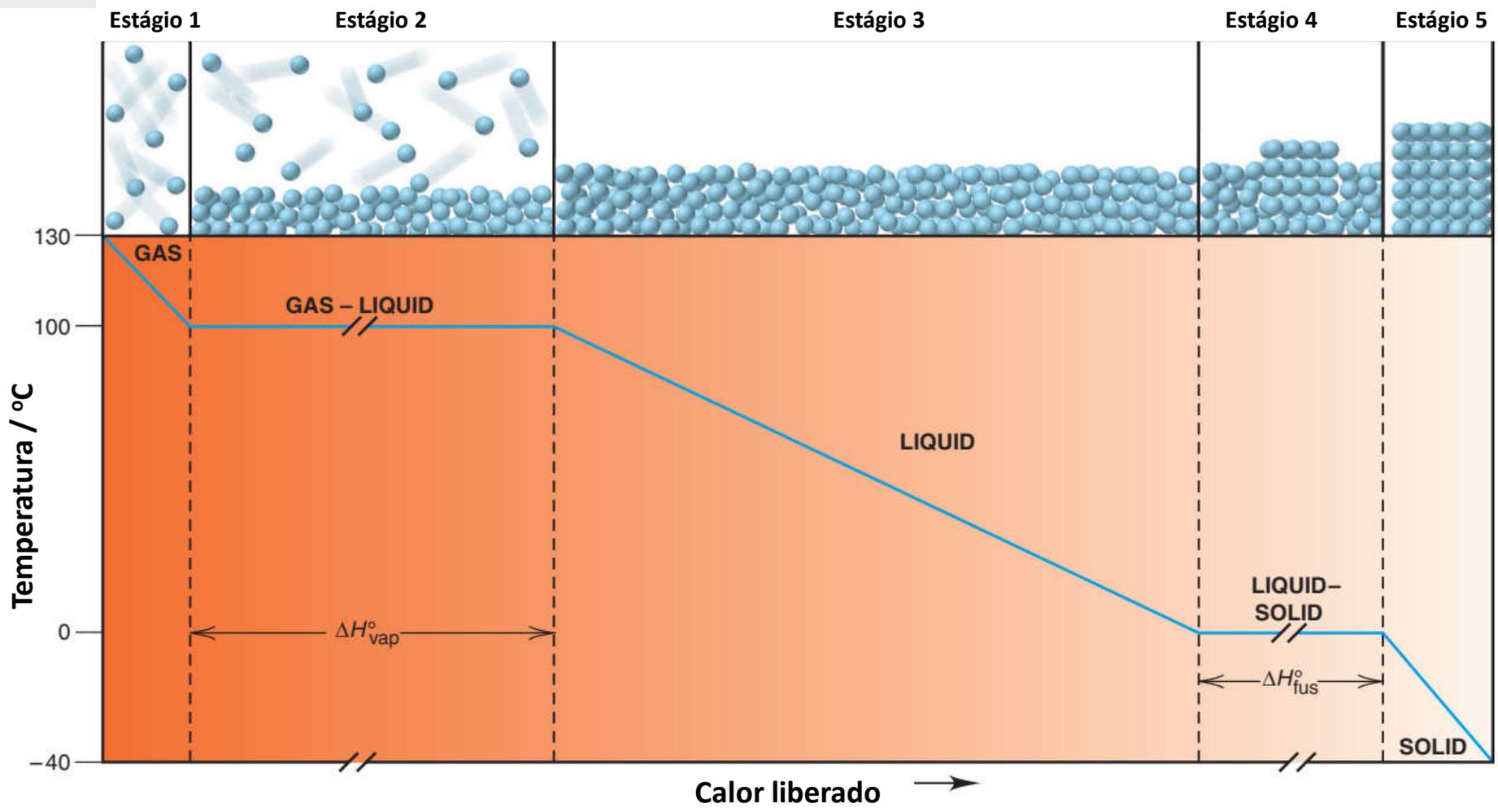
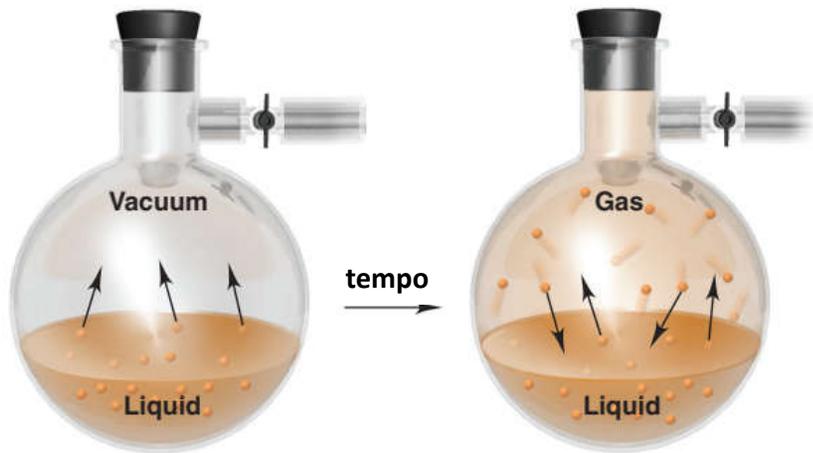


Aula 8 QE





Moléculas no líquido vaporizam

Moléculas vaporizam e condensam na mesma velocidade

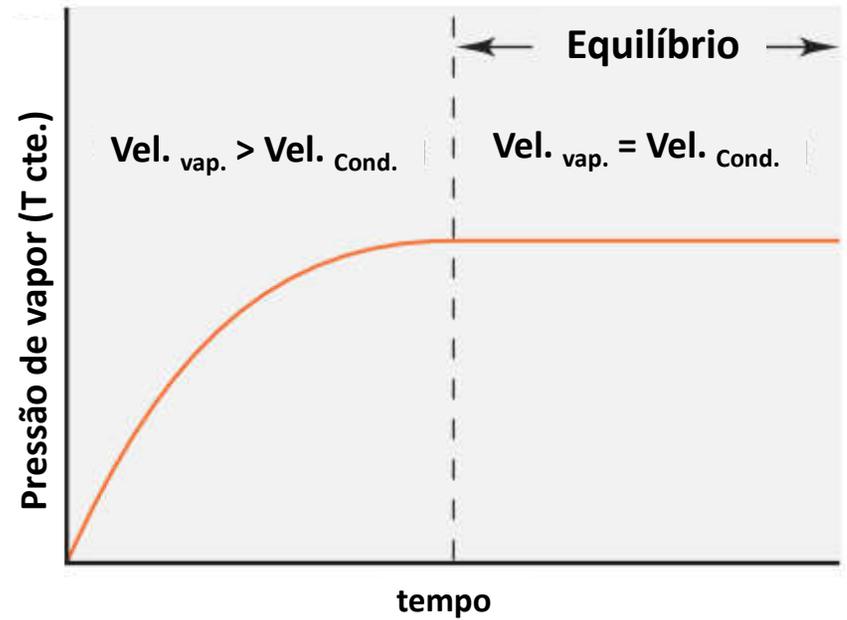
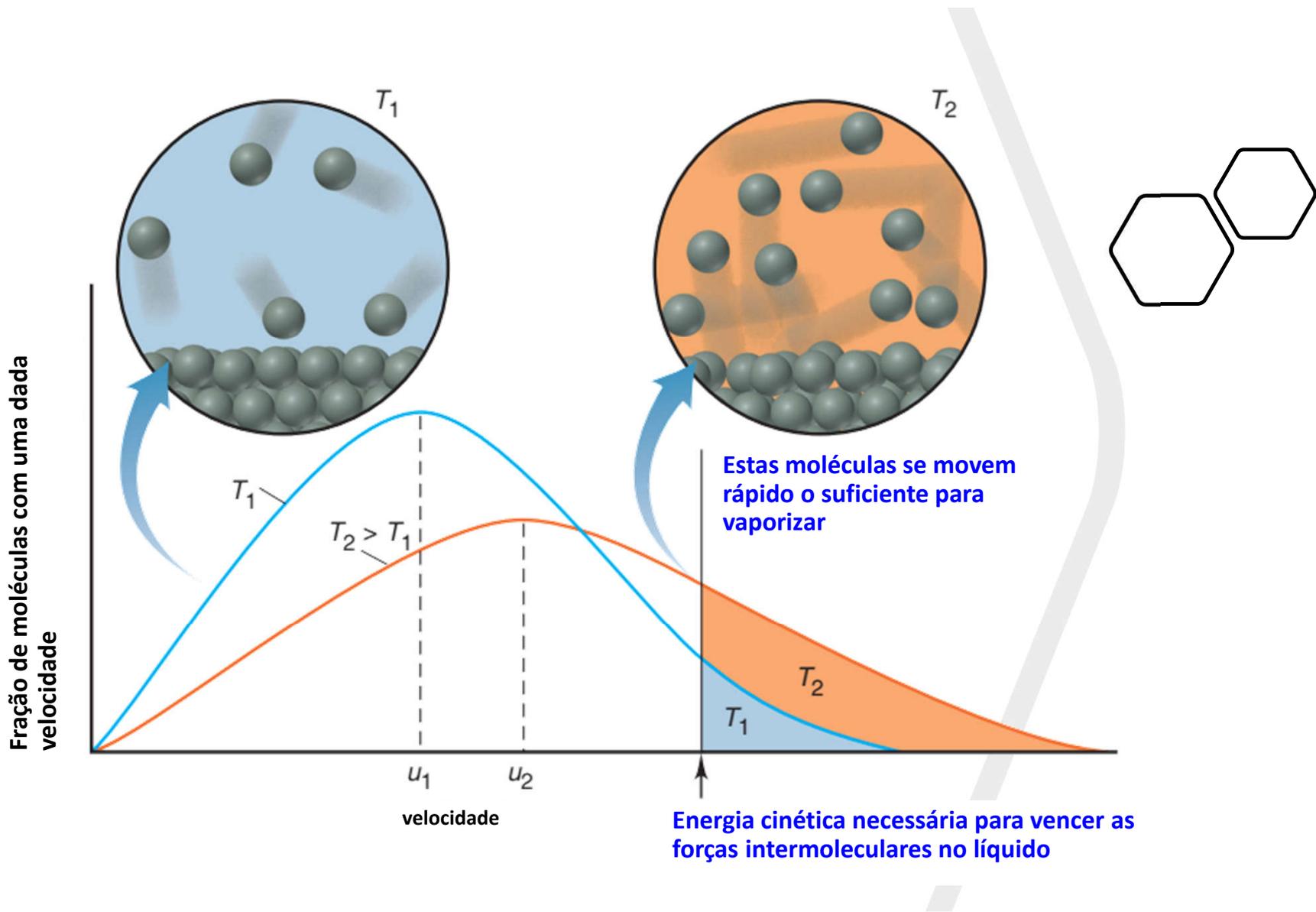
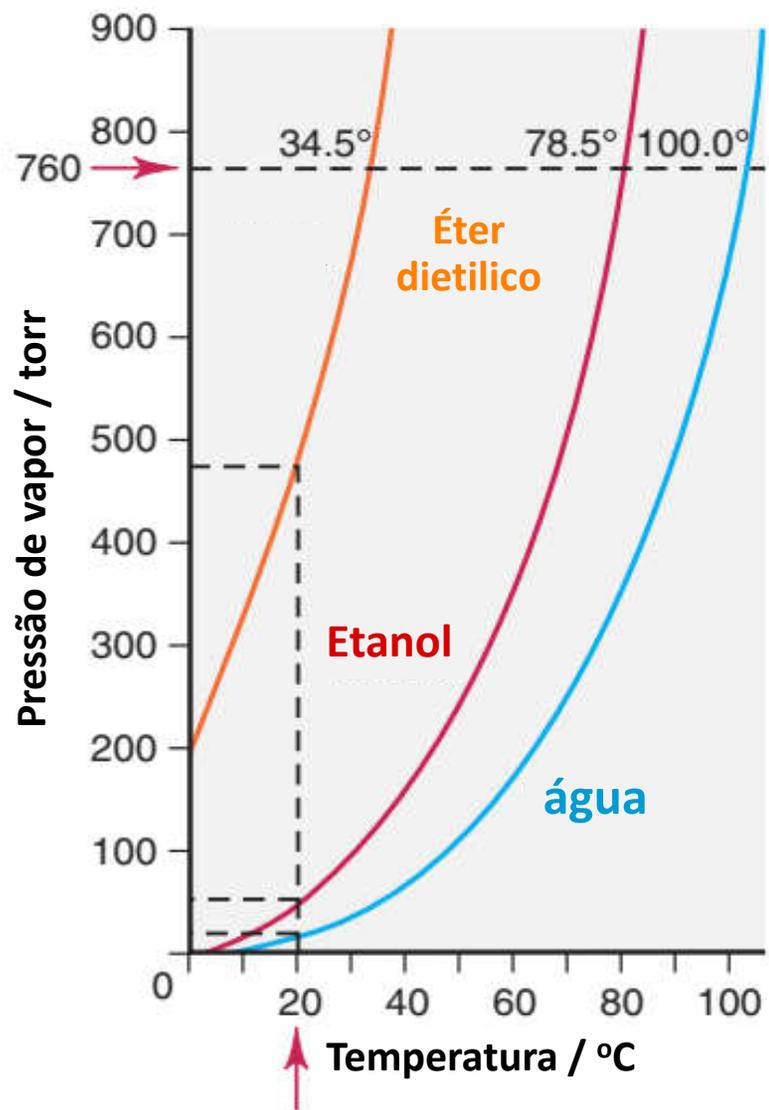


Gráfico de pressão vs. tempo



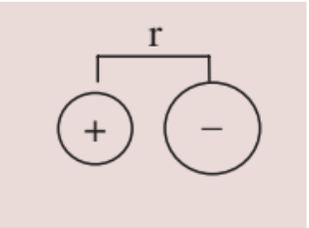


Força	Modelo	Dependência com a distância - r	Energia / kJ mol <sup>-1</sup>	Exemplo
-------	--------	---------------------------------	--------------------------------	---------

**Iônica**

**Ligação de Hidrogênio**

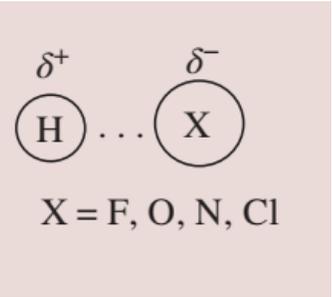
**Íon - dipolo**



$$E \cong \frac{Z^+ Z^- e^2}{4\pi\epsilon_0 r}$$

400-4000

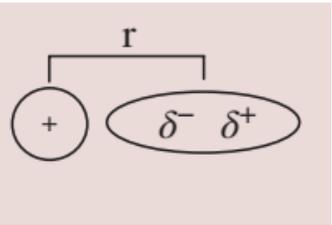
NaCl



Complex

40-600

H<sub>2</sub>O



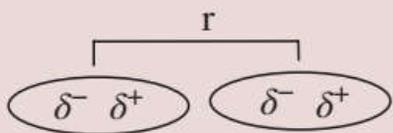
$$E = \frac{|Z|\mu e}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

10-20

Na<sup>+</sup> --H<sub>2</sub>O

Força	Modelo	Dependência com a distância - r	Energia / kJ mol <sup>-1</sup>	Exemplo
-------	--------	---------------------------------	--------------------------------	---------

Dipolo-dipolo

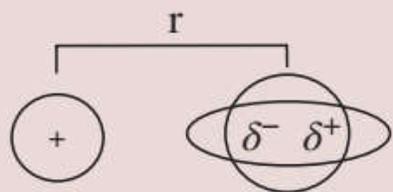


$$E = \frac{-2\mu_1\mu_2}{4\pi\epsilon_0 r^3}$$

1-5

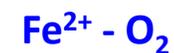


Íon-dipolo induzido

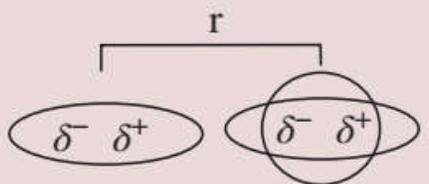


$$E = \frac{-Z^2\alpha e^2}{2r^4}$$

1-3

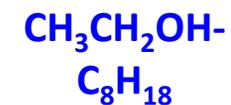


Dipolo-dipolo induzido



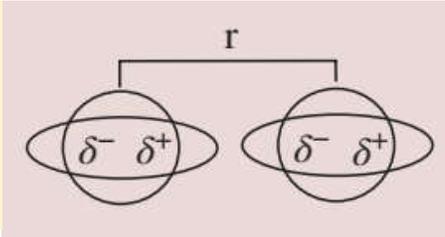
$$E = \frac{-\mu^2\alpha}{r^6}$$

0,05-2



Força	Modelo	Dependência com a distância - r	Energia / kJ mol <sup>-1</sup>	Exemplo
-------	--------	---------------------------------	--------------------------------	---------

dipolo induzido-dipolo induzido

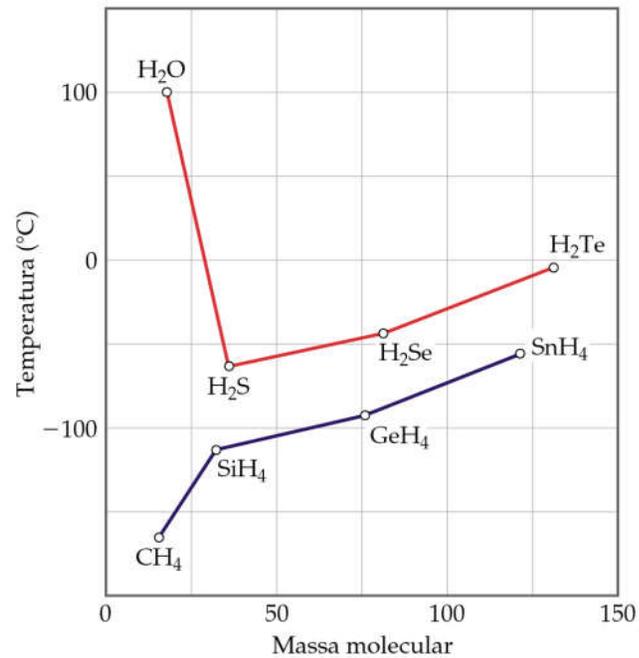


$$E = \frac{-2\overline{\mu\alpha}}{r^6}$$

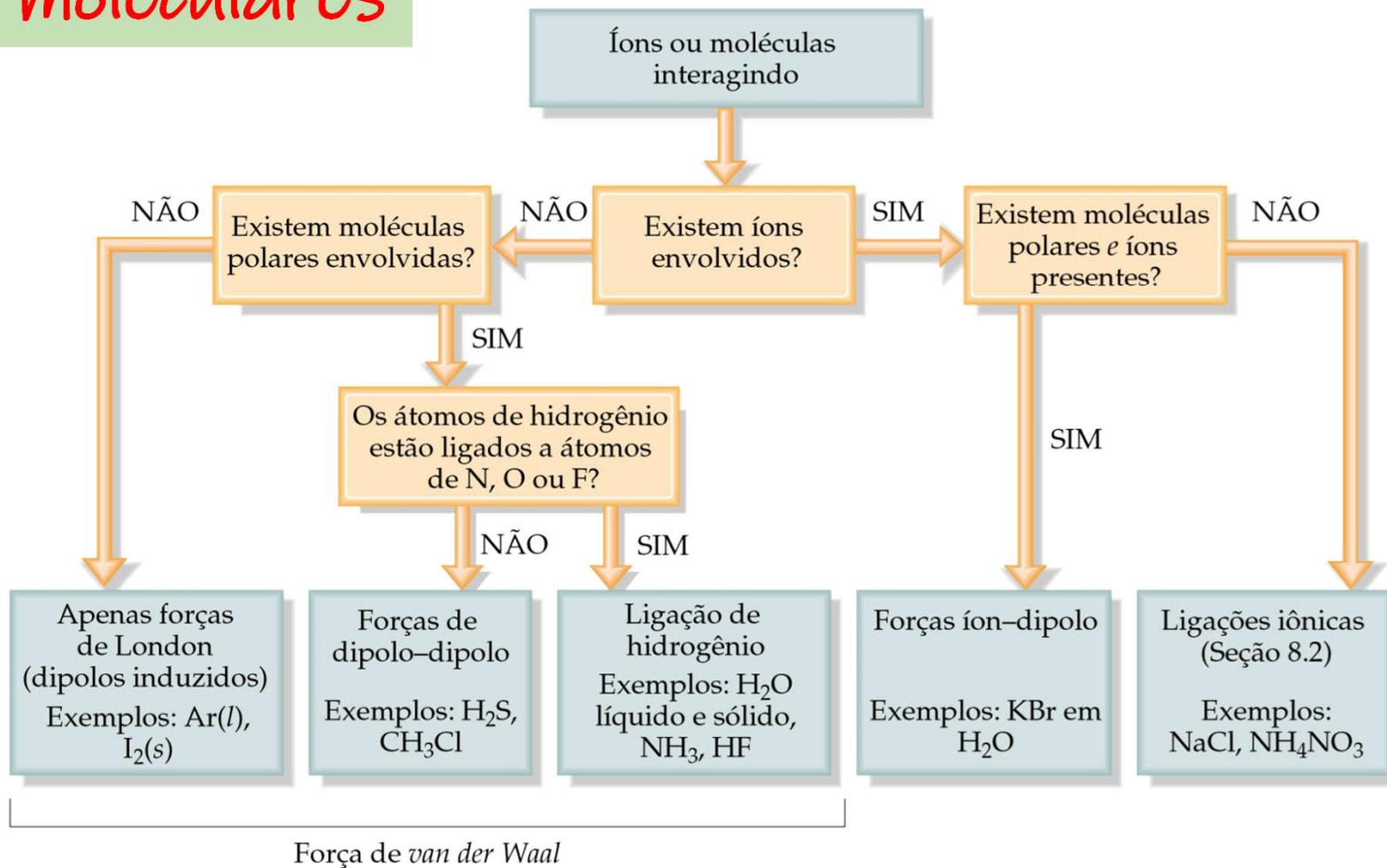
0,05-2

CCl<sub>4</sub>

Ligação de hidrogênio



# Forças intermoleculares



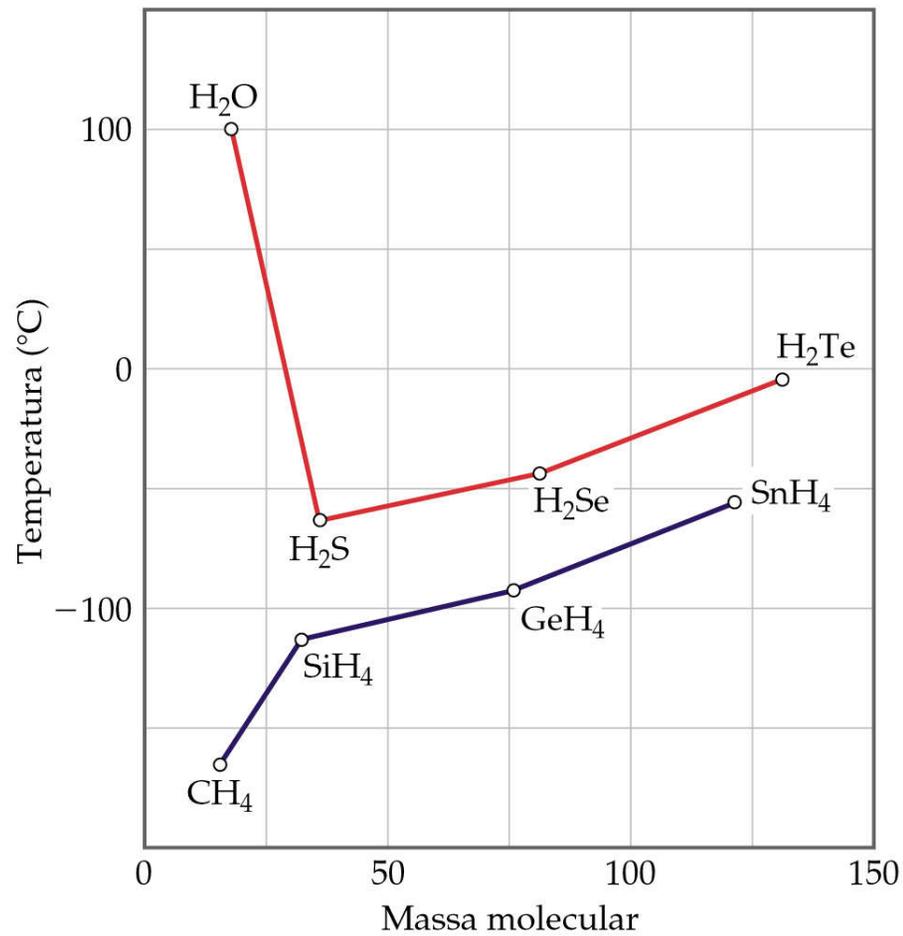
# Forças intermoleculares

## Ligação de hidrogênio

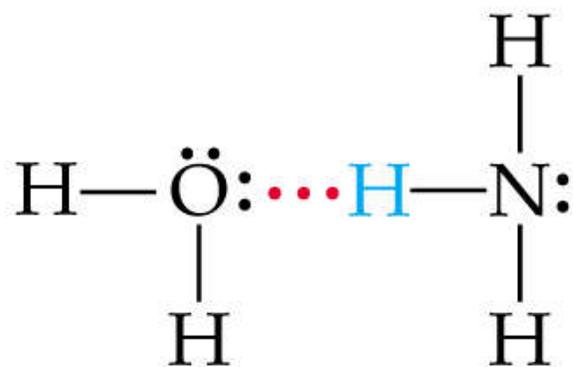
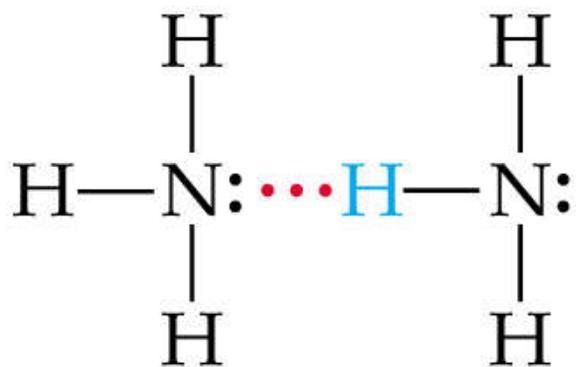
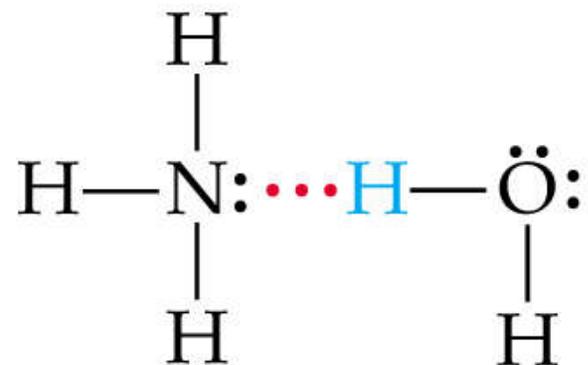
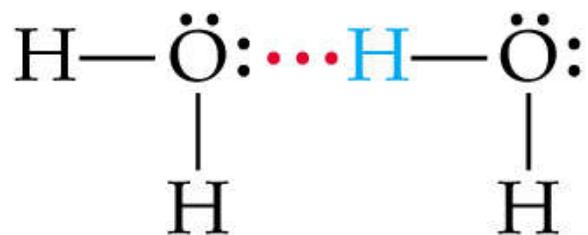
- A ligação de H necessita do H ligado a um elemento eletronegativo (mais importante para compostos de F, O e N).
  - Os elétrons na H-X (X = elemento eletronegativo) encontram-se muito mais próximos do X do que do H.
  - O H tem apenas um elétron, dessa forma, na ligação H-X, o H  $\delta^+$  apresenta um próton quase descoberto.
  - Conseqüentemente, as ligações de H são fortes.

# Forças intermoleculares

Ligação de hidrogênio



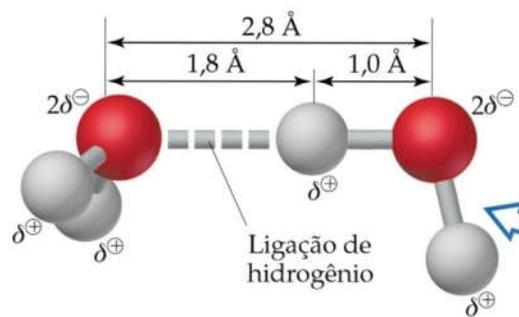
## Ligação de hidrogênio



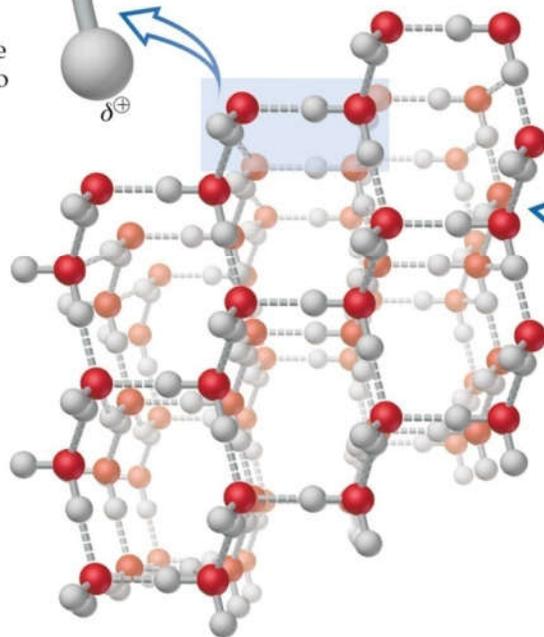
## Ligação de hidrogênio

- As ligações de hidrogênio são responsáveis pela:
  - Flutuação do gelo
    - Os sólidos são normalmente mais unidos do que os líquidos;
    - Portanto, os sólidos são mais densos do que os líquidos.
    - O gelo é ordenado com uma estrutura aberta para otimizar a ligação H.
    - Conseqüentemente, o gelo é menos denso do que a água.
    - Na água, o comprimento da ligação H-O é 1,0 Å.
    - O comprimento da ligação de hidrogênio O...H é 1,8 Å.
    - O gelo tem águas ordenadas em um hexágono regular aberto.
    - Cada  $\delta^+$  H aponta no sentido de um par solitário no O.

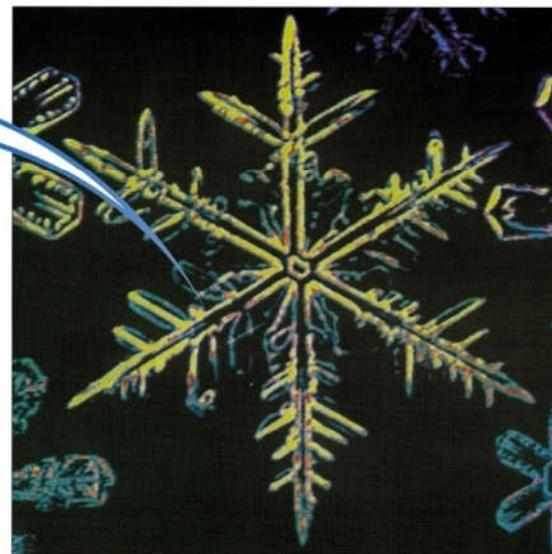
# Ligação de hidrogênio



(a)

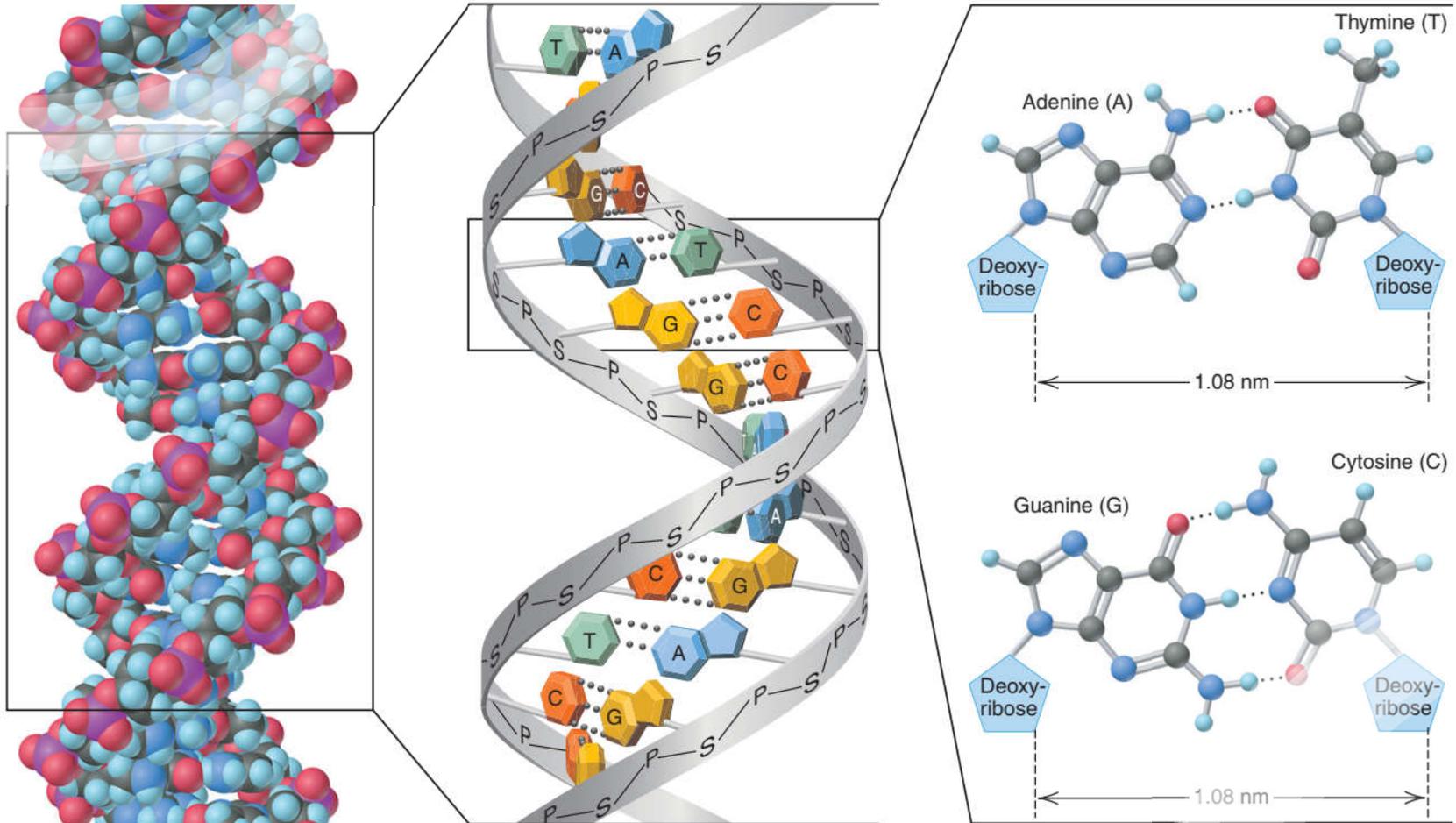


(b)



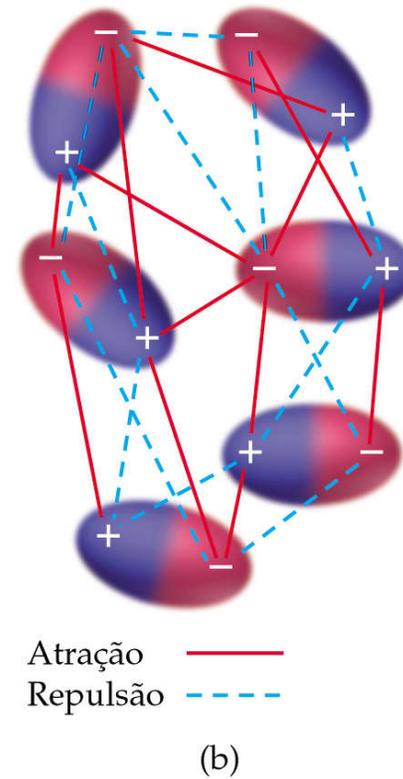
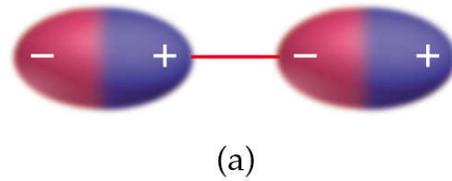
(c)

# Estrutura DNA



# Forças intermoleculares

## Forças dipolo-dipolo



# Forças intermoleculares

## Forças dipolo-dipolo

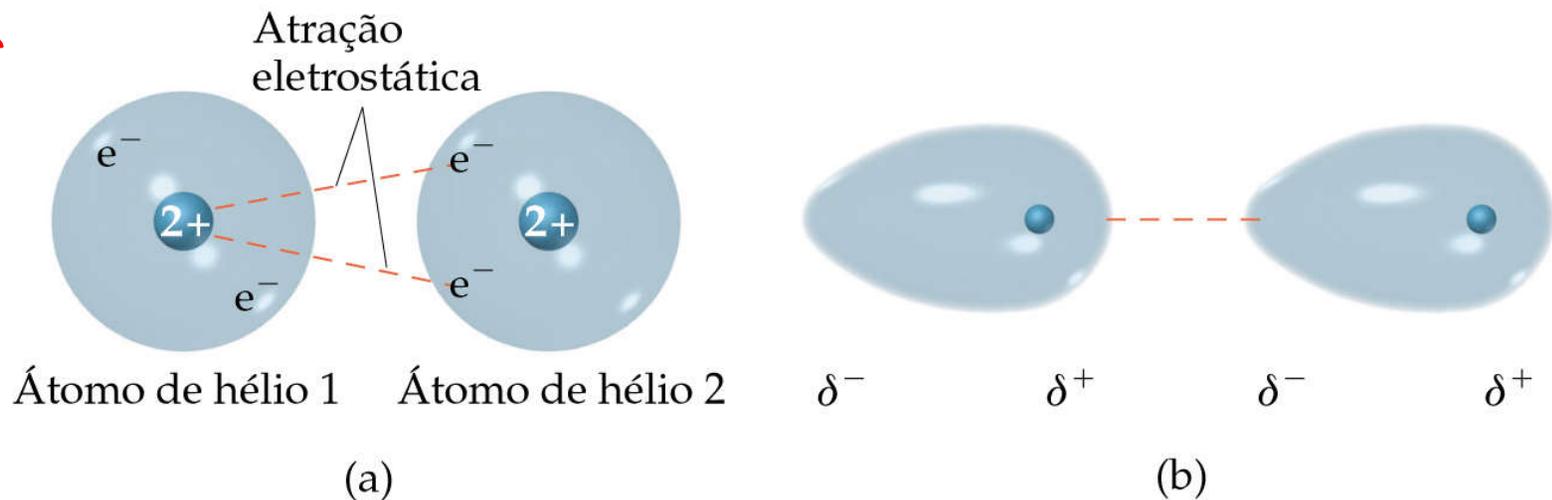
TABELA 11.2 Massas moleculares, momentos de dipolo e pontos de ebulição de várias substâncias orgânicas comuns

Substância	Massa molecular ( $u$ )	Momento de dipolo $\mu$ (D)	Ponto de ebulição (K)
Propano, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	44	0,1	231
Éter dimetílico, $\text{CH}_3\text{OCH}_3$	46	1,3	248
Cloreto de metila, $\text{CH}_3\text{Cl}$	50	1,9	249
Acetaldeído, $\text{CH}_3\text{CHO}$	44	2,7	294
Acetonitrila, $\text{CH}_3\text{CN}$	41	3,9	355

# Forças intermoleculares

## Forças de dispersão de London

- Um dipolo instantâneo pode induzir outro dipolo instantâneo em uma molécula (ou átomo) adjacente.
- As forças entre dipolos instantâneos são chamadas **forças de dispersão de London**.



# Forças intermoleculares

## Forças de dispersão de London

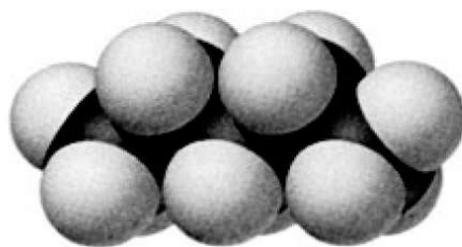
- Polarizabilidade é a facilidade com que a distribuição de cargas em uma molécula pode ser distorcida por um campo elétrico externo.
- Quanto maior é a molécula (quanto maior o número de elétrons) mais polarizável ela é.
- As forças de dispersão de London aumentam à medida que a massa molecular aumenta.
- Existem forças de dispersão de London entre todas as moléculas.
- As forças de dispersão de London dependem da forma da molécula.

# Forças intermoleculares

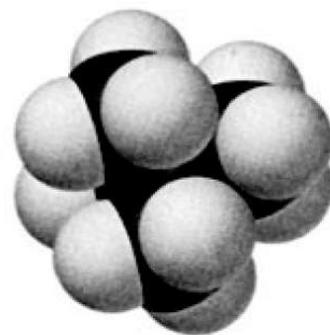
## Forças de dispersão de London

- Quanto maior for a área de superfície disponível para contato, maiores são as forças de dispersão.
- As forças de dispersão de London entre moléculas esféricas são menores do que entre as moléculas com formato de lingüiça.

## Forças de dispersão de London



*n*-pentano  
(pe = 309,4 K)



Neopentano  
(pe = 282,7 K)

# Forças intermoleculares

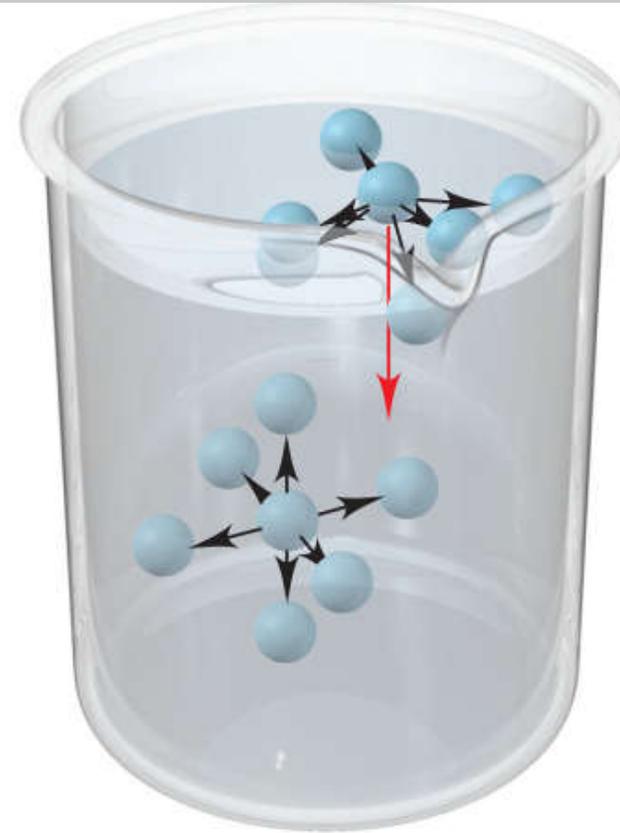
## Forças de dispersão de London

TABELA 11.3 Pontos de ebulição dos halogêneos e gases nobres

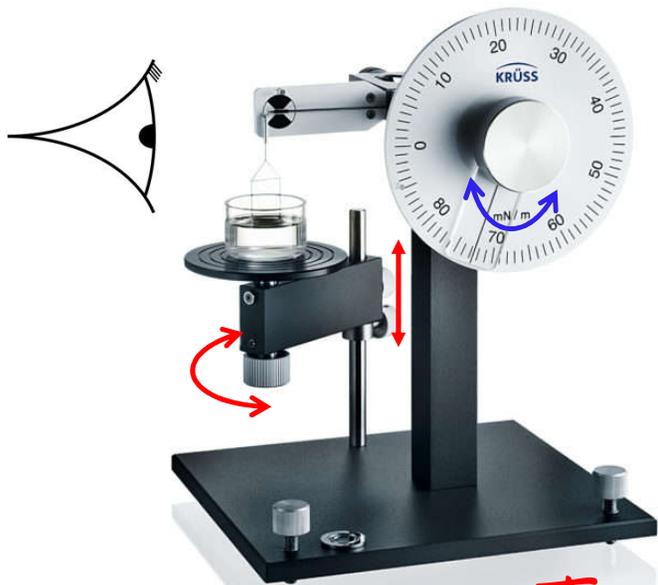
Halogênio	Massa molecular ( <i>u</i> )	Ponto de ebulição (K)	Gás nobre	Massa molecular ( <i>u</i> )	Ponto de ebulição (K)
F <sub>2</sub>	38,0	85,1	He	4,0	4,6
Cl <sub>2</sub>	71,0	238,6	Ne	20,2	27,3
Br <sub>2</sub>	159,8	332,0	Ar	39,9	87,5
I <sub>2</sub>	253,8	457,6	Kr	83,8	120,9
			Xe	131,3	166,1

# Tensão superficial

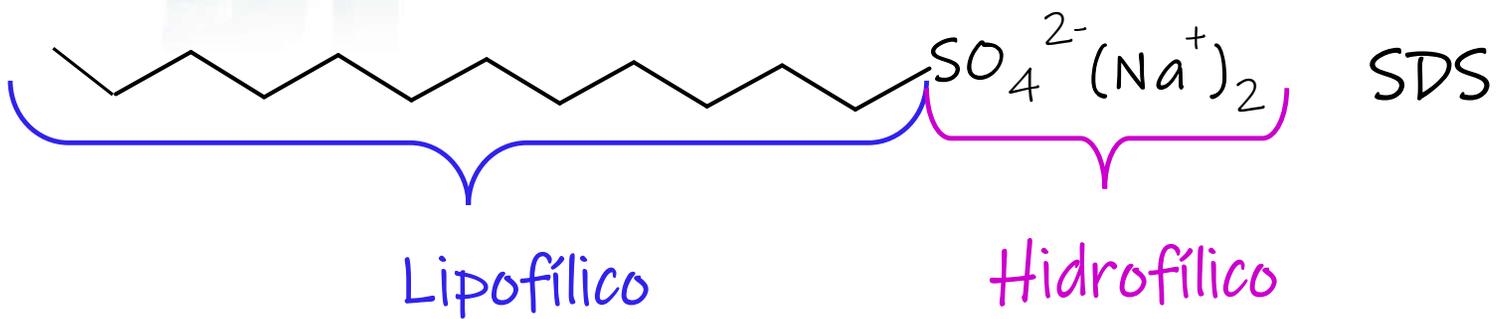
- A tensão superficial é a energia necessária para aumentar a área de superfície e tem unidades de  $\text{J} / \text{m}^2$  (vide Tabela ). Em geral, quanto mais forte as forças entre as partículas, mais energia é necessária para aumentar a área da superfície, portanto, maior será a tensão superficial.

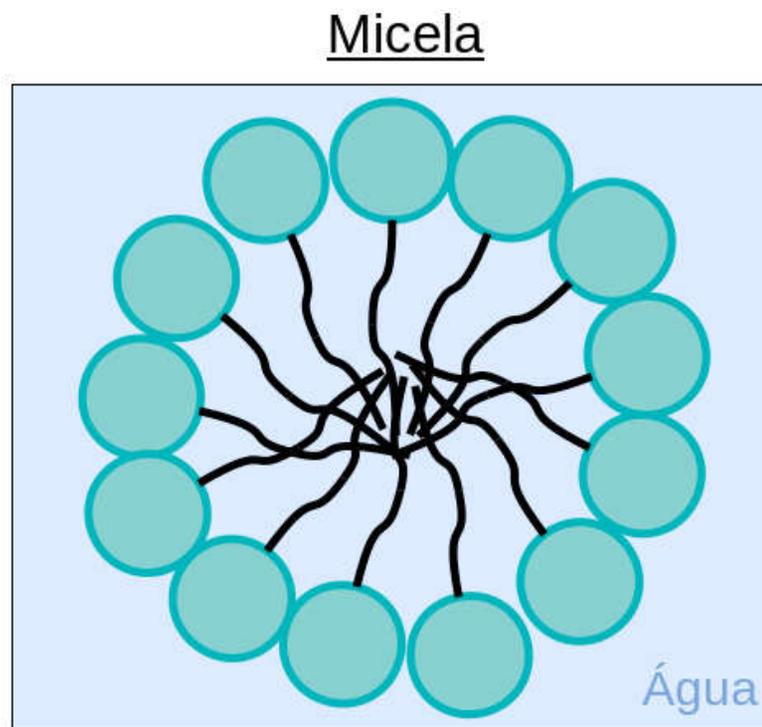
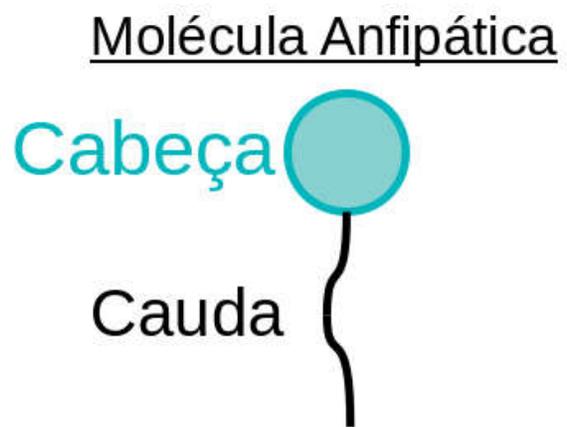


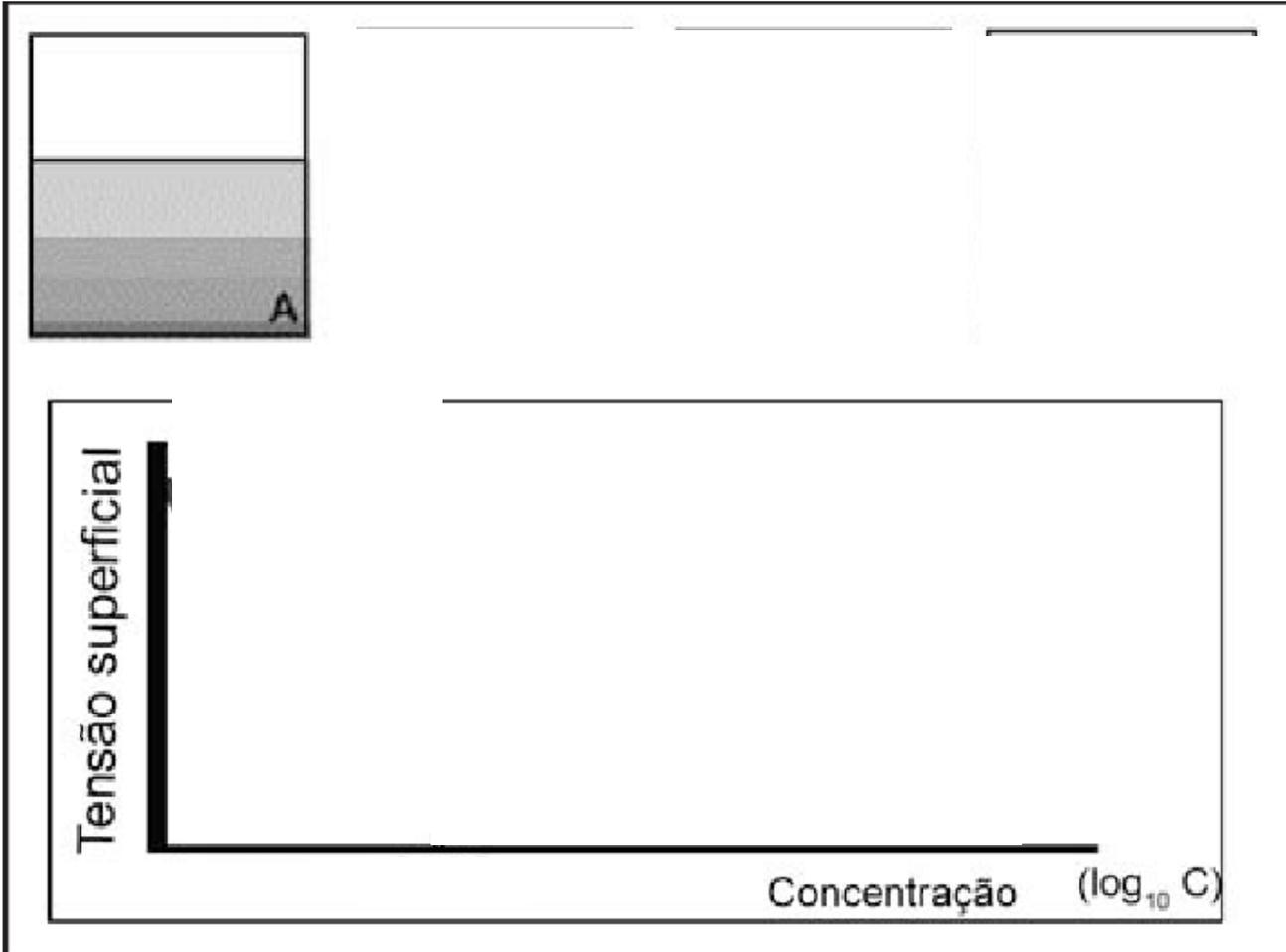
Substance	Formula	Surface Tension ( $\text{J}/\text{m}^2$ ) at $20^\circ\text{C}$	Major Force(s)
Diethyl ether	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$	$1.7 \times 10^{-2}$	Dipole-dipole; dispersion
Ethanol	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	$2.3 \times 10^{-2}$	H bonding
Butanol	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	$2.5 \times 10^{-2}$	H bonding; dispersion
Water	$\text{H}_2\text{O}$	$7.3 \times 10^{-2}$	H bonding
Mercury	Hg	$48 \times 10^{-2}$	Metallic bonding

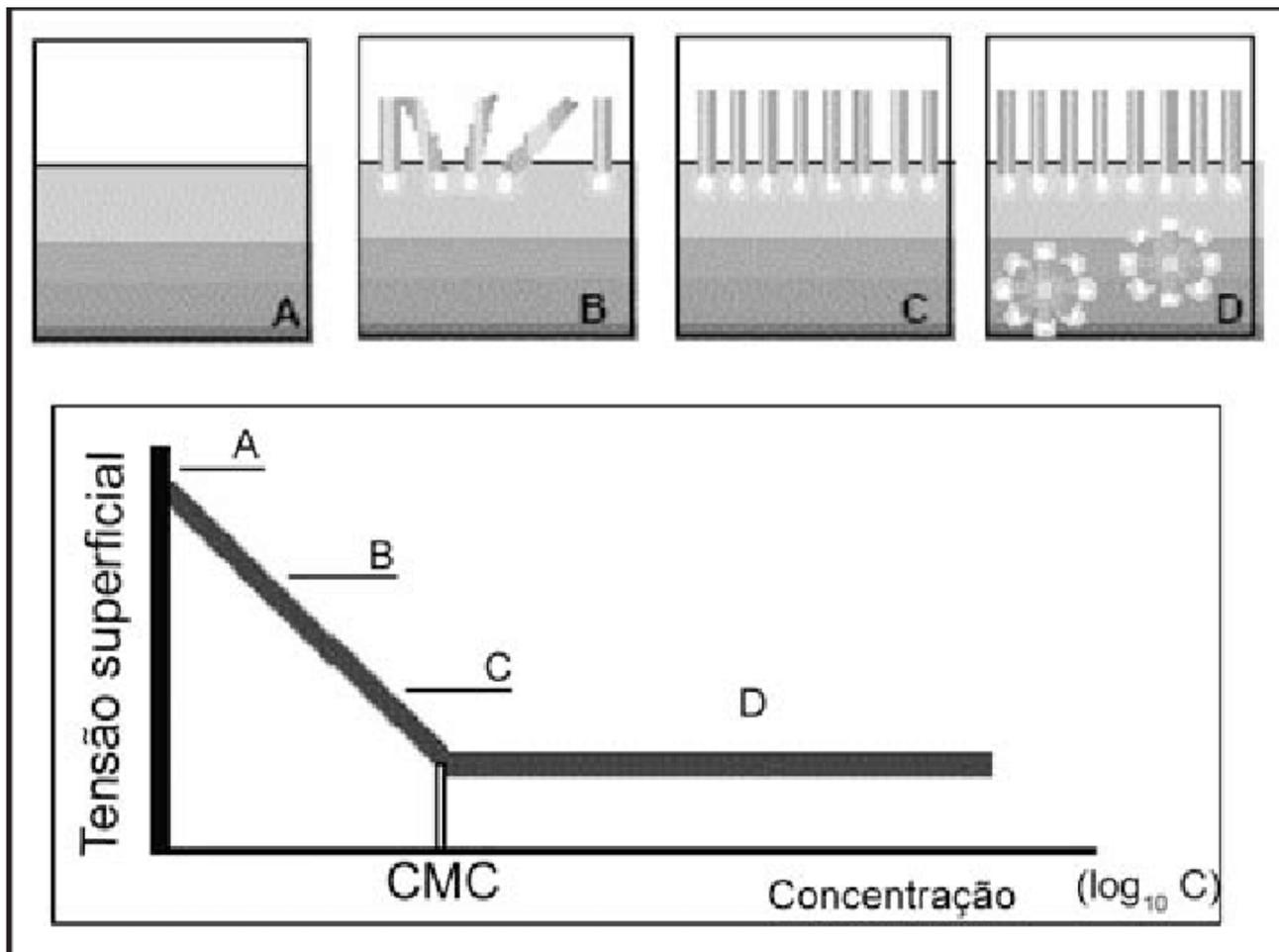


Tensoativo



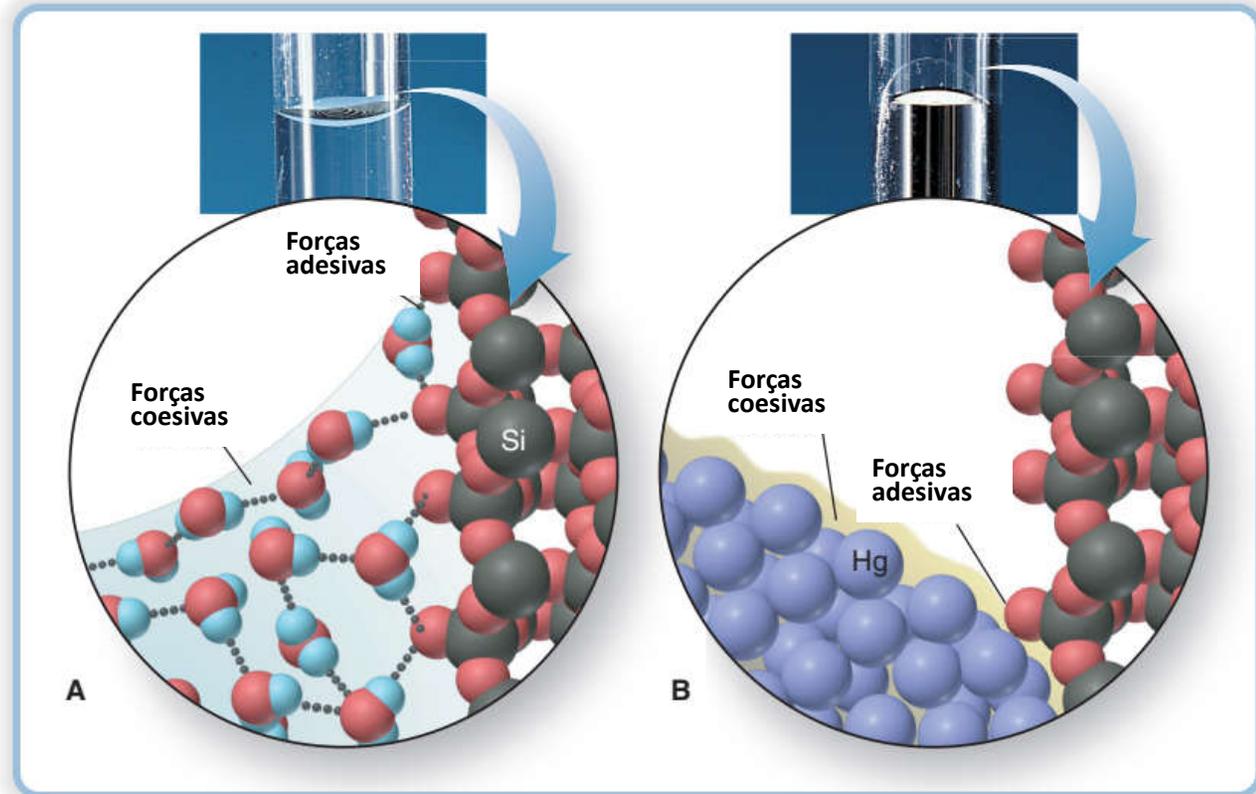






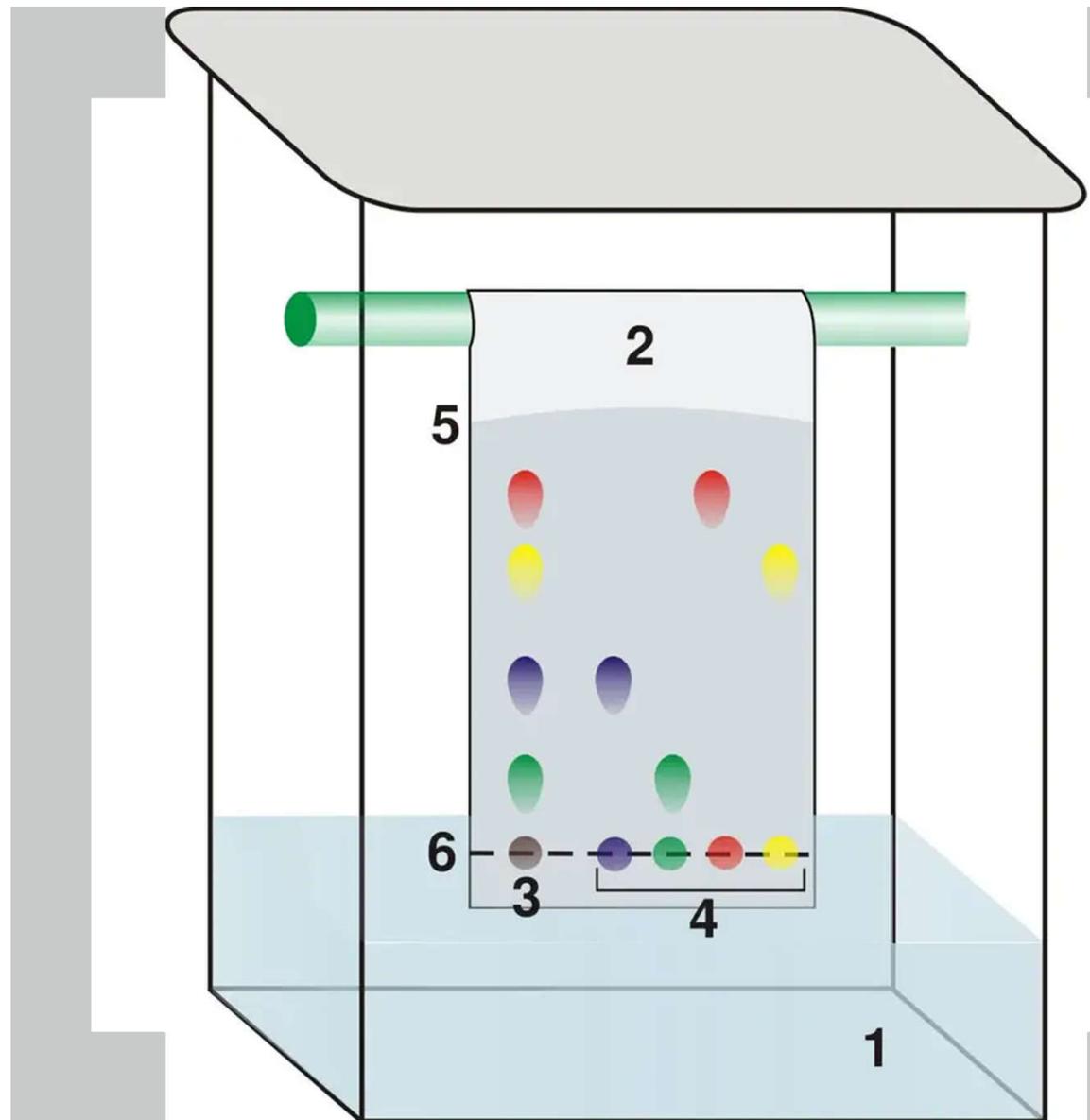
# Capilaridade

- A subida de um líquido contra a atração da gravidade através de um espaço estreito, como um tubo fino, é chamado de ação capilar ou capilaridade. A capilaridade resulta de uma competição entre as forças intermoleculares dentro do líquido (**forças coesivas**) e aquelas entre o líquido e as paredes do tubo (**forças adesivas**). Vamos ver a diferença entre as capilaridades da água e do mercúrio no vidro:



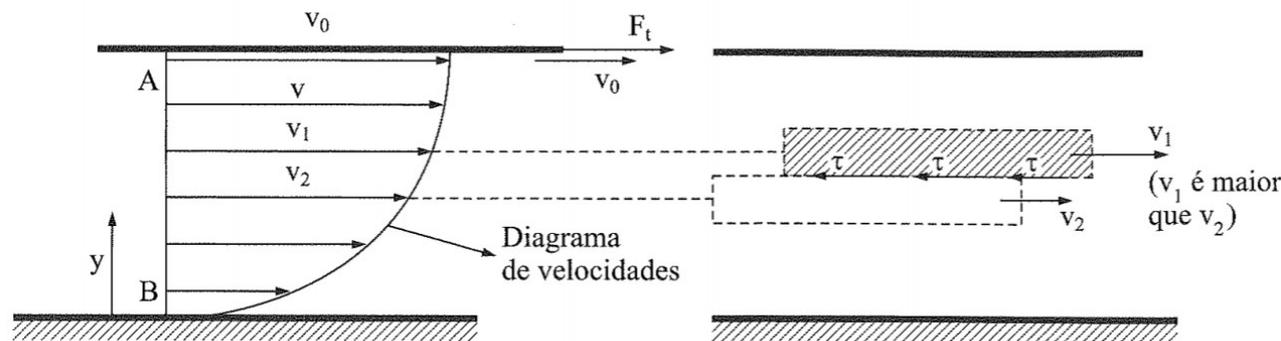
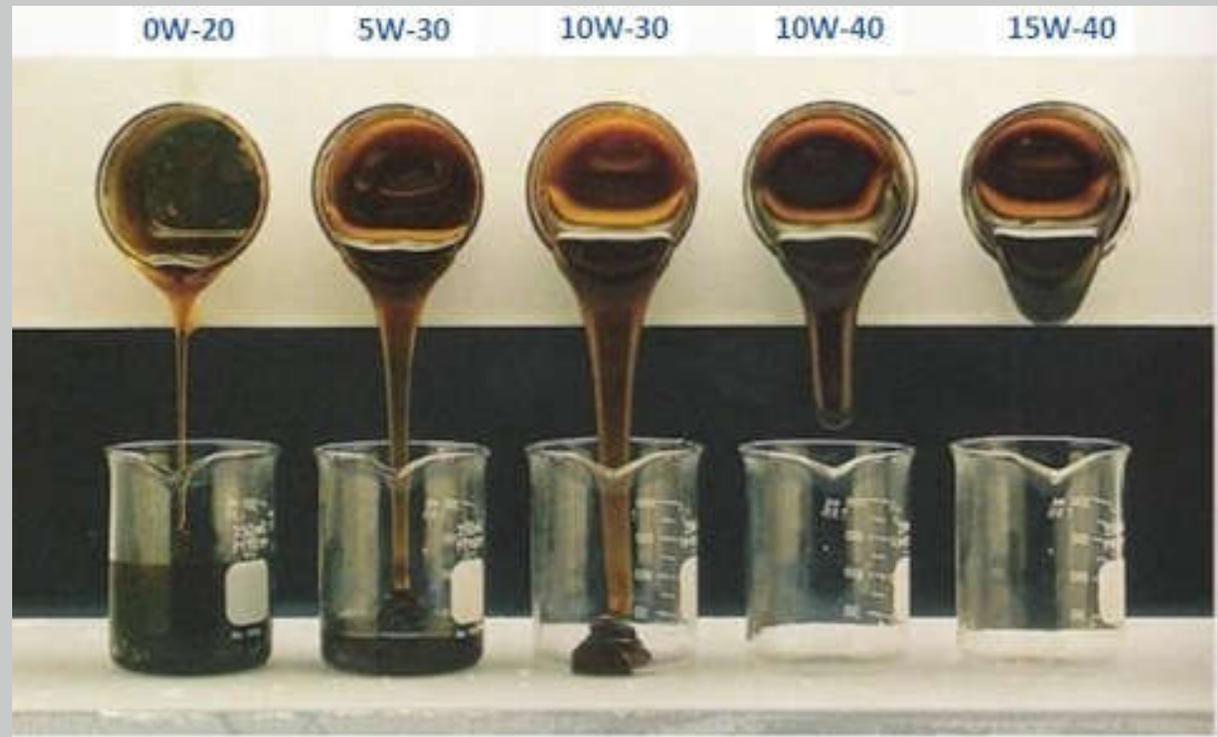
# Cromatografia

- Método de separação de substâncias baseado na interação com o solvente e a fase estacionária.
- A subida do solvente no papel ocorre devido a capilaridade.



# Viscosidade

- Viscosidade é a resistência de um fluido ao fluxo e resulta de atrações intermoleculares que impedem o movimento das moléculas ao redor e passando umas pelas outras. Ambos os gases e os líquidos fluem, mas as viscosidades dos líquidos são muito maiores porque quanto mais curta distância entre suas partículas resultam em muitos mais pontos para forças intermoleculares para resistir ao fluxo de moléculas próximas.



# Viscosidade

TABELA 11.4 Viscosidades de uma série de hidrocarbonetos a 20 °C

Substância	Fórmula	Viscosidade (cP)
Hexano	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	0,326
Heptano	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	0,409
Octano	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	0,542
Nonano	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	0,711
Decano	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	1,42

# Resumo



---

- A **tensão superficial** é uma medida da energia necessária para aumentar a superfície de um líquido. Maiores forças intermoleculares dentro de um líquido criam uma maior tensão superficial.

---

- **Capilaridade**, a subida de um líquido através de um espaço estreito, ocorre quando as forças entre um líquido e uma superfície (adesivo) são maiores do que aquelas dentro do líquido (coesão).

---

- A **viscosidade**, a resistência ao fluxo, depende da forma molecular e diminui com temperatura. Forças intermoleculares mais fortes criam uma viscosidade mais alta.

01. Qual tipo de força atrativa intermolecular atua entre (a) todas as moléculas; (b) moléculas polares; (c) o átomo de hidrogênio de uma ligação polar e um átomo vizinho pequeno e eletronegativo?

- a) dispersão de London; b) dipolo-dipolo e dispersão de London; c) dipolo-dipolo ou em alguns casos ligação de Hidrogenio

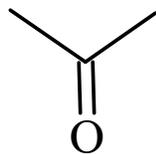
02. Que tipo(s) de força(s) intermolecular (es) é(são) comuns para (a) Xe e o metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ); (b)  $\text{CH}_3\text{OH}$  e a acetoneitrila ( $\text{CH}_3\text{CN}$ ); (c)  $\text{NH}_3$  e  $\text{HF}$ ?

- a) dispersão de London; b) dipolo-dipolo e dispersão de London; c) ligação de Hidrogenio

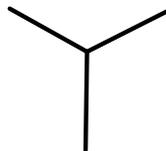
03. Descreva as forças intermoleculares que devem ser rompidas para se converter cada um dos itens seguintes de um líquido para um gás: (a)  $\text{Br}_2$ ; (b)  $\text{CH}_3\text{OH}$ ; (c)  $\text{H}_2\text{S}$ .

- a)  $\text{Br}_2$  é apolar portanto dispersão de London;
- b) Metanol é polar, portanto : dispersão de London ,dipolo-dipolo e Ligação de Hidrogênio;
- c)  $\text{H}_2\text{S}$  é polar portanto : dispersão de London e dipolo-dipolo

04. Que tipo de força intermolecular explica as seguintes diferenças em cada caso: (a)  $\text{CH}_3\text{OH}$  entra em ebulição a  $65^\circ\text{C}$ ,  $\text{CH}_3\text{SH}$  entra em ebulição a  $6^\circ\text{C}$ ; (b): Xe é líquido a pressão atmosférica e 120 K, enquanto Ar é um gás; (c) Kr, peso atômico 84, entra em ebulição a 120,9 K, enquanto  $\text{Cl}_2$ , massa molecular aproximada de 71, entra em ebulição a 238 K; (d) a acetona entra em ebulição a  $56^\circ\text{C}$ , enquanto o 2-metilpropano entra em ebulição a  $-12^\circ\text{C}$ ?



**Acetona**



**2-metilpropano**

- a) Lig de H versus Dipolo-dipolo;
- b) ambos apolar, dispersão de London: portanto mais pesado é líquido;
- c)  $\text{Cl}_2$  é maior, portanto mais polarizável tendo forças de dispersão de London maior.
- d) acetona e 2-metil-propano tem MM semelhante, portanto acetona tem maior ponto de ebulição devido a forças dipolo-dipolo