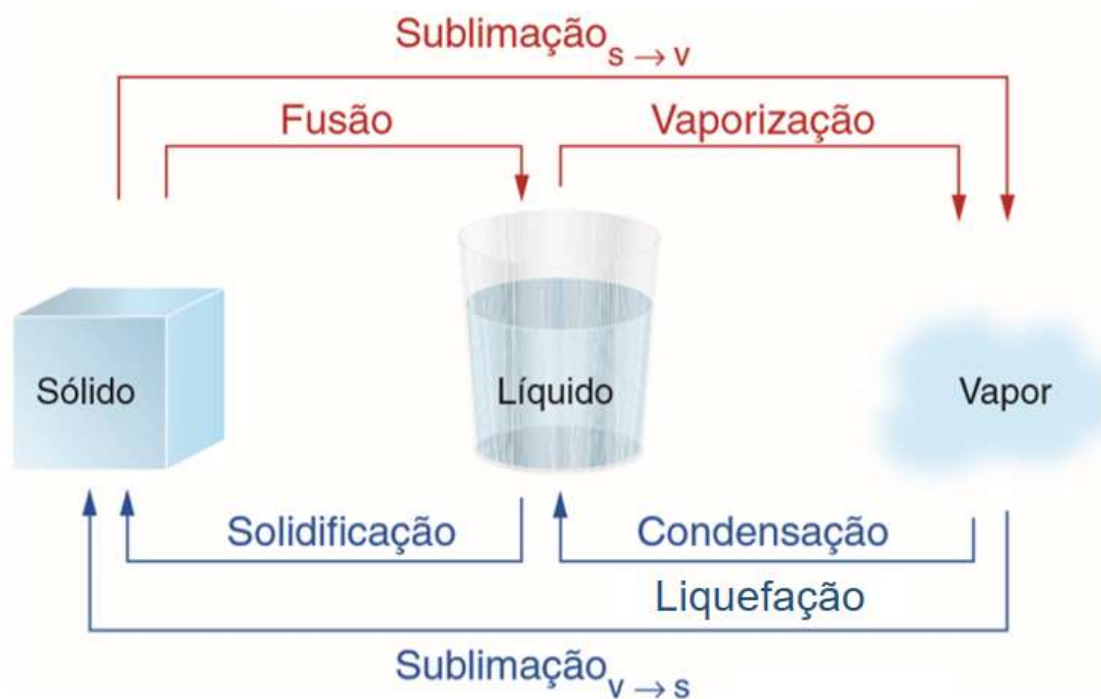
Apresentação e demais documentos: fisicasp.com.br

Professor Caio

Mapa conceitual



Processos endotérmicos → substância absorve/recebe calor → $Q > 0$



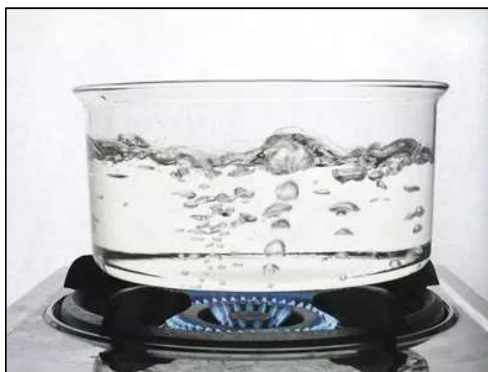
Processos exotérmicos → substância cede/perde calor → $Q < 0$

Vaporização

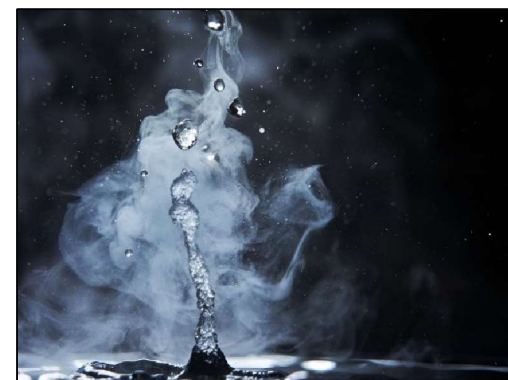
Evaporação



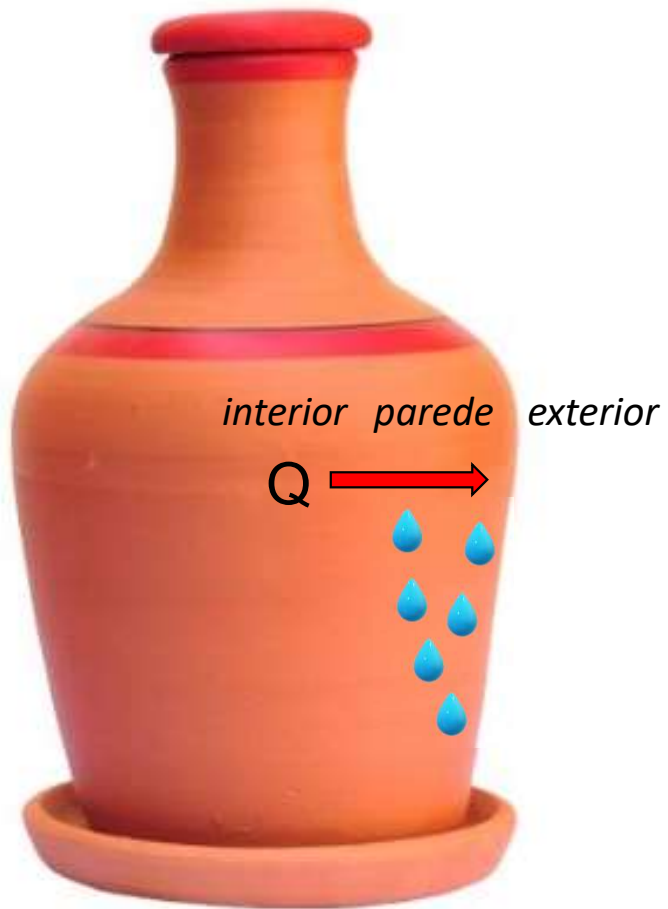
Ebulição



Calefação

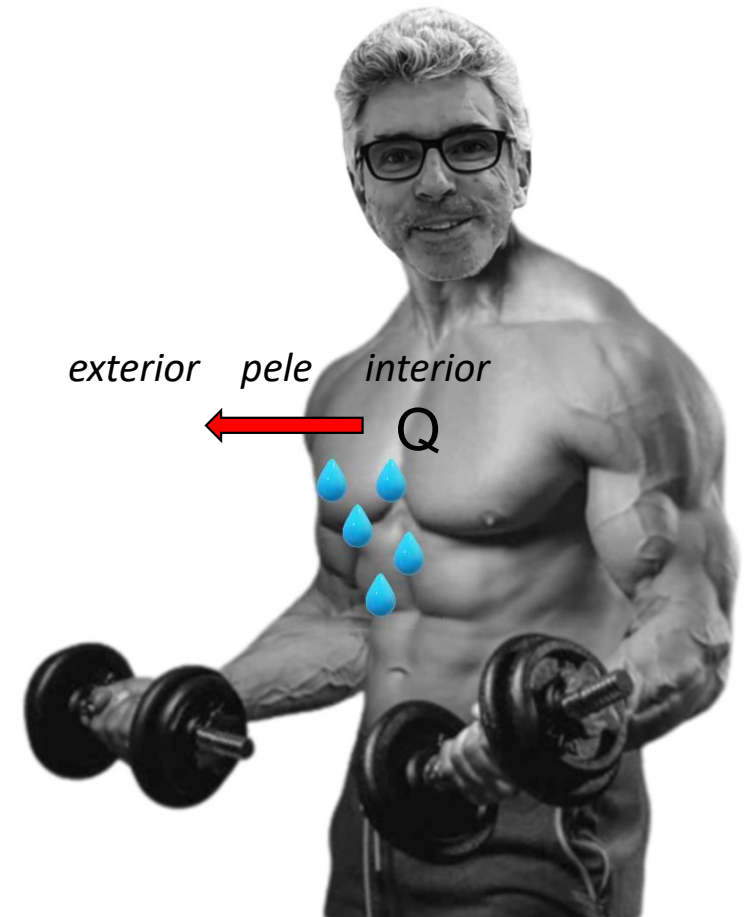


Vasilhame de barro



Evaporação

Transpiração



1. Diagrama de estados da água

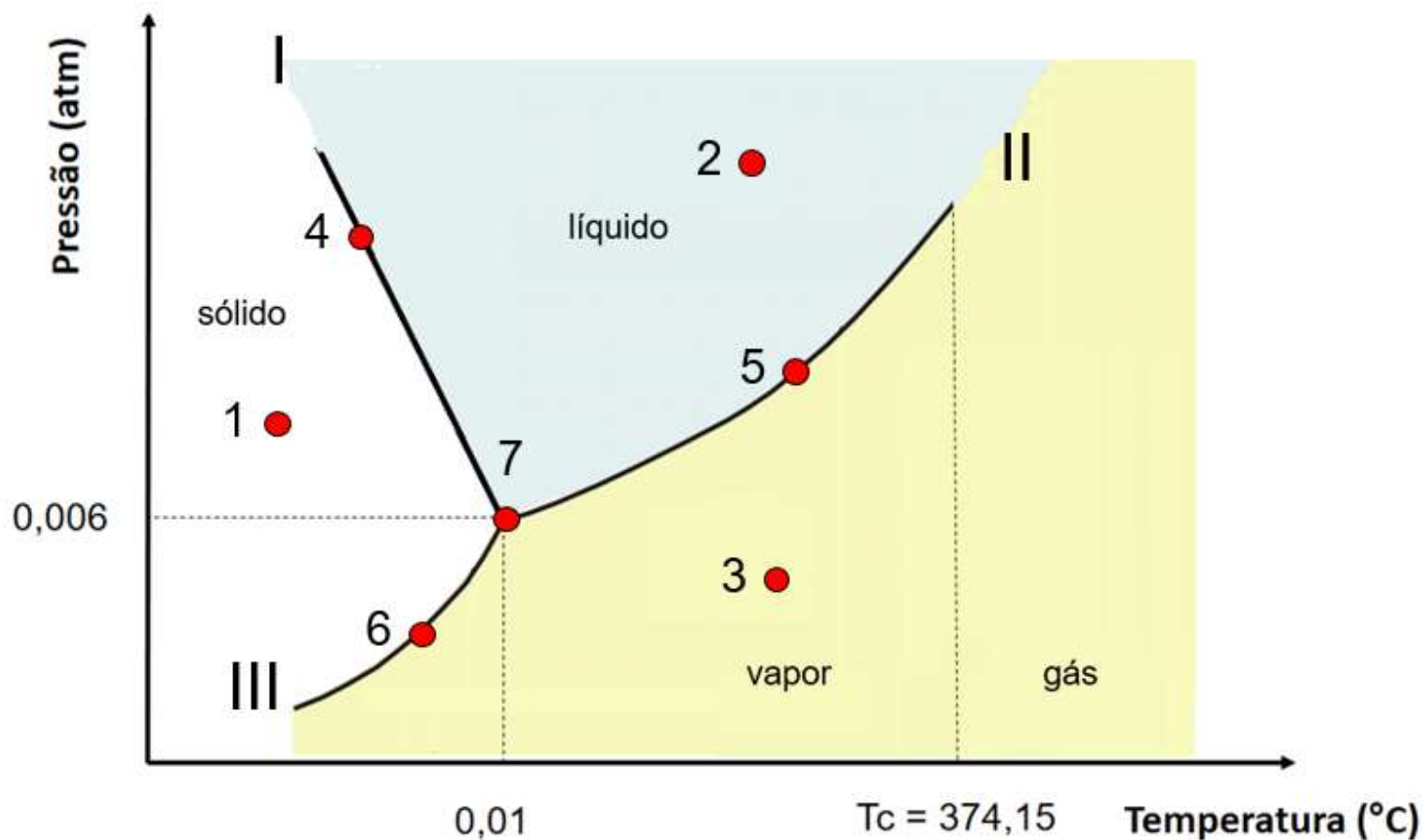
Curvas

I – fusão

II – vaporização

III – sublimação

- 1 – sólido
- 2 – líquido
- 3 – vapor
- 4 – líquido e/ou sólido
- 5 – líquido e/ou vapor
- 6 – sólido e/ou vapor
- 7 – sólido e/ou líquido e/ou vapor (ponto triplo)



1. Diagrama de estados da água

Curvas

I – fusão

II – vaporização

III – sublimação

- 1 – sólido
- 2 – líquido
- 3 – vapor
- 4 – líquido e/ou sólido
- 5 – líquido e/ou vapor
- 6 – sólido e/ou vapor
- 7 – sólido e/ou líquido e/ou vapor (ponto triplo)



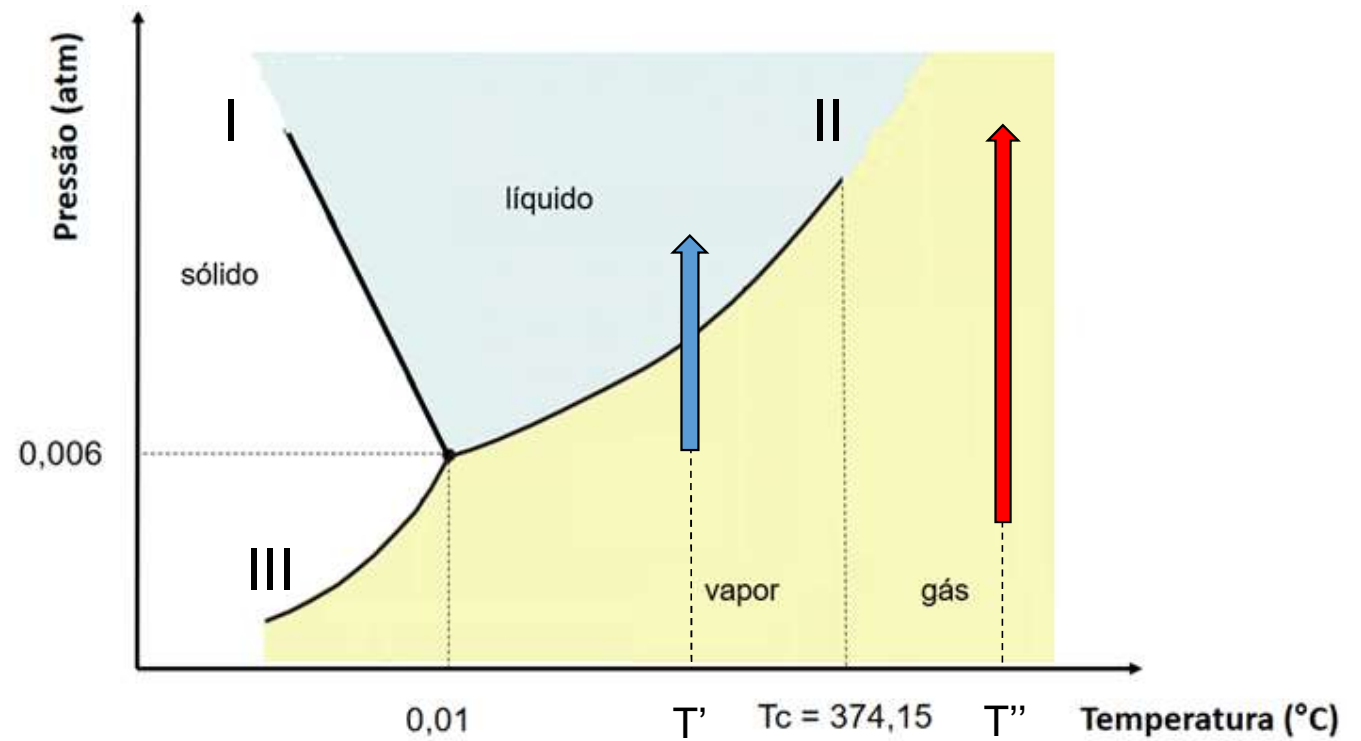
1. Diagrama de estados da água

Curvas

I – fusão

II – vaporização

III – sublimação



- **Temperatura crítica (T_c)**
- **Vapor ($T < T_c$):** transição para o estado líquido apenas com aumento de pressão.
- **Gás ($T > T_c$):** não pode haver transição para o estado líquido apenas com aumento de pressão.

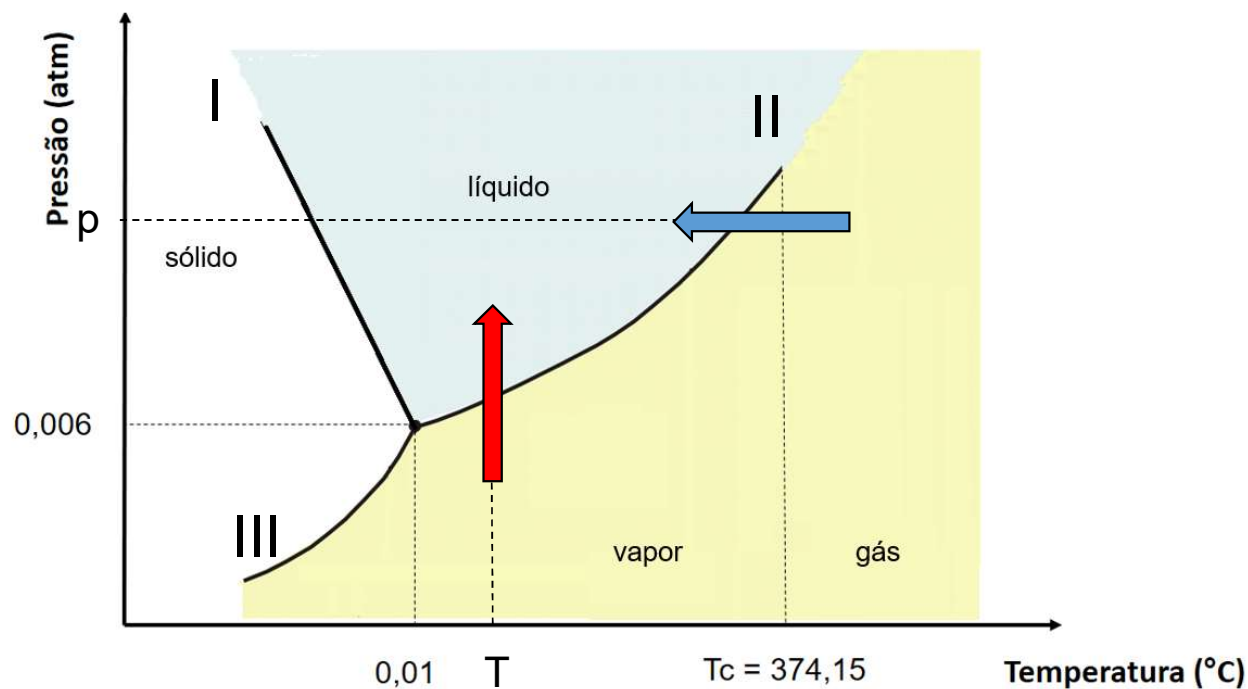
1. Diagrama de estados da água

Curvas

I – fusão

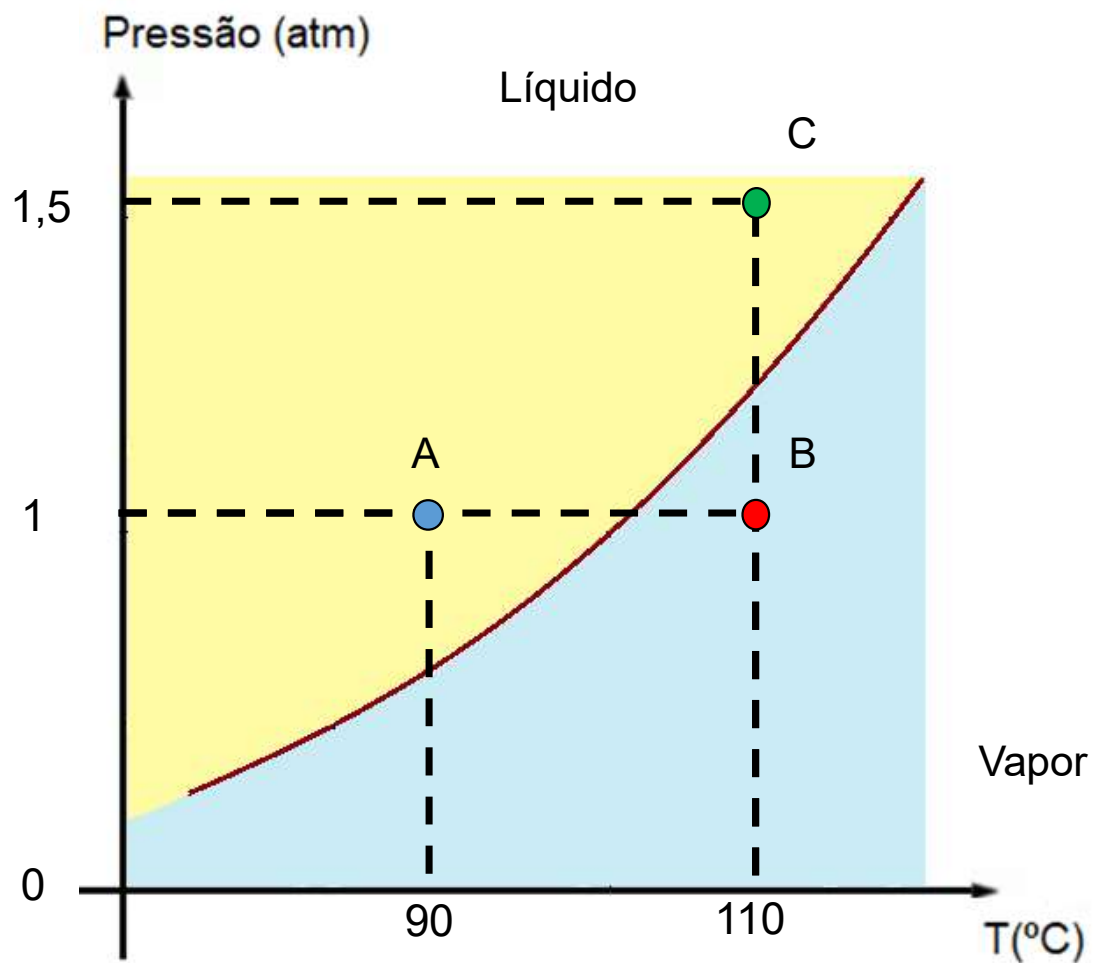
II – vaporização

III – sublimação



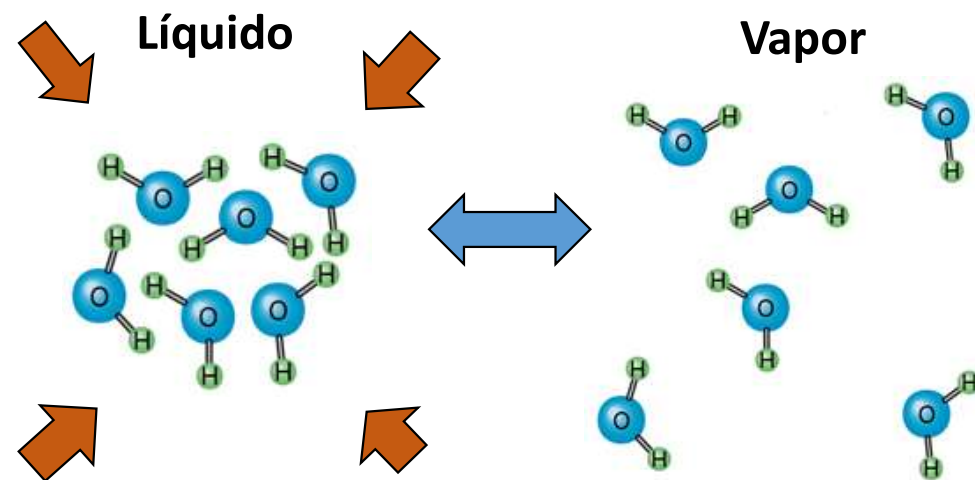
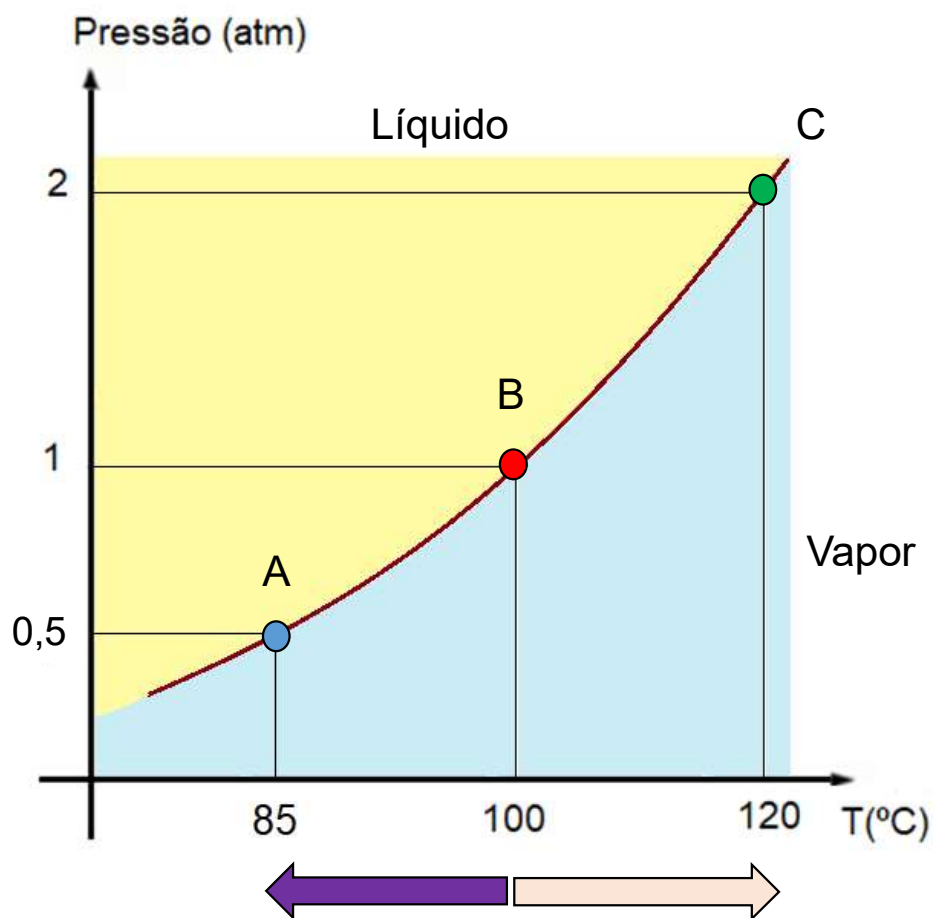
- **Liquefação**: transição para o estado líquido com temperatura constante.
- **Condensação**: transição para o estado líquido com pressão constante.

2. Curva de vaporização da água



- A: $p = 1 \text{ atm}$ e $T = 90^\circ\text{C}$ → líquido
- B: $p = 1 \text{ atm}$ e $T = 110^\circ\text{C}$ → vapor
- C: $p = 1,5 \text{ atm}$ e $T = 110^\circ\text{C}$ → líquido

2. Curva de vaporização da água

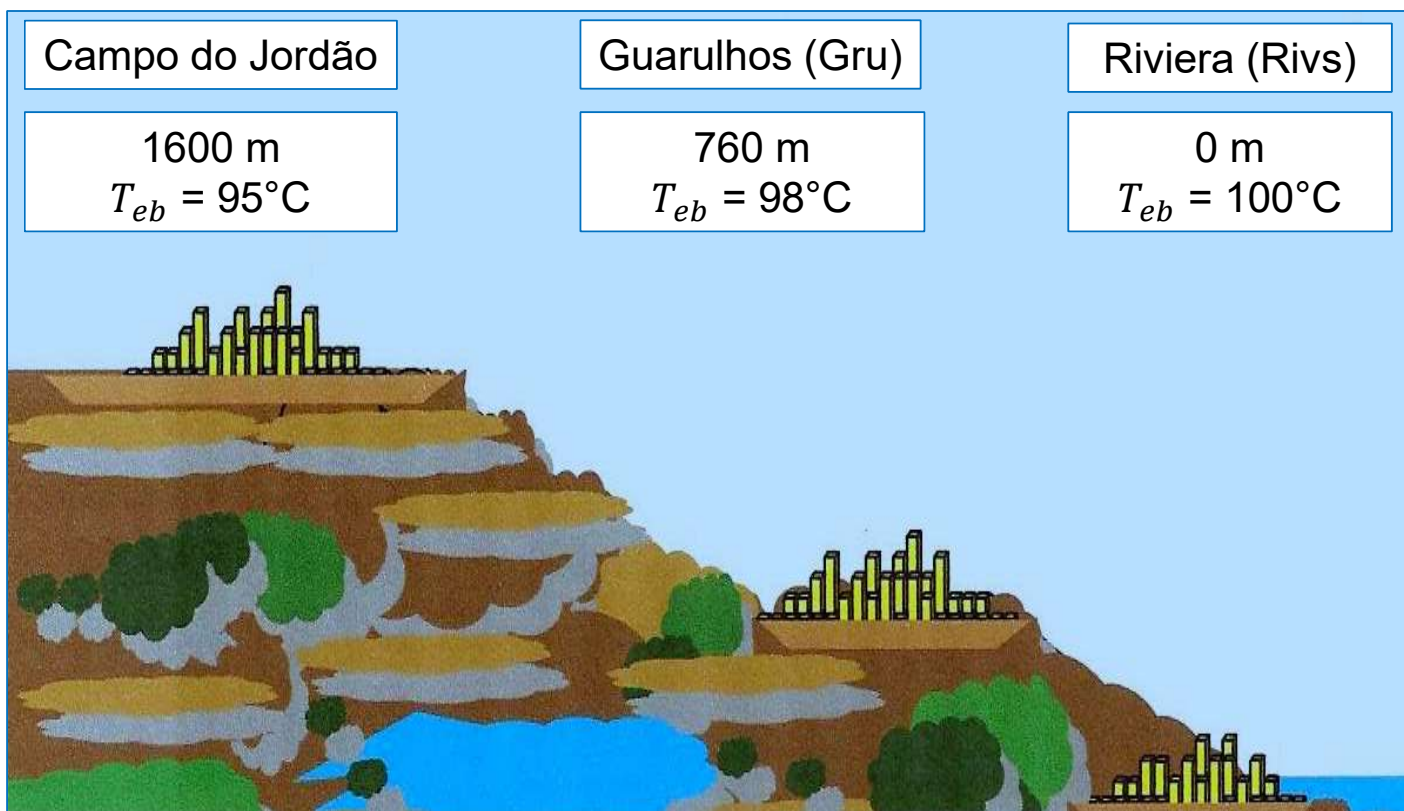


P aumenta $\rightarrow T_{ebuli\c{c}ao}$ Aumenta
 O aumento da pressão desfavorece a ebuli\c{c}ao

P diminui $\rightarrow T_{ebuli\c{c}ao}$ diminui
 A diminui\c{c}o da pressão favorece a ebuli\c{c}ao

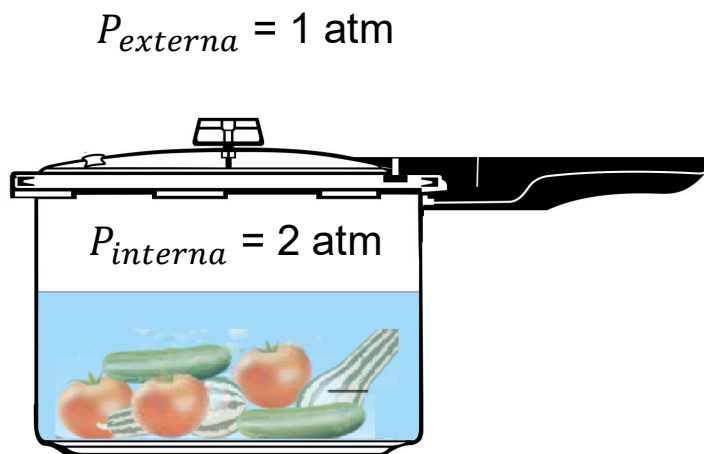
2. Curva de vaporização da água: exemplos

Temperatura de ebulição e altitude



2. Curva de vaporização da água: exemplos

Panela de pressão



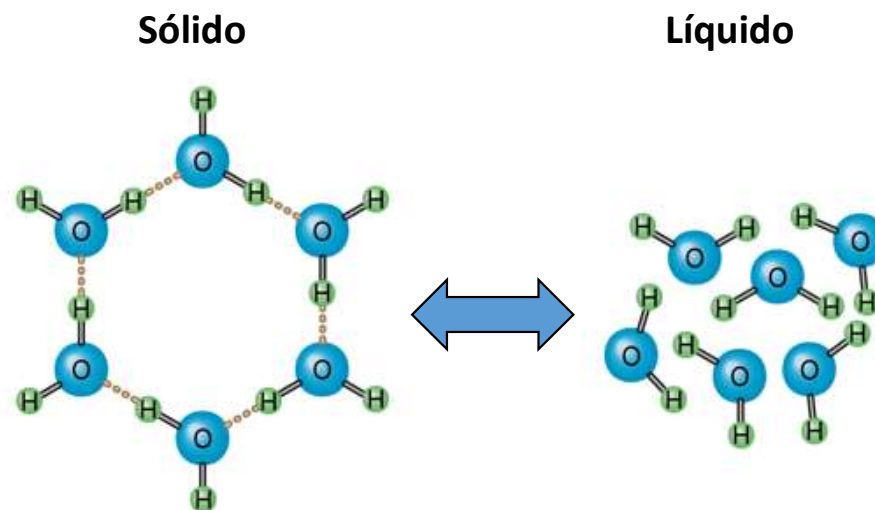
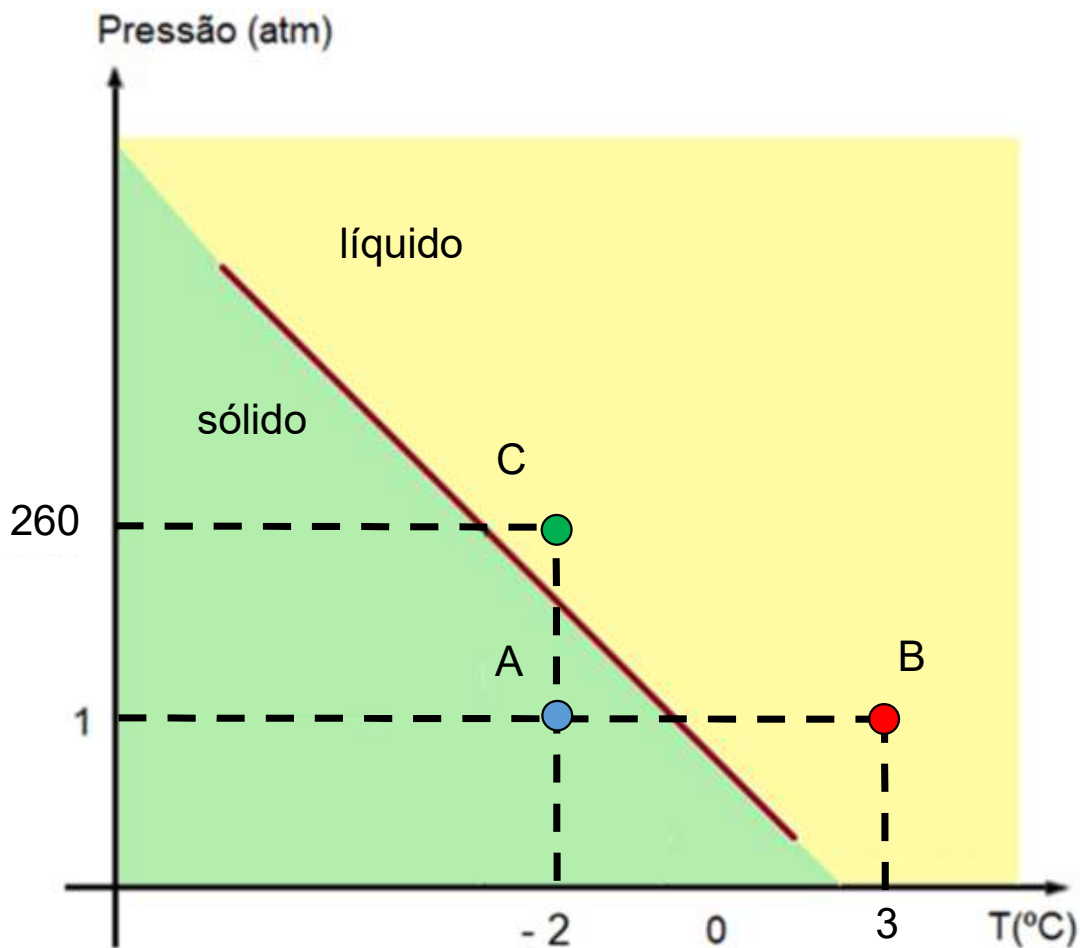
Fora

$$T_{\text{ebulição}} = 100^{\circ}\text{C} < T_{\text{água}} = 110^{\circ}\text{C} \quad \Rightarrow \quad \text{Vapor}$$

Dentro

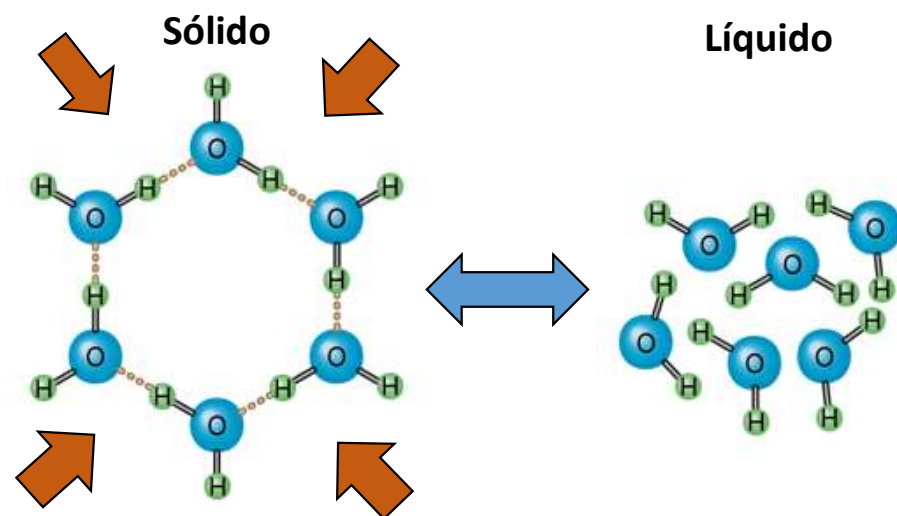
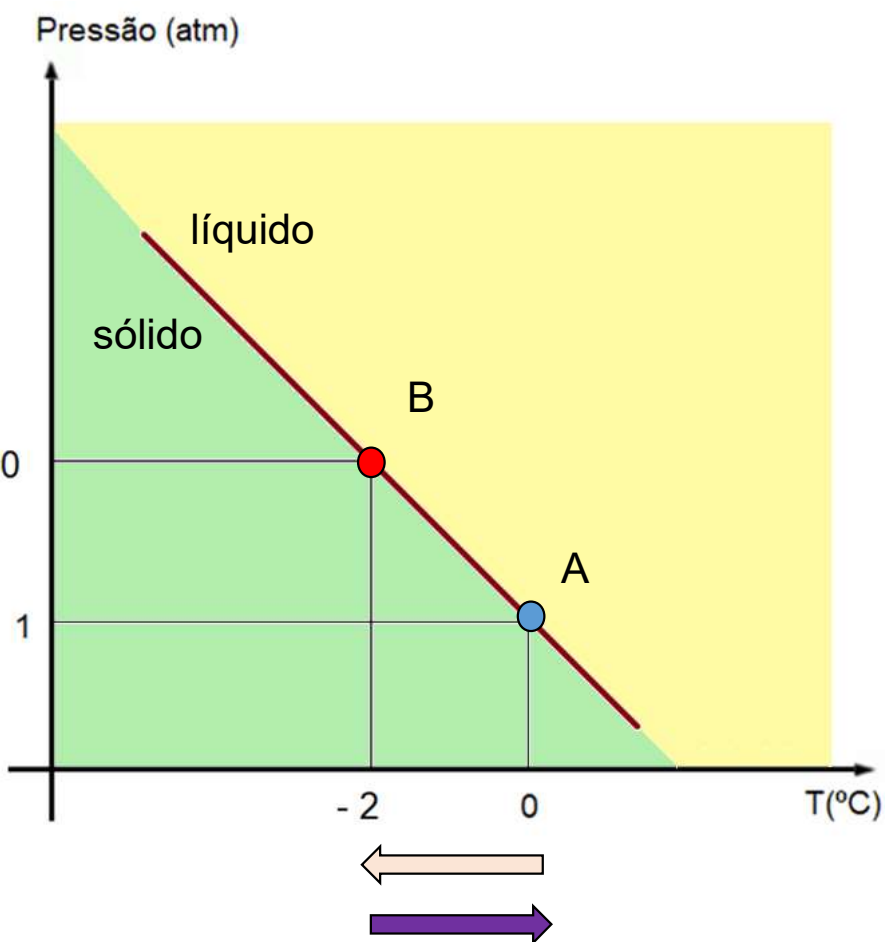
$$T_{\text{ebulição}} = 120^{\circ}\text{C} > T_{\text{água}} = 110^{\circ}\text{C} \quad \Rightarrow \quad \text{Líquido}$$

3. Curva de fusão da água



- A: $p = 1 \text{ atm}$ e $T = -2^\circ\text{C} \rightarrow$ sólido
- B: $p = 1 \text{ atm}$ e $T = 3^\circ\text{C} \rightarrow$ líquido
- C: $p = 250 \text{ atm}$ e $T = -2^\circ\text{C} \rightarrow$ líquido

3. Curva de fusão da água



P aumenta $\rightarrow T_{fusão}$ diminui

O aumento da pressão favorece a fusão

P diminui $\rightarrow T_{fusão}$ aumenta

A diminuição da pressão desfavorece a fusão

3. Curva de fusão da água: exemplo

$P = 1 \text{ atm}$



Gelo (-1°C)

$p = 1,0 \text{ atm}$

$$T_{\text{gelo}} < T_{\text{fusão}}$$

$$-1^\circ\text{C} < 0$$

$P = 250 \text{ atm}$



Gelo (-1°C)

$p' = 250 \text{ atm}$

$$T_{\text{água}} > T_{\text{fusão}}$$

$$-1^\circ\text{C} > -2^\circ$$

fusão

$P = 1 \text{ atm}$



Gelo (-1°C)

$p = 1,0 \text{ atm}$

$$T_{\text{gelo}} < T_{\text{fusão}}$$

$$-1^\circ\text{C} < 0$$

solidificação

Pressão: aumenta



$T_{\text{fusão}}$ diminui



O gelo sofre fusão



Pressão: diminui



$T_{\text{fusão}}$ aumenta



O gelo sofre solidificação

Exercício extra

(Unesp) A liofilização é um processo de desidratação de alimentos que, além de evitar que seus nutrientes saiam junto com a água, diminui bastante sua massa e seu volume, facilitando o armazenamento e o transporte.

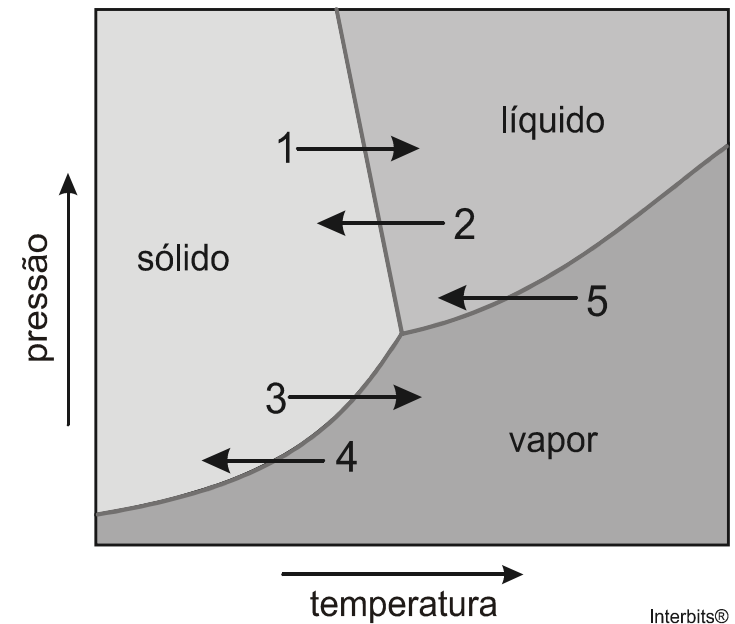
O processo de liofilização segue as seguintes etapas:

- I. O alimento é resfriado até temperaturas abaixo de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, para que a água contida nele seja solidificada.
- II. Em câmaras especiais, sob baixíssima pressão (menores do que $0,006\text{ atm}$), a temperatura do alimento é elevada, fazendo com que a água sólida seja sublimada. Dessa forma, a água sai do alimento sem romper suas estruturas moleculares, evitando perdas de proteínas e vitaminas.

O gráfico mostra parte do diagrama de fases da água e cinco processos de mudança de fase, representados pelas setas numeradas de 1 a 5.

A alternativa que melhor representa as etapas do processo de liofilização, na ordem descrita, é

- a) 4 e 1.
- b) 2 e 1.
- c) 2 e 3.
- d) 1 e 3.
- e) 5 e 3.



(Unesp) A liofilização é um processo de desidratação de alimentos que, além de evitar que seus nutrientes saiam junto com a água, diminui bastante sua massa e seu volume, facilitando o armazenamento e o transporte.

O processo de liofilização segue as seguintes etapas:

- I. O alimento é resfriado até temperaturas abaixo de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, para que a água contida nele seja solidificada.
- II. Em câmaras especiais, sob baixíssima pressão (menores do que $0,006\text{ atm}$), a temperatura do alimento é elevada, fazendo com que a água sólida seja sublimada. Dessa forma, a água sai do alimento sem romper suas estruturas moleculares, evitando perdas de proteínas e vitaminas.

O gráfico mostra parte do diagrama de fases da água e cinco processos de mudança de fase, representados pelas setas numeradas de 1 a 5.

A alternativa que melhor representa as etapas do processo de liofilização, na ordem descrita, é

- a) 4 e 1.
- b) 2 e 1.
- c) 2 e 3. ←
- d) 1 e 3.
- e) 5 e 3.

