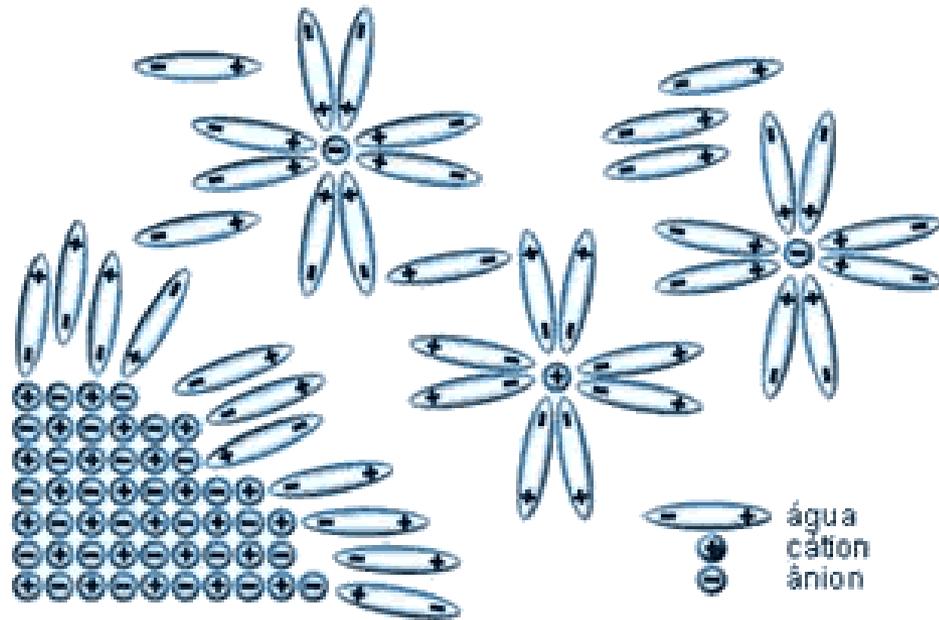


SOLUBILIDADE DE SÓLIDOS EM LÍQUIDOS

- CONCEITOS
- VARIAÇÃO DA SOLUBILIDADE COM A TEMPERATURA
- DESCRIÇÃO TERMODINÂMICA
- SOLUTOS POUCO SOLÚVEIS (PRODUTO DE SOLUBILIDADE)

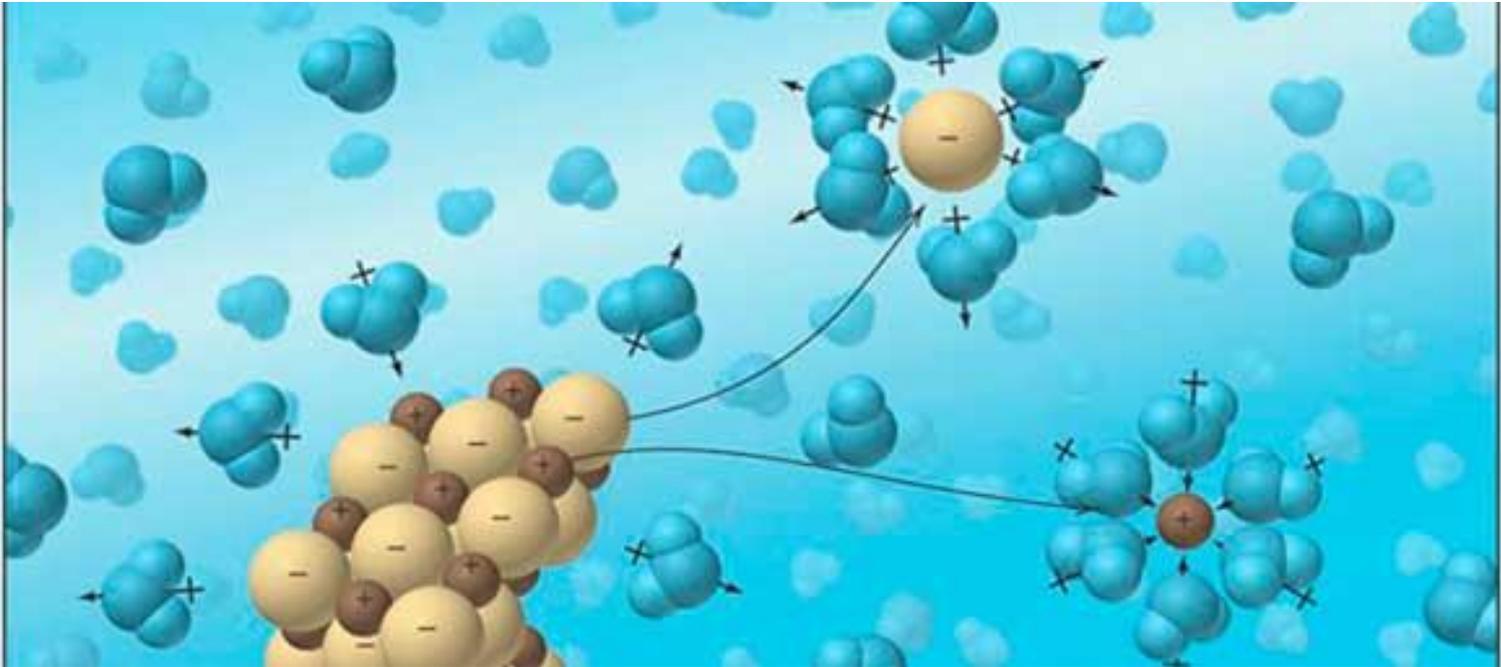
Processo de solubilização de sais em água

Descrição fenomenológica



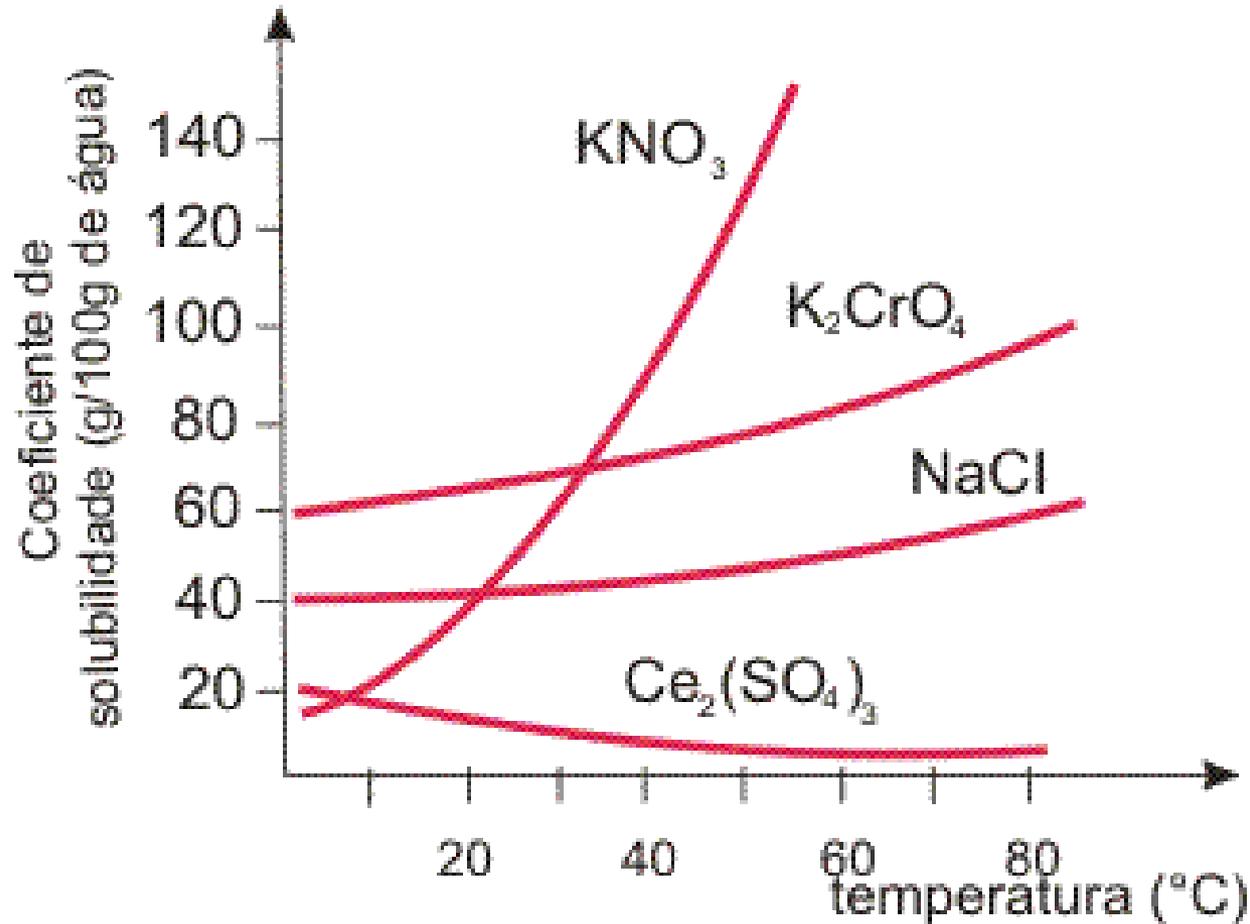
O que está errado nesta representação?

Representação do processo de solubilização do NaCl com maiores detalhes

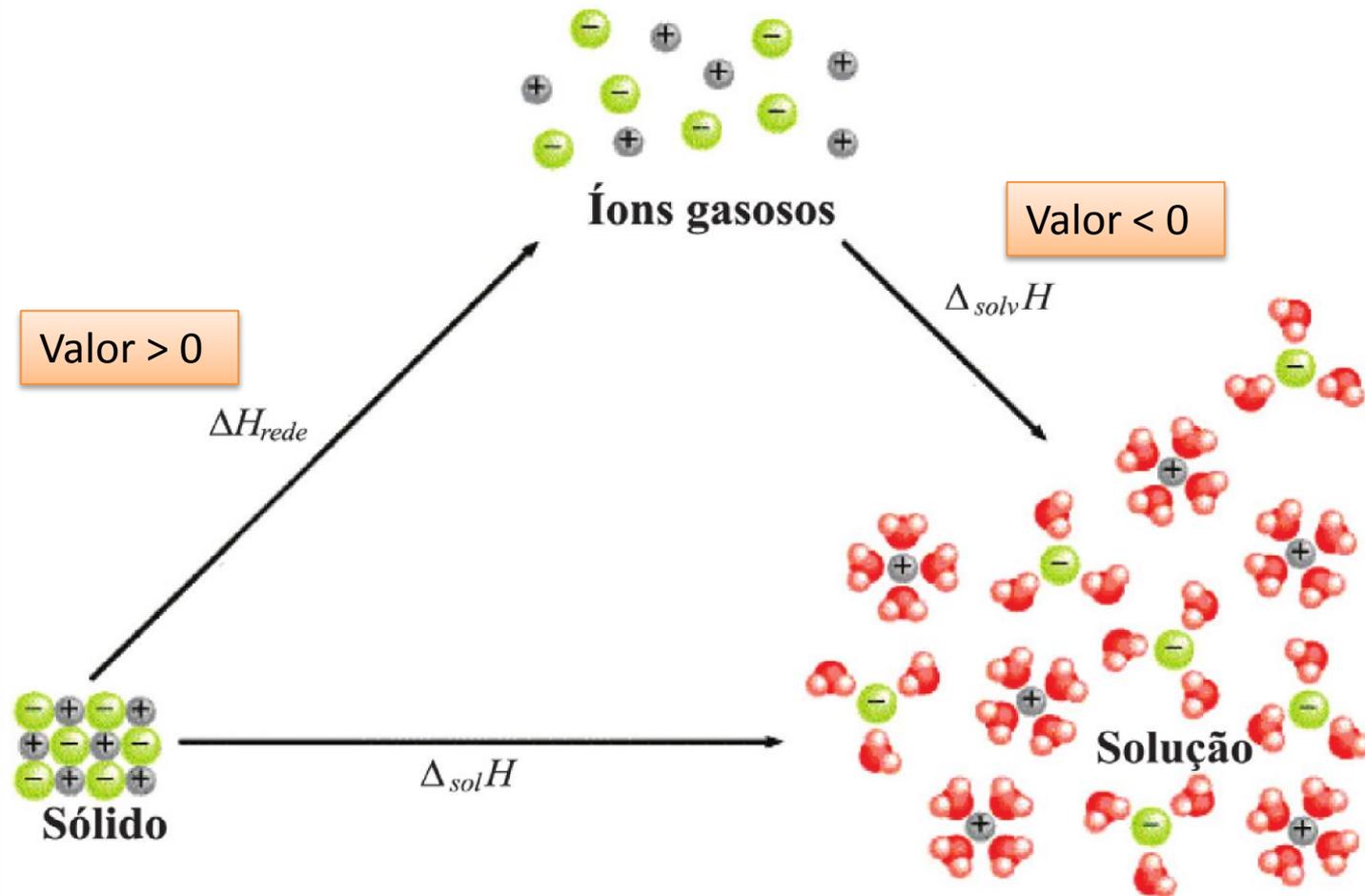


O que está errado ou não totalmente correto nesta representação?

Curva de Solubilidade de sais em água em função da temperatura
Diferentes comportamentos



VARIAÇÃO DE ENTALPIA NO PROCESSO DE SOLUBILIZAÇÃO
(Calor de dissolução na pressão constante)

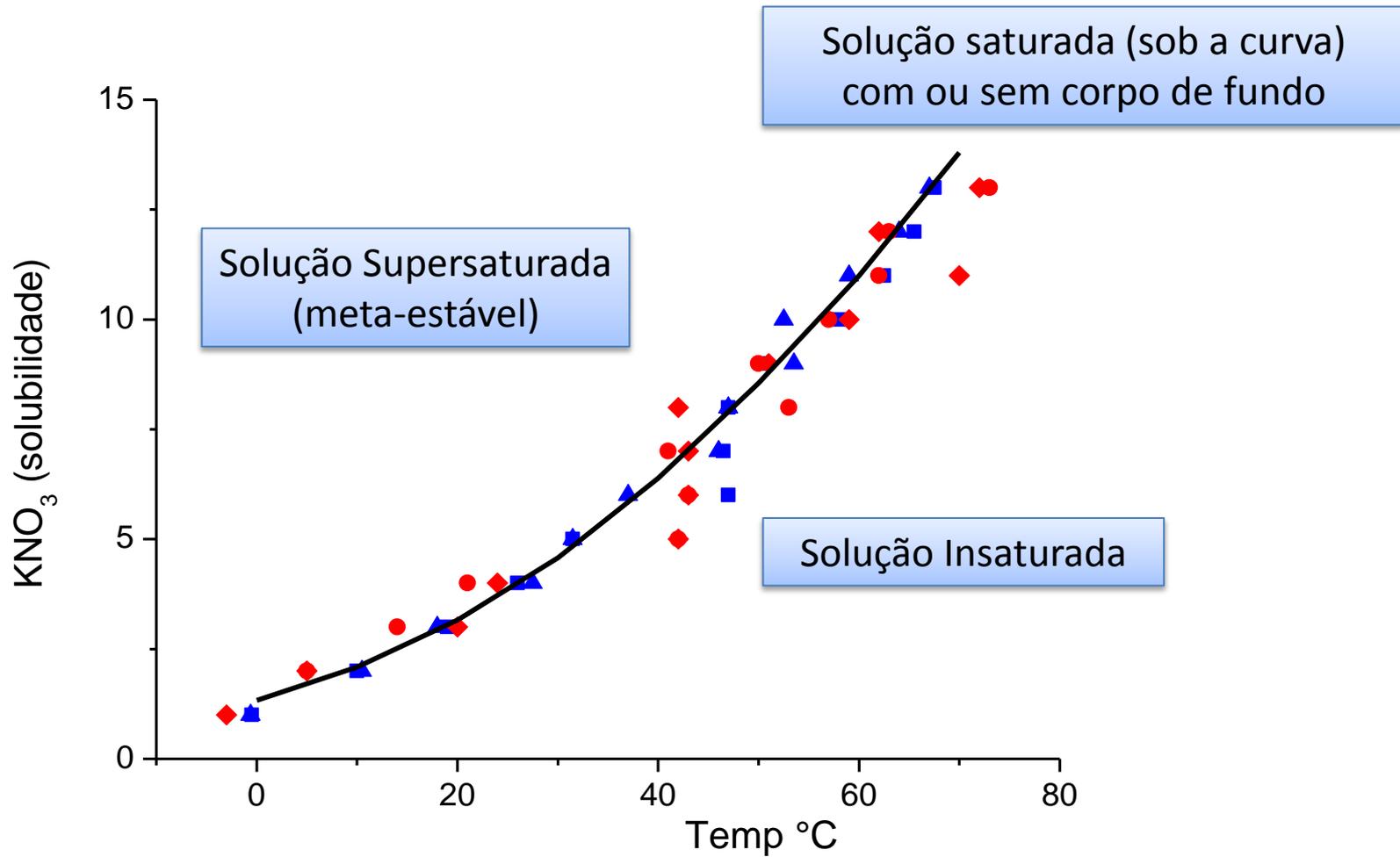


SBQ

<http://qnint.sbq.org.br>

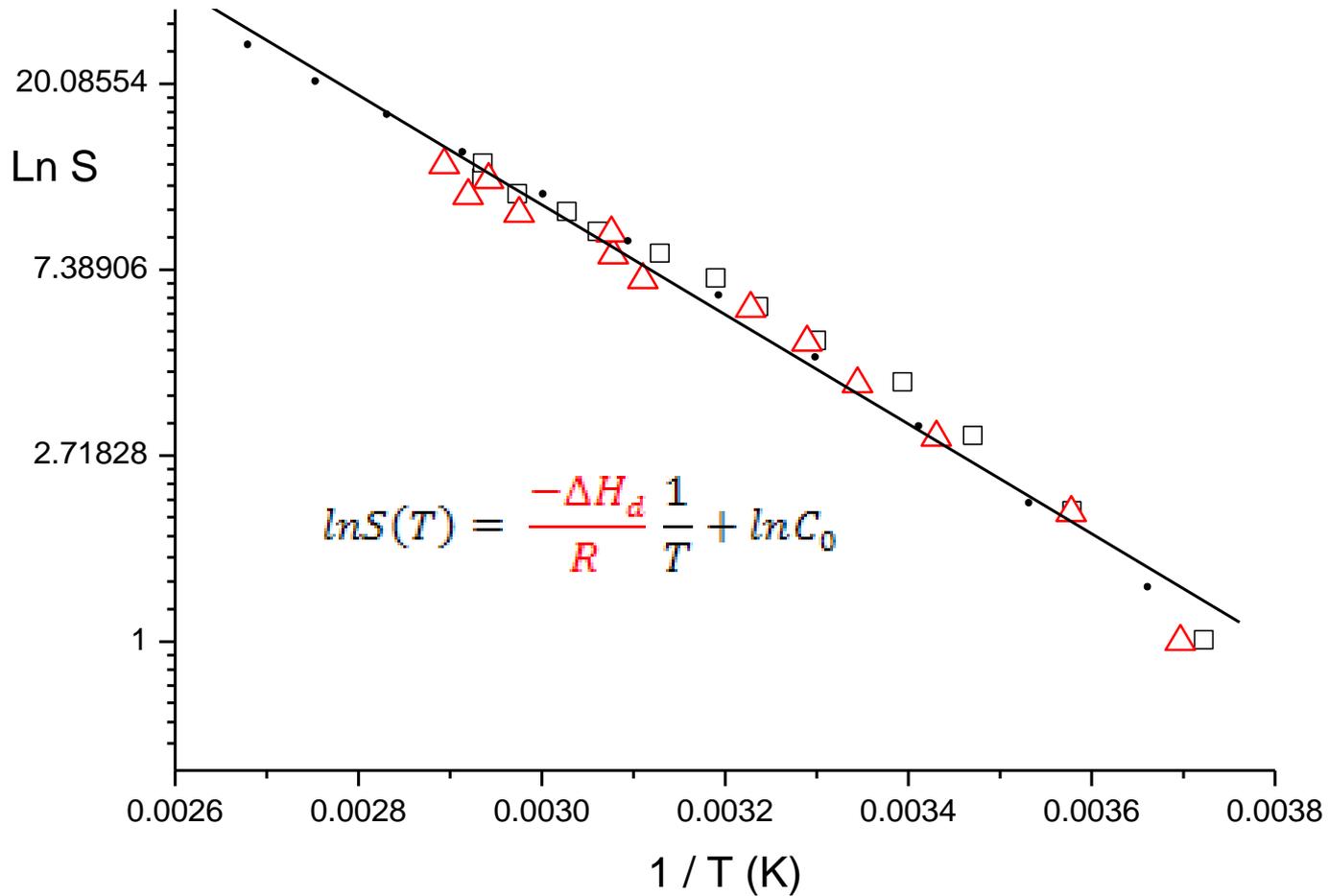
Lei de Hess: Variação de entalpia de solubilização é igual a soma da variação da entalpia de rede + entalpia de solvatação.

RESULTADOS DO EXPERIMENTO
SOLUBILIDADE EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA PARA O KNO_3
(g/10 g água)



Linearizando os dados de Solubilidade do KNO_3

$$S(T) = C_0 \exp[-\Delta H_d / RT]$$

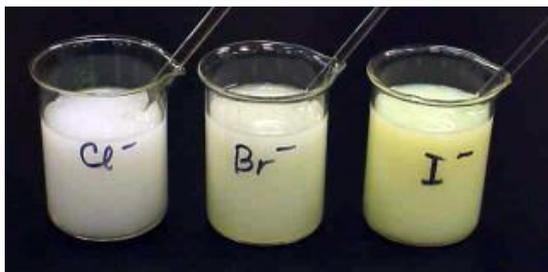


Resultado: Entalpia de Solubilização do $\text{KNO}_3 = 25 \text{ kJ/mol}$
Processo Endotérmico

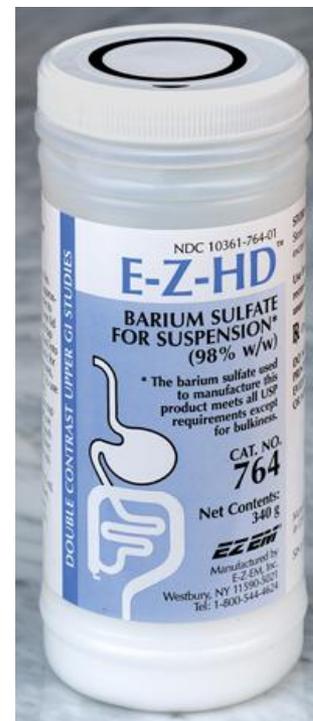
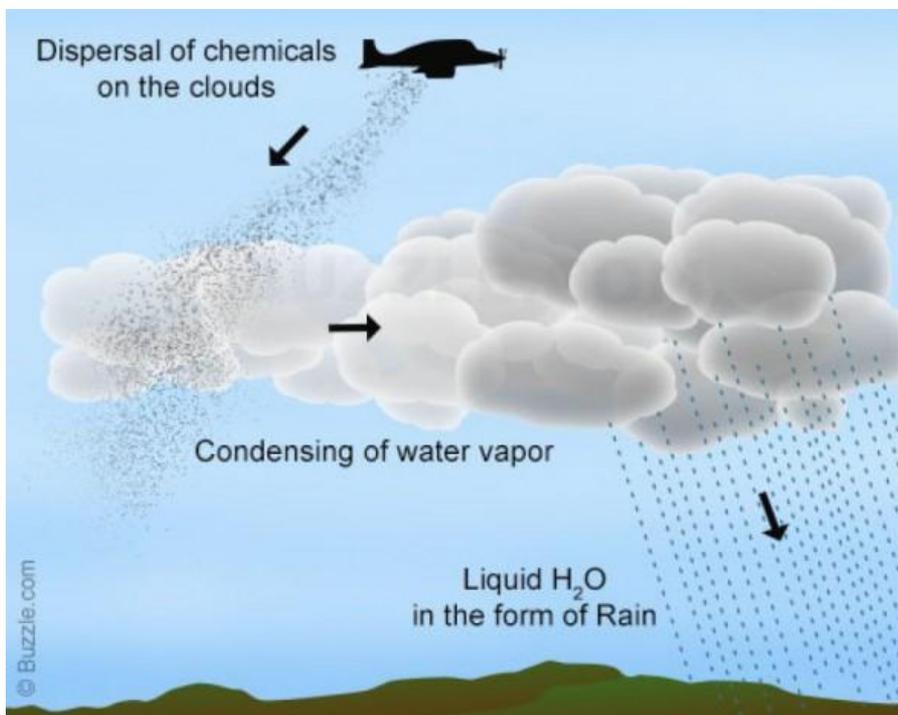
SAIS POUCO SOLÚVEIS e PRODUTO DE SOLUBILIDADE

EXEMPLOS E APLICAÇÕES DE SAIS POUCO SOLÚVEIS

Haleto de Prata (AgX)



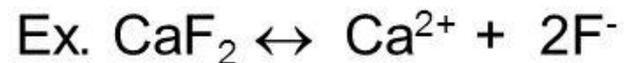
Agente de contraste em imagem raio X
Sulfato de Bário (BaSO_4)



SOLUBILIDADE DE SAIS POUCO SOLÚVEIS

Equilíbrio Químico entre fase sólida e solução

Produto de Solubilidade e Solubilidade



Como melhorar esta representação de equilíbrio

Como um mol de Ca^{2+} é formado para cada mol de CaF_2 , a S do $\text{CaF}_2 = [\text{Ca}^{2+}]$ e $[\text{F}^-] = 2S$.

$$K_{ps} = [\text{Ca}^{2+}]^1 [\text{F}^-]^2$$
$$K_{ps} = S^1 (2S)^2 = 4S^3$$
$$K_{ps} = 4S^3$$

$$S = \sqrt[3]{\frac{K_{ps}}{4}}$$

K_{ps} é a constante termodinâmica do equilíbrio de solubilidade

Tabela de Constantes de Produto de Solubilidade

Sal	K_{PS}	Sal	K_{PS}	Sal	K_{PS}
Fluoretos		Cloretos		Brometos	
MgF ₂	$6,6 \times 10^{-9}$	CuCl	$1,9 \times 10^{-7}$	CuBr	5×10^{-9}
CaF ₂	$3,9 \times 10^{-11}$	AgCl	$1,8 \times 10^{-10}$	AgBr	$5,0 \times 10^{-13}$
SrF ₂	$2,9 \times 10^{-9}$	Hg ₂ Cl ₂	$1,2 \times 10^{-18}$	Hg ₂ Br ₂	$5,6 \times 10^{-23}$
BaF ₂	$1,7 \times 10^{-6}$	TlCl	$1,8 \times 10^{-4}$	HgBr ₂	$1,3 \times 10^{-19}$
LiF	$1,7 \times 10^{-3}$	PbCl ₂	$1,7 \times 10^{-5}$	PbBr ₂	$2,1 \times 10^{-6}$
PbF ₂	$3,6 \times 10^{-8}$	AuCl ₃	$3,2 \times 10^{-25}$		
Iodetos		Sulfitos		Cianetos	
CuI	1×10^{-12}	CaSO ₃	3×10^{-7}	AgCN	$1,2 \times 10^{-16}$
AgI	$8,3 \times 10^{-17}$	Ag ₂ SO ₃	$1,5 \times 10^{-14}$	Zn(CN) ₂	3×10^{-16}
Hg ₂ I ₂	$4,7 \times 10^{-29}$	Ba SO ₃	8×10^{-7}		
HgI ₂	$1,1 \times 10^{-28}$				
PbI ₂	$7,9 \times 10^{-9}$				

Atenção: Valores de K_{ps} à 25 °C
 K_{ps} é uma constante que depende de T

Hidróxidos		Carbonatos		Fosfatos	
Mg(OH) ₂	7,1 x 10 ⁻¹²	MgCO ₃	3,5 x 10 ⁻⁸	Ca ₃ (PO ₄) ₂	2,0 x 10 ⁻²⁹
Ca(OH) ₂	6,5 x 10 ⁻⁶	CaCO ₃	4,5 x 10 ⁻⁹	Mg ₃ (PO ₄) ₂	6,3 x 10 ⁻²⁶
Mn(OH) ₂	1,6 x 10 ⁻¹³	SrCO ₃	9,3 x 10 ⁻¹⁰	SrHPO ₄	1,2 x 10 ⁻⁷
Fe(OH) ₂	7,9 x 10 ⁻¹⁶	BaCO ₃	5,0 x 10 ⁻⁹	BaHPO ₄	4,0 x 10 ⁻⁸
Fe(OH) ₃	1,6 x 10 ⁻³⁹	MnCO ₃	5,0 x 10 ⁻¹⁰	LaPO ₄	3,7 x 10 ⁻²³
Co(OH) ₂	1 x 10 ⁻¹⁵	FeCO ₃	2,1 x 10 ⁻¹¹	Fe ₃ (PO ₄) ₂	1 x 10 ⁻³⁶
Co(OH) ₃	3 x 10 ⁻⁴⁵	CoCO ₃	1,0 x 10 ⁻¹⁰	FePO ₄	4,0 x 10 ⁻²⁷
Ni(OH) ₂	6 x 10 ⁻¹⁶	NiCO ₃	1,3 x 10 ⁻⁷	Ag ₃ PO ₄	2,8 x 10 ⁻¹⁸
Cu(OH) ₂	4,8 x 10 ⁻²⁰	CuCO ₃	2,5 x 10 ⁻¹⁰	Zn ₃ (PO ₄) ₂	5 x 10 ⁻³⁶
V(OH) ₃	4 x 10 ⁻³⁵	Ag ₂ CO ₃	8,1 x 10 ⁻¹²	Pb ₃ (PO ₄) ₂	3,0 x 10 ⁻⁴⁴
Cr(OH) ₃	2 x 10 ⁻³⁰	Hg ₂ CO ₃	8,9 x 10 ⁻¹⁷	Ba ₃ (PO ₄) ₂	5,8 x 10 ⁻³⁸
Ag ₂ O	1,9 x 10 ⁻⁸	ZnCO ₃	1,0 x 10 ⁻¹⁰		
Zn(OH) ₂	3,0 x 10 ⁻¹⁶	CdCO ₃	1,8 x 10 ⁻¹⁴		
Cd(OH) ₂	5,0 x 10 ⁻¹⁵	PbCO ₃	7,4 x 10 ⁻¹⁴		

Sulfatos		Cromatos		Ferrocianetos	
CaSO ₄	2,4 x 10 ⁻⁵	BaCrO ₄	2,1 x 10 ⁻¹⁰	Zn ₂ [Fe(CN) ₆]	2,1 x 10 ⁻¹⁶
SrSO ₄	3,2 x 10 ⁻⁷	CuCrO ₄	3,6 x 10 ⁻⁶	Cd ₂ [Fe(CN) ₆]	4,2 x 10 ⁻¹⁶
BaSO ₄	1,1 x 10 ⁻¹⁰	Ag ₂ CrO ₄	1,2 x 10 ⁻¹²	Pb ₂ [Fe(CN) ₆]	9,5 x 10 ⁻¹⁹
RaSO ₄	4,3 x 10 ⁻¹¹	Hg ₂ CrO ₄	2,0 x 10 ⁻⁹		
Ag ₂ SO ₄	1,5 x 10 ⁻⁵	CaCrO ₄	7,1 x 10 ⁻⁴		
Hg ₂ SO ₄	7,4 x 10 ⁻⁷	PbCrO ₄	1,8 x 10 ⁻¹⁴		
PbSO ₄	6,3 x 10 ⁻⁷				

Brady, J.E., Senese, F., Química: a matéria e suas transformações. Rio de Janeiro: LTC, 2009

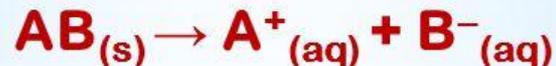
Equilíbrios de solubilidade

TABELA 11.5 Produtos de solubilidade a 25°C

Composto	Fórmula	K_{ps}	Composto	Fórmula	K_{ps}
Hidróxido de alumínio	$Al(OH)_3$	$1,0 \times 10^{-33}$	Cloreto de chumbo(II)	$PbCl_2$	$1,6 \times 10^{-5}$
Sulfeto de antimônio	Sb_2S_3	$1,7 \times 10^{-93}$	Fluoreto de chumbo(II)	PbF_2	$3,7 \times 10^{-8}$
Carbonato de bário	$BaCO_3$	$8,1 \times 10^{-9}$	Iodato de chumbo(II)	$Pb(IO_3)_2$	$2,6 \times 10^{-13}$
Fluoreto de bário	BaF_2	$1,7 \times 10^{-6}$	Iodeto de chumbo(II)	PbI_2	$1,4 \times 10^{-8}$
Sulfato de bário	$BaSO_4$	$1,1 \times 10^{-10}$	Sulfato de chumbo(II)	$PbSO_4$	$1,6 \times 10^{-8}$
Sulfeto de bismuto	Bi_2S_3	$1,0 \times 10^{-97}$	Sulfeto de chumbo(II)	PbS	$8,8 \times 10^{-29}$
Carbonato de cálcio	$CaCO_3$	$8,7 \times 10^{-9}$	Fosfato de amônio e magnésio	$MgNH_4PO_4$	$2,5 \times 10^{-13}$
Fluoreto de cálcio	CaF_2	$4,0 \times 10^{-11}$	Carbonato de magnésio	$MgCO_3$	$1,0 \times 10^{-5}$
Hidróxido de cálcio	$Ca(OH)_2$	$5,5 \times 10^{-6}$	Fluoreto de magnésio	MgF_2	$6,4 \times 10^{-9}$
Sulfato de cálcio	$CaSO_4$	$2,4 \times 10^{-5}$	Hidróxido de magnésio	$Mg(OH)_2$	$1,1 \times 10^{-11}$
Iodato de cromo(III)	$Cr(IO_3)_3$	$5,0 \times 10^{-6}$	Cloreto de mercúrio(I)	Hg_2Cl_2	$1,3 \times 10^{-18}$
Brometo de cobre(I)	$CuBr$	$4,2 \times 10^{-8}$	Iodeto de mercúrio(I)	Hg_2I_2	$1,2 \times 10^{-28}$
Cloreto de cobre(I)	$CuCl$	$1,0 \times 10^{-6}$	Sulfeto de mercúrio(II), preto	HgS	$1,6 \times 10^{-52}$
Iodeto de cobre(I)	CuI	$5,1 \times 10^{-12}$	Sulfeto de mercúrio(II), vermelho	HgS	$1,4 \times 10^{-53}$
Sulfeto de cobre(I)	Cu_2S	$2,0 \times 10^{-47}$	Hidróxido de níquel(II)	$Ni(OH)_2$	$6,5 \times 10^{-18}$
Iodato de cobre(II)	$Cu(IO_3)_2$	$1,4 \times 10^{-7}$	Brometo de prata	$AgBr$	$7,7 \times 10^{-13}$
Oxalato de cobre(II)	$Cu(C_2O_4)$	$2,9 \times 10^{-8}$	Carbonato de prata	Ag_2CO_3	$6,2 \times 10^{-12}$
Sulfeto de cobre(II)	CuS	$1,3 \times 10^{-36}$	Cloreto de prata	$AgCl$	$1,6 \times 10^{-10}$
Hidróxido de ferro(II)	$Fe(OH)_2$	$1,6 \times 10^{-14}$	Hidróxido de prata	$AgOH$	$1,5 \times 10^{-8}$
Sulfeto de ferro(II)	FeS	$6,3 \times 10^{-18}$	Iodeto de prata	AgI	8×10^{-7}
Hidróxido de ferro(III)	$Fe(OH)_3$	$2,0 \times 10^{-39}$	Sulfeto de prata	Ag_2S	$6,3 \times 10^{-51}$
Brometo de chumbo(II)	$PbBr_2$	$7,9 \times 10^{-5}$	Hidróxido de zinco	$Zn(OH)_2$	$2,0 \times 10^{-17}$
			Sulfeto de zinco	ZnS	$1,6 \times 10^{-24}$

1.3. EFEITO DO ÍON COMUM

A **adição de íon comum** ao equilíbrio provoca um **deslocamento no equilíbrio para a esquerda**, diminuindo a solubilidade do eletrólito. Consideremos inicialmente uma solução saturada do eletrólito AB, sem a presença do corpo de fundo:



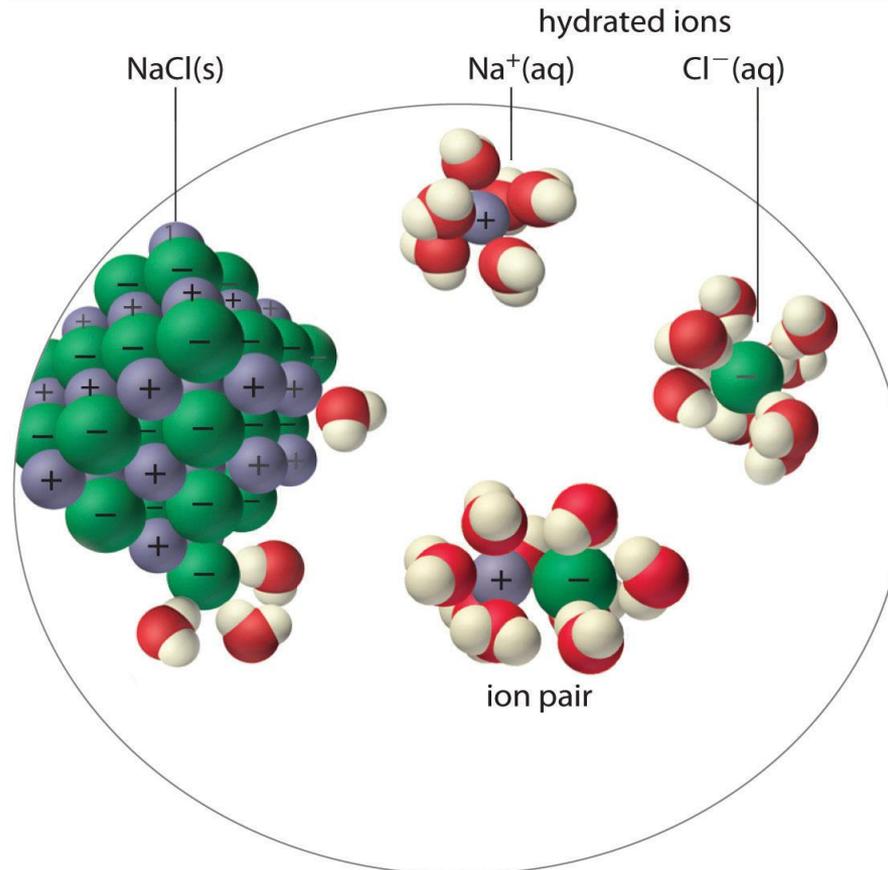
A adição de íons A^{+} ou B^{-} irá deslocar o equilíbrio no sentido de diminuir a concentração dos íons, até que estas concentrações satisfaçam os K_{ps} . Portanto, **ocorre a formação de precipitado**.

Na presença de precipitado, a adição do íon comum desloca o equilíbrio no sentido de formação do eletrólito sólido, de modo a manter constante o produto das concentrações dos íons.

A adição do eletrólito sólido não altera o equilíbrio, nem o número de íons em solução.

Problema: Calcular a solubilidade do fluoreto de cálcio na temperatura de 25°C em uma solução aquosa (volume = 100 mL) contendo dissolvido 42 mg de NaF. Comparar com a solubilidade em água pura.

SOLUBILIDADE EM ALTA CONCENTRAÇÃO: FORMAÇÃO DE PARES IÔNICOS



Obs: A formação de pares iônicos depende das propriedades do solvente. Redução da constante dielétrica leva a uma maior atração eletrostática entre íons de carga oposta e por tanto a formação mais efetiva de pares iônicos. Assim se adicionarmos etanol em água (diminui a constante dielétrica do solvente), uma solução de um dado sal terá maior fração de pares iônicos em solução.