

# UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

## Faculdade de Engenharia Química

### Laboratório de Engenharia Química 1

## Título: Entalpia de Fusão e Solubilidade do Ácido Benzóico

### 1. Objetivos

Determinar a solubilidade em diferentes temperaturas e estimar a sua entalpia de fusão ( $\Delta H_f$ ) do ácido benzóico.

### 2. Introdução

O ácido benzóico " $C_6H_5C(O)OH$ " e seus sais são usados como germicida na preservação de alimentos, na síntese de corantes, na inibição do crescimento de algumas bactérias e como anti-fúngica na farmacologia (Oliveira, 2004). É usado diretamente como sal de sódio, de potássio ou de cálcio. Além disso, o ácido benzóico é usado na fabricação de um grande número produtos químicos, como por exemplo, o ácido tereftálico e o cloreto do benzoíla (Dian-Qing *et al.*, 2002). Segundo a revisão realizada em Apelblat *et al.* (2005), os ácidos policarboxílicos são produzidos em grande quantidade e são importantes intermediários na preparação de resinas, plastificantes, produtos farmacológicos e na preservação de alimentos, gorduras e sucos de frutas.

A solubilidade representa a capacidade que uma substância tem de dissolver-se em um líquido. O termo solubilidade é utilizado tanto para designar o fenômeno qualitativo do processo de dissolução quanto para descrever quantitativamente a concentração da solução, e varia de acordo com o soluto e solvente utilizado. Além disso, a temperatura influencia fortemente a solubilidade de sólidos, que pode aumentar ou diminuir com a mesma, dependendo do soluto em questão. A variação do coeficiente de solubilidade em função da temperatura pode ser descrita através da curva de solubilidade, conforme ilustrado a seguir:

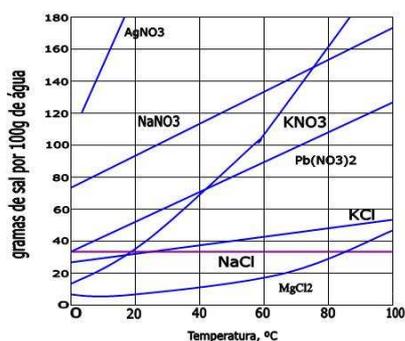


Figura 1. Curva de solubilidade

A entalpia de fusão (ou calor de fusão) é a quantidade de energia necessária para que um mol de determinado elemento deixe o estado sólido para o estado líquido, a uma pressão constante. A entalpia de fusão pode ser estimada a partir da seguinte equação:

$$\ln(x\gamma) = \frac{\Delta H_f}{R} \left[ \frac{1}{T_f} - \frac{1}{T} \right] \quad 1$$

Na equação 1, o coeficiente de atividade ( $\gamma$ ) indica a proporção na qual as interações entre as moléculas em uma solução desviam da condição de idealidade. De uma forma geral:

$$\alpha_i = x_i \gamma_i \quad 2$$

Considerando a normalidade (N), expressa como a razão entre o número de equivalentes-grama por volume de solução tem-se:

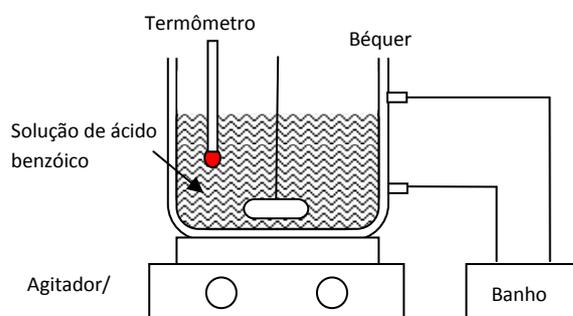
$$N_{A,B} = \frac{n_{\text{equivalentes},A,B}}{V_{\text{solução}}} \quad 3$$

Na titulação ácido-base, que significa a reação entre um ácido e uma base na presença de indicador, a mudança de cor da solução é um indicativo da concentração. No ponto de equivalência da reação o número de equivalentes de ácido é igual ao número de equivalentes de base. Desta forma:

$$N_A \cdot V_A = N_B \cdot V_B \quad 4$$

### 3. Materiais

1. Balança analítica;
2. Béquer de 200ml - camisa;
3. Banho termostático;
4. Agitador
5. Bureta 25ml + suporte;
6. Termômetro;
7. Pipeta volumétrica de 10ml;
8. Água destilada;
9. Indicador - Fenolftaleína;
10. Ácido benzóico;
11. Solução de NaOH – 0,1 N;
12. 5 Béqueres de 30 ml;
13. Proveta – 100ml



### 4. Procedimento experimental

1. Medir 100 ml de H<sub>2</sub>O;
2. Em um béquer, diluir 1,0 g de ácido benzóico em 100ml de H<sub>2</sub>O
3. Levar a solução ao agitador;
4. Ligar o banho – ajustar a temperatura para 40°C;
5. Aguardar a temperatura estabilizar e desligar a agitação – aguardar 10 minutos;
6. Coletar amostra de 10 ml de solução – titular com NaOH e anotar o volume de NaOH utilizado;
7. Repetir a “etapa 4” em intervalos de 5°C de variação de temperatura – 4 medidas;
8. Limpar a vidraria.

### 5. Análise dos resultados:

1. Construir a curva de solubilidade do ácido benzóico;
2. Comparar os resultados com dados da literatura (anexo);
3. Estimar a entalpia de fusão do ácido benzóico;
4. Discutir fontes de erro.

## 6. Referências

- YALCOVSKY, S. H. e He, Y. Handbook of Aqueous Solubility Data, CRC Press, Boca Raton, FL, 2003.
- DIAN-QING, L. JIANG-CHU, L., DA-ZHUANG, L. e FU-AN, W. Solubilities of terephthalaldehydic, p-toluic, benzoic, terephthalic and isophthalic acids in N,N-dimethylformamide from 294,75 to 370,35 K. Fluid Phase Equilibria 200 (2002) 69-74.
- APELBLAT, A. MANZUROLA, E. e BALAL, N. A. The solubilities of benzene polycarboxylic acids in water. J. Chem. Thermodynamics. In press. 2005.
- OLIVEIRA, M. L. N. Desenvolvimento de um equipamento experimental para o estudo do equilíbrio líquido-líquido. 2004. 69p. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2004.
- PIRES, R. F. Contribuição ao estudo do comportamento da solubilidade dos ácidos bórico, benzóico e salicílico em misturas eletrolíticas. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.

## 7. Nomenclatura

$x$	Fração molar	(-)
$m$	Solubilidade	$\text{mol.kg}^{-1}$
$\Delta H_f$	Entalpia de fusão	$\text{J.mol}^{-1}$
$R$	Constante dos gases	$\text{J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$
$T_f$	Temperatura de fusão	K
$T$	Temperatura	K
$\alpha$	Atividade	(-)
$\gamma$	Coefficiente de atividade	(-)
$N$	Normalidade	$\text{n}_{\text{eq}}.\text{L}^{-1}$
$V$	Volume	$\text{L}^{-1}$

Tabela 1 – Solubilidade (m) do ácido benzóico em água em função da temperatura. (Oliveira, 2004)

$V_{\text{H}_2\text{O}} = 60,0 \text{ ml}$			
$M_{\text{Ac. Benz}} = 0,47\text{g}$			
V/ml	Z	T/°C	x - m/m°
2,6	0,6350	40,0	0,0533
2,7	0,6594	45,1	0,0554
2,8	0,6839	50,2	0,0574
3,1	0,7571	55,3	0,0636
3,5	0,8548	60,2	0,0718
3,65	0,8915	54,6	0,0748
3,7	0,9037	70,1	0,0759
3,75	0,9159	74,6	0,0769
3,8	0,9281	80,4	0,0779
3,9	0,9525	84,7	0,0800
3,75	0,9159	74,6	0,0769

## ANEXOS

Tabela 2 - Solubilidades do ácido benzóico para o sistema Água(1) + ácido benzóico(2). (Pires, 2011)

T/K	$m_2$ (mol/kg)
283,1	0,0207
294,0	0,0247
298,2	0,0313
303,2	0,0334
313,0	0,0434

### Ácido benzóico

Fórmula reduzida:  $\text{C}_6\text{H}_5\text{C}(\text{O})\text{OH}$

$\gamma = 480$

Densidade =  $1,27 \text{ g.ml}^{-1}$

Peso molecular =  $122 \text{ g/mol}$

Temperatura de fusão =  $122,1^\circ\text{C}$

**FORMULÁRIO – ENTALPIA DE FUSÃO E SOLUBILIDADE DO ÁCIDO BENZÓICO**

Massa de sólido:		
Volume de H <sub>2</sub> O:		
Temperatura (°C)	Volume de amostra (ml)	Volume NaOH (ml)

Massa de sólido:		
Volume de H <sub>2</sub> O:		
Temperatura °C	Volume de amostra (ml)	Volume NaOH (ml)

Observações