

## VOLATILIZAÇÃO DE AMÔNIA PROVENIENTE DE UREIA PROTEGIDA EM BRAQUIÁRIA IRRIGADA\*

ALEXIA MORELLO DA SILVA CASCALDI<sup>1</sup>; ROGÉRIO TEIXEIRA DE FARIA<sup>1</sup>;  
LUIZ FABIANO PALARETTI<sup>1</sup>; MIQUÉIAS GOMES DOS SANTOS<sup>1</sup>; JOÃO  
ALBERTO FISCHER FILHO<sup>2</sup> E JAIRO OSVALDO CAZETTA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia Rural, Universidade Estadual Paulista (Unesp) – Campus de Jaboticabal, Via de Acesso Professor Paulo Donato Castelane, s/n, Vila Industrial, 14884-900, Jaboticabal, SP, Brasil. E-mail: [alexia.morello@unesp.br](mailto:alexia.morello@unesp.br), [rogerio.faria@unesp.br](mailto:rogerio.faria@unesp.br), [luiz.f.palaretti@unesp.br](mailto:luiz.f.palaretti@unesp.br), [miqueiassjp@yahoo.com.br](mailto:miqueiassjp@yahoo.com.br)

<sup>2</sup>Departamento de Ciências Exatas e da Terra, Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Frutal, Av. Professor Mário Palmerio, 1001, Bairro Universitário, 38200-000, Frutal, MG, Brasil. E-mail: [joao.fischer@uemg.br](mailto:joao.fischer@uemg.br)

<sup>3</sup>Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (Unesp) – Campus de Jaboticabal, Via de Acesso Professor Paulo Donato Castelane, s/n, Vila Industrial, 14884-900, Jaboticabal, SP, Brasil. E-mail: [jairo.cazetta@unesp.br](mailto:jairo.cazetta@unesp.br)

\*O artigo foi gerado a partir da dissertação de mestrado do primeiro autor.

### 1 RESUMO

O nitrogênio é essencial para as culturas, entretanto seu aproveitamento está sujeito a perdas no sistema solo-planta-atmosfera. Assim, alguns compostos têm sido utilizados com o propósito de reduzir essas perdas, aumentando a eficiência dos fertilizantes nitrogenados. O objetivo deste trabalho foi verificar o efeito da utilização do estabilizante de nitrogênio NZone Max<sup>®</sup> sobre as perdas de N por volatilização de amônia e lixiviação de nitrato, em cultivo de *Urochloa brizantha* cv. Marandu. O experimento foi conduzido em Jaboticabal - SP e os tratamentos consistiram em 4 lâminas de irrigação (0,20; 0,40; 0,60 e 0,80 da evapotranspiração de referência), com adição ou não de estabilizante de nitrogênio à ureia aplicada. O delineamento experimental foi em faixa com parcela subdividida, com lâminas na parcela e estabilizante na subparcela, com 4 repetições. Foram medidos: taxa de volatilização de amônia, teores de nitrato, amônio, N-total e valores de pH e condutividade elétrica da solução do solo. A taxa de volatilização de amônia atingiu um máximo no terceiro dia após a adubação. Nesse momento, a menor lâmina apresentou a maior taxa de amônia volatilizada, enquanto que a maior lâmina foi a de menor volatilização. Não foi observado efeito significativo do NZone Max<sup>®</sup> nas variáveis analisadas.

**Palavras-chave:** nitrogênio, irrigação, pastagem, *Urochloa brizantha*.

CASCALDI, A. M. S.; FARIA, R. T.; PALARETTI, L. F.; SANTOS, M. G.; FISCHER  
FILHO, J. A.; CAZETTA, J. O.  
AMMONIA VOLATILIZATION FROM COATED UREA IN IRRIGATED  
BRACHIARIA CROP

## 2 ABSTRACT

Nitrogen is an essential nutrient for crops, however its use is subject to many losses in the soil-plant-atmosphere system. Thus, some compounds have been used for the purpose of reducing these losses, increasing the efficiency of nitrogen fertilizers. The objective of this work was to verify the effect of NZone Max<sup>®</sup> nitrogen stabilizer on N losses through ammonia volatilization and nitrate leaching, in an *Urochloa brizantha* cv. Marandu crop. A field experiment was carried out in Jaboticabal – SP, and treatments consisted of 4 irrigation depths (0.20, 0.40, 0.60 and 0.80 of the reference evapotranspiration), with and without nitrogen stabilizer added to applied urea. The treatments were arranged in a split-plot strip design, with irrigation depths in the plot and stabilizer in the subplot, with 4 replications. The following variables were measured: ammonia volatilization rate, nitrate, ammonium, N-total, pH and electrical conductivity of the soil solution. The volatilization rate of ammonia reached the highest values on the third day after fertilization. At that moment, the lower irrigation depth presented a higher rate of volatilized ammonia, while the higher depth presented the lowest volatilization. There was no significant effect of NZone Max<sup>®</sup> for the analyzed variables.

**Keywords:** nitrogen, irrigation, pasture, *Urochloa brizantha*.

## 3 INTRODUÇÃO

O nitrogênio (N) é um dos nutrientes necessários para o desenvolvimento das forrageiras (SILVA et al., 2013), mas sua dinâmica no sistema solo-planta-atmosfera leva a perdas, sobretudo por volatilização de amônia e lixiviação de nitrato, com reflexos nos custos de produção e no meio ambiente (SANTOS et al., 2016; DALL'ORSOLETTA et al., 2017).

A umidade do solo é um dos fatores que mais afeta a dinâmica do N no solo, pois interfere no processo de hidrólise da ureia e provoca lixiviação do nutriente no perfil do solo. Nesse contexto, compostos químicos com potencial de reduzir as perdas de N, tais como: N-(n-butyl) tiofosfórico triamida (NBPT), ácido bórico, sulfato de cobre, enxofre elementar e alguns polímeros, vêm sendo utilizados conjuntamente aos fertilizantes nitrogenados, entretanto nem sempre se mostram efetivos (TASCA et al., 2011; FARIA et al., 2013; NASCIMENTO et al., 2013; CANCELLIER et al., 2016; RODRIGUES et al., 2016).

O NZone Max<sup>®</sup> (*AgXplore:USA*) preconiza a redução das perdas de N, por possuir em sua formulação o polímero Alkylarylpolioxetileno glicol, que reveste o grânulo da ureia, promovendo sua lenta liberação, e compostos que promovem a estabilização do NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e inibição da nitrificação (AGXPLORE, 2015). Entretanto, a eficácia desse produto ainda não foi constatada sob as condições edafoclimáticas brasileiras, pois os poucos trabalhos de pesquisa com esse produto revelam dados ainda pouco consistentes, em sua maioria relacionados à produtividade das culturas, sem considerar, as perdas de N no sistema (SILVA, 2016).

Considerando-se as hipóteses de que a umidade do solo afeta a volatilização e lixiviação de N e de que o NZone Max<sup>®</sup> reduz as perdas de N, foi realizado um estudo com o objetivo de determinar as perdas por volatilização e lixiviação decorrentes do regime hídrico do solo e do uso de ureia tratada com NZone Max<sup>®</sup>, e sua interação com diferentes lâminas de irrigação sob cultivo de braquiária.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

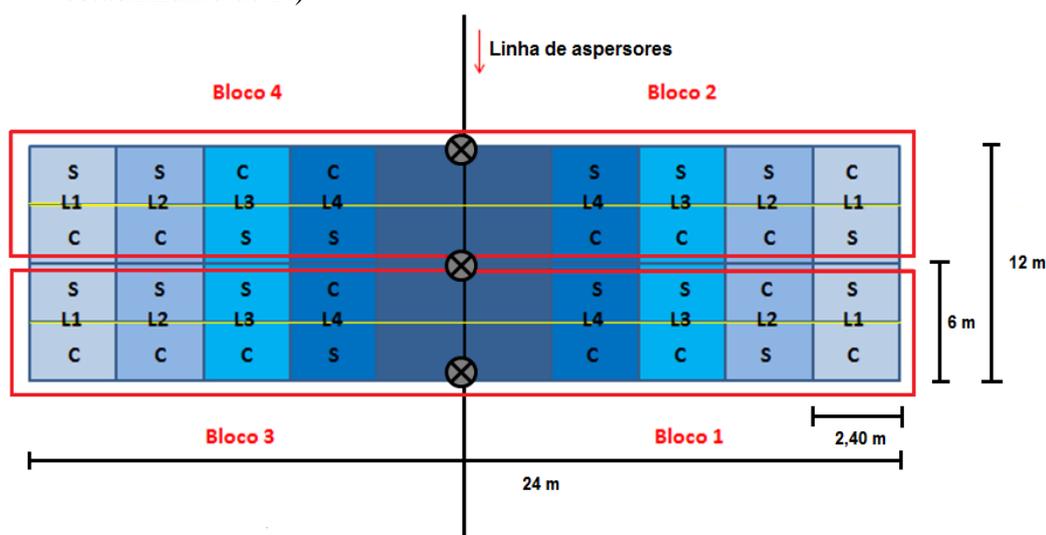
A pesquisa foi conduzida na Fazenda Experimental da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, em Jaboticabal - SP (21°14' 44" S; 48°17' 02" O), durante setembro de 2016. O clima da região é do tipo Aw, de acordo com a classificação climática de Köppen (ALVAREZ et al., 2013), com inverno seco e chuvas no verão.

O solo é do tipo Latossolo Vermelho Eutrófico (EMBRAPA, 2013), e a análise da camada de 0-20 cm, realizada conforme Van Raij et al. (2001), indicou os seguintes resultados: pH (CaCl<sub>2</sub>) = 5,4; M.O. = 35 g dm<sup>-3</sup>; P (resina) 49 mg dm<sup>-3</sup>; S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> = 5 mg dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup> = 27 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup> = 11 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup> = 5,1 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al = 25 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; SB = 43,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC = 67,6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V = 64%; B = 0,3 mg dm<sup>-3</sup>; Cu = 4,6 mg dm<sup>-3</sup>; Fe = 50 mg dm<sup>-3</sup>; Mn = 16,8 mg dm<sup>-3</sup>; Zn = 4,2 mg dm<sup>-3</sup>.

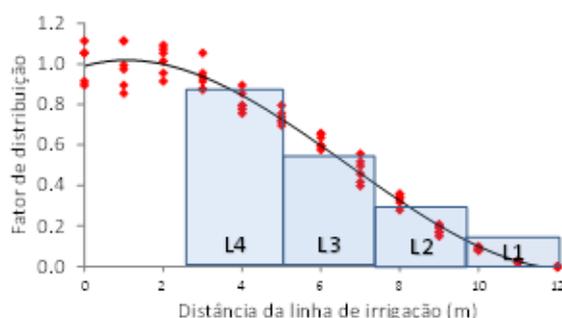
Os tratamentos consistiram de 4 lâminas de irrigação, com e sem adição de

estabilizante de N à ureia. O delineamento experimental foi em faixa com parcela subdividida, com lâminas na parcela e estabilizante na subparcela, com 4 repetições, totalizando 32 unidades experimentais com área de 7,2 m<sup>2</sup> (2,4 x 3 m) (Figura 1). Um sistema de aspersão em linha fixo proporcionou distribuição gradual da lâmina de irrigação nas parcelas, da maior (L4) à menor lâmina (L1). Esse efeito foi obtido por aspersores com duplo bocal de 8 x 5 mm (3023-2: Senninger Irrigation), operados com pressão de 300 kPa, colocados na linha de irrigação no espaçamento de 6 m, gerando um raio de alcance de 12 m e intensidade de aplicação de 13 mm h<sup>-1</sup>. Conforme a disposição das parcelas experimentais e o arranjo dos aspersores em linha, e com base em testes realizados com coletores de precipitação, foi possível determinar o fator de distribuição da precipitação para obtenção da lâmina de irrigação a aplicar em cada tratamento (Figura 2).

**Figura 1.** Esquema da área experimental apresentando a linha de aspersores, as parcelas (lâminas de irrigação: L1, L2, L3 e L4) e subparcelas (com = C e sem = S estabilizante de N).



**Figura 2.** Fator de distribuição da precipitação de aspersores em função do tratamento (Lâminas L1 a L4) e da distância da linha de irrigação.



Distância (m)	Lâmina	Fator de distribuição
2,4 – 4,8	L4	0,87
4,8 – 7,2	L3	0,60
7,2 – 9,6	L2	0,31
9,6 – 12,0	L1	0,11

As lâminas de irrigação foram calculadas em função de frações da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), correspondentes aos tratamentos, ou seja, L1 = 0,20; L2 = 0,40; L3 = 0,60 e L4 = 0,80 (Figura 2). A evapotranspiração de referência foi calculada pelo método

Penman-Monteith, utilizando o software CLIMA (FARIA et. al., 2003). Durante o período experimental houve chuva de 8,4 mm no 6º dia após a adubação, sendo realizadas 3 irrigações, uma no dia anterior à adubação e as demais aos 2 e 9 dias após a mesma (Tabela 1).

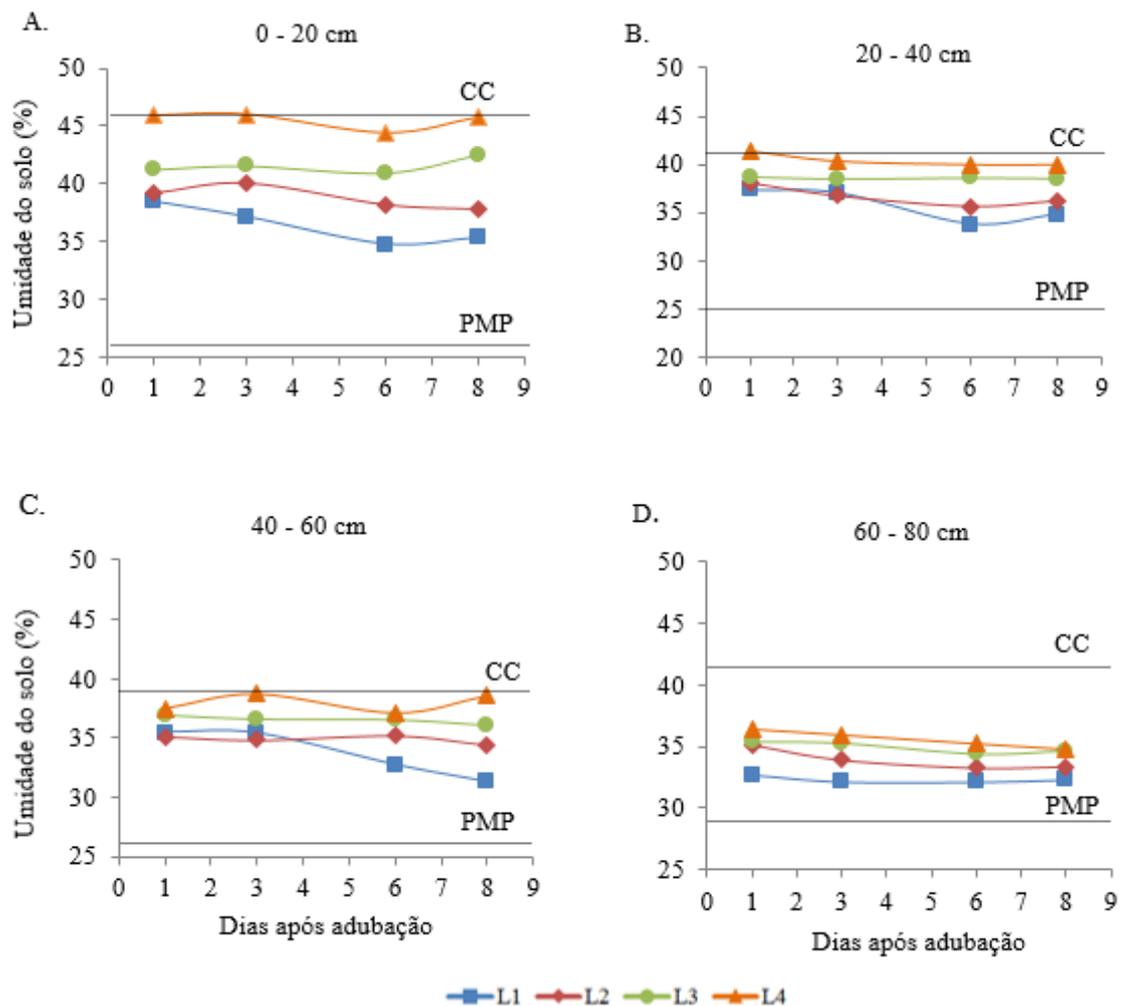
**Tabela 1.** Lâminas de irrigação aplicadas durante o período experimental em função dos tratamentos.

Irrigação	Dias após a adubação	Lâminas (mm)			
		L1	L2	L3	L4
1ª	-1	5,2	10,4	15,6	20,8
2ª	2	2,6	5,2	7,8	10,4
3ª	9	2,6	5,2	7,8	10,4
Total		10,4	20,8	31,2	41,6

Os valores de umidade do solo corresponderam à magnitude da lâmina aplicada nos tratamentos de irrigação de irrigação (Figura 3), com valores próximos à umidade de capacidade de campo nos tratamentos L3 e L4 e cerca de 40% do

intervalo de água disponível (capacidade de campo menos ponto de murcha permanente) nos tratamentos L1 e L2 na camada (0-60 cm) e na faixa de 40 a 60% da água disponível na camada 60-80 cm.

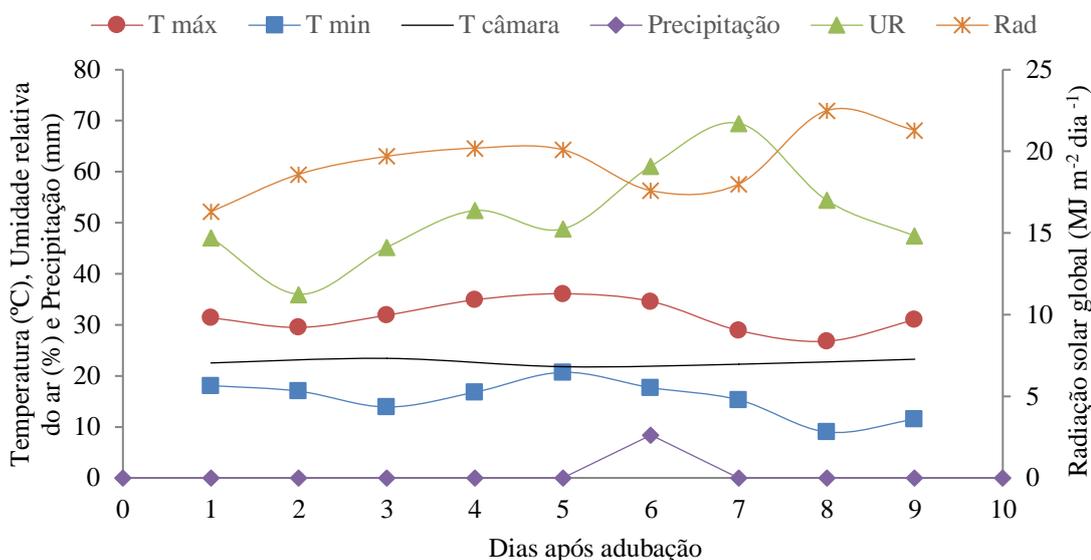
**Figura 3.** Umidade do solo em relação às lâminas de irrigação, nas profundidades de (A) 0-20 cm, (B) 20-40 cm, (C) 40-60 cm e (D) 60-80 cm, durante a condução do experimento. CC = capacidade de campo; PMP = ponto de murcha permanente



As condições meteorológicas de temperatura, radiação solar e umidade do solo são apresentadas na Figura 4,

juntamente com a temperatura interna da câmara.

**Figura 4.** Temperaturas máxima, mínima e interna das câmaras, precipitação, umidade relativa do ar e radiação solar global durante a condução do experimento.



A área experimental de *Urochloa brizantha* cv. Marandu foi roçada na altura de 20 cm e foram instaladas 32 câmaras coletoras de amônia, confeccionadas em PVC, com 15 cm de altura e 25 cm de diâmetro, com tampas vedadas por borracha na parte superior, sendo uma câmara por parcela, enterradas no solo à profundidade de 5 cm.

No dia anterior ao início das avaliações a área foi irrigada e no dia seguinte foi feita a adubação com 100 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de ureia, a lanço, sendo metade das parcelas com ureia pura e a outra metade com ureia com a adição de NZone Max<sup>®</sup> na dose recomendada pelo fabricante de 3 mL kg<sup>-1</sup>). A escolha de uma única dose, foi devido ao experimento ser exploratório, para verificar a influência do NZone sobre as perdas de N em diferentes níveis de umidade.

A taxa de volatilização de N-NH<sub>3</sub> foi determinada aos 1, 3, 5, 7 e 9 dias após a adubação. Para isso, no interior de cada câmara foi colocado um frasco suspenso por um arame fixado no solo, contendo 15 mL da solução fixadora de amônia, descrita por Hernandez e Cazetta (2001), e então as câmaras foram tampadas. Após 24 h os

frascos foram retirados e a solução foi titulada com ácido sulfúrico padronizado, obtendo-se a quantidade de N-NH<sub>3</sub> volatilizada, expressa em mg m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>.

A solução do solo nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm foi obtida no 9º dia após a adubação, por uma bomba de vácuo acoplada a tubos de PVC com cápsulas de cerâmica porosa, instalados nas parcelas com a maior lâmina de irrigação aplicada (L4).

O pH foi determinado com peagômetro digital (PM 608: Analion) e a condutividade elétrica com condutivímetro digital (MCA-150: Tecnoyon). As concentrações de nitrato, amônio e nitrogênio total foram determinadas em fotocolorímetro digital (AT 100P II multiparâmetro: Alfakit), seguindo metodologia de Rice et al. (2012).

Os dados meteorológicos diários foram obtidos da Estação Agroclimatológica da FCAV-UNESP, localizada próximo da área experimental e medidas de temperatura foram tomadas no interior das câmaras, por um termopar acoplado a um “datalogger” (CR10X: Campbell Scientific). A umidade do solo foi medida com sonda de nêutrons (503DR

Hydroprobe: CPN) nas profundidades de 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e a comparação de médias pelo teste Tukey (5%).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Amônia volatilizada

A análise de variância não apresentou efeito significativo ( $p > 0,05$ ) para estabilizante e demais interações. Por outro lado, mostrou efeitos significativos ( $p < 0,01$ ) para lâminas de irrigação, datas de determinação e interação entre elas, assim, realizou-se a comparação das médias pelo teste de Tukey (5%) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Desdobramento da interação lâmina de irrigação x data de determinação para as médias da quantidade de amônia volatilizada ( $\text{mg m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ )

Lâminas	Dias após a adubação				
	1	3	5	7	9
L1	1,98 Bc	29,04 Aa	15,07 Ab	8,62 Abc	5,65 Ac
L2	6,05ABb	28,75 Aa	9,81ABb	3,57 Ab	2,48 Ab
L3	10,41 Ab	24,5ABa	5,85 Bbc	3,27 Abc	1,98 Ac
L4	7,53ABb	20,02 Ba	5,95 Bb	2,97 Ab	2,18 Ab

Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

As maiores médias de volatilização de amônia ocorreram no 3º dia para todas as lâminas de irrigação. No 5º dia, as médias foram semelhantes às demais datas, exceto para L1, que manteve médias mais elevadas para esta data e também para o 7º dia. No 3º dia, L1 e L2 apresentaram médias superiores a L4, e este não diferiu de L3. Na determinação do 5º dia, somente L1 foi superior a L4 e, nas demais datas, não houve diferença entre as médias resultantes da aplicação das lâminas de irrigação.

A taxa de volatilização de amônia atingiu um máximo no 3º dia após a adubação, para as lâminas de irrigação aplicadas (Tabela 2), respectivamente iguais a 48, 57, 53 e 52% do total volatilizado. Sob condições de altas temperaturas e umidade do solo, o pico de volatilização geralmente ocorre no 2º ou 3º dia após a aplicação de ureia (CANTARELLA et al., 2003). Esse fato está de acordo com Soares Filho et al.

(2015), que obtiveram perdas de amônia de 78 a 90%, maiores do que no presente experimento devido à condições experimentais distintas, mas coincidentes com pico de volatilização até 3 dias após a aplicação de ureia em Capim-Tanzânia.

Este pico de volatilização no 3º dia também pode ser explicado pela irrigação realizada no dia anterior. Com o aumento da umidade do solo, há maior movimentação da ureia e, conseqüentemente, maior atividade da enzima urease, que incrementa a hidrólise da ureia, provocando aumento da volatilização de  $\text{NH}_3$  (TASCA et al., 2011). O mesmo foi observado por Kissel et al. (2004), quando realizaram a simulação de uma chuva sete dias após a adubação e observaram que houve um aumento na  $\text{NH}_3$  volatilizada. Da mesma forma, maiores perdas de amônia foram observadas com o aumento da umidade do solo sob cultivo de feijão irrigado no trabalho de Carvalho et al. (2013).

A maior lâmina de irrigação foi de 41,6 mm (L4) e acarretou a menor volatilização na época de pico (3º dia), enquanto para a lâmina de 10,4 mm (L1) a volatilização foi mais acentuada. Estes valores assemelham-se aos resultados relatados por Contin (2007), que concluiu que precipitações de 33 e 37 mm foram mais eficazes na incorporação da ureia no solo cultivado com cana-de-açúcar, reduzindo as perdas de N-NH<sub>3</sub>, quando comparadas com lâminas de 1 e 8 mm.

A elevada umidade do solo ao longo do período experimental, de 35 a 39% e 44 a 46%, da menor para a maior lâmina aplicada, respectivamente, na camada de 0-20 cm (Figura 3A), sugere que o processo de hidrólise da ureia é minimizado em altos teores de umidade do solo. Maiores perdas por volatilização ocorreram quando o solo apresentou teor intermediário de umidade, em comparação aos extremos, muito seco ou muito úmido (TASCA et al., 2011). Em condições de saturação, Costa et al. (2004) não observaram diferença em relação às perdas de amônia nos diferentes solos estudados, concluindo que em condições de elevada umidade, as características químicas e a mineralogia dos solos não interferem nas perdas de amônia, sendo a umidade o fator preponderante.

As características climáticas interferem no processo de volatilização (SOARES FILHO et al., 2015), entretanto,

apesar do aumento da temperatura no 6º dia e diminuição no 8º dia após a adubação, não se observou reflexo dessa variável na volatilização da amônia, provavelmente devido à temperatura praticamente constante dentro das câmaras (Figura 4). A precipitação de 8,4 mm no 6º dia após a adubação foi responsável pelo decréscimo da temperatura ao final do período de medidas, mas não afetou a volatilização

Nas condições experimentais, o estabilizante utilizado não apresentou efetividade, provavelmente devido à alta umidade do solo, que desfavoreceu o processo de volatilização. O mesmo foi relatado por Faria et al. (2013), que sob condições de elevada umidade do solo obtiveram perdas de NH<sub>3</sub> semelhantes para as diferentes fontes de ureia utilizadas, enquanto em condições favoráveis à volatilização, o emprego de ureia revestida com sulfato de cobre e ácido bórico proporcionou menores perdas.

## 5.2 Solução do solo

As variáveis obtidas da solução do solo não diferiram em relação à presença ou não do estabilizante de N e nem entre as profundidades. Não houve interação significativa entre a profundidade das amostras e o uso ou não do estabilizante para todos os atributos considerados (Tabela 3).

**Tabela 3.** Valores de pH, condutividade elétrica, nitrato, amônio e N-total da solução do solo nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, em relação à presença (C) ou ausência (S) de estabilizante (E)

E	Prof.	pH	Condutiv. Elétrica	Nitrato	Amônio	N-Total
	(cm)	(CaCl <sub>2</sub> )	( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	-----( $\text{mg L}^{-1}$ ) -----		
C	0-20	7,43	102,38	0,18	0,01	0,33
C	20-40	7,44	138,73	0,19	0,01	2,34
C	40-60	7,57	138,70	0,56	0,01	1,04
S	0-20	7,82	88,50	0,20	0,01	0,75
S	20-40	7,79	132,20	0,02	0,01	0,56
S	40-60	7,90	127,53	0,47	0,10	0,10

A dose de N empregada e o alto consumo pela braquiária podem ter sido responsáveis pelas baixas concentrações de elementos nitrogenados encontradas na solução do solo, bem como a falta de significância para o uso do estabilizante. Para Alexandrino, Vaz e Santos (2010), culturas como a braquiária absorvem grande quantidade de nitrogênio, o que reflete em incremento da produção de forragem. Por outro lado, Santos (2008) explica que a dinâmica do N no solo prejudica a avaliação de sua disponibilidade, devido às constantes transformações a que este nutriente está sujeito.

## 6 CONCLUSÕES

As maiores quantidades de amônia volatilizada ocorreram no 3º dia após a adubação, sendo que a maior lâmina de irrigação (41,6 mm) proporcionou menor

volatilização e a menor lâmina (10,4 mm) apresentou valores mais acentuados. Nas condições experimentais, a adição do estabilizante NZone Max® à ureia na dose utilizada pelo fabricante não promoveu redução das perdas por volatilização de amônia e lixiviação de nitrato e não alterou as variáveis da solução do solo. Doses mais elevadas de N e do estabilizante deverão ser testadas em cultivos de braquiária e outros cultivos a fim de verificar a eficácia deste insumo na redução das perdas de N.

## 7 AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## 8 REFERÊNCIAS

AGXPLORE INTERNATIONAL. **Nzone Max**. Disponível em: <http://www.agxplore.com/>. Acesso em: 3 nov. 2015.

ALEXANDRINO, E.; VAZ, R. G. M. V.; SANTOS, A. C. Características da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu durante o seu estabelecimento submetida a diferentes doses de nitrogênio. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 6, p. 886-893, 2010.

- ALVAREZ, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- CANCELLIER, E. L.; SILVA, D. R. G.; FAQUIN, V.; GONÇALVES, B. A.; CANCELLIER, L. L.; SPEHAR, C. R. Ammonia volatilization from enhanced- efficiency urea on no-till maize in brazilian cerrado with improved soil fertility. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 40, n. 2, p. 133-144, 2016.
- CANTARELLA, H.; MATTOS J. R. D.; QUAGGIO, J. A.; RIGOLIN, A. T. Fruit yield of Valencia sweet orange fertilized with different N sources and the loss of applied N. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 67, n. 3, p. 205-213, 2003.
- CARVALHO, M. T. M.; MADARI, B. E.; LEAL, W. G. O.; COSTA, A. R.; MACHADO, P. L. O. A.; SILVEIRA, P. M.; MOREIRA, J. A. A.; HEINEMANN, A. B. Nitrogen fluxes from irrigated common-bean as affected by mulching and mineral fertilization. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 48, n. 5, p. 478-486, 2013.
- CONTIN, T. L. M. **Uréia tratada com o inibidor da urease NBPT na adubação de cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo**. 2007. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agrônomo, Campinas, 2007.
- COSTA, A. C. S.; FERREIRA, J. C.; SEIDEL, E. P.; TORMENA, C. A.; PINTRO, J. C. Perdas de nitrogênio por volatilização da amônia em três solos Argilosos tratados com ureia. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 4, p. 467-473, 2004.
- DALL'ORSOLETTA, D. J.; RAUBER, L. P.; SCHMITT, D. E.; GATIBONI, L. C.; ORSOLIN, J. Urea coated with poultry litter as an option in the control of nitrogen losses. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 6, p. 398-403, 2017.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013.
- FARIA, L. A.; NASCIMENTO, C. A. C.; VITTI, G. C.; LUZ, P. H. C.; GUEDES, E. M. S. Loss of ammonia from nitrogen fertilizers applied to maize and soybean straw. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 4, p. 969-975, 2013.
- FARIA, R. T.; CARAMORI, P. H.; CHIBANA, E. Y.; BRITO, L. R. S. Clima - Programa computacional para organização e análise de dados meteorológicos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 372-387, 2003.
- HERNANDES, R.; CAZETTA, J. O. Método simples e acessível para determinar amônia liberada pela cama aviária. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 824-829, 2001.

KISSEL, D. E.; CABRERA, M. L.; VAIO, N.; CRAIG, J. R.; REMA J. A.; MORRIS, L. A. Rainfall Timing and Ammonia Loss from Urea in a Loblolly Pine Plantation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 68, n. 5, p. 1744-1750, 2004.

NASCIMENTO, C. A. C.; VITTI, G. C.; FARIA, L. A.; LUZ, P. H. C.; MENDES, F. L. Ammonia volatilization from coated urea forms. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 4, p. 1057-1063, 2013.

RICE, E. W.; BAIRD, R. B.; EATON, A. D.; CLESCERI, L. S. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22. ed. Washington: APHA, 2012.

RODRIGUES, J. O.; PARTELLI, F. L.; PIRES, F. R.; OLIOSI, G.; ESPINDULA, M. C.; MONTE, J. A. Volatilização de amônia de ureias protegidas na cultura do cafeeiro conilon. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 4, p. 530 - 537, 2016.

SANTOS, J. G. P. **Disponibilidade de nitrogênio para o milho em Latossolo Vermelho**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2008.

SANTOS, S. M. C.; ANTONANGELO, J. A.; DEUS, A. C. F.; FERNANDES, D. M. Perdas de amônia por volatilização em resposta a adubação nitrogenada do feijoeiro. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 3, n. 1, p. 16-20, 2016.

SILVA, D. R. G.; COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P.; BERN, T. F. Doses e fontes de nitrogênio na recuperação das características estruturais e produtivas do capim-marandu. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 184-191, 2013.

SILVA, E. P. **Adição de estabilizante de nitrogênio na adubação do milho em diferentes manejos hídricos**. 2016. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

SOARES FILHO, C. V.; CECATO, U.; RIBEIRO, O. L.; ROMA, C. F. C.; BELONI, T. Ammonia volatilization losses in Tanzania grass fertilized with urea. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, Salvador, v. 16, n. 1, p. 253-264, 2015.

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**, Viçosa, v. 35 n. 2, p. 493-502, 2011.

VAN RAIJ, B.; ANDRADE, J. C.; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001.