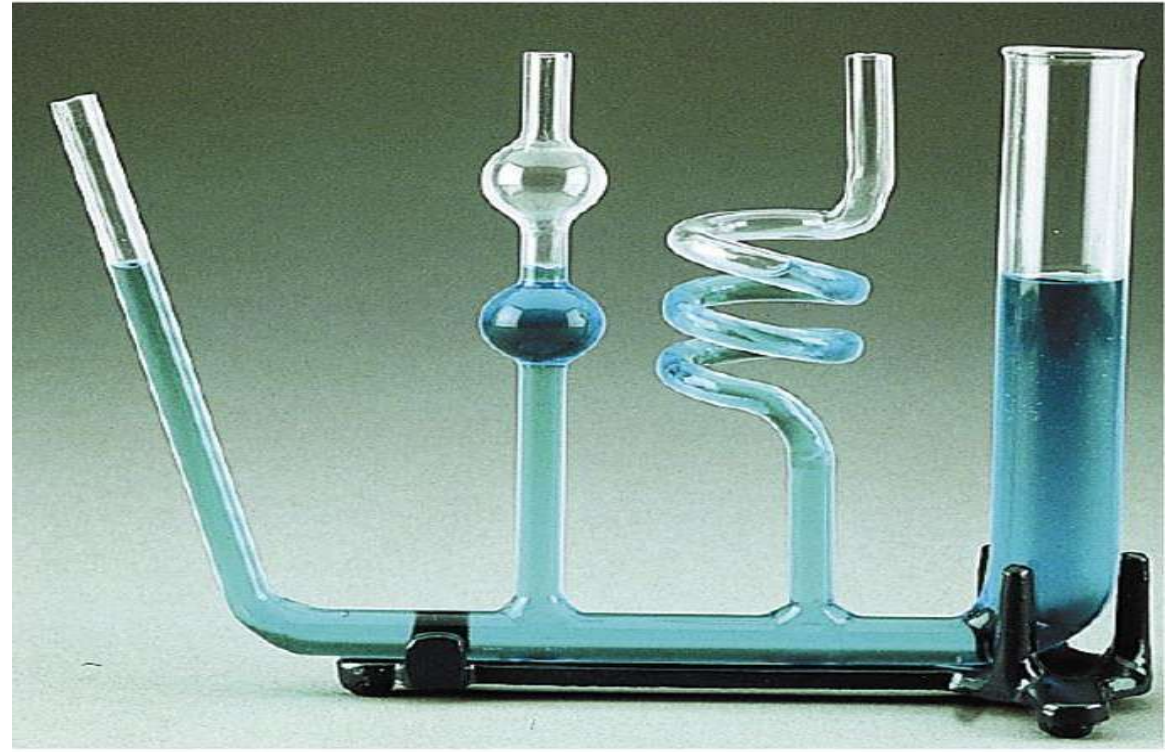




Propriedades dos fluidos

Propriedades

- massa volúmica
- peso volúmico
- densidade relativa
- compressibilidade
- viscosidade
- tensão de vapor
- tensão superficial / capilaridade

Massa volúmica – massa por unidade de volume

Unidades: kg / m³

Água = 1000 kg / m³

Mercúrio = 13600 kg / m³

Varia pouco com a pressão (→ incompressíveis) e bastante com a temperatura

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Peso volúmico – peso por unidade de volume

Unidades: N / m³

Água 9800 N / m³

$$\gamma = \frac{P}{V} = \rho g$$

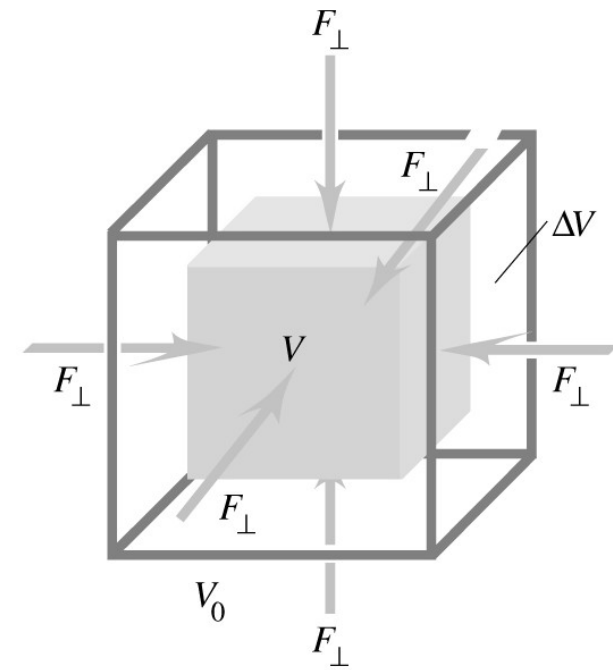
Densidade relativa – massa vol. da substância / massa vol. da água

$$d = \frac{\rho}{\rho_{\text{água}}}$$

$$\rho = d \times 1000 \text{ kg/m}^3$$

Compressibilidade

$$p = \frac{F_{\perp}}{A}$$



pressão $\leftarrow \boxed{\Delta p} = -B \boxed{\frac{\Delta V}{V_0}} \rightarrow$ deformação relativa

B - módulo de elasticidade volumétrica

Unidade SI: Pa

Compressibilidade (k):

$$k = \frac{1}{B} \rightarrow \Delta p = - \frac{1}{k} \frac{\Delta V}{V_0}$$

Unidade SI: Pa^{-1}

Líquido	Compressibilidade, k
	$\text{Pa}^{-1} \times 10^{-11}$
Álcool etílico	110
Glicerina	21
Mercúrio	3.7
Água	45.8

Questão:

À profundidade de 4000 m, a pressão hidrostática é de $4 \times 10^7 \text{ N m}^{-2}$. Qual a variação de volume sofrida?

Líquidos são considerados incompressíveis
 $\rho = \text{constante}$

Viscosidade

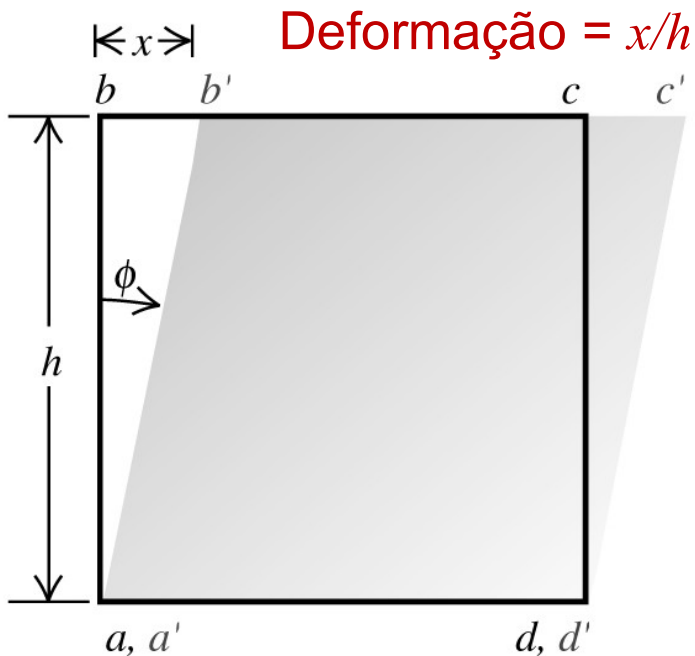
Fluidos ideais – sem viscosidade (= fluidos inviscíveis)

- Em qq secção considerada, só existem forças perpendiculares (**forças de pressão**)

Fluidos reais – desenvolvem-se sempre tensões tangenciais (forças de atrito) quando os líquidos entram em movimento devido à coesão

As forças de atrito originam uma propriedade dos fluidos chamada **viscosidade**, que é uma medida da resistência dos fluidos à deformação

Sólidos



$$\frac{F}{A} = S \frac{x}{h}$$

μ - viscosidade dinâmica

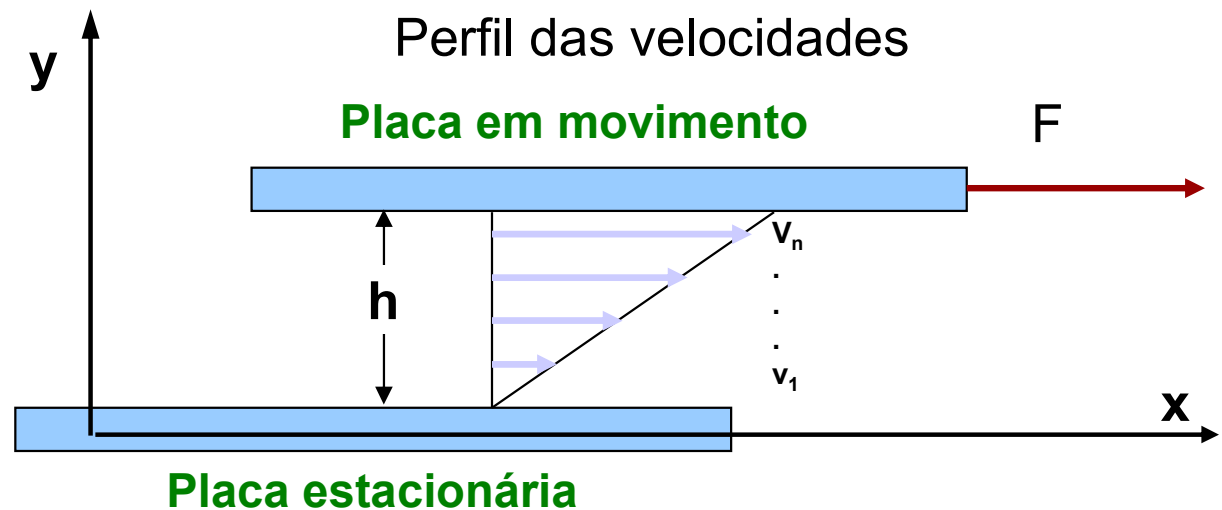
$\text{Pa} \cdot \text{s}$

Poise

1 P = 0.1 Pa s

Líquidos

Taxa de deformação = $(x/h)/t = v/h$



$$\frac{F}{A} = \mu \frac{v}{h} = \mu \frac{v-0}{y_1-0} = \mu \frac{\Delta v}{\Delta y}$$

$$\frac{F}{A} = \tau = \mu \frac{dv}{dy}$$

tensão de corte

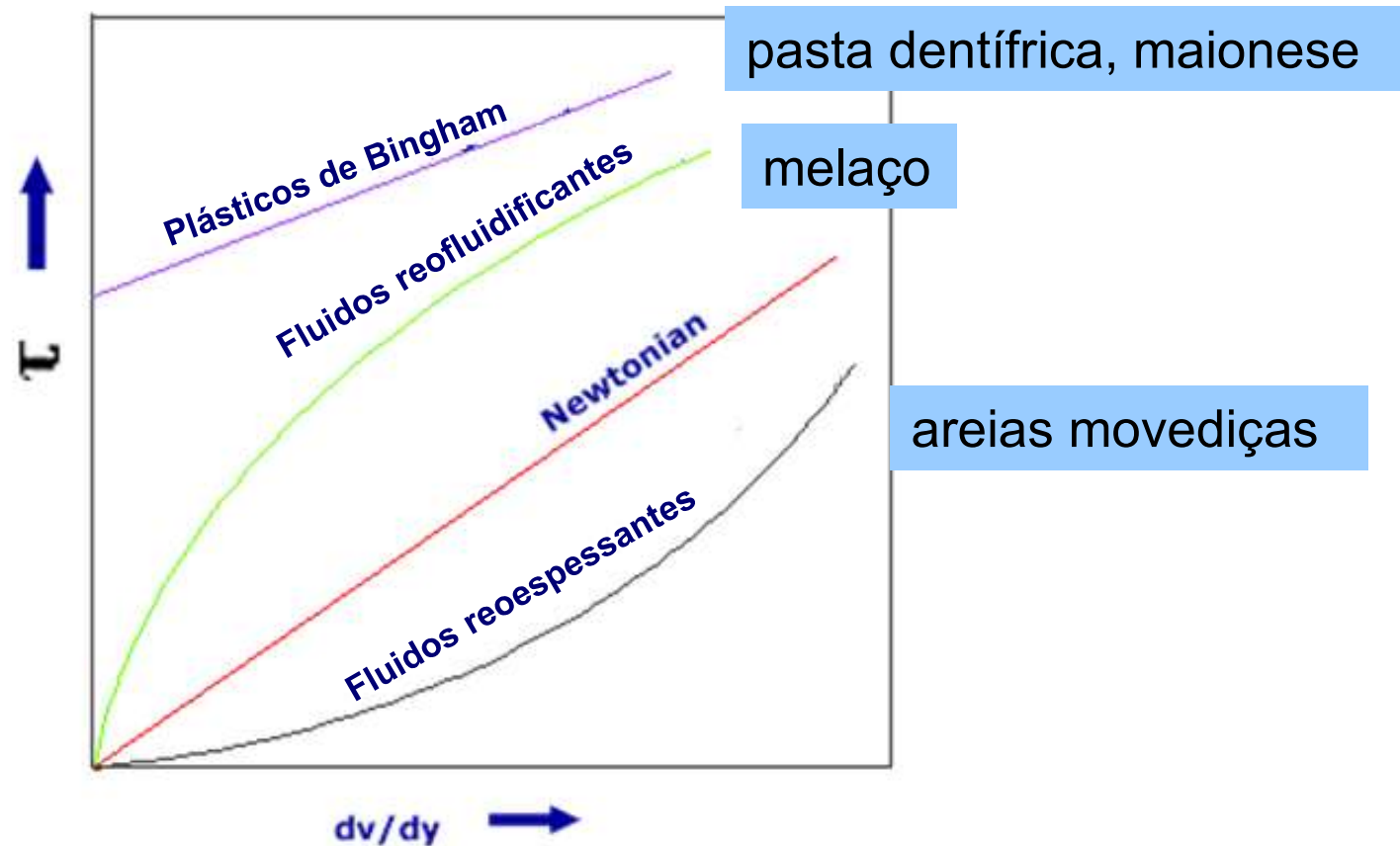
Lei de Newton da viscosidade

Fluidos newtonianos

a tensão de cisalhamento é directamente proporcional à taxa de deformação – **viscosidade constante**

Fluidos não newtonianos

a viscosidade varia consoante a tensão de cisalhamento



Viscosidade cinemática, ν

$$\nu = \mu / \rho$$

μ – viscosidade dinâmica

ρ - massa volúmica do fluido

$$\frac{m^2}{s}$$

Stoke

$$1 \text{ St} = 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$$

Variação da viscosidade da água com a temperatura

t (°C)	Visc. cinemática (m ² / s)
0	1.79 x 10 ⁻⁶
10	1.31 x 10 ⁻⁶
20	1.0 x 10 ⁻⁶
30	0.79 x 10 ⁻⁶
40	0.65 x 10 ⁻⁶
50	0.56 x 10 ⁻⁶

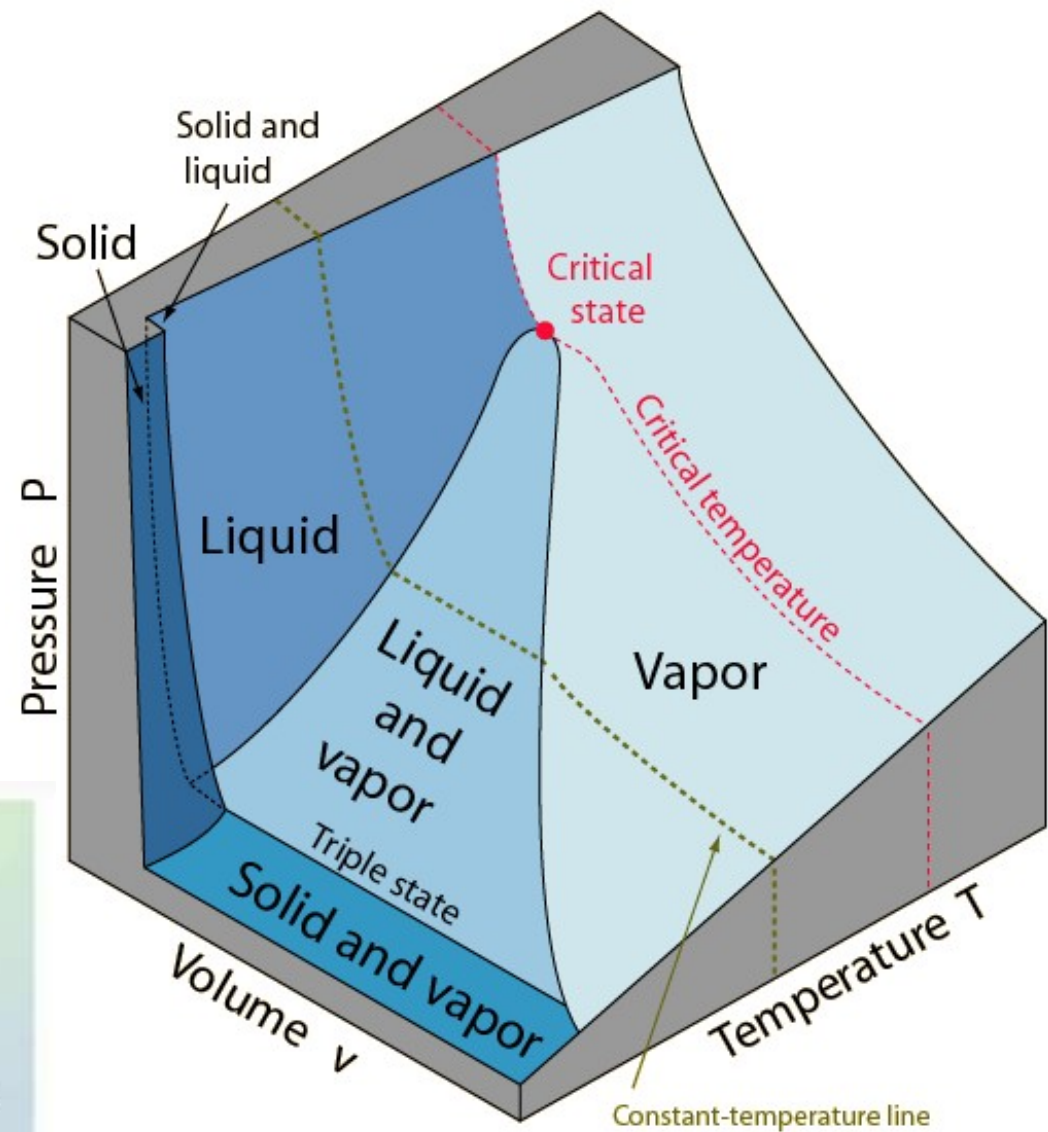
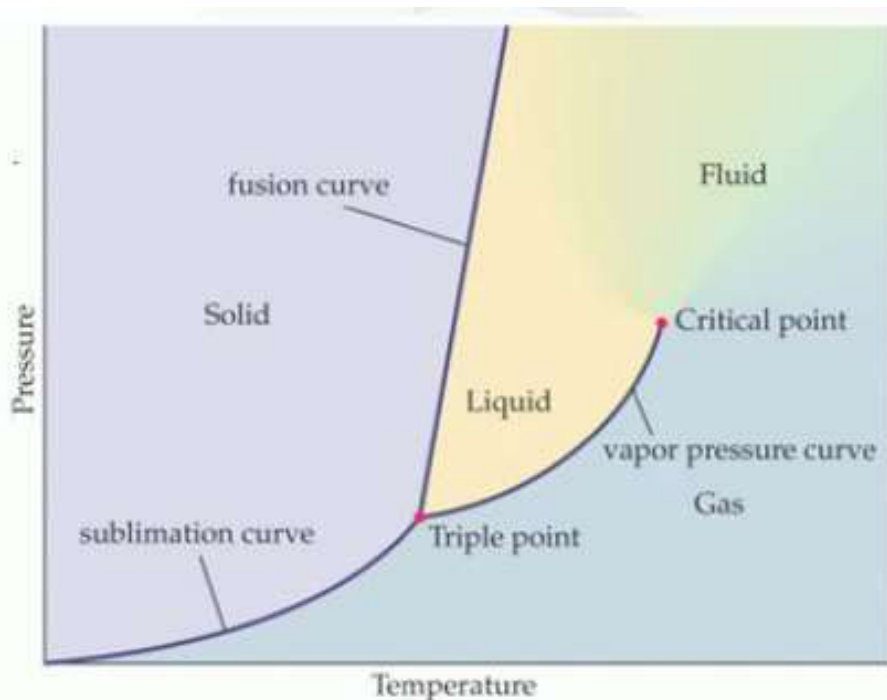
A viscosidade da água diminui cerca de 2.4% por °C

$$\nu = \left(83.9192 t^2 + 20707.5 t + 551173 \right)^{-1}$$

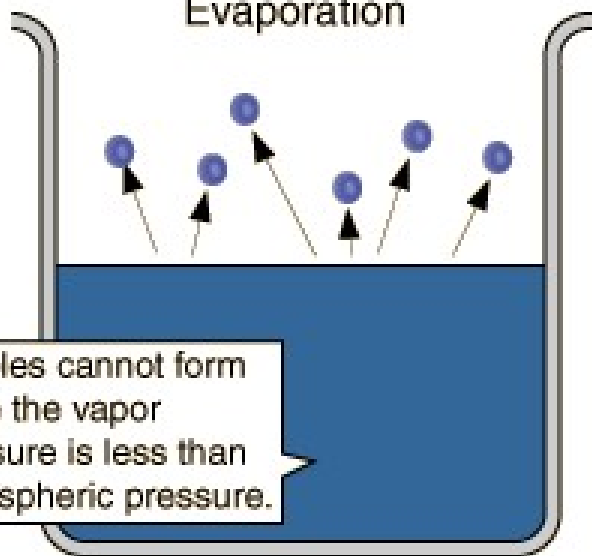
t °C

ν m²/s

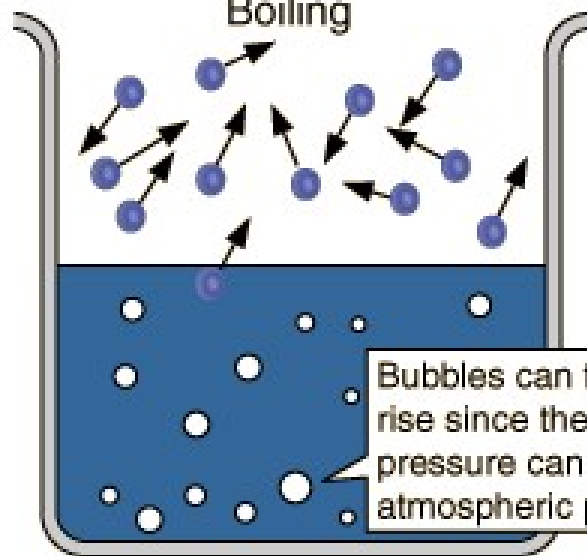
Tensão de vapor



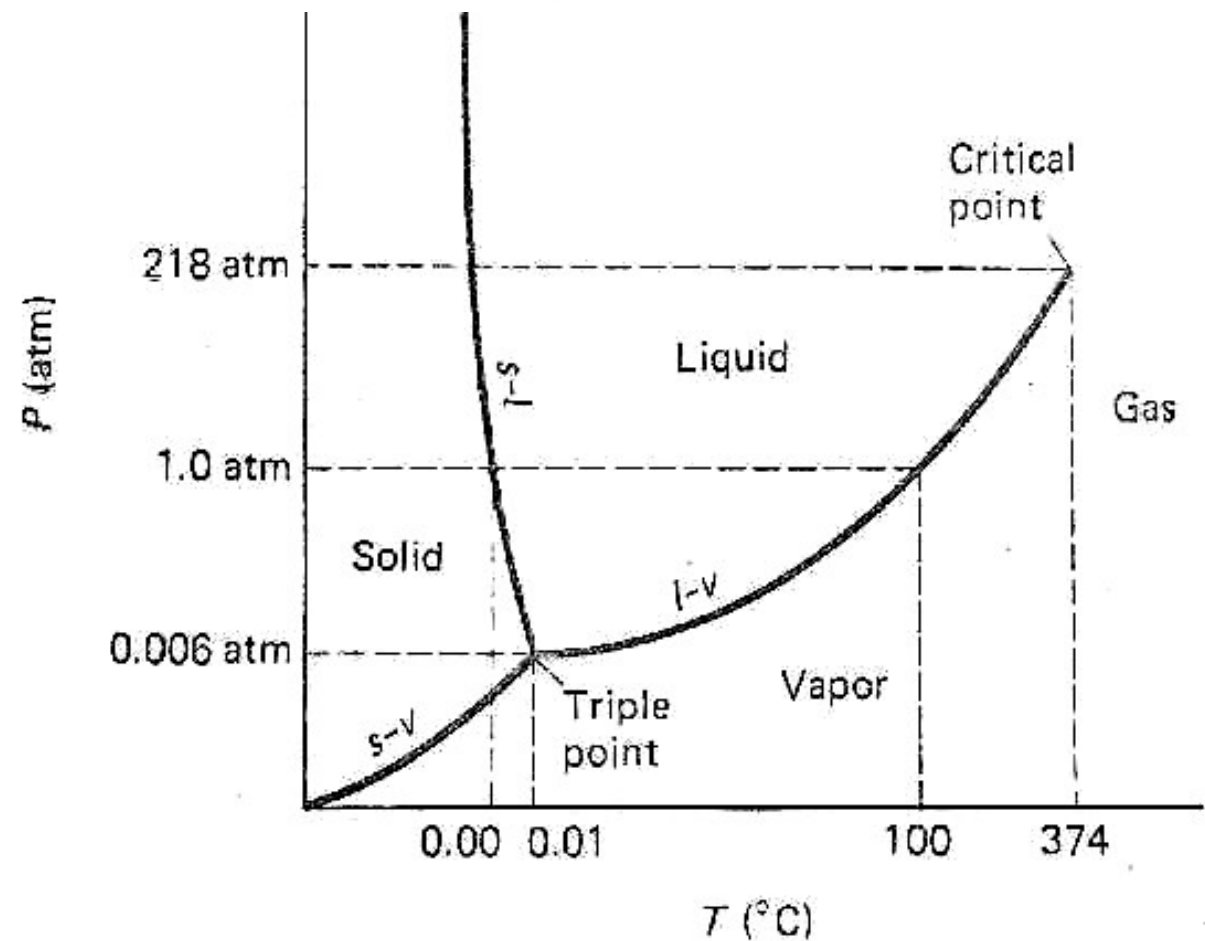
Evaporation



Boiling



Evaporação vs ebulição



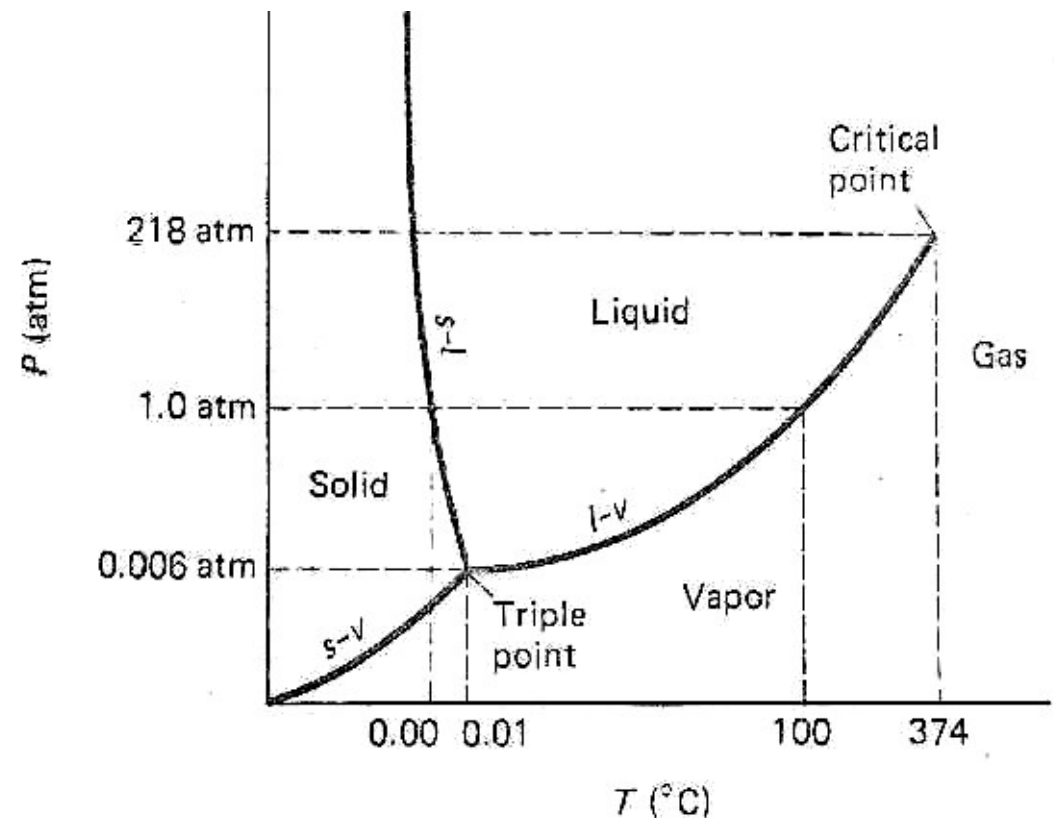
- a **ebulição** ocorre quando a **pressão absoluta** é menor ou igual à pressão de vapor do líquido e atinge-se fazendo variar a temperatura
- a **cavitação** é a formação de bolhas de vapor no líquido devido a uma diminuição da pressão (aumento da velocidade)

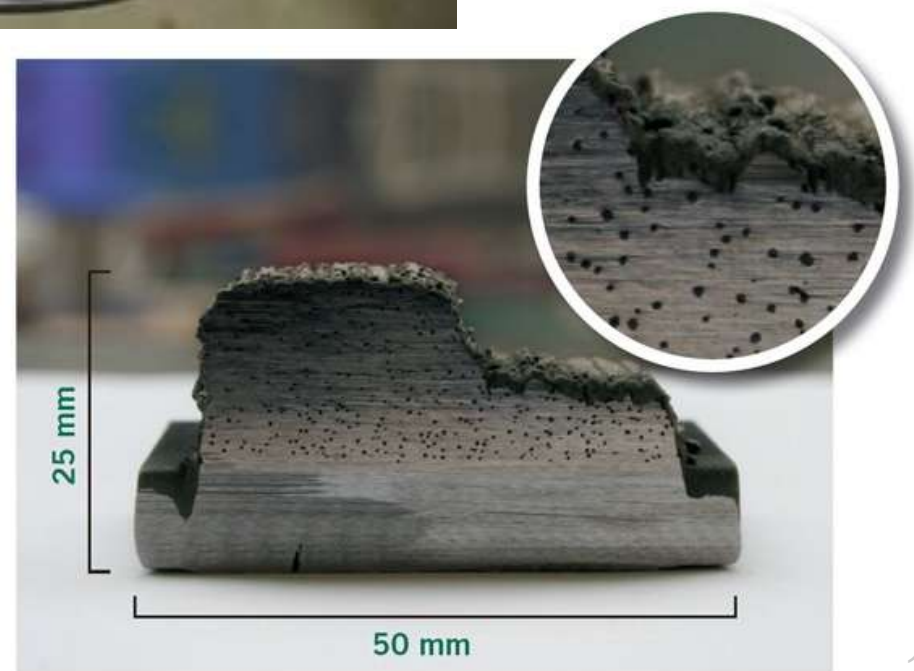
A cavitação deve ser evitada já que causa danos estruturais, ruídos e diminui a eficiência do sistema

$$e_s(t) = 610.8 e^{\frac{17.27t}{237.3+t}}$$

(Pa)

(°C)

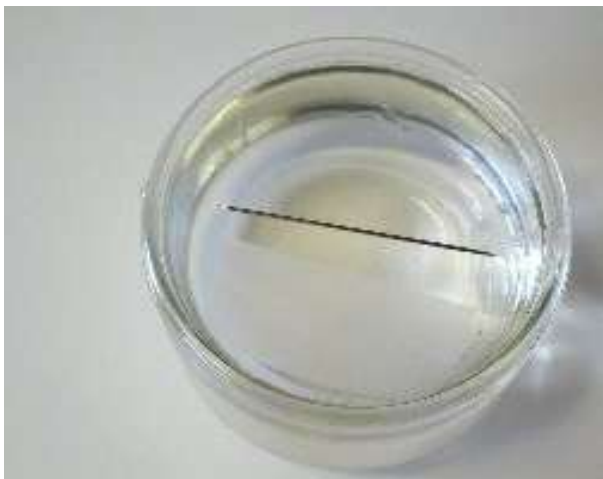




Tensão superficial

Força que se desenvolve na interface de 2 líquidos imiscíveis ou entre um líquido e um gás ou sólido devido às forças de coesão

Esta força faz com que a superfície do líquido se comporte como uma membrana



Tensão superficial é importante

- Movimento da água em tubos capilares (solos, plantas)
- Formação de gotas
- Instrumentos de medição (erros de leitura)

Capilaridade

$$F_y = P$$

$$\gamma L \cos \theta = \rho g V$$

$$\gamma 2\pi r \cos \theta = \rho g \pi r^2 y$$

$$y = \frac{2\gamma \cos \theta}{\rho g r}$$

$$\gamma_{\text{água}} = 72 \text{ mN/m}$$

$$\theta \approx 70^\circ$$

$$d = 1 \text{ cm}$$

$$y \approx 1 \text{ mm}$$

