

# ANÁLISE DA SOLUBILIDADE DA UREIA COM A VARIAÇÃO DA TEMPERATURA EM SOLUÇÕES ISOPROPANOL+ÁGUA

J. B. RODRIGUES<sup>1</sup>, L. G. FONSECA<sup>1</sup> e R. A. MALAGONI<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Química

E-mail para contato: [malagoni@feq.ufu.br](mailto:malagoni@feq.ufu.br)

**RESUMO** – A ureia é um composto orgânico com muito destaque na área de fertilizantes e que possui alta solubilidade em água. Neste trabalho estudou-se a solubilidade da ureia em soluções de isopropanol+água contendo 10 e 40 % de isopropanol m/m em uma faixa de temperatura que variou de 278 a 333 K. Os experimentos consistiram em colocar a solução de isopropanol+água em uma célula de vidro borossilicato encamisada, juntamente com ureia em excesso. Os tempos de agitação e repouso foram de 2 h cada. Com os dados obtidos em cada amostragem por gravimetria, determinou-se o valor de solubilidade na temperatura investigada. Os resultados apresentaram baixos desvios padrão o que comprovou a eficiência do método e dos equipamentos utilizados no trabalho.

## 1. INTRODUÇÃO

A ureia é um composto orgânico muito presente em seres vivos e a determinação de sua concentração em amostras de sangue é essencial para diagnósticos médicos, principalmente para obter informações sobre doenças renais (Kuralay *et al.*, 2005). Pesquisas também mostram que vários gases de hidrocarbonetos são mais solúveis em soluções de ureia+água do que em água pura (Soper *et al.*, 2003).

Dados de solubilidade de compostos orgânicos podem ser obtidos tanto por meio de medições quanto pela realização de cálculos, porém a predição de dados de solubilidade é restringida pela disponibilidade de dados termodinâmicos de compostos puros e pelos valores de coeficientes de atividade (Sapoundjiev *et al.*, 2005). A solubilidade da ureia em misturas hidroalcoólicas não foi estudada em amplas faixas experimentais de temperatura e concentração do álcool e os dados disponíveis na literatura são bastante dispersos. O estudo de sistemas ureia-álcool é importante para o projeto de equipamentos industriais de separação, cristalização e de extratores. Yin *et al.* (2006) utilizou sistemas ureia-álcool para preparar fotocatalisadores de titânio mais eficientes na decomposição de substâncias poluentes como o monóxido de nitrogênio. Os pesquisadores Lee e Lahti (1972) analisaram a solubilidade da ureia em água, metanol, etanol, isopropanol e em diversas soluções hidroalcoólicas. Para a mistura de isopropanol+água, foram estudadas as concentrações de 33,3% e 66,7% de isopropanol em volume em temperaturas de 0 a 60 °C.

De acordo com Silva *et al.* (2015) a solubilidade da ureia é diretamente proporcional a constante dielétrica dos solventes. A constante dielétrica é uma propriedade intrínseca e está

relacionada com a resposta dos materiais aos campos elétricos. A água possui uma constante dielétrica alta (78,54), enquanto que a do isopropanol é de 18,30 (Storm *et al.*, 1970).

O objetivo deste trabalho consistiu em determinar a solubilidade da ureia em soluções de isopropanol+água para as percentagens de 10 e 40% em massa de isopropanol em uma faixa de temperatura de 278 a 333 K. O interesse nestas concentrações se deve ao fato de não existirem dados sobre a mesma na literatura. O método escolhido para analisar as amostras coletadas foi o método analítico gravimétrico que se mostrou bastante eficaz e consistente para a determinação da solubilidade da ureia.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Reagentes e Unidade Experimental

Os reagentes utilizados nos experimentos apresentados neste trabalho foram ureia (Fabricante Sigma) com pureza de 99,9%, isopropanol (Vetec) com pureza de 99,5% e água deionizada e bi-destillada.

A Figura 1 apresenta a unidade experimental em que foram realizados os ensaios de solubilidade. Os experimentos foram feitos com o uso de duas células de equilíbrio encamisadas de vidro borossilicato, com volume interno de 50 mL, que foram conectadas em série e um banho termostatizado (Tecnal, TE-184) foi responsável por manter o sistema na temperatura desejada. O banho termostatizado foi conectado na entrada da primeira célula e na saída da segunda. A ligação entre as duas células foi feita por meio do uso de uma mangueira de látex. A verificação da temperatura foi feita através do uso de dois termopares FullGauge (TIC-17RGTi) que foram acoplados em cada uma das células e mediam a temperatura na região central. Para cada uma das células utilizou-se um agitador eletromagnético (Ika, RH D-KT/C) e uma barra magnética (1,512 cm de comprimento e 0,607 cm de diâmetro) revestida com teflon que promoveram a agitação da mistura por um período de 2 h seguido de 2 h de repouso. Estes períodos foram definidos por Silva *et al* (2015).

Figura 1 – Unidade experimental.



Pela Figura 1, pode-se observar que (1) são as células de equilíbrio, (2) as barras magnéticas, (3) os agitadores eletromagnéticos, (4) os termopares, (5) as rolhas que vedam a célula, (6) o banho termostatzado e (7) a mangueira de látex que conecta as células.

## 2.1. Procedimento Experimental

Foram realizados experimentos em uma faixa de temperatura de 278,15 a 333,15 K para soluções de isopropanol+água contendo 10 e 40% em massa de isopropanol. A massa dos solventes era medida em béqueres separados com o uso de uma balança analítica (Shimadzu, AUW320) com precisão de 0,0001g, considerando-se a pureza de cada um e depois eram transferidos para um balão volumétrico de 250 mL onde era feita a homogeneização da mistura através de agitação manual. Em cada uma das células colocavam-se as respectivas soluções de isopropanol+água na proporção em que se desejava analisar e ureia em excesso para garantir obtenção de uma solução saturada. O período de agitação das soluções foi de duas horas seguido de duas horas de repouso.

Após terminado o tempo de repouso foram retiradas quatro amostras de 4 a 5 mL de cada solução com o auxílio de uma seringa de vidro com capacidade de 10 mL. Durante o experimento a seringa foi mantida submersa em uma água com a mesma temperatura do banho para evitar a cristalização da ureia dentro da seringa o que levaria a erros. Para cada amostra um béquer de 25 mL foi lavado, seco, pesado e numerado. Cada amostra foi retirada da célula e logo em seguida colocada no respectivo béquer para que sua pesagem fosse efetuada. Logo depois da pesagem do béquer com a amostra foi feita a etapa de secagem em que os béqueres foram colocados na estufa (Marconi, MA-033) a 338,15 K.

As amostras foram deixadas na estufa (Marconi, MA-033) por um período de 24 h na temperatura de 338,15 K. Após esse período as amostras foram colocadas em um dessecador com sílica por 30 min e então foi feita a pesagem do béquer contendo ureia cristalizada para determinar a massa de ureia seca. As amostras foram pesadas por cerca de 4 dias até massa constante assim como foi feito por Silva *et al.* (2015). Com a massa do béquer vazio, a massa do béquer com a solução e a massa do béquer com a ureia seca foi possível determinar a solubilidade para cada concentração de isopropanol e para cada temperatura. O resultado de solubilidade obtido foi a média aritmética dos valores de solubilidade encontrados para cada amostra.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o uso dos dados coletados: massa dos béqueres, massa da amostra com o solvente e massa da amostra seca, juntamente com a Equação 1, foi possível calcular a solubilidade da ureia para todas as temperaturas e percentagens gravimétricas de isopropanol estudadas.

$$S = \frac{m_u}{m_s} \times 100 \quad (1)$$

sendo:  $S$  a solubilidade em (g/100 g),  $m_u$  a massa da ureia (g) e  $m_s$  a massa do solvente (g).

As Tabelas 1 e 2 apresentam os resultados de solubilidade para as concentrações de 10 e 40 % (m/m) de isopropanol, respectivamente.

Tabela 1 – Solubilidade da ureia em isopropanol+água (10% isopropanol m/m).

$T \pm \delta$ (K)	$S \pm \delta$ (g ureia/100g solvente)
278,5 $\pm$ 0,2	66,1569 $\pm$ 0,0186
283,3 $\pm$ 0,1	79,1430 $\pm$ 0,2430
288,3 $\pm$ 0,0	88,4284 $\pm$ 0,1930
293,2 $\pm$ 0,2	98,1323 $\pm$ 1,5126
298,1 $\pm$ 0,2	103,6148 $\pm$ 1,7900
303,4 $\pm$ 0,2	125,9579 $\pm$ 0,2386
307,9 $\pm$ 0,1	140,0652 $\pm$ 0,7371
312,8 $\pm$ 0,4	153,1213 $\pm$ 1,2367
318,4 $\pm$ 0,3	161,1721 $\pm$ 4,4737
322,5 $\pm$ 0,5	185,1029 $\pm$ 0,8107
327,9 $\pm$ 0,2	192,8883 $\pm$ 5,1605
332,6 $\pm$ 0,5	226,7360 $\pm$ 0,2805

Tabela 2 – Solubilidade da ureia em isopropanol+água (40% isopropanol m/m).

$T \pm \delta$ (K)	$S \pm \delta$ (g ureia/100g solvente)
278,2 $\pm$ 0,1	37,8215 $\pm$ 0,2496
283,2 $\pm$ 0,0	54,3019 $\pm$ 0,0810
293,1 $\pm$ 0,1	68,4791 $\pm$ 0,2206
298,2 $\pm$ 0,2	79,2912 $\pm$ 0,1237
303,4 $\pm$ 0,2	88,3213 $\pm$ 0,2837
307,7 $\pm$ 0,1	98,1705 $\pm$ 0,8727
313,1 $\pm$ 0,4	106,2550 $\pm$ 4,8082
318,4 $\pm$ 0,3	127,1020 $\pm$ 0,2741
322,7 $\pm$ 0,2	138,0328 $\pm$ 0,7339
328,0 $\pm$ 0,2	149,8612 $\pm$ 4,2601
333,0 $\pm$ 0,1	174,2320 $\pm$ 3,8795

Analisando-se as Tabelas 1 e 2 é possível observar que os resultados de solubilidade para ambos os sistemas químicos estudados apresentaram desvios baixos, desvio médio de 0,95% para a solução de 10% (m/m) e de 1,17% para a solução de 40% (m/m) de isopropanol.

A solução de 10% de isopropanol (m/m) também apresentou uma solubilidade maior, o que indica que a solubilidade da ureia é maior em água do que em isopropanol. Nota-se que houve um aumento na solubilidade da ureia com o aumento da temperatura. O motivo de tal comportamento se deve ao fato de que a dissolução da ureia é um processo endotérmico, o qual necessita de uma absorção de energia para ocorrer, portanto, o aumento da temperatura favorece esse processo.

#### **4. CONCLUSÃO**

Com os resultados experimentais de solubilidade constatou-se que houve um decréscimo no valor de solubilidade da ureia com o aumento da percentagem de isopropanol, o que demonstra que a ureia é mais solúvel em água do que em isopropanol. Isso se deve ao fato de que a água apresenta uma constante dielétrica maior que a do isopropanol e a solubilidade da ureia é diretamente proporcional a constante dielétrica dos solventes.

Verificando-se a influência da temperatura na solubilidade da ureia foi possível concluir que a solubilidade da ureia aumentou significativamente com o aumento da temperatura para ambas as soluções estudadas. Esse comportamento era esperado devido ao fato de que a dissolução da ureia é um processo endotérmico.

Como os desvios padrão encontrados foram baixos, pode-se constatar que o método gravimétrico e a unidade experimental foram eficientes para a determinação dos resultados de solubilidade da ureia. Os dados obtidos neste trabalho podem ser muito úteis para a técnica de quimigação que consiste em distribuir uma solução de um fertilizante ou herbicida através do sistema de irrigação. Essa técnica precisa de dados sobre o comportamento da solubilidade do composto para ser bem empregada e os dados obtidos neste trabalho podem ajudar na otimização desta técnica, assim como no desenvolvimento de novos equipamentos.

#### **5. AGRADECIMENTOS**

Agradecemos a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela bolsa de Iniciação Científica e também à Faculdade de Engenharia Química da Universidade Federal de Uberlândia pelo incentivo a pesquisa e estrutura física oferecida para o desenvolvimento desta pesquisa no Laboratório de Cristalização.

#### **6. REFERÊNCIAS**

- KURALAY, F.; ÖZYÖRÜK, H.; YILDIZ, A. Potentiometric enzyme electrode for urea determination using immobilized urease in poly( vinylferrocenium ) film. *Sens. Actuators B*, v. 109, p. 194-199, 2005.
- LEE, F. M.; LAHTI, L. E. Solubility of urea in water-alcohol mixtures. *J. Chem. and Eng. Data*, v. 17, p. 304-306, 1972.
- SAPOUNDJIEV, D.; LORENZ, H.; SEIDEL-MORGENSTERN, A. Determination of solubility data by means of calorimetry. *Thermochim. Acta*, v. 436, p. 1-9, 2005.

- SILVA, A. P. Determinação da solubilidade do fertilizante ureia em solventes puros e em misturas hidro alcoólicas. 2015. 118 p. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015.
- SOPER, A.K.; CASTNERB, E. W.; LUZAR A. Impact of urea on water structure: a clue to its properties as a denaturant? *Biophys. Chem.*, v. 105, p. 649- 666, 2003.
- STORM, T. D.; HAZLETON, R. A.; LAHTI, L. E. Some effects of solvent properties on nucleation. *J. Cryst. Growth*, v.7, p. 55 -60, 1970.
- YIN, S.; AITA, Y.; KOMATSU, M.; SATO, T. Some effects of solvent properties on nucleation. *J. Eur. Ceram. Soc.*, v.26, p. 2735 -2742, 2006.