



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Instituto de Química (IQ)
Departamento de Processos Químicos
Disciplina: Química X
Professora: Zila Sousa

PROPRIEDADES COLIGATIVAS

Rio de Janeiro

PROPRIEDADES COLIGATIVAS

- São propriedades que dependem apenas do n° de moles de soluto presente na solução;
- Propriedades que dependem da concentração da solução.



Adicionar um soluto a um líquido puro mudará as propriedades do líquido.

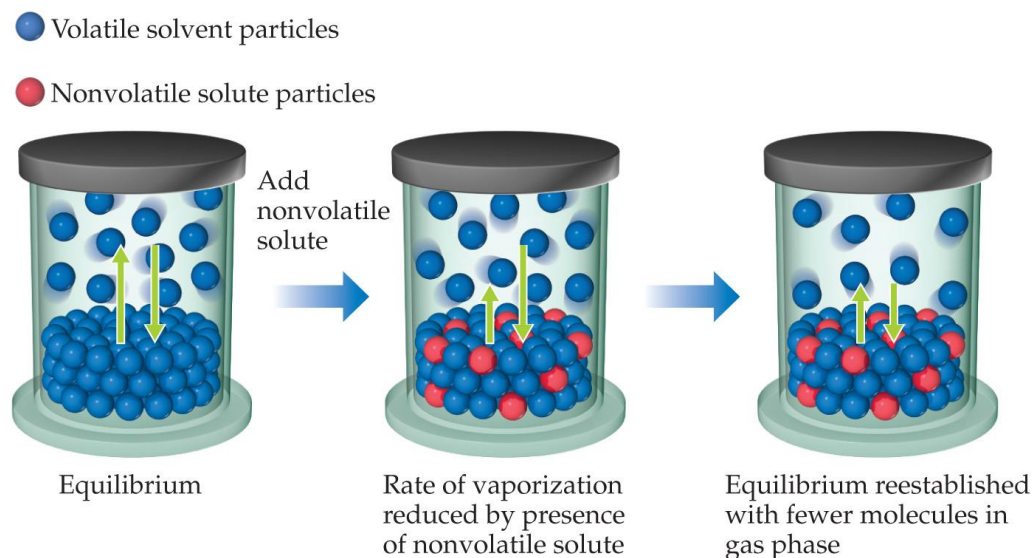
As propriedades das soluções que **dependem do número de partículas** dispersas e **independem da natureza das partículas** do soluto.

- ✓ Redução na pressão de vapor;
- ✓ Elevação no ponto de ebulição;
- ✓ Redução do ponto de congelamento;
- ✓ Pressão osmótica.

PROPRIEDADES DOS LÍQUIDOS

➤ Pressão de vapor

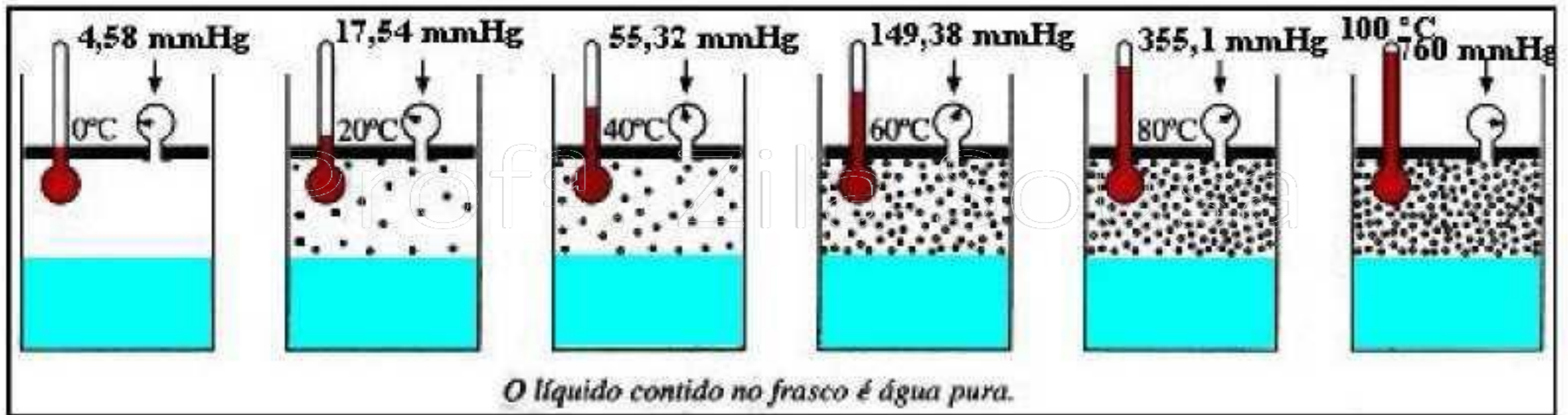
- A pressão parcial de vapor de um líquido é a pressão exercida por um gás em equilíbrio com o seu líquido.
- Por causa da atração intermolecular soluto-solvente, concentrações mais altas de solutos não voláteis tornam mais difícil para o solvente escapar para a fase vapor. Portanto, a pressão de vapor de uma solução é menor do que a do solvente puro.



(Condensação) Líquido ↔ Vapor (Vaporização)

PROPRIEDADES DOS LÍQUIDOS

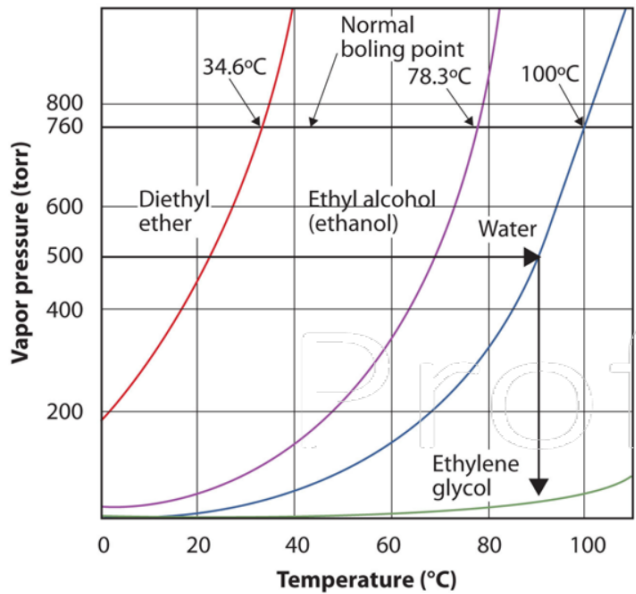
➤ Pressão de vapor



(Condensação) Líquido ↔ Vapor (Vaporização)

PROPRIEDADES DOS LÍQUIDOS

➤ Ponto de ebulição

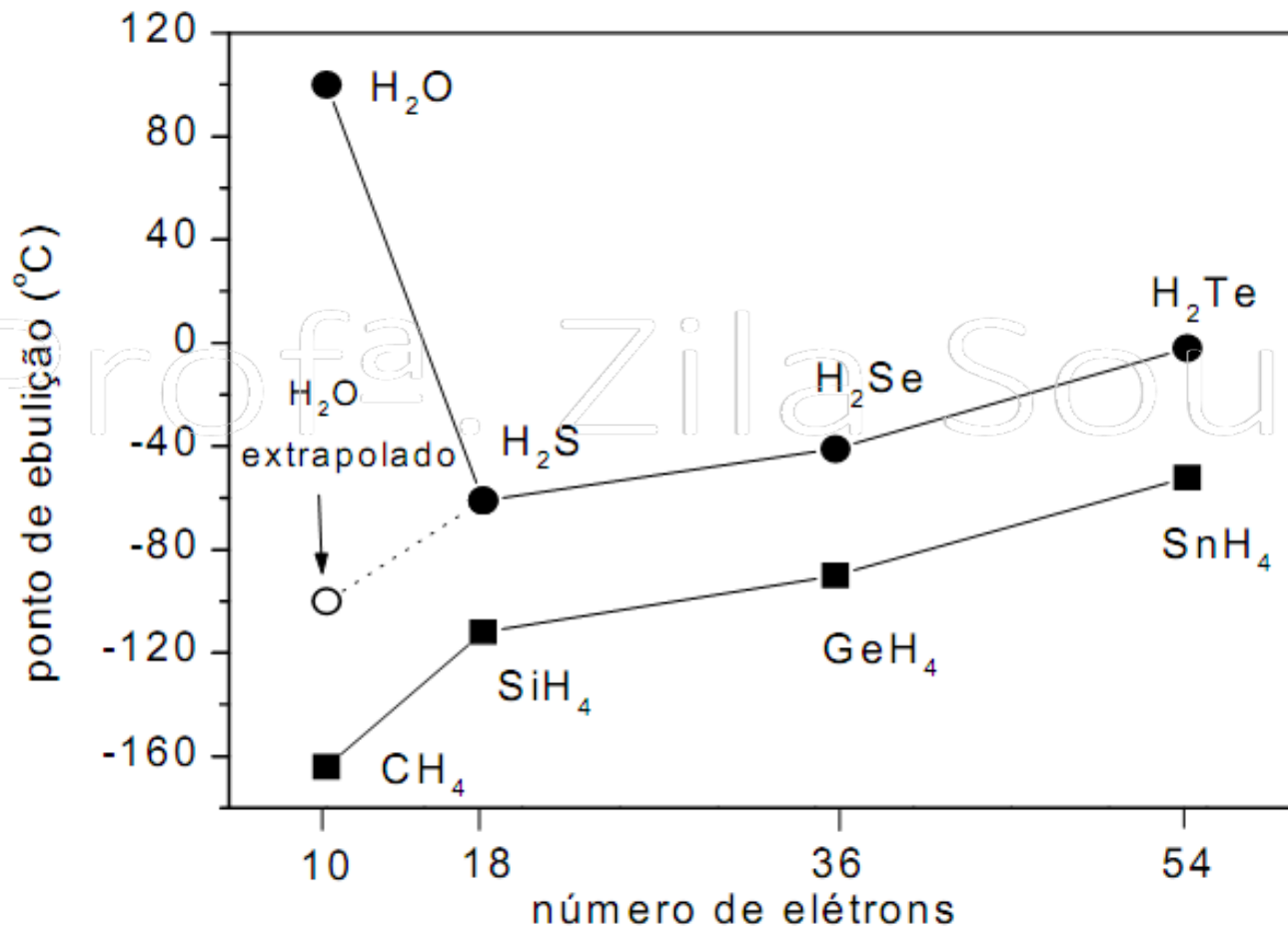


- ✓ P_v f (temperatura e das forças intermoleculares presentes)
- ✓ os pontos de ebulição normais são aqueles correspondentes a 1 atm (101,3 kPa ou 760 mm Hg ou 1,01 bar)

Líquido	Função química	Fórmula química	Massa molar (g/mol)	Ponto de ebulição (° C) 1 atm	Pressão de vapor a 20° C (atm)	Interações moleculares	Estado físico nas condições ambientais
Éter etílico	Éter	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	74	34,5	0,58	Van der Waals ($\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-$) Dipolo-dipolo (C-O-C)	Líquido/gás
Etanol	Álcool	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{OH}$	46	78	0,06	Van der Waals ($\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-$) Ligação de hidrogênio (-OH)	Líquido
Água	-	H_2O	18	100	0,02	Ligação de hidrogênio (-OH)	Líquido

PROPRIEDADES DOS LÍQUIDOS

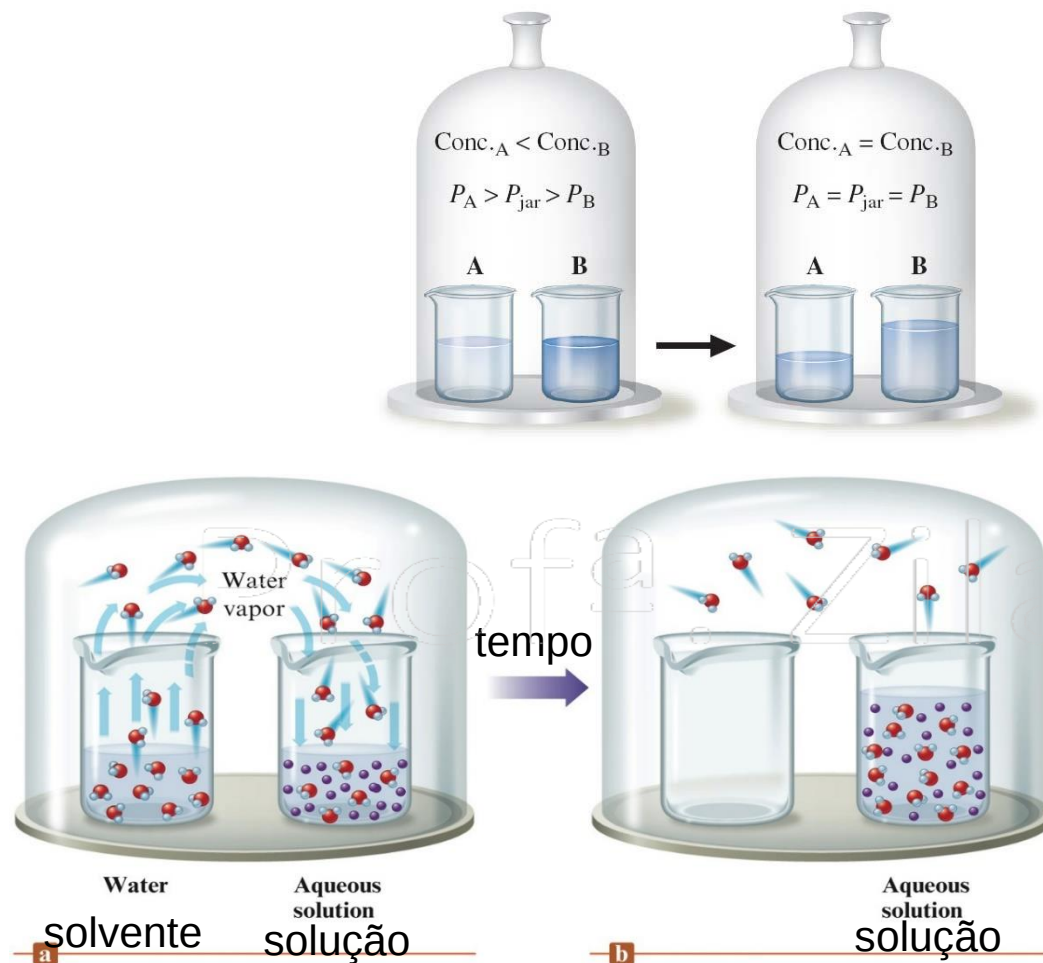
➤ Ponto de ebulição:



A temperatura de ebulição do hidreto de oxigênio é muito diferente de todos os outros hidretos dos elementos da família do oxigênio devido às ligações de hidrogênio

PROPRIEDADES COLIGATIVAS

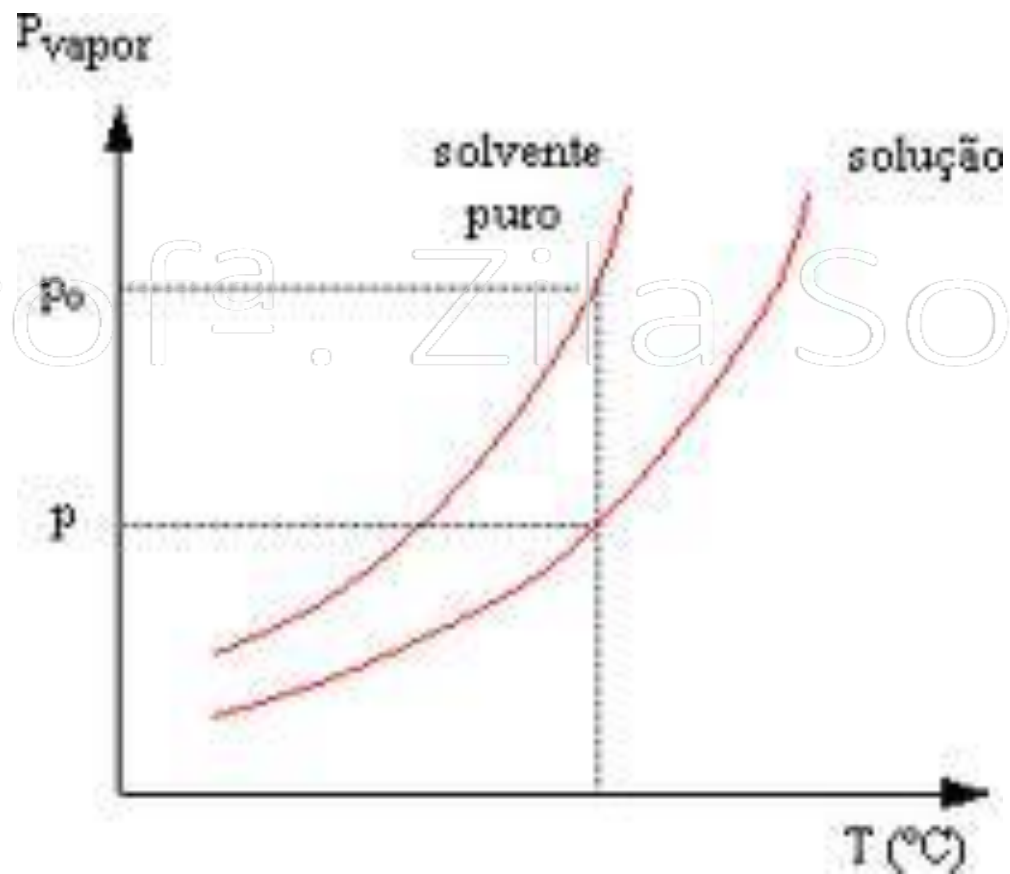
➤ Redução na pressão de vapor



- ✓ Verifica-se que a pressão de vapor necessária para se chegar ao equilíbrio com o solvente puro é mais elevada do que a pressão de vapor da solução. Assim, à medida que o solvente puro tende a atingir o equilíbrio pela evaporação, a solução busca o equilíbrio pela condensação da fase vapor;
- ✓ Há um movimento de transferência de moléculas do solvente para a solução e o processo avança enquanto houver solvente no bécher;
- ✓ O abaixamento da pressão de vapor de solvente volátil pelo efeito do soluto não volátil é proporcional a concentração.

PROPRIEDADES COLIGATIVAS

➤ Redução na pressão de vapor



PROPRIEDADES COLIGATIVAS

➤ Redução na pressão de vapor

- Em soluções, nem todas as moléculas presentes na superfície do líquido são de solvente e; portanto, nem todas são capazes de escapar da fase líquida.
- Em soluções ideais, presume-se que cada substância seguirá a Lei de Raoult.
- Lei de Raoult: A pressão parcial de vapor de um componente na solução líquida é proporcional à fração molar daquele componente multiplicado pela sua pressão de vapor quando puro.

Lei de Raoult

$$P_1 = X_1 P_1^0$$

Se a solução contém apenas um soluto:

$$X_1 = 1 - X_2$$

$$P_1^0 - P_1 = \Delta P$$

$$\Delta P = X_2 P_1^0$$

P_1 = pressão de vapor da solução ou
pressão do solvente sobre a solução

P_1^0 = pressão de vapor do solvente **puro**

$$X_1 + X_2 = 1$$

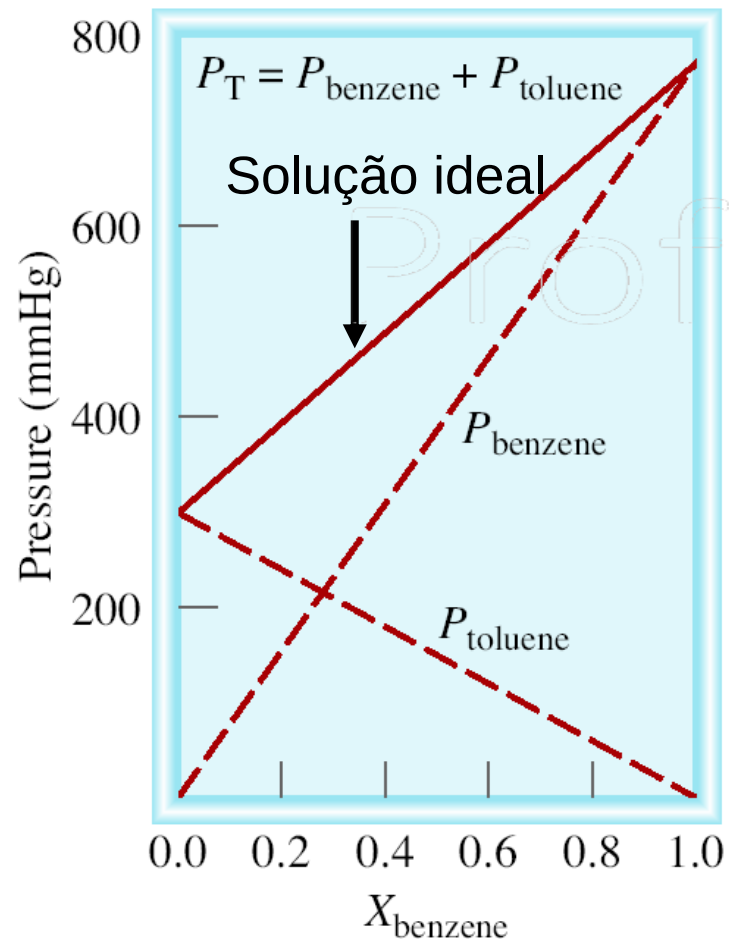
X_1 = fração molar do solvente

X_2 = fração molar do soluto

PROPRIEDADES COLIGATIVAS

➤ Redução na pressão de vapor

- Em soluções ideais, presume-se que cada substância seguirá a Lei de Raoult.

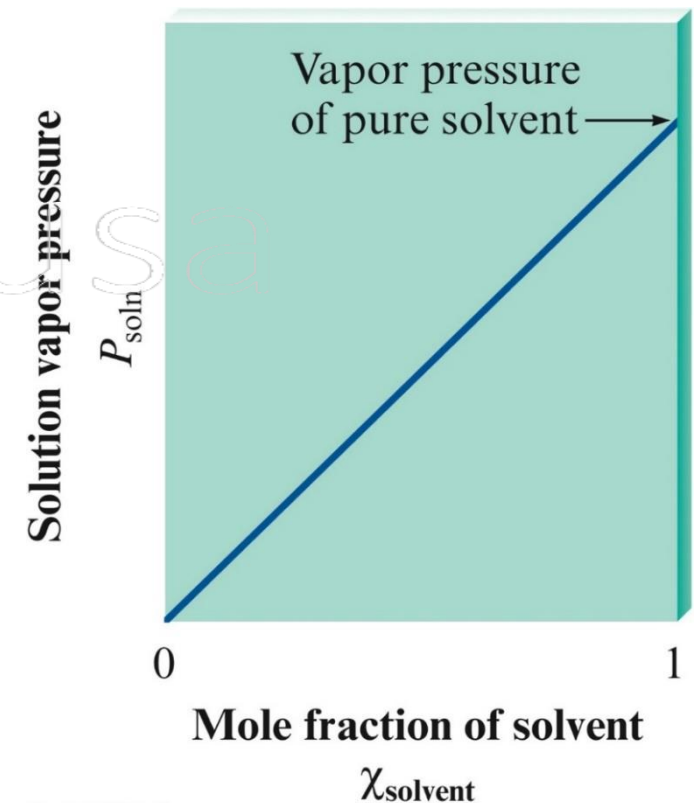


$$P_A = X_A P_A^0$$

$$P_B = X_B P_B^0$$

$$P_T = P_A + P_B$$

$$P_T = X_A P_A^0 + X_B P_B^0$$



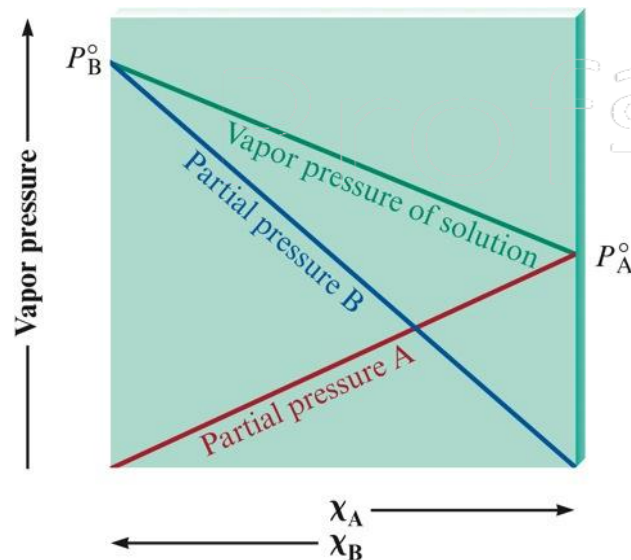
© Cengage Learning. All Rights Reserved.

Zumdahl, Z. Chemistry, 9^a ed.

PROPRIEDADES COLIGATIVAS

➤ Redução na pressão de vapor

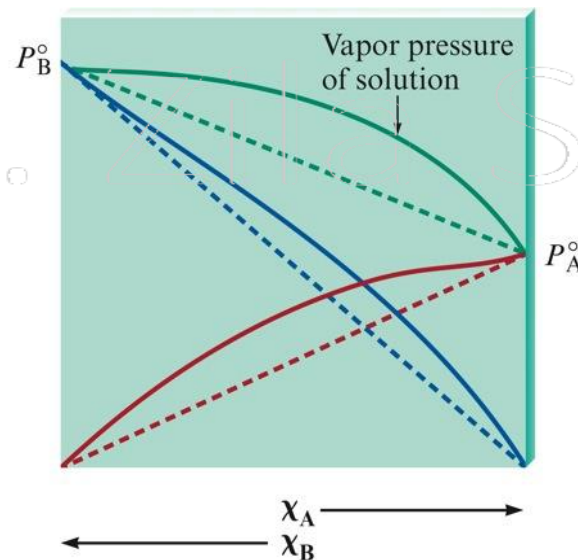
- Soluções líquido-líquido em que ambos os componentes são voláteis.
- Soluções não ideais se comportam de maneira ideal quando as frações molares se aproximam de 0 e 1.



a

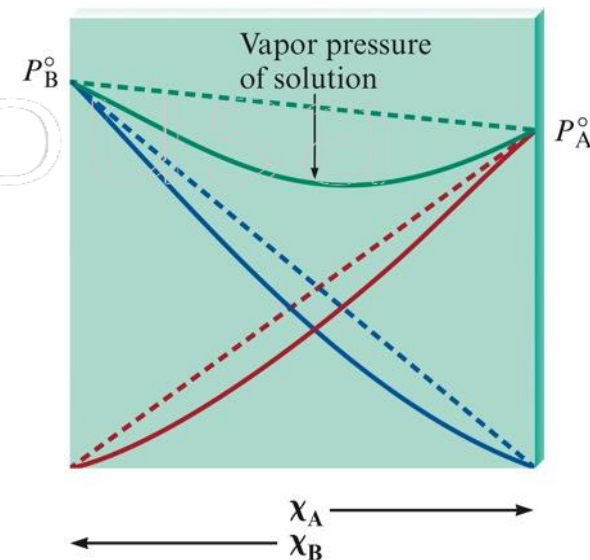
Ideal solution

© Cengage Learning. All Rights Reserved.



b

Weak solute-solvent interactions



c

Strong solute-solvent interactions

PROPRIEDADES COLIGATIVAS

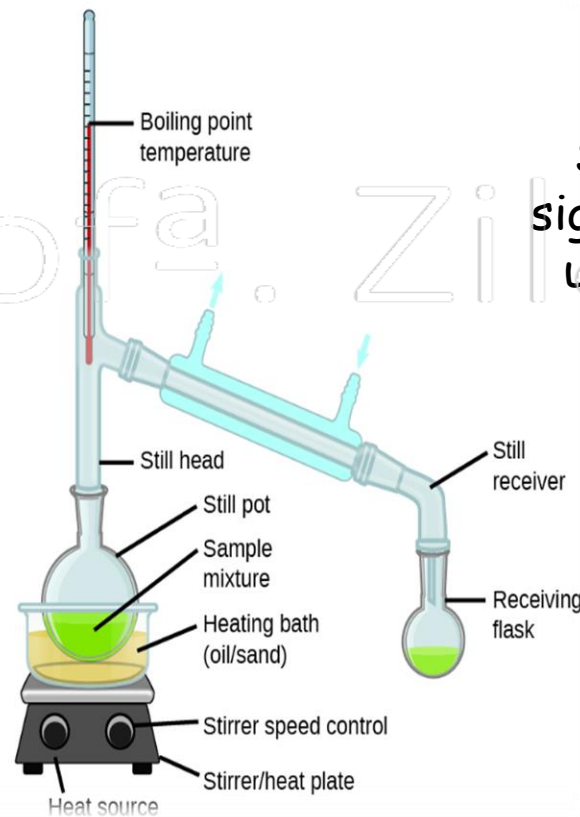
➤ Resumo do comportamento de vários tipos de soluções

Forças de interação entre soluto (A) e solvente(B)	$\Delta H_{\text{solução}}$	ΔT para formação da solução	Desvio da Lei de Raoult	Exemplo
$A \leftrightarrow A, B \leftrightarrow B \equiv A \leftrightarrow B$	Zero	Zero	Não (Solução Ideal)	Benzeno-tolueno
$A \leftrightarrow A, B \leftrightarrow B < A \leftrightarrow B$	Negativo (exotérmica)	Positivo	Negativo	Acetona-água
$A \leftrightarrow A, B \leftrightarrow B > A \leftrightarrow B$	Positivo (endotérmica)	Negativo	Positivo	Etanol-hexano

PROPRIEDADES COLIGATIVAS

➤ Redução na pressão de vapor

- Unidade de destilação em escala de laboratório



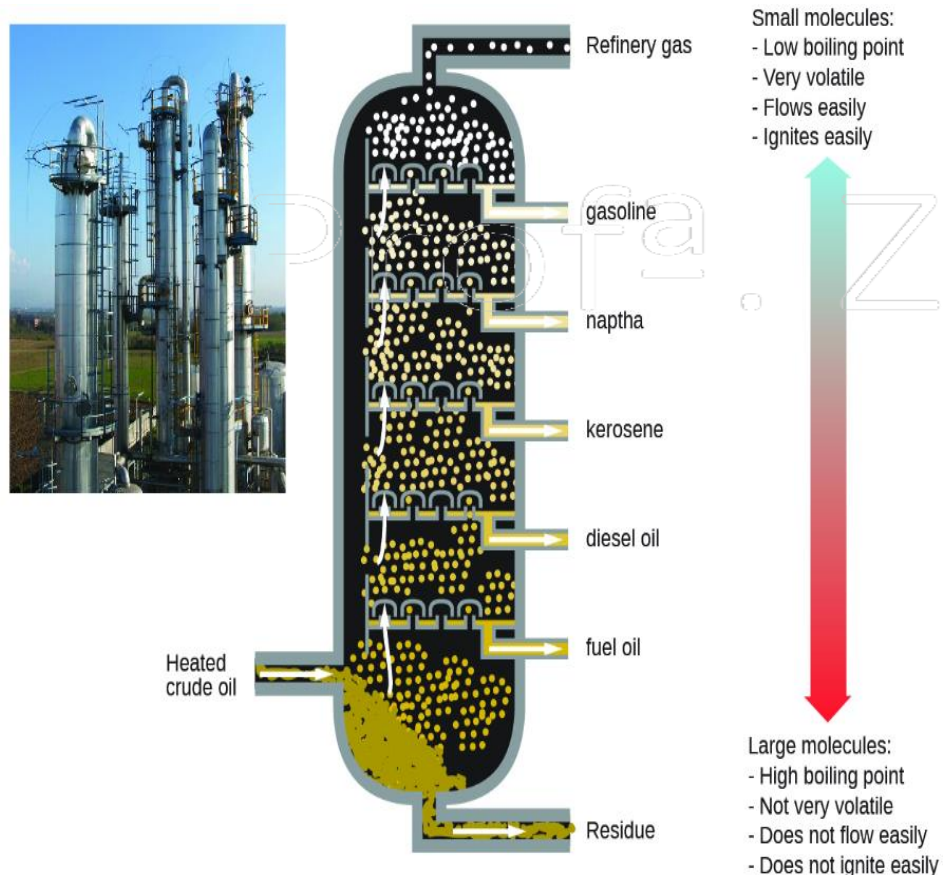
Soluções cujos componentes têm pressões de vapor significativamente diferentes podem ser separadas por um processo de vaporização seletivo conhecido como destilação.

A destilação é amplamente aplicada em ambientes laboratoriais e industriais, sendo usada para refinar petróleo, isolar produtos de fermentação e purificar água.

PROPRIEDADES COLIGATIVAS

➤ Redução na pressão de vapor

▪ Unidade de destilação industrial



Soluções cujos componentes têm pressões de vapor significativamente diferentes podem ser separadas por um processo de vaporização seletivo conhecido como destilação.

Considere o caso simples de uma mistura de dois líquidos voláteis, **A** e **B**:

- **A** líquido mais volátil.
- A lei de Raoult pode ser usada para mostrar que o vapor acima da solução é enriquecido no componente A, ou seja, a fração molar de A no vapor é maior do que a fração molar de A no líquido.
- Ao aquecer adequadamente a mistura, o componente A pode ser vaporizado, condensado e coletado - separando-o efetivamente do componente B.

PROPRIEDADES COLIGATIVAS

➤ Elevação no ponto de ebulição

- Um **líquido** entra em ebulição à temperatura na qual sua pressão de vapor é igual à pressão atmosférica.
- A água pura entra em ebulição a 100 °C e 1atm. A dissolução de um pouco de sal fará com que seu ponto de ebulição aumente, pois a presença do sal irá diminuir a tendência ao escape das moléculas da água.
- A pressão de vapor de uma solução é menor do que a pressão de vapor do solvente puro, numa dada temperatura.
- Assim, **é necessário aquecer a solução a uma temperatura mais alta do que o ponto de ebulição do solvente puro de modo a que a ebulição ocorra.**

PROPRIEDADES COLIGATIVAS

➤ Elevação do ponto de ebulição

$$\Delta T_b = T_b - T_b^o$$

T_b^o é o ponto de ebulição do solvente puro

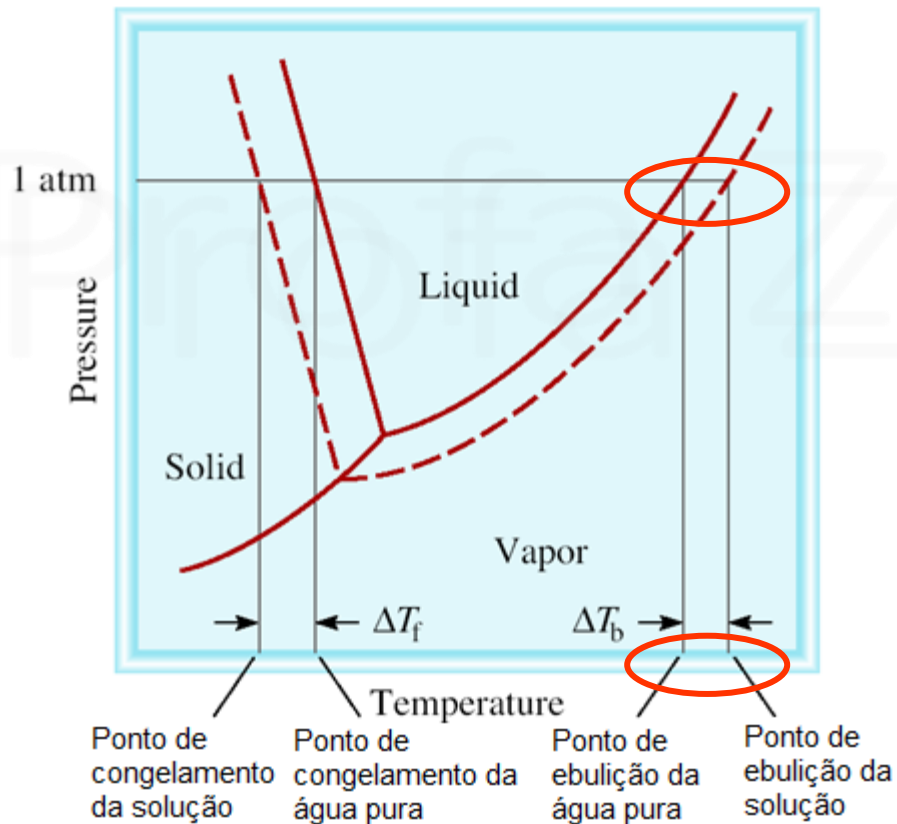
T_b é ponto de ebulição da solução

$$T_b > T_b^o \quad \Delta T_b > 0$$

$$\Delta T_b = K_b m$$

m é molalidade da solução

K_b é a constante molal do ponto de elevação ($^{\circ}\text{C}/m$) para um dado solvente



PROPRIEDADES COLIGATIVAS

➤ Redução do ponto de congelamento

- A presença de soluto interfere na formação da rede sólida do sistema soluto-solvente, dificultando e retardando o processo de cristalização do soluto.
- **A presença do soluto faz com que a solução congele em temperatura inferior ao ponto de congelamento do solvente puro.**
- Em uma solução diluída, a diminuição do ponto de congelamento é proporcional à molalidade das partículas do soluto.

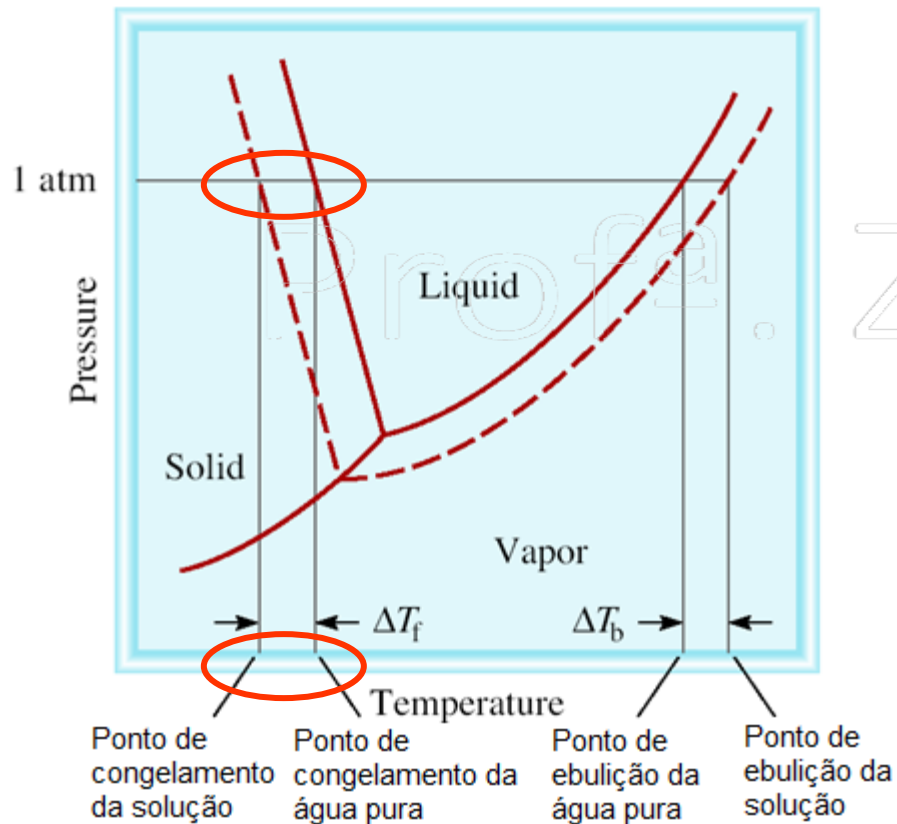
PROPRIEDADES COLIGATIVAS

➤ Redução do ponto de congelamento

$$\Delta T_f = T_f^0 - T_f$$

T_f^0 é o ponto de congelamento do solvente puro

T_f é o ponto de congelamento da solução



$$T_f^0 > T_f \quad \Delta T_f > 0$$

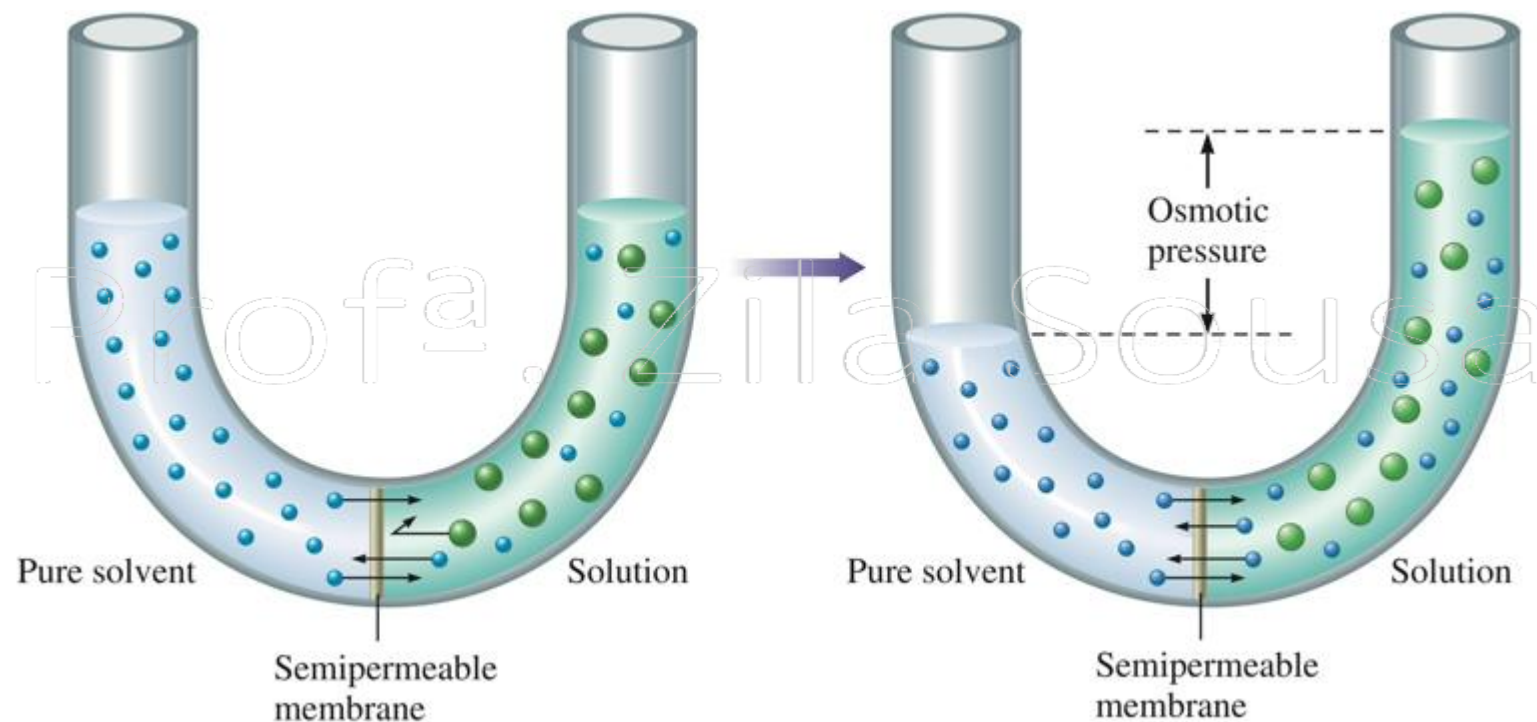
$$\Delta T_f = K_f m$$

m é molalidade da solução

K_f é a constante molal do ponto de congelamento ($^{\circ}\text{C}/m$) para um dado solvente.

PROPRIEDADES COLIGATIVAS

➤ Pressão osmótica (π)



$$pV = nRT \left(M = \frac{n}{V} \right)$$

$$\pi = MRT$$

M é a molaridade da solução

R é a constante dos gases

T é a temperatura em K

PROPRIEDADES COLIGATIVAS

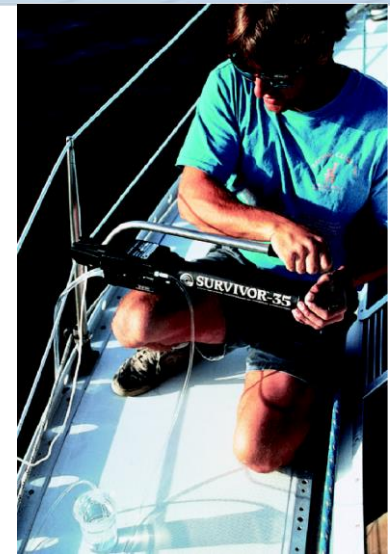
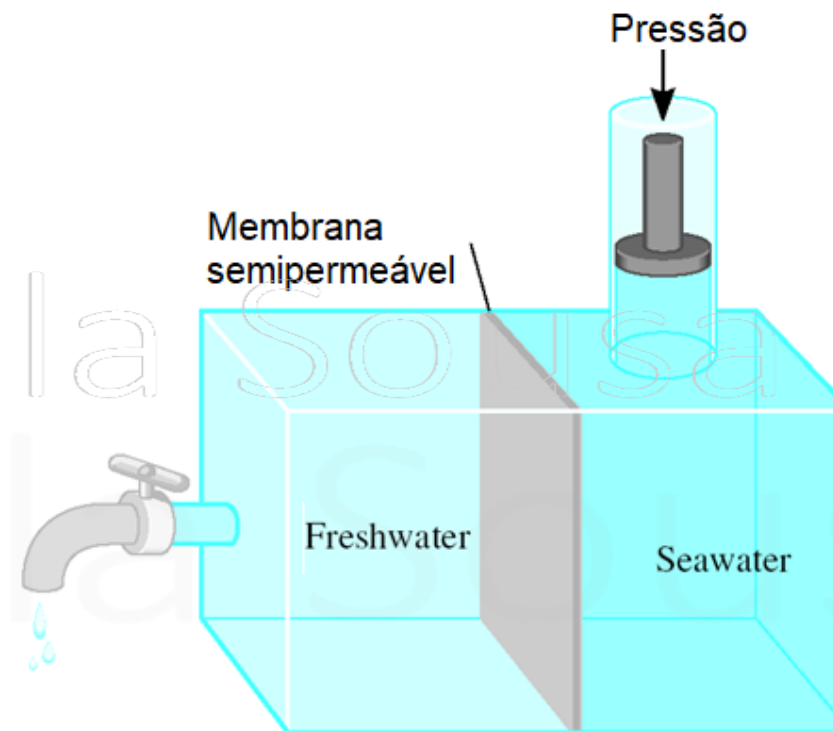
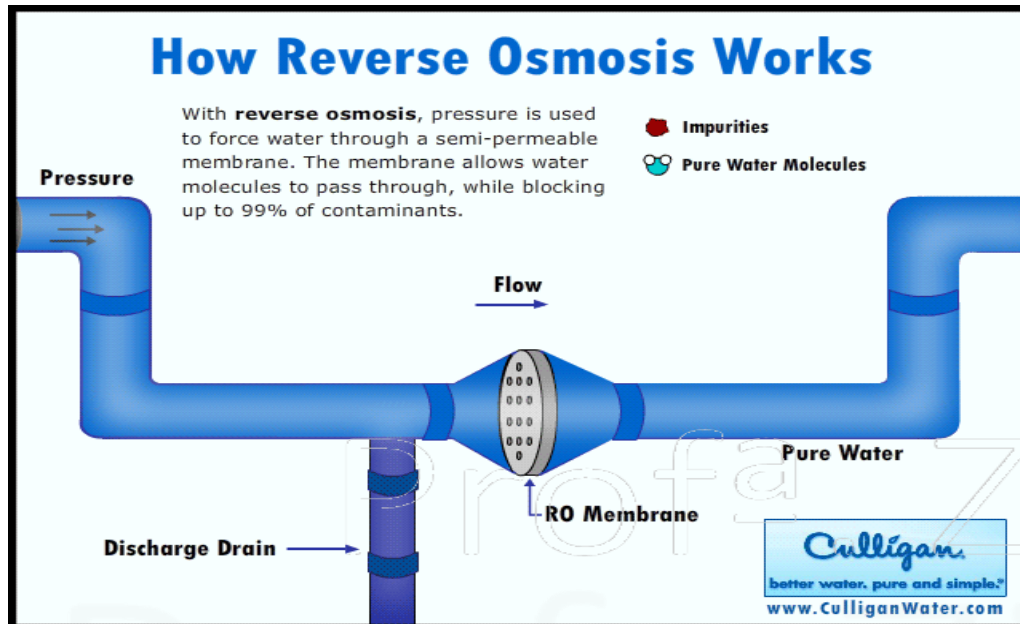
➤ Pressão osmótica

- Osmose é a passagem seletiva de moléculas de solvente através de uma membrana porosa de uma solução diluída para outra mais concentrada.
- Uma membrana semipermeável permite a passagem de moléculas de solvente, mas bloqueia a passagem de moléculas de soluto.
- A **pressão osmótica (p)** é a pressão necessária para **interromper a osmose**.



PROPRIEDADES COLIGATIVAS

➤ Dessalinização da água do mar por osmose reversa

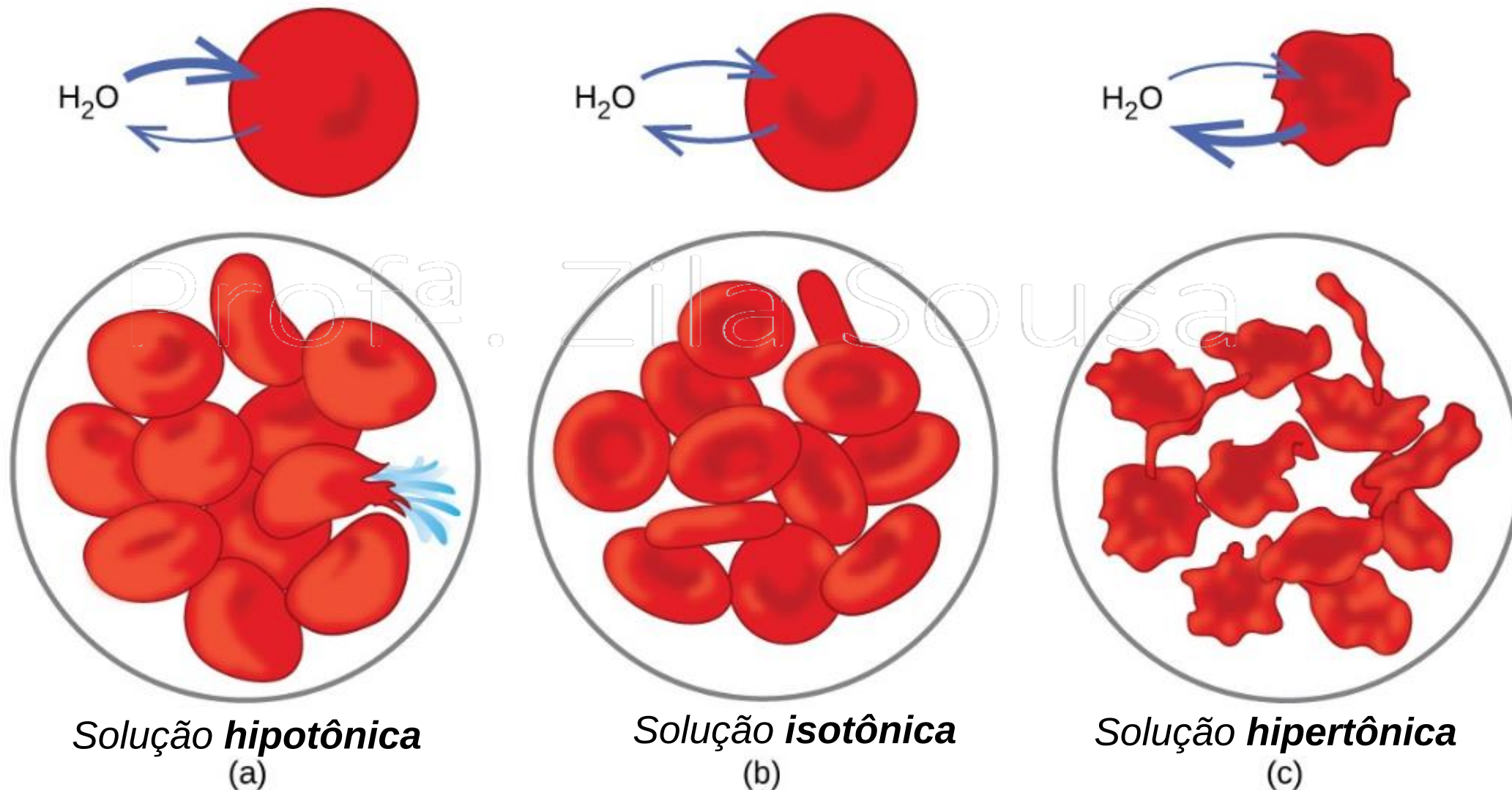


from chemistry-2e/colligative-properties

BROWN, T. L.; LeMAY, H.E.; BURSTEIN, B. E., Chemistry: the central Science, 13^a Ed.

PROPRIEDADES COLIGATIVAS

➤ Osmose em uma célula



PROPRIEDADES COLIGATIVAS

➤ Propriedades coligativas de soluções não eletrolíticas

- Propriedades coligativas são propriedades que dependem apenas do número de partículas de soluto em solução e não da natureza das partículas de soluto.

Redução da pressão de vapor

$$\Delta P = X_2 P_1^{\circ}$$

Elevação do ponto de ebulição

$$\Delta T_b = K_b m$$

Redução do ponto de congelamento

$$\Delta T_f = K_f m$$

Pressão osmótica (π)

$$\pi = MRT$$

PROPRIEDADES COLIGATIVAS

➤ Propriedades coligativas de soluções eletrolíticas



Propriedades coligativas são propriedades que dependem apenas do número de partículas de soluto em solução e não da natureza das partículas de soluto.

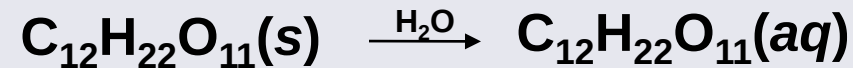


$$\text{Fator de van't Hoff factor (i)} = \frac{\Delta T_f (\text{medido})}{\Delta T_f (\text{calculado})}$$

	<u>i</u>
Não eletrólitos	1
NaCl	2
CaCl ₂	3

PROPRIEDADES COLIGATIVAS

O fator de *van't Hoff factor* (i) é 1 para os não-eletrólitos:



1 partícula dissolvida, $i = 1$

Para eletrólitos fortes $i \rightarrow$ igual ao número de íons:



2 partículas dissolvidas, $i = 2$



3 partículas dissolvidas, $i = 3$

PROPRIEDADES COLIGATIVAS

➤ Propriedades coligativas de soluções eletrolíticas

Elevação do ponto de ebulição

$$\Delta T_b = i K_b m$$

Redução do ponto de congelamento

$$\Delta T_f = i K_f m$$

Pressão osmótica (π)

$$\pi = iMRT \quad \Pi = i\left(\frac{n}{V}\right)RT = iMRT$$

TABLE 12.3 The van't Hoff Factor of 0.0500 *M* Electrolyte Solutions at 25°C

Electrolyte	<i>i</i> (Measured)	<i>i</i> (Calculated)
Sucrose*	1.0	1.0
HCl	1.9	2.0
NaCl	1.9	2.0
MgSO ₄	1.3	2.0
MgCl ₂	2.7	3.0
FeCl ₃	3.4	4.0

*Sucrose is a nonelectrolyte. It is listed here for comparison only.



BIBLIOGRAFIA

- Atkins, P.; Jones, L.; Laverman, L.; **Princípios da Química**, Bookman, Porto Alegre, 2018.
- Brown, T. L., Lemay, Jr. H. E., Bursten, B. E., **Química Ciência Central**. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 7ª Ed., Volumes único, Rio de Janeiro, 1997.
- Kotz, J.; Treichel, P.; Weaver, G.; **Química Geral e Reações Químicas**, Vol. 1, Cengage Learning, São Paulo, 2010.
- Russell, J. B.; **Química Geral**, Vols. 1 e 2, Makron Books, São Paulo, 1994.
- Flowers, P.; Theopold, K.; Langley, R.; Robinson, W. R.; **Chemistry 2e**, Publisher/website:OpenStax, Houston, Texas, 2019.
- Chang, R.; Overby, J.; **General Chemistry: the essential concepts**, McGraw-Hill, New York, NY, 2008.
- www.zilasousa.com.br