

# ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE FERTILIZANTE LÍQUIDO NITROGENADO

C. R. SOUSA<sup>1</sup>, G. R. L. CARVALHO<sup>2</sup>, L. C. MENDES<sup>3</sup> e H. M. HENRIQUE<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3 e 4</sup> Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Química  
E-mail para contato: <sup>1</sup> [camilaribeiro-camila@hotmail.com](mailto:camilaribeiro-camila@hotmail.com), <sup>2</sup> [gui.ribeiro119@gmail.com](mailto:gui.ribeiro119@gmail.com),  
<sup>3</sup> [larissacarvalhoufu@gmail.com](mailto:larissacarvalhoufu@gmail.com) e <sup>4</sup> [humberto@ufu.br](mailto:humberto@ufu.br)

**RESUMO** – O uso de fertilizantes líquidos no Brasil começou com a aplicação da chorume no século XIX e da vinhaça como adubo em 1950. Posteriormente, foram criados fertilizantes líquidos a base de amônia e também a produção de suspensões com diversas formulações de macronutrientes. Atualmente, a comercialização de fertilizantes líquidos foliares tem crescido bastante devido a questões de custo, ao aumento da produção de ácido fosfórico e ao desenvolvimento de equipamentos de aplicação segura, dentre outros. Este trabalho teve como objetivo estudar características físico-químicas de fertilizantes nitrogenados em diversas concentrações buscando obter produtos estáveis com alto teor de nitrogênio. Os critérios adotados para avaliar a qualidade dos fertilizantes foram tempo de agitação, pH, densidade, sinérese, temperatura mínima de reação e temperatura de cristalização. As matérias primas utilizadas foram ureia e nitrato de amônio grau fertilizante. Entre os resultados encontrados, pode-se observar que a temperatura mínima de reação é menor quanto mais concentrada é o fertilizante e, percebeu-se também, que o pH não sofreu alteração de acordo com as concentrações.

## 1. INTRODUÇÃO

Fertilizantes líquidos são utilizados no mundo desde 1840 com a produção e comercialização de misturas fluido inorgânicos na Irlanda. Os primeiros registros de aplicação de aquamônia (reação de água e amônia anidra) são de 1843 na Escócia. No Brasil, no século XIX aplicava-se chorume no solo, porém, somente em 1960/1970 iniciou-se a comercialização de misturas sólidas e líquidas para aplicação foliar. Em 1979 iniciou-se a produção industrial de suspensões e, a partir de então, o estudo de diversas formulações para fertilizantes líquidos tornou-se mais comum (International Fertilizer Industry Association, 1992).

Os fertilizantes líquidos, também chamados de fertilizantes fluidos, são classificados em solução verdadeira e suspensões. A solução verdadeira é geralmente translúcida e é possível ver através do líquido, isto é, ela é uma solução verdadeira, livre de sólidos. Já nas Suspensões não é possível ver através do líquido, existem pequenos sólidos/cristais em suspensão no líquido. As suspensões possuem a vantagem de serem mais concentradas uma vez que conseguem agregar mais nutrientes pois não têm a necessidade de solubilizá-los. Algumas formulações líquidas são aplicadas sobre as folhas e, por isto, os fertilizantes são chamados de foliares. Podem ainda ser aplicados via irrigação, cuja técnica é conhecida como fertirrigação.

O uso de fertilizantes fluido-nitrogenados tem se tornado bastante popular nos últimos anos. (MCLAUGHLIN, 2008)

Fertilizantes líquidos apresentam vantagens em relação aos sólidos. Pode-se citar menor custo com mão-de-obra, movimentação e transporte do produto é feito através de bombas, a aplicação no solo é uniforme, menor segregação de nutrientes, é possível utilizar defensivos agrícolas durante a aplicação em campo, possui maior rendimento operacional durante a aplicação em campo, apresenta grande versatilidade nas formulações, permitindo o uso de micronutrientes, tem menor custo de produção e gera menor impacto ambiental no processo de fabricação (UNIDO, 1998; MCLAUGHLIN, 2008).

Pode-se citar como desvantagens a menor concentração de nutrientes em relação aos fertilizantes sólidos, necessidade de agitação do produto durante o transporte – no caso de suspensões – armazenamento e aplicação, maiores riscos de acidentes durante o processo de aplicação em campo, alta corrosividade, possibilidade de formação de precipitados e entupimento de bicos (UNIDO, 1998; MCLAUGHLIN, 2008).

A aplicação de fertilizantes fluidos no Brasil é comum em culturas de cana-de-açúcar. Esta possui grande exigência em nitrogênio e potássio. Tal fato explica o crescente uso de soluções nitrogenadas no país. As soluções nitrogenadas são conhecidas como soluções de URAN (Ureia e Nitrato de Amônia). Elas são utilizadas como adubo nitrogenado e também como solvente básico para formulações NPK. Para a produção de fertilizantes fluidos é preciso entender, portanto, o comportamento de soluções de fertilizantes fluidos nitrogenados e seu modo de preparação.

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi estudar a produção de diversas concentrações de soluções de URAN e caracterizar os comportamentos físico-químicos. Tal estudo servirá de base para o levantamento de parâmetros de processo que possam ser utilizados em projeto conceitual de uma planta para produção de fertilizantes líquidos e foliares.

## 3. METODOLOGIA

### 3.1. Materiais e Métodos

As matérias primas utilizadas foram ureia ( $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$  com 45% de N) e nitrato de amônio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$  com 33% de N) e água. Utilizou-se matérias primas comerciais, ou seja, grau fertilizante. Os cálculos de balanço foram realizados com o auxílio do diagrama de solubilidade das três espécies presentes, apresentado na Figura 1, fixada a temperatura de cristalização em  $10^\circ\text{C}$  (HIGNETT, 1985). Esta temperatura foi determinada como a mínima temperatura em que o fertilizante pode ser submetido sem que haja cristalização de parte dos sólidos dissolvidos. Foram obtidas três formulações nitrogenadas: 28-00-00, 30-00-00 e 32-00-00, utilizando como base de cálculo o preparo de 1000 g de solução.

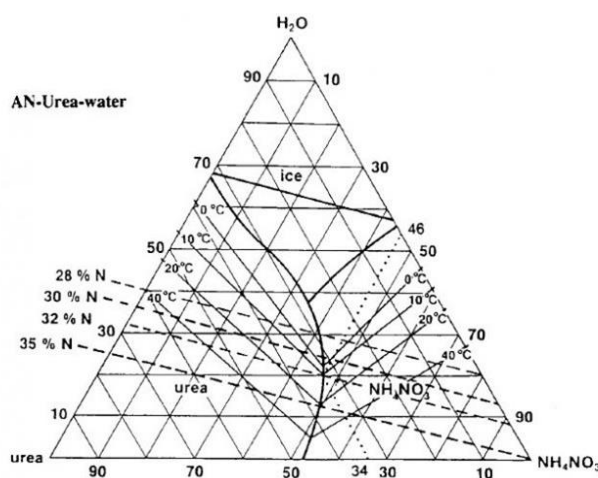
As duas primeiras formulações foram obtidas em dois balanços diferentes, uma considerando a máxima concentração de ureia e a outra considerando a máxima concentração

de nitrato de amônia nas formulações. A terceira formulação foi encontrada somente com uma única configuração da relação ureia/nitrato de amônia.

As soluções foram produzidas em um béquer de 2000 mL e agitador tipo hélices de acordo com os seguintes passos:

- Pesagem dos reagentes: água, nitrato de amônio, ureia;
- Aquecimento da água – aproximadamente 90°C;
- Acionamento do agitador sob a água e adição dos demais reagentes.

Figura 1 – Diagrama ternário de solubilidade (ureia, nitrato de amônia e água)



Fonte: <http://migre.me/wkIEo> (UreaKnowHow.com)

### 3.2. Medidas e Caracterizações

Durante o preparo das soluções realizou-se as seguintes medições:

**Determinação do tempo médio de agitação:** Foi utilizado um agitador mecânico IKA RW 20 Digital, compacto e versátil, possuindo visor em LED para indicação de velocidade. A velocidade de agitação empregada foi de 300 rpm. Um cronômetro digital foi utilizado para medir o tempo para a completa solubilização das soluções.

**Temperaturas de reação:** Com o uso de um termopar mediu-se a temperatura a todo tempo da reação. Registrou-se também as temperaturas inicial, final e mínima do processo de solubilização.

**Determinação do pH:** Após a completa solubilização da solução e final da reação, utilizou-se um medidor pH devidamente calibrado para a medida do pH.

**Determinação da densidade:** Utilizou-se a técnica da picnometria. O picnômetro é um instrumento de vidro que possui baixo coeficiente de dilatação. Foi utilizada água destilada à temperatura ambiente e seus dados de propriedades físico-químicas tabelados na literatura.

Temperatura de cristalização: Béqueres de 100mL com cada solução foram mergulhados em um banho ultratermostatizado marca Marconi modelo MA 184 na função resfriamento. A temperatura de cristalização foi medida assim que os primeiros cristais foram formados na solução.

Massa de resíduo sólido: Cada solução foi filtrada utilizando papel de filtro com 18,5cm de diâmetro e porosidade de 3 micrômetros e funil simples. Os resíduos retidos no papel de filtro foram secos na estufa com circulação e renovação de ar marca TECNAL modelo TE-394/1 a 115°C durante 24h e posteriormente pesados. A massa do resíduo foi calculada por diferença de massa antes e após a filtração e secagem.

## 4. RESULTADOS

Todos os testes foram feitos em quintuplicata para melhor tratamento estatístico. Os resultados estão apresentados na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1 – Dados experimentais obtidos na preparação das soluções de URAN.

Formulação	TAG (min)	T <sub>0</sub> (°C)	T <sub>M</sub> (°C)	T <sub>F</sub> (°C)	pH	ρ (g/cm <sup>3</sup> )	T <sub>c</sub> (°C)	MRS (g)
28-00-00 (MU)	23,6±7,7	92,0±0,0	16,9±2,0	21,1±1,5	6,4±0,1	1,259±0,013	-	4,107±1,540
28-00-00 (MN)	33,0±3,4	92,2±0,6	13,5±1,0	22,7±1,0	6,3±0,0	1,322±0,005	-	4,978±1,624
30-00-00 (MU)	30,0±0,0	92,0±1,5	12,1±1,3	18,4±1,5	6,3±0,1	1,324±0,002	-0,940	8,763±1,548
30-00-00 (MN)	40,0±0,0	92,8±0,6	9,8±1,3	17,7±3,3	6,3±0,1	1,348±0,016	-	7,584±1,482
32-00-00	58,0±5,6	92,0±0,0	8,3±0,2	19,2±0,8	6,3±0,0	1,369±0,006	-	7,265±1,019

TAG – Tempo de agitação (min);

T<sub>0</sub> – Temperatura inicial de solubilização (°C);

T<sub>M</sub> – Temperatura mínima atingida na solubilização (°C);

T<sub>F</sub> – Temperatura final após a solubilização (°C);

pH – pH da solução após o preparo da mesma;

ρ – Densidade da solução (g/cm<sup>3</sup>);

T<sub>c</sub> – Temperatura de cristalização da solução (°C);

MRS – Massa de resíduo insolúvel obtida na preparação da solução (g);

MU – Solução preparada com a maior quantidade possível de ureia;

MN – Solução preparada com a maior quantidade possível de nitrato.

Todos os dados da Tabela 1 possuem intervalos de confiança de 95%. As formulações que não apresentam temperatura de cristalização indicadas na tabela tiveram valores encontrados abaixo de -1°C, não sendo possível obter valores negativos abaixo deste valor por limitação do equipamento. Os resíduos sólidos filtrados são resíduos insolúveis contidos nas matérias-primas uma vez que estas são de caráter comercial e não de pureza analítica. A etapa de filtração, por ter sido feita com funil simples, levou muito tempo para ser concluída.

Os dados apresentados na Tabela 1 revelam que existe variação no tempo de agitação de acordo com a concentração da solução preparada, de forma que as soluções com maiores concentrações necessitam de maior tempo sob agitação para a completa solubilização. É possível perceber também a considerável variação nas temperaturas mínimas alcançadas, de forma que quanto mais concentrada a solução, mais baixa a temperatura mínima. Isto prova que a solubilização em questão é endotérmica. Observa-se ainda que o pH e a densidade das 5 formulações não sofreram significantes variações.

Abaixo, nas Figura 2, 3 e 4, podemos observar as soluções de URAN. Na Figura 2, comparamos as soluções de Máximo Nitrato (MN), na Figura 3, comparamos as soluções de Máxima Ureia (MU) e na Figura 4, apresentamos a solução de concentração 32-00-00.

Figura 2 – Soluções de URAN (MN)

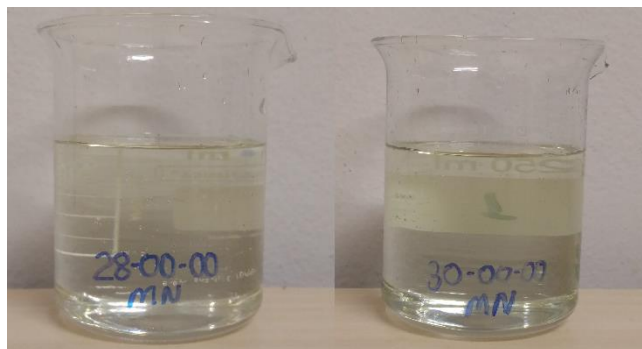


Figura 3 – Soluções de URAN (MU)

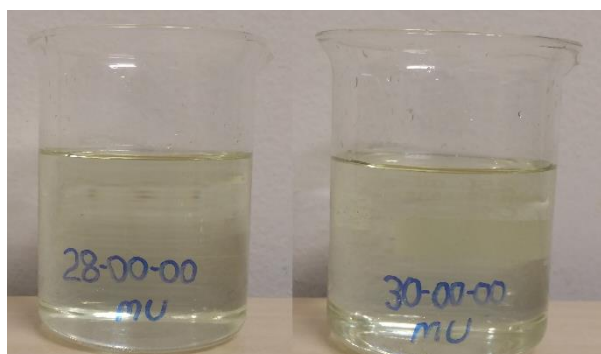
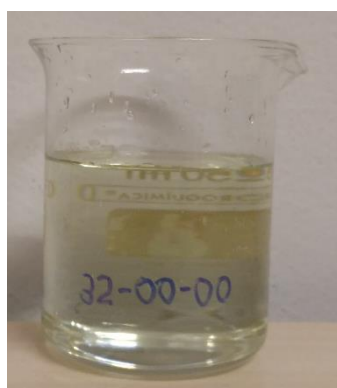


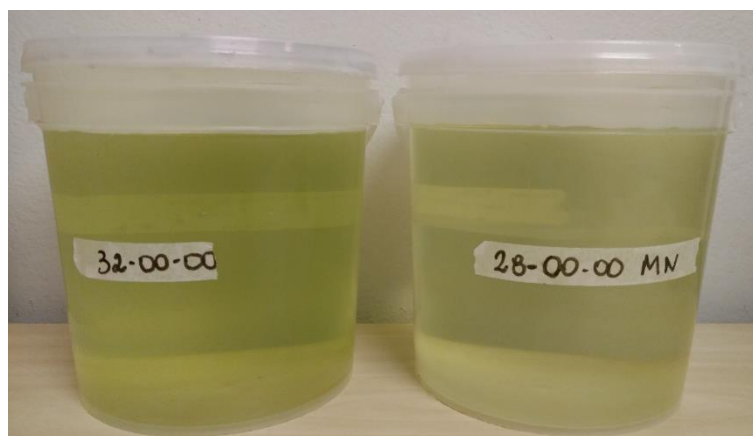
Figura 4 – Soluções de URAN (32-00-00)



Na Figura 5 observa-se a diferença na coloração da menor e da maior concentração produzida. A solução 32-00-00 possui coloração mais esverdeada que as demais, e as soluções 28-00-00 são as menos esverdeadas. Observa-se, portanto, que quanto mais concentrada a solução do fertilizante nitrogenado, mais forte é sua coloração.



Figura 5 – Comparativo das Soluções de URAN



## 5. CONCLUSÃO

Assim como apresentado na literatura, soluções de URAN podem ser fabricadas utilizando ureia e nitrato de amônia como matérias primas. Tal solubilização é bastante endotérmica, necessitando o aquecimento da água até aproximadamente 90°C, evitando-se, assim, o congelamento da solução. Também é possível observar que as temperaturas de cristalização destas formulações são muito baixas, favorecendo a não precipitação e formação de cristais durante a estocagem de produto em operações industriais.

Conclui-se ainda, que, no projeto de tanques de preparação de soluções URAN, o tempo de dissolução deve ser superior a 1 (uma) hora para a obtenção do produto final. Ainda, faz-se necessário o uso de filtros para a eliminação do resíduo insolúvel, podendo este ser um filtro inserido na tubulação, no caso de uma planta de produção, ou um filtro a vácuo, no caso de teste em bancada, de forma que esta etapa possa ser mais rápida.

## 6. REFERÊNCIAS

- HIGNETT, T. P., NIJHOFF, M. Fertilizer Manual. Dordrecht. Boston – Lancaster. p. 129, 1985.
- INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION. Fertilizer Product Consumption Forecasts. Paris, France. A/92/116, 1992.
- MCLAUGHLIN, M., THE UNIVERSITY OF ADELAIDE and CSIRO LAND AND WATER, Fluid Fertilizer: A South Australian Manual. Australia. p. 12, 2008.
- UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION and INTERNATIONAL FERTILIZER DEVELOPMENT CENTER. Fertilizer Manual. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. 1998.