



11º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2017  
02 a 04 de agosto de 2017 – Campinas, São Paulo  
ISBN 978-85-7029-135-6

## PERDAS DE NITROGÊNIO POR VOLATILIZAÇÃO DA FONTE UREIA MISTURADA OU NÃO À VINHAÇA CONCENTRADA EM SISTEMA DE COLHEITA DE CANA CRUA

Thiago Ferreira **Zenatti**<sup>1</sup>; Amanda Dechen **Silva**<sup>2</sup>; Nadia Valério **Possignolo-Vitti**<sup>3</sup>; Edna Ivani **Bertonicini**<sup>4</sup>; André Cesar **Vitti**<sup>5</sup>

Nº 17305

**RESUMO** – A ureia é a principal fonte nitrogenada empregada na agricultura brasileira, porém se aplicada sobre a palhada, o risco de perdas de  $N-NH_3$  por volatilização são maiores. O presente estudo teve como objetivo avaliar as perdas de N por volatilização proveniente da fonte ureia, misturada ou não à vinhaça concentrada. Foi conduzido um experimento, em condições de campo em Latossolo Vermelho, na APTA Polo Centro Sul - Piracicaba/SP. Foram instalados coletores semi-abertos estáticos, nos quais foi adicionado o equivalente a  $12 t ha^{-1}$  de palha. Os tratamentos foram: T1: Ureia e T2: Vinhaça Concentrada + Ureia e T3: Tratamento Controle com adição de vinhaça que foi utilizado para subtrair dos valores do tratamento com a mistura, com 5 repetições cada. A quantidade de N aplicada foi de  $100 kg ha^{-1}$  de N e de vinhaça concentrada foi de  $6,5 m^3 ha^{-1}$  aplicada em faixa. Foram realizadas 10 coletas ao longo de 31 dias. Para a determinação do  $N-NH_3$  volatilizado empregou-se o método salicilato. Os resultados foram submetidos à análise de variância (Teste F) e comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de significância. No tratamento com ureia, as perdas foram de 59,9%. A partir da mistura com a vinhaça concentrada, as perdas foram de 36,2%, ou seja, a mistura promoveu uma redução de aproximadamente 40% nas perdas de  $N-NH_3$ . Considerando o custo do quilo da ureia de R\$ 1,38 (Fevereiro/2017), a mistura com vinhaça concentrada proporcionou uma economia de 30,3%. Esses resultados são de grande valia principalmente para o Brasil por ser um país de clima tropical (temperatura e umidade), que reduzem a eficiência do uso de fontes amídicas.

**Palavras-chaves:** cana de açúcar; adubação nitrogenada; amônia; fertilizante organomineral.

1 Autor, Bolsista CNPq(PIBIC): Graduando em Engenharia Agrônoma, UFSCAR, Araras/SP; thiagozenatti@outlook.com

2 Graduanda em Gestão Ambiental, ESALQ/USP, Piracicaba, SP

3 Doutoranda: Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA/USP, Piracicaba-SP.

4 Pesquisadora: APTA Polo Centro Sul Piracicaba-SP.

5 Orientador: Pesquisador: APTA Polo Centro Sul Piracicaba-SP; acvitti@apta.sp.gov.br.



**11º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2017**  
**02 a 04 de agosto de 2017 – Campinas, São Paulo**  
**ISBN 978-85-7029-135-6**

**ABSTRACT** – Urea is the main source of nitrogen on the Brazilian agriculture, but when applied over the straw on the field, the risk of losses of N-NH<sub>3</sub> by volatilization is higher. The present study aims to assess the losses of nitrogen by volatilization, specifically N coming from urea, whether it is mixed with concentrated vinasse or not. An experiment was conducted, on an oxisol condition, at APTA Polo Centro Sul - Piracicaba/SP. Semi-open collectors were installed, in which the equivalent of 12 ton.ha<sup>-1</sup> of straw was added. The treatments were realized with 5 repetitions: T1: Urea; T2: Concentrated Vinasse + Urea; and T3: Control treatment with the addition of concentrated vinasse that was used to subtract from the values of the mixed treatment. The quantities applied were 100kg ha<sup>-1</sup> of N and 6.5 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> of vinasse on the cultivation line. 10 collections were made through 31 days. To determine the amount of volatilized N-NH<sub>3</sub>, the salicylate method was used. The results were put under the variance analysis (F-Test) along with the comparison of averages through Tukey test at 5% of significance. At the treatment with Urea, the losses were in the order of 59.9%. After the mixture with concentrated vinasse, the losses reached 36.2%, therefore, the mixture reduced the waste of N-NH<sub>3</sub> on 40%. Considering the cost of a kilogram of urea at R\$ 1.38 (February/2017), the mixture with concentrated vinasse allowed savings of 30.3% on costs. These results are of great value for Brazil, since the country has a tropical climate (high temperature and humidity), conditions which reduce the efficiency on the use amide sources.

**Keywords:** sugar cane; nitrogen fertilization; ammonia; organomineral fertilization



## 1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar tem um papel muito importante na economia brasileira, sendo o país que mais produz no mundo, seguido pela Índia. A produção nacional de cana-de-açúcar na safra 2016/2017 foi estimada em 694,54 milhões de toneladas, crescimento avaliado em 4,4% em relação a safra 2015/2016 (CONAB, 2016), com destaque para o estado de São Paulo, tendo uma área de aproximadamente 5,4 milhões de hectares e produção de mais de 400 milhões de toneladas por ano (AGRIANUAL, 2015).

Após a colheita mecanizada, uma grande quantidade de resíduos vegetais fica sobre o solo. A palhada (folha seca e verde, ponteiros e pedaços de colmo) possibilita uma cobertura de 10 a 20 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de matéria seca, o que corresponde de 40 a 100 kg ha<sup>-1</sup> de N (VITTI et al., 2008). Segundo Fortes et al. (2013), estudos indicam que não queimar a palha na superfície do solo pode diminuir a adubação nitrogenada em até 50 kg ha<sup>-1</sup>.

A ureia é a fonte nitrogenada mais utilizada no Brasil (TASCA et al., 2011), em razão de sua alta concentração de nitrogênio (45%) e, conseqüentemente, seu menor custo por quilograma de N em relação aos demais fertilizantes nitrogenados sólidos. Comparando o preço da ureia ao nitrato de amônio, à ureia em Janeiro/2017 custava R\$ 1.470,00/tonelada, o que corresponde a 450 kg de N. O nitrato de amônio no mesmo período apresentou valor de R\$ 1.220,00/tonelada, e o equivalente a 320 kg de N (AGNOCAFE, 2017).

O processo de volatilização da amônia proveniente da ureia caracteriza-se pela hidrólise do seu componente amídico por meio da enzima urease, produzida por bactérias e fungos presentes no solo e nos resíduos culturais. Fatores ambientais como temperatura e umidade do solo elevadas, além da quantidade de restos vegetais no solo (palha de cana), promovem maior atividade ureolítica, resultando em maiores taxas de volatilização de N-NH<sub>3</sub>. Os restos vegetais além de proporcionarem a rápida hidrólise do fertilizante, reduzem o contato do fertilizante com o solo, o que diminui a adsorção de amônio pelos colóides orgânicos e inorgânicos (SANGOI et al., 2003; DA ROS et al., 2005).

Grande parte das usinas de cana-de-açúcar realiza a fertirrigação com vinhaça *in natura* e/ou concentrada, sendo que ambas expressam o potencial para substituir totalmente a adubação potássica da cultura. Contudo, a aplicação de lâminas que supram a necessidade de K<sub>2</sub>O, não é suficiente para suprir a adubação nitrogenada para a cultura. Portanto, o acréscimo de alguma fonte de N, em destaque a vinhaça concentrada, torna-se necessário, formulando-o como um fertilizante organomineral, que seja capaz de suprir pelo menos as necessidades deste macronutriente para a cultura, evitando assim, a complementação de N que é uma pratica rotineira.



Devido à grande utilização da ureia na agricultura, e as grandes perdas do nitrogênio por volatilização, muitas pesquisas estão sendo realizadas para aumentar a eficiência da ureia em relação ao processo de volatilização da amônia (PAIVA et al., 2012; FARIA et al., 2013; FRAZÃO et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2014)

Com o intuito de obter maiores informações sobre as quantidades de perdas de N por volatilização provenientes da ureia e sobre o custo da sua mistura com a vinhaça concentrada, este trabalho teve como objetivo avaliar se a mistura de vinhaça concentrada à fonte amídica uréica pode alterar ou não as perdas de N por volatilização, e realizar uma avaliação preliminar do custo da aplicação de N complementar.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

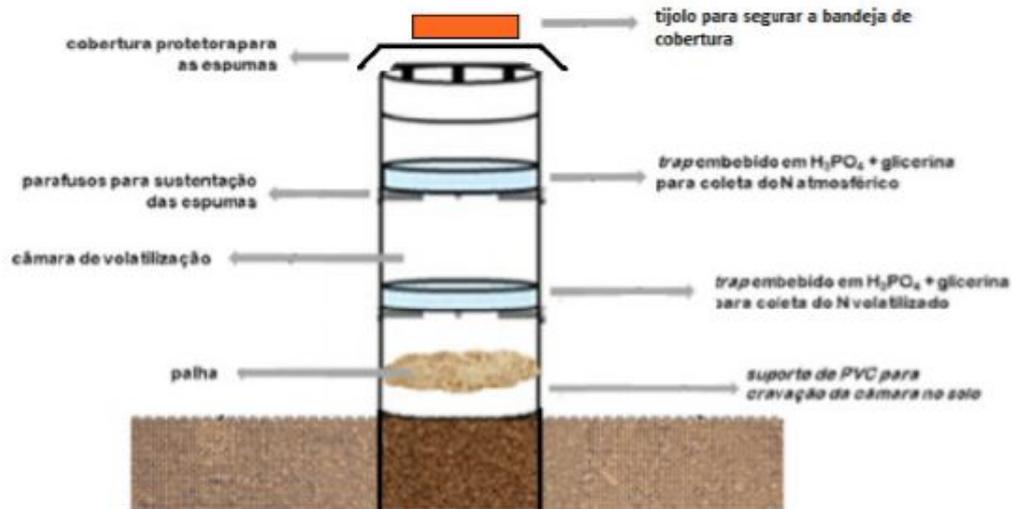
O experimento foi conduzido em condições de campo em Latossolo Vermelho, na APTA Polo Centro Sul - Piracicaba/SP (22°42'30" S; 47°38'00" W e altitude de 546 m). Segundo o sistema de Koeppen, o clima da região é do tipo CWA, mesotérmico, com verões quentes e úmidos, e invernos secos. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, contendo 3 tratamentos (Tabela 1) com cinco repetições, totalizando 15 parcelas.

**Tabela 1.** Descrição dos tratamentos.

Tratamento	Descrição
T1	Ureia
T2	Ureia + Vinhaça Concentrada
T3	Vinhaça Concentrada

O experimento foi montado em Setembro de 2016, no qual foram instalados coletores semiabertos estáticos (Figura 1) (LARAS CABEZAS; TRIVELIN, 1990) nas entrelinhas da cana-de-açúcar. Dentro dos coletores foram colocados 37g de palha, simulando a quantidade de 12 toneladas por hectare. Na aplicação dos tratamentos foi considerada a aplicação de 100 kg de N ha<sup>-1</sup>, fornecidos por uma lâmina de 6,5 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de vinhaça concentrada de acordo com os níveis de potássio e da acidez titulável. O teor de N na fonte ureia foi de 45%.

A vinhaça foi coletada na Usina Costa Pinto, Grupo Raizen, Piracicaba, SP que utiliza evaporadores de fluxo descendente do tipo névoa turbulento conhecida como tecnologia T.A.S.T.E. (*Thermally Accelerated Short Time Evaporation*). A vinhaça foi produzida com teor de 22% de sólidos, com volume reduzido em aproximadamente cinco vezes. Em relação ao resíduo foram determinados os teores de nitrogênio orgânico pelo método Kjeldahl e nitrogênio nítrico e amoniacal (AOAC, 1984).



**Figura 1.** Configuração do coletor de N-NH<sub>3</sub> volatilizado.

Para a coleta de NH<sub>3</sub> foram posicionadas 02 espumas, previamente lavadas com água deionizada e embebidas em solução 1 mol L<sup>-1</sup> com ácido fosfórico e glicerina, nas câmaras de volatilização de cada coletor. Cada espuma possui 2,0 cm de espessura e aproximadamente 15 cm de diâmetro. A duplicação no número de espumas foi necessária considerando a necessidade de uma espuma funcionar com trap (armadilha) de nitrogênio atmosférico colocada na parte superior do coletor, que nesse caso, poderia interferir nos valores analíticos de N-NH<sub>3</sub>.

Ao longo do experimento foram realizadas 10 coletas, totalizando 31 dias, sendo que da primeira à quinta coleta, a extração das espumas foi feita considerando um intervalo de 2 (dois) dias, a medida que, à partir da sexta coleta, onde a volatilização tende a se estabilizar, foi estabelecido um período de 3 (três) dias e, na sequência, 5 (cinco) dias. A extração da solução presente nas esponjas consistiu em espremer vigorosamente cada espuma mediante a adição de água deionizada em volume de 150 mL, repetindo essa operação três vezes. O volume de solução extraído foi posteriormente pesado em balança analítica e os frascos foram armazenados em *freezer*. As etapas descritas acima estão ilustradas na Figura 2.



**Figura 2.** Etapas da instalação do experimento.

Para determinar os teores de  $N-NH_3$  volatilizados ao longo do experimento foi empregado o método salicilato proposto por Kempers e Zweers (1986). Esse método utiliza como reagentes salicilato de sódio, nitroprussiato de sódio, citrato de sódio e hipoclorito, considerando 4,0 mL o volume final da amostra, nas devidas diluições. Os tubos com a mistura amostra + reagentes foram mantidos em temperatura ambiente no escuro por 120 minutos para o desenvolvimento da cor azul esmeralda. A absorbância da solução foi medida no comprimento de onda de 647 nm usando cubeta de 1,0 cm. A curva de referência foi preparada a partir de uma solução padrão



**11º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2017**  
**02 a 04 de agosto de 2017 – Campinas, São Paulo**  
**ISBN 978-85-7029-135-6**

de 140 mg L<sup>-1</sup> de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> utilizando como reagente o sulfato de amônio P.A. A leitura foi realizada no período máximo de uma hora após o desenvolvimento da cor.

Os resultados obtidos para a variável perda de N-NH<sub>3</sub> volatilizado das fontes foram submetidos à análise de variância (Teste F) e depois a comparação múltipla entre as médias pelo teste de Tukey a 5% de significância. Esses procedimentos foram realizados usando o pacote ExpDes versão 1.1.2 (FERREIRA et al., 2013) em software do programa R versão 2.15.1 (R CORE TEAM, 2012).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A vinhaça concentrada empregada nesse estudo apresentou concentração de N-Total (mineral + orgânico) de 0,21%. Assim, no tratamento com mistura da fonte nitrogenada + resíduo, foi fornecida uma dose adicional de 13,65 kg de N ha<sup>-1</sup>. No tratamento somente com vinhaça concentrada, as perdas de N por volatilização foram insignificantes (Tabela 2). O nitrogênio presente na vinhaça encontra-se principalmente na forma orgânica. Assim, o mesmo precisa ser mineralizado para sua posterior transformação nas formas mineral e, na sequência, nítrica. Esse resultado indicou que a adição de vinhaça não interferiu nas perdas de N por volatilização no sistema.

**Tabela 2.** Doses de N aplicadas sob os coletores de amônia e perdas N acumuladas ao longo do ensaio.

Tratamentos	Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )*	Perdas de N acumuladas (kg ha <sup>-1</sup> )	Kg N retido	Perdas acumuladas (%)	Redução perdas acidez titulável (%)**
Sem adição de vinhaça					
Ureia sólida	100,00	59,86 A	40,14	59,86	-
Com adição de vinhaça					
Vinhaça concentrada	13,65	0,10	-	-	-
Ureia sólida	99,45	35,96 B	63,49	36,16	39,6
F-valor para os tratamentos	52,6				
Pr>(F) para tratamentos	9,25 x 10 <sup>-16</sup>				
Coeficiente de Variação (%)	11,4				

\* Quantidade de N adicionada em cada coletor.

\*\* Porcentagem de redução nas perdas com a mistura com vinhaça concentrada de acordo com cada fonte.

Letras maiúsculas idênticas não diferem entre si entre tratamentos com ou sem adição de vinhaça concentrada.

Considerando somente o tratamento com aplicação da fonte ureia (Tabela 2), as perdas foram de 59,9%. Cantarella et al. (1999) observaram que a ureia aplicada sobre a palha de cana-de-açúcar em condições de campo, na mesma dose empregada nesse ensaio, apresentou perdas de 30%. Já Oliveira (1999) e Costa et al. (2003) verificaram que a uréia aplicada sobre a palha de cana-de-açúcar



**11º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2017**  
**02 a 04 de agosto de 2017 – Campinas, São Paulo**  
**ISBN 978-85-7029-135-6**

apresentou perdas próximas a 40% e 35% respectivamente. Esses autores pontuaram que precipitações de volumes consideráveis anteriores a instalação dos experimentos fizeram com que o solo apresentasse umidade, contribuindo para aumento nas perdas de N-NH<sub>3</sub>. Lara Cabezas et al. (1997; 2000) quantificaram as perdas de N por volatilização na cultura do milho com aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup> empregando fonte ureia. No primeiro trabalho, foram registradas perdas de 78% para ureia. Já no segundo trabalho, as perdas foram menores, em torno de 54%.

Quando se compara o tratamento com aplicação do adubo nitrogenado ureia com o mesmo tratamento onde houve a mistura com a vinhaça concentrada, observa-se que houve uma redução significativa nas perdas de N de 39,6% (Tabela 2). Esse comportamento pode ser explicado em razão da mistura com um resíduo rico em matéria orgânica e com presença de acidez titulável. Esse parâmetro determina a quantidade de N amoniacal passível de ser retida pela acidez original da vinhaça concentrada (pH igual a 4,8), sem que ocorra volatilização do nitrogênio adicionado via fonte nitrogenada. A quantidade de nitrogênio amoniacal que foi retida pela vinhaça concentrada utilizada no ensaio, em pH 7,0, considerando uma lâmina de aplicação de 6,5 m<sup>3</sup>, foi de 8,5 kg. Portanto, esse parâmetro explica a diferença estatística encontrada entre os tratamentos com e sem adição de vinhaça concentrada (Tabela 1). Além disso, é importante salientar que a aplicação localizada da mistura vinhaça concentrada + fonte nitrogenada fez com que parte do volume não ficasse retido na palha, havendo infiltração no solo, o que facilitou a incorporação do fertilizante, ou seja, a difusão do íon NH<sub>4</sub><sup>+</sup> no solo.

A umidade relativa do ar variou de 58,6% a 90,5%, ao passo que, as temperaturas mínimas chegaram a 9,6°C (primeiros dias do ensaio) e as máximas chegaram a 37,3°C (última semana do ensaio). Considerando os primeiros 10 dias (período mais importante para os estudos de volatilização de N), a umidade relativa do ar ficou em 67,5%, e as temperaturas variaram em média de 13,7°C a 28,3°C. As perdas de N por volatilização são muito dependentes de fatores climáticos dentre eles, a temperatura e umidade relativa do ar (BOUWMEESTER et al., 1985). Huijsmans et al. (2003) observaram que o aumento de 10°C na temperatura ambiente resultou em 54% de aumento na volatilização de amônia, ao passo que, uma diminuição de 24°C na temperatura pode reduzir as perdas de NH<sub>3</sub> em 71% (ERNST; MASSEY, 1960).

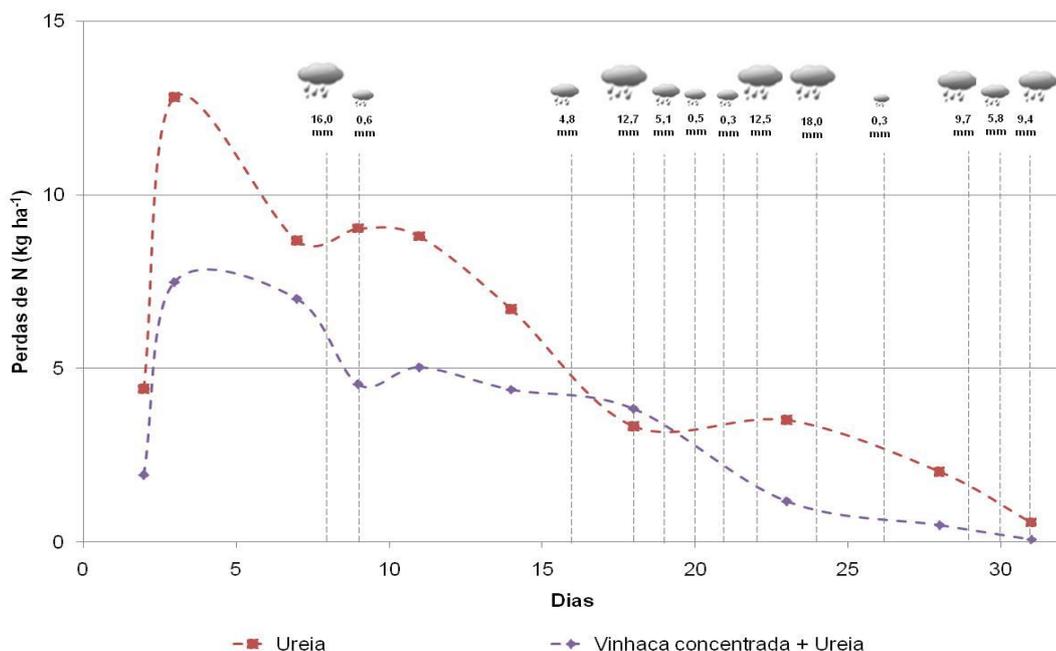
Em relação ao fator precipitação, no primeiro decenal choveu 21,3 mm, no segundo choveu o acumulado de 21,8 mm e no terceiro o acumulado de 57,1 mm. Segundo Al-Kanani et al. (1991), as máximas perdas diárias de amônia por volatilização concentram-se nos primeiros seis dias após a aplicação do fertilizante. Entretanto, Cantarella et al. (2008) pontuou que, as perdas de NH<sub>3</sub> em condições de solo úmido e altas temperaturas, que são típicas de países tropicais, geralmente apresentam pico no segundo ou terceiro dia após a aplicação do fertilizante nitrogenado.



**11º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2017**  
**02 a 04 de agosto de 2017 – Campinas, São Paulo**  
**ISBN 978-85-7029-135-6**

A incorporação da ureia no solo pode ser feita de forma mecânica, mas ela também pode ocorrer por ação da água proveniente das chuvas ou mesmo de irrigação. Hargrove (1988) determinou que 10 a 20 mm pode ser uma lâmina suficiente para incorporar a ureia e reduzir ou mesmo eliminar as perdas de  $\text{NH}_3$  em solo descoberto. Entretanto, a presença de palha pode exigir lâmina de água maior para que ocorra a incorporação. Nesse cenário de cobertura do solo com palhada da cana, vários autores determinaram perdas significativas de  $\text{N-NH}_3$  mesmo após volumes considerados de chuva. Prammanee et al. (1989) observaram perdas de 21% em área que recebeu 100 mm de chuvas intermitentes por três dias. Esse comportamento se explica em decorrência da formação de canais preferenciais na palha onde a água escoar, arrastando a ureia consigo e incorporando-a ao solo (FRENEY et al., 1994).

De acordo com a Figura 3, no caso da ureia, o pico ocorreu em 3 dias. Não foi registrado nenhum evento de chuva nos sete dias anteriores à aplicação dos fertilizantes, porém vale mencionar que, no primeiro decenal, a umidade relativa do ar ficou em quase 70%, o que significa que o ar nessas condições fica praticamente saturado de vapor d'água. Além disso, mesmo o orvalho noturno pode ter, nesse caso, desencadeado o processo de hidrólise enzimática da molécula de uréia, pois a atividade da urease pode ocorrer em uma ampla faixa de umidade do solo. Para o tratamento com a presença da vinhaça concentrada, observou-se que a mistura do resíduo com a fonte ureia reduziu significativamente as perdas de N (Tabela 2), porém não promoveu retardo no pico de volatilização (Figura 3).



**Figura 3.** Perdas de N acumuladas ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em relação aos dias após aplicação de ureia sobre a palha de cana-de-açúcar misturada ou não a vinhaça concentrada



**11º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2017**  
**02 a 04 de agosto de 2017 – Campinas, São Paulo**  
**ISBN 978-85-7029-135-6**

Para o tratamento com ureia, verifica-se na Figura 3 que ocorreu uma chuva de 16,0 mm no 8º dia de ensaio. Os coletores empregados no ensaio possuem cobertura para proteção das chuvas. Dessa forma, esse volume de chuva não entrou em contato direto com a ureia aplicada sobre a palha, não fazendo sentido discutir aspectos de incorporação do fertilizante ao solo nesse cenário. Contudo, é possível que uma quantidade suficiente de umidade do solo tenha subido da base do coletor por capilaridade e tenha umedecido a palha em sua parte inferior e, como resultado, tenha estimulado a hidrólise, obtendo-se um novo pico de perda no 9º dia, porém menos acentuado.

Um dos objetivos do presente trabalho foi realizar também uma avaliação preliminar dos benefícios financeiros provenientes da mistura da ureia com a vinhaça concentrada. Para aplicar 100 kg de N ha<sup>-1</sup>, seria necessário a quantidade de 86,3 kg de N na lâmina de 6,5 m<sup>3</sup> de vinhaça, considerando que 13,7 kg de N são provenientes da própria vinhaça, e isto seria equivalente a 191,8 kg de ureia na lâmina de vinhaça considerada.

Se for considerado o custo de produção, o valor da ureia sólida fica em torno de R\$ 1,38/kg (Fevereiro/2017). Ao considerar 86,3 kg ha<sup>-1</sup> de N, deve-se aplicar 191,8 kg de ureia ha<sup>-1</sup> em 6,5 m<sup>3</sup> de vinhaça. Nesse caso, o custo por hectare seria de R\$ 264,7. Considerando a ureia sem mistura, deve-se adicionar 53,1 kg de ureia a mais do fertilizante na lâmina de N ureia que foi perdido por volatilização, cujo custo total seria de R\$ 379,9. Portanto, o custo de complementar o nitrogênio na vinhaça com ureia seria R\$ 115,2/ha menor, representando uma economia de 30,3%.

#### **4. CONCLUSÃO**

A mistura da vinhaça concentrada junto à fonte nitrogenada proporcionou uma redução nas perdas de N, o que favorece não só a nutrição da cultura, mas também, a redução do custo da aplicação do N complementar viabilizando o uso em áreas mais distantes. Além disso, é importante enfatizar os benefícios para o meio ambiente resultante da maior segurança na aplicação da vinhaça concentrada em comparação com a vinhaça *in natura* (menores volumes aplicados e distribuição uniforme).

#### **AGRADECIMENTOS**

Ao CNPq pela bolsa concedida e a empresa KOCH pelo financiamento do projeto.



**11º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2017**  
**02 a 04 de agosto de 2017 – Campinas, São Paulo**  
**ISBN 978-85-7029-135-6**

## REFERÊNCIAS

- AGNOCAFE - AGÊNCIA DE NOTÍCIAS DO CAFÉ. 2017 Custos Fertilizantes. Disponível em: <http://www.agnocafe.com.br/planilha?qidCatPlan=1&qNomeCatPlan=Fertilizantes>. Acesso em 21 fev. 2017.
- AGRIBUS. 2015 Anuário estatístico da agricultura. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, p.239-242, 2015.
- AL-KANANI, T.; MACKENZIE, A.F.; BARTHAKUR, N.N. Soil water and ammonia volatilization relationships with surface-applied nitrogen fertilizer solutions. **Soil Science Society of America Journal**, v. 55, n. 6, p. 1761-1766, 1991.
- AOAC – Association of Official Analytical Chemists – International. 1984 Official Methods of Analysis. 14 ed. AOAC, Gaithersburg, MD, USA.
- BOUWMEESTER, R.J.B.; VLEK, P.L.G.; STUMPE, J.M. Effect of environmental factors on ammonia volatilization from a urea-fertilized soil. **Soil Science Society of America Journal**. Madison, v.49, n.2, p.376-381, 1985.
- CANTARELLA, H.; ROSSETO, R.; BARBOSA, W.; PENNA, M.J.; RESENDE, L.C.L. Perdas de nitrogênio por volatilização da amônia e resposta da cana-de-açúcar à adubação nitrogenada, em sistema de colheita de cana sem queima prévia. In: Congresso Nacional da STAB, 7., Londrina, p.82-87, 1999.
- CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P.C.O.; CONTIN, T.L.M.; DIAS, F.L.F.; ROSSETTO, R.; MARCELINO, R.; COIMBRA, R.B.; QUAGGIO, J.A. Ammonia volatilisation from urease inhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. **Scientia Agrícola**, v. 65, n. 4, p. 397-401, 2008.
- CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira Cana-de-Açúcar – Safra 2016/2017 – Terceiro Levantamento, Monitoramento Agrícola, v.3, n.3, 2016. Disponível em < <http://www.conab.gov.br>>. Data de acesso: 17 de janeiro de 2017.
- COSTA, M.C.G.; VITTI, G.C.; CANTARELLA, H. Volatilização de N-NH<sub>3</sub> de fontes nitrogenadas em cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p. 631-637, 2003.
- DA ROS, C.O.; AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Ammonia volatilization after urea surface applied in corn no-tillage. **Ciência Rural**, v.35, n.4, p.799-805, 2005.
- ERNST, J.W.; MASSEY, H.F. The effects of several factors on volatilization of ammonia formed from urea in the soil. **Soil Science Society of America Journal**, v. 24, n. 2, p. 87-90, 1960.
- FARIA, L.A.; NASCIMENTO, C.A.C. do; VITTI, G.C.; LUZ, P.H. de C.; GUEDES, E.M.S. Loss of ammonia from nitrogen fertilizers applied to maize and soybean straw. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, p.969-975, 2013.
- FERREIRA, E.B., Cavalcanti, P.P., Nogueira, D.A. 2013 ExpDes: Experimental designs package. R package version 1.1.2.R CRAN.
- FORTES, C.; VITTI, A.C.; OTTO, R.; FERREIRA, D.A.; FRANCO, H.C.J.; TRIVELIN, P.C.O. Contribution of nitrogen from sugarcane harvest residues and urea for crop nutrition. **Scientia Agrícola** (USP. Impresso), v. 70, p. 313-320, 2013.
- FRAZÃO, J.J.; SILVA, A.R.; SILVA, V.L.; OLIVEIRA, V.A.; CORRÊA, R.S. Fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada e ureia na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, p.1262-1267, 2014.
- FRENEY, J.R.; DENMEAD, O.T.; WOOD, A.W.; SAFFIGNA, P.G. Ammonia loss following urea addition to sugar



**11º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2017**  
**02 a 04 de agosto de 2017 – Campinas, São Paulo**  
**ISBN 978-85-7029-135-6**

cane trash blankets. **Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologists**, p. 114-121, 1994.

HARGROVE, W.L. Soil environmental, and management factors influencing ammonia volatilization under field conditions. In: *BOCK, B.R., KISSEL, D.R. Ammonia volatilization from urea fertilizers*. Muscle Shoals: National Fertilizer Development Center, Tennessee Valley Authority, p.17-36, 1988.

HUIJSMANS, J.F.M.; HOL, J.M.G.; VERMEULEN, G.D. Effect of application method, manure characteristics, weather and field conditions on ammonia volatilization from manure applied to arable land. **Atmospheric Environment**, v. 37, n. 26, p. 3669-3680, 2003.

KEMPERS, A.J.; ZWEERS, A. Ammonium determination in soil extracts by the salicylate method. **Communications in Soil Science & Plant Analysis**, v. 17, n. 7, p. 715-723, 1986.

LARA CABEZAS, W.A.R.; TRIVELIN, P.C.O. Eficiência de um coletor semi-aberto estático na quantificação de N-NH<sub>3</sub> volatilizado da uréia aplicada ao solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 14:345-352, 1990.

LARA CABEZAS, W.A.R.; TRIVELIN, P.C.O.; KONDÖRFER, G.H.; PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura de milho, em sistema plantio direto no triângulo mineiro (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 363-376, 2000.

LARA CABEZAS, W.A.R.; KORNDORFER, G.H.; MOTTA, S.A. Volatilização de N-NH<sub>3</sub> na cultura do milho: I. Efeito da irrigação e substituição parcial da ureia por sulfato de amônio. **Revista Brasileira de ciência do Solo**, v.21, p.481-487, 1997.

LARA CABEZAS, W.A.R.; TRIVELIN, P.C.O. Eficiência de um coletor semi-aberto estático na quantificação de N-NH<sub>3</sub> volatilizado da ureia aplicada ao solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.14, p.345-352, 1990.

OLIVEIRA, M.W. Dinâmica do nitrogênio da uréia (15N) no sistema solo-cana-de açúcar com ou sem queima da palhada. Tese (de Doutorado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

OLIVEIRA, J.A.; STAFANATO, J.B.; GOULART, R. S.; ZONTA, E.; LIMA, E.; MAZUR, N.; PEREIRA, C.G.; SOUZA, H.N.; COSTA, F.G.M. Volatilização de amônia proveniente de ureia compactada com enxofre e bentonita, em ambiente controlado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p.1558- 1564, 2014.

R CORE TEAM. 2012. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2012. Disponível em: <http://cran.r-project.org/src/base/R-2/R-2.15.1.tar.gz>

PAIVA, D.M.; CANTARUTTI, R.B.; GUIMARÃES, G.G.F.; SILVA, I.R. Urea coated with oxidized charcoal reduces ammonia volatilization. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.1221-1229, 2012

PRAMMANEE, P.G.; SAFFIGNA, P.G.; WOOD, A.W.; FRENEY, J.R. Loss of nitrogen from urea and ammonium sulfate applied to sugar cane crop residues. In: *AUSTRALIAN SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS*, 11., Mackay, 1989. **Proceedings**. Mackay: Watson Ferguson, p.76-84, 1989.

SANGOI, L.; ERNANI, P.R.; LECH, V.A.; RAMPAZZO, C. Volatilization of N-NH<sub>3</sub> influenced by urea application forms, residue management and soil type in lab conditions. **Ciência Rural**, v.33, n.4, p.687-692, 2003.

TASCA, F.A.; ERNANI, P.R.; ROGERI, D.A.; GATIBONI, L.C.; CASSOL, P.C. Volatilização de amônia do solo após a aplicação de ureia convencional ou com inibidor de urease. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.493-502, 2011. DOI: 10.1590/S0100- 06832011000200018.

VITTI, A.C.; TRIVELIN, P.C.O.; CANTARELLA, H.; FARONI, C.E.; FRANCO, H.C.J.; OTTO, R.; TRIVELIN, M.O.; TOALIARI, J.G. Mineralização da palhada e desenvolvimento de raízes de cana-de-açúcar relacionados à adubação nitrogenada de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2757-2762, 2008.