

# Dinâmica do nitrogênio em solo alagado decorrente da aplicação de ureia e cama de aves na presença e na ausência de plantas de arroz

Ronaldir Knoblauch<sup>1</sup>, Paulo Roberti Ernani<sup>2</sup>, Luciano Colpo Gatiboni<sup>3</sup>, Jackson Adriano Albuquerque<sup>4</sup>, Késia Silva Lourenço<sup>5</sup> e Acácio Agostinho Martins<sup>6</sup>

**Resumo** – O objetivo deste trabalho foi monitorar a formação de amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) em solo alagado e mensurar a recuperação do N pelas plantas de arroz após a aplicação de ureia e de cama de aves, em vasos, em um Gleissolo Háplico distrófico. Utilizou-se cama de aves incorporada ao solo 10 dias antes da semeadura do arroz, e a dose de ureia em duas formas de aplicação: a) toda a dose na formação da lama antes da semeadura do arroz; e b) dose parcelada em três coberturas aos 20, 45 e 70 dias após a semeadura do arroz, além de uma testemunha sem N. A dose de N foi equivalente a 200mg/kg de solo em todos os tratamentos. Para cada tratamento, quatro vasos foram cultivados com arroz e quatro permaneceram sem plantas. Os teores de  $\text{N-NH}_4^+$  no solo, após o alagamento, aumentaram em todos os tratamentos, inclusive na testemunha (sem N), sendo maiores nos tratamentos com ureia incorporada ao solo seguido pela cama de aves. Todavia, ao longo do tempo, maiores concentrações de  $\text{N-NH}_4^+$  ocorreram quando a ureia foi parcelada. A quantidade de  $\text{N-NO}_3^-$  presente no solo foi totalmente perdida em menos de uma semana após o alagamento. Os maiores índices de recuperação de N pelas plantas ocorreram quando a ureia foi aplicada de forma parcelada (62%), seguido pela cama de aves e pela ureia incorporada ao solo com 22% e 20% respectivamente. Os fertilizantes nitrogenados, aplicados antes da semeadura do arroz são menos eficientes do que o N parcelado para suprir a demanda de N pelas plantas.

**Termos para indexação:** Arroz irrigado, *Oryza sativa*, adubação, fertilizantes nitrogenados.

## Nitrogen dynamics in flooded soil resulting from the application of urea and poultry litter in the presence and absence of rice plants

**Abstract** – The objective of this study was to monitor the formation of ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) and nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) in flooded soil and to measure N recovery by rice plants after the application of urea and poultry litter in pots in a greenhouse with the use of an Entisol Aeríc. The treatments were: poultry litter incorporated into the soil 10 days before flooding, and urea in two forms of application: a) the whole dose in the formation of the mudding, before rice sowing; and b) the dose split in three times (30, 50 and 70 days after rice sowing) and a control (no N). The dose of N was equivalent to 200mg/kg of soil in all treatments. To each treatment four buckets were cultivated with rice and four remained without plants. After flooding, the  $\text{N-NH}_4^+$  concentration in the soil increased in all treatments, including control (no N), being higher when the urea was incorporated into the soil followed by poultry litter. However, throughout the experimental period the highest  $\text{N-NH}_4^+$  concentration occurred when urea was applied in split form. The  $\text{N-NO}_3^-$  present in the soil was completely lost in less than a week after soil flooding. The highest rates of N recovery by plants occurred when the urea was applied in split form with 62% followed by poultry litter, and incorporated urea with 22% and 20% respectively. N-fertilizers applied before rice sowing are less efficient than split N to supply N demands by rice plants.

**Index terms:** Irrigated rice, *Oryza sativa* L., organic fertilization, N-fertilizer.

## Introdução

O nitrogênio (N) é o nutriente mais requerido pelas plantas (Fageria et al., 2003), mas, em função de sua complexa dinâmica tanto no solo quanto nas plantas, sua recuperação pelas plantas raramente excede a 50% da quantidade

aplicada (Fageria et al. 2003; Scivittaro, et al., 2005). A baixa recuperação do N pelas plantas de arroz, no sistema alagado, é devida, basicamente, às perdas do elemento por volatilização de amônia e por nitrificação seguida pela desnitrificação, fenômeno chamado de nitrificação-desnitrificação

(Ponnamperuma, 1972; Reddy & Patrick, 1986).

Em Santa Catarina, na maior parte da área, o arroz irrigado é cultivado no sistema pré-germinado, no qual a semeadura ocorre sobre a lâmina de água, e a área permanece alagada durante praticamente todo o período ►

Recebido em 3/8/2012. Aceito para publicação em 18/12/2012.

<sup>1</sup> Engenheiro-agrônomo, Dr. Epagri / Estação Experimental de Itajaí, Rod. Antônio Heill, 6800, 88318-112 Itajaí, SC, e-mail: roni@epagri.sc.gov.br.

<sup>2</sup> Engenheiro-agrônomo, Ph.D., Professor, Udesc / CAV, e-mail: a2pre@cav.udesc.br.

<sup>3</sup> Engenheiro-agrônomo, Dr., Professor, Udesc / CAV, e-mail: lgatiboni@gmail.com.

<sup>4</sup> Engenheiro-agrônomo, Dr., Professor, Udesc / CAV, e-mail: jackson@cav.udesc.br.

<sup>5</sup> Engenheira-agrônoma, M.Sc., doutoranda, Udesc/CAV, e-mail: silkesia@hotmail.com.

<sup>6</sup> Engenheiro-agrônomo, mestrando, IAC/SP, e-mail: acaciocac@yahoo.com.br.

de cultivo. Como as lavouras de arroz se situam em vales de rios e em várzeas adjacentes aos mananciais de água, existe a possibilidade de esse cultivo poluir as águas. Uma forma de diminuir o problema é a redução do uso de agroquímicos, ou seja, a adoção de cultivos orgânicos ou agroecológicos. Todavia, na produção orgânica de arroz são feitas restrições ao uso da ureia, que é o principal fertilizante para aportar N às plantas. Dessa forma, a produtividade de arroz em sistemas orgânicos de produção geralmente é inferior à dos demais sistemas (Mattos, 2004).

Existem pesquisas recentes que avaliaram a utilização de microrganismos no auxílio da fixação de N pelas plantas, como as cianobactérias e algumas estirpes de azobactéria e *Azospirillum*. Entretanto, esses microrganismos ainda não apresentam desempenho suficiente que justifique a aplicação em lavouras de arroz irrigado cultivado em sistema pré-germinado. Nesse contexto, restam os dejetos animais como alternativa de suprimento de N para cultivos alternativos, destacando-se a cama de aviário, que possui de 2% a 3,2% de N total (Roger, 2010). Entretanto, alguns desses dejetos podem ser restringidos pela presença de antibióticos e outros aditivos utilizados nos processos de criação.

Assim, o manejo e um melhor entendimento da dinâmica do N no solo alagado, especialmente a partir da aplicação de cama de aves e ureia são de grande importância na racionalização do uso desses fertilizantes nitrogenados.

O presente experimento teve por objetivos monitorar a formação de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  no solo alagado e mensurar a recuperação do N pelas plantas de arroz após a aplicação de ureia e de cama de aves em vasos, em casa de vegetação.

## Material e métodos

O experimento foi conduzido em vasos, em casa de vegetação, na Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc) em Lages, SC, no ano de 2009. Utilizou-se a camada

superficial de até 15cm de um Gleissolo Háptico distrófico, coletado na Epagri/Estação Experimental de Itajaí, com as seguintes características:  $\text{pH-H}_2\text{O} = 4,7$ ;  $\text{SMP} = 5,0$ ; matéria orgânica (MO) = 20g/kg; argila = 290g/kg.

O experimento constou dos seguintes tratamentos: a) testemunha (sem aplicação de N); b) aplicação de ureia ao solo, cuja dose de 200mg/kg de solo foi totalmente incorporada por ocasião da formação da lama e do alagamento para a semeadura do arroz; c) aplicação de ureia, cuja dose supracitada foi igualmente dividida em três aplicações (aos 25, 50 e 70 dias após a semeadura do arroz); d) aplicação de cama de aves, incorporada ao solo seco 10 dias antes do alagamento e da semeadura do arroz. A cama de aves *in natura* apresentava as seguintes características: massa seca = 85%, N total = 2,2%,  $\text{P}_2\text{O}_5 = 2,7\%$  e  $\text{K}_2\text{O} = 4,2\%$ . A dose total de N aplicada pela ureia ou pela cama de aves foi de 200mg de N/kg de solo (1.200mg/vaso). Antes de ser colocado nos vasos, o solo foi destorroado em fragmentos com diâmetro aproximado de 2cm, simulando um solo após o uso de enxada rotativa. A unidade experimental foi constituída por vasos plásticos nos quais foram colocados 6kg de solo (base seca).

Em todos os tratamentos foram incorporados 100mg de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e 150mg de  $\text{K}_2\text{O}$ /kg de solo durante a formação da lama. Todos os tratamentos foram inundados com uma lâmina de água de 5cm acima da superfície, no dia 29 de setembro de 2009, dia em que foi realizada a formação da lama, a incorporação da ureia e, na sequência, a semeadura de sementes pré-germinadas de arroz. Os vasos permaneceram alagados até a colheita das plantas no estágio de formação da panícula (R1), a qual ocorreu aos 95 dias após a semeadura. Cada tratamento foi aplicado em oito vasos, quatro dos quais cultivados com arroz e quatro permaneceram sem plantas. Nos vasos em que foi cultivado arroz, utilizou-se o cultivar SCS115 CL, de ciclo médio. Após o estabelecimento das plântulas

foi realizado um raleio, mantendo-se quatro plantas por vaso.

As amostras de solo foram coletadas imediatamente antes do alagamento e a cada 7 dias após alagamento do solo, durante 15 semanas. Elas foram coletadas com auxílio de uma broca de ferro com 12cm de comprimento e 1cm de espessura. As amostras de solo não foram secadas. Após cada coleta elas foram homogeneizadas manualmente, de onde se retirou uma subamostra com aproximadamente 10g para a extração do  $\text{NH}_4^+$  e do  $\text{NO}_3^-$ ; o restante foi colocado em estufa, a 105°C, para determinação da umidade. A extração do N mineral do solo foi realizada com KCl 1mol/L, e a determinação das formas de N foi realizada no destilador Semi-micro Kjeldahl, conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

Aos 95 dias após a semeadura do arroz, as plantas foram colhidas rente ao solo para determinar a massa seca e o teor de N na fitomassa. Para isso, as amostras das plantas inteiras foram moídas, digeridas com ácido sulfúrico concentrado mais peróxido de hidrogênio. Para verificar possíveis diferenças entre os tratamentos, utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância e, a partir da significância do teste F ( $p < 0,05$ ), foram comparados entre si pelo teste de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ).

## Resultados e discussão

Nos vasos mantidos sem plantas, após o alagamento do solo, os teores de N- $\text{NH}_4^+$  aumentaram em todos os tratamentos, inclusive na testemunha (sem N), a qual, aos 95 dias após o alagamento, atingiu 64mg de N- $\text{NH}_4^+$ /kg de solo (Figura 1). O aumento verificado na testemunha ocorreu pela liberação da matéria orgânica do solo (MOS), onde o acúmulo de N- $\text{NH}_4^+$  nos vasos, em 95 dias de alagamento, foi de 384mg/vaso. Considerando-se uma camada de 15cm de solo, local onde se concentram mais de 90% das raízes do arroz (Madruga,

1999), a MOS poderia disponibilizar 90kg de N/ha.

Entre os tratamentos que receberam N, a incorporação da ureia ao solo alagado foi o que promoveu os maiores teores iniciais de  $N-NH_4^+$  (Figura 2). Nesse tratamento, a maior concentração do íon (183mg de N/kg) ocorreu no 6º dia após a aplicação do fertilizante. Depois de atingir o pico, esses teores se mantiveram praticamente estáveis até os 12 dias; após esse período, diminuíram com o passar do tempo atingindo valores de 77 e 50mg/kg aos 47 e aos 95 dias após a aplicação da ureia respectivamente (Figura 2). A diminuição nos teores de  $N-NH_4^+$  foi devida, principalmente, à imobilização do N mineral pelos microrganismos e às perdas por desnitrificação precedida de nitrificação (Ponnamperuma, 1972), já que quando a ureia é incorporada ao solo alagado, as perdas por volatilização de amônia são muito baixas (Knoblauch, et al., 2011).

A cama de aves incorporada ao solo, sem plantas de arroz, promoveu rápido aumento nos teores de  $N-NH_4^+$  do solo (Figura 2). Já no 2º dia após a aplicação, a concentração atingiu 31mg de N/kg de solo e, após isso, aumentou de forma lenta e progressiva até atingir 57mg/kg aos 95 dias após o alagamento. O rápido acúmulo inicial de  $N-NH_4^+$  foi devido, principalmente, à liberação do N solúvel em água e ao N amoniacal existentes na cama de aves (Rogeri, 2010). Ao longo dos 95 dias de alagamento, a cama de aves liberou 29% da quantidade de N aplicada.

Quando a ureia foi aplicada de forma parcelada, os teores de  $N-NH_4^+$  no solo aumentaram após cada aplicação e tiveram um pequeno decréscimo nos dias subsequentes, atingindo concentrações máximas de 55, 90 e 87mg N/kg aos 30, 50 e 70 dias respectivamente (Figura 2). Os decréscimos observados foram consequência, principalmente, da imobilização de parte do N mineral pela fauna microbiana, das perdas por nitrificação-desnitrificação (Ponnamperuma, 1972; Reddy & Patrick, 1986) e das perdas por volatilização de amônia (Duarte et al., 2007; Knoblauch et al., 2011). Por outro lado, se houvesse plantas de arroz absorvendo

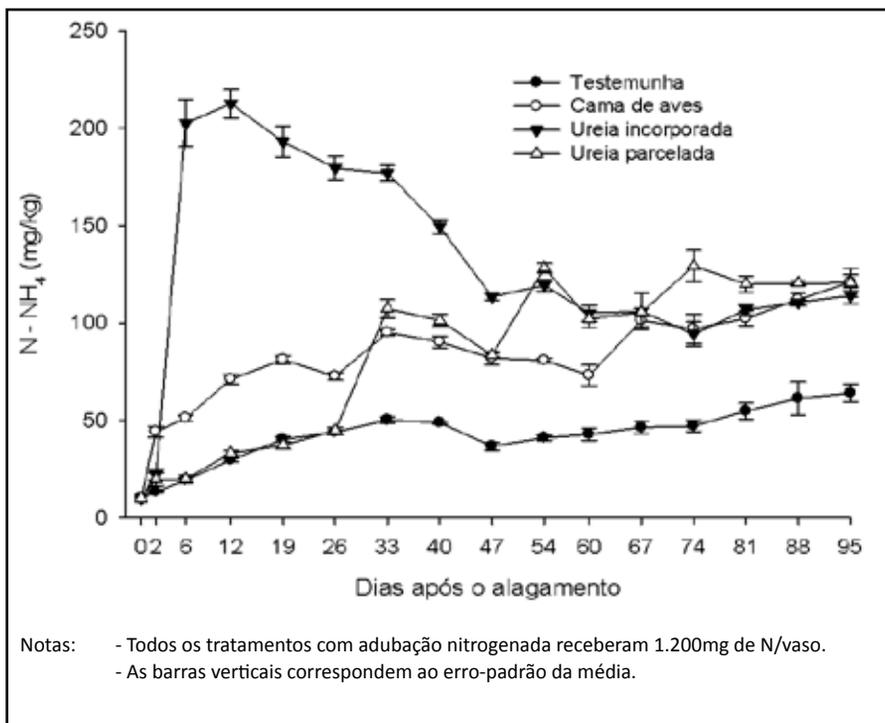


Figura 1. Variação temporal dos teores de  $N-NH_4^+$  no solo nos vasos sem plantas de arroz, após a aplicação de 200mg de N/kg de solo na forma de ureia ou de cama de aves. Tratamentos: a) testemunha = sem aplicação de N; b) cama de aves = a quantidade total foi incorporada ao solo 10 dias antes do alagamento e da semeadura do arroz; c) ureia incorporada = dose total incorporada ao solo alagado imediatamente antes da semeadura do arroz; d) ureia parcelada = a dose total foi subdividida em três épocas (aos 30, 50 e 70 dias após a semeadura do arroz)

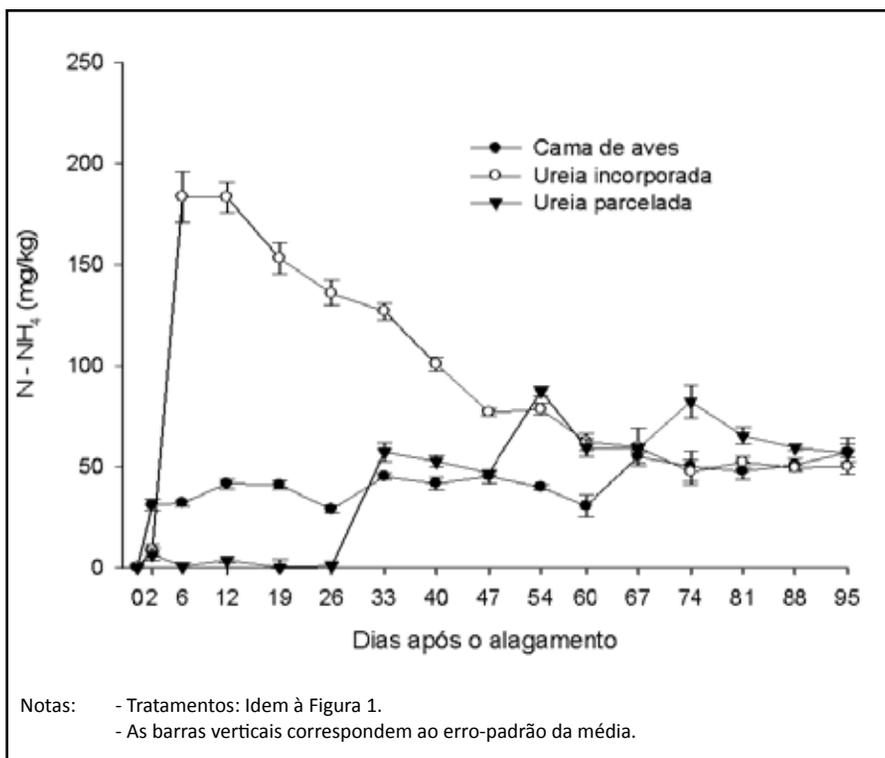


Figura 2. Variação temporal dos teores de  $N-NH_4^+$  no solo nos vasos sem plantas de arroz (descontando-se o tratamento testemunha – sem N), após a aplicação de 200mg de N/kg de solo na forma de ureia ou de cama de aves

o N disponível no solo, parte da perda de N verificada nos tratamentos com ureia incorporada e, principalmente, com ureia parcelada não teria ocorrido.

Nos vasos com a presença das plantas de arroz, o comportamento dos tratamentos com relação à formação  $N-NH_4^+$  foi idêntico ao ocorrido naqueles sem plantas até aproximadamente 30 dias após a instalação do experimento (Figuras 1 e 3). A partir desse tempo, a absorção de N pelas plantas passou a se intensificar, e os teores de  $N-NH_4^+$  no solo diminuíram rapidamente, atingindo valores muito baixos aos 47 dias e praticamente inexistindo a partir dos 60 dias após o alagamento do solo e a semeadura do arroz (Figura 3). Isso demonstra que a aplicação de fertilizantes nitrogenados antes da semeadura do arroz diminui a capacidade desses fertilizantes de suprir o N às plantas a partir dos 50 dias após a semeadura. Fenômeno idêntico ao ocorrido no presente experimento foi verificado em experimento de campo por De Datta (1995).

Considerando que não houve diferença entre os vasos com e sem plantas com relação aos teores de  $N-NO_3^-$  no solo, optou-se por apresentar apenas uma figura com as médias gerais. Em todos os tratamentos houve rápida diminuição do  $N-NO_3^-$  no solo, atingindo valores próximos a zero no quinto dia após o alagamento (Figura 4). Isso demonstra que o  $NO_3^-$  é instável em solo alagado e é perdido por desnitrificação nos dias iniciais subsequentes ao alagamento (Ponnamperuma, 1972; Madruga, 1999).

A ureia parcelada foi o tratamento em que ocorreu a maior eficiência de recuperação do N aplicado. Dos 1.200mg de N aplicados em cada vaso, as plantas acumularam 700, 680 e 1.190mg nos tratamentos com cama de aves, ureia incorporada e ureia parcelada respectivamente (Figura 5). Descontando-se os 436g de N acumulados pelas plantas, no tratamento testemunha (sem N), os percentuais de recuperação de N nos tratamentos com cama de aves, ureia incorporada e ureia parcelada foram de 22%, 20% e 62% respectivamente.

Embora no tratamento com ureia incorporada tenha sido verificada

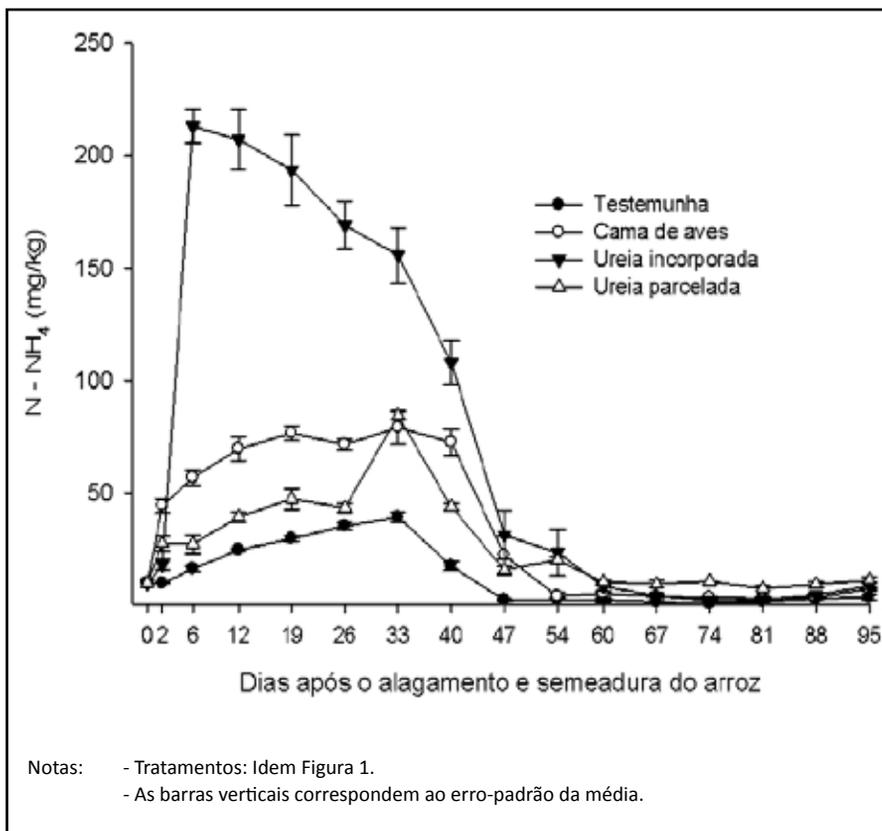


Figura 3. Variação temporal dos teores de  $N-NH_4^+$  no solo nos vasos com plantas de arroz, após a aplicação de 200mg de N/kg de solo na forma de ureia ou de cama de aves

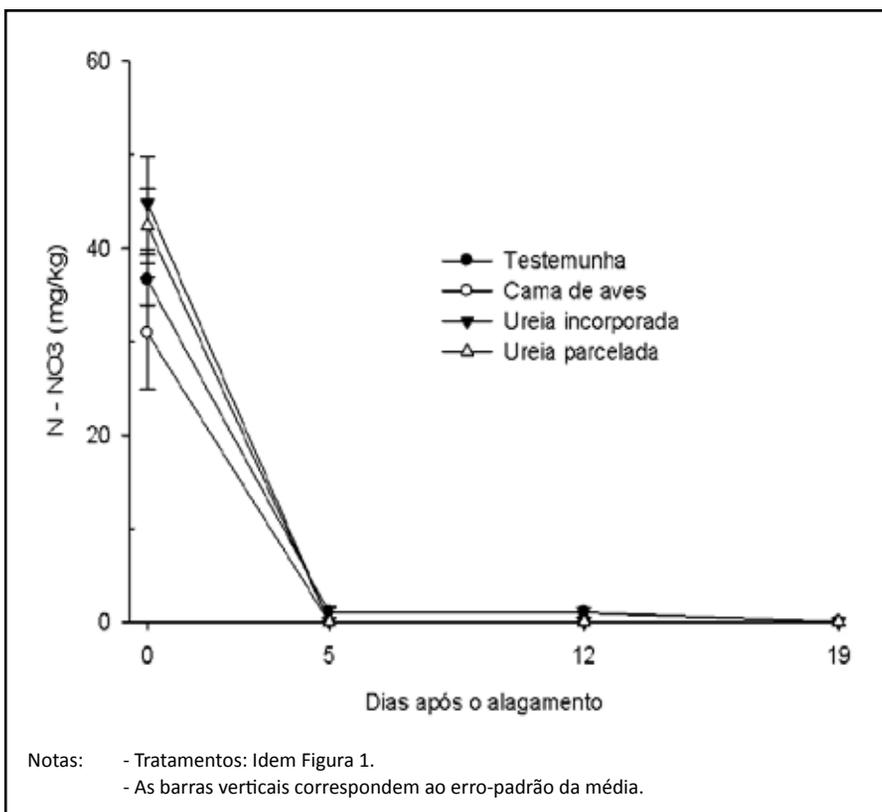


Figura 4. Variação temporal dos teores de  $N-NO_3^-$  no solo, nos vasos com e sem plantas de arroz, após a aplicação de 200mg de N/kg de solo na forma de ureia ou de cama de aves

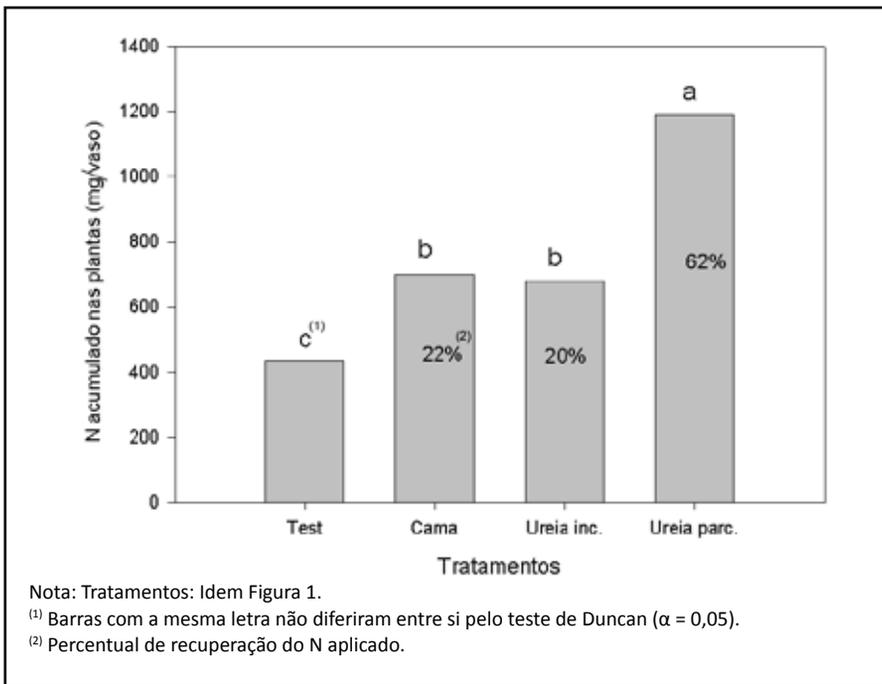


Figura 5. Quantidade de nitrogênio acumulada pelas plantas de arroz irrigado, cultivar SCS115 CL, colhidas por ocasião da formação da panícula, cultivadas em vasos em casa de vegetação, após a aplicação de 200mg de N/kg de solo na forma de ureia ou de cama de aves

alta concentração de  $N-NH_4^+$  no solo até os 40 dias após a semeadura do arroz (Figura 3), nesse período as plantas normalmente possuem baixa capacidade de absorver N, e o elemento é perdido na forma de amônia, imobilizado pela flora microbiana do solo e perdido através da nitrificação-desnitrificação, principalmente.

A cama de aves apresentou acúmulo lento e gradual do  $N-NH_4^+$  ao longo do tempo. Todavia, os teores de amônio até aos 60 dias após a semeadura do arroz – período importante para a formação da planta – ficaram, na média, bem abaixo dos picos observados nas parcelas com ureia parcelada (Figura 2). Além disso, grande parte das perdas de  $N-NH_4^+$  ocorridas após a aplicação de ureia parcelada não ocorreu nos vasos com plantas, já que estas absorvem rapidamente o N disponível no solo (Fageria et al., 2003; Silva et al., 2007).

A ureia aplicada de forma parcelada, em três coberturas, proporcionou o maior índice de recuperação de N entre os tratamentos testados, atingindo 62% do N aplicado (Figuras 5 e 6). Isso se deveu, basicamente, ao fornecimento de N nas fases de alta demanda desse elemento pelas plantas, ou seja, nos

estádios de início de perfilhamento (V4), em torno dos 25 dias após a semeadura; no estágio de perfilhamento pleno (V6), que vai dos 40 aos 65 dias nos cultivares de ciclo médio; e na diferenciação do primórdio floral (RO), que ocorre em



Figura 6. Desenvolvimento vegetativo das plantas de arroz aos 90 dias após a semeadura

torno dos 70 dias após a semeadura (Reunião..., 2010), aumentando, dessa forma, o aproveitamento do N pelas plantas de arroz.

## Conclusões

A ureia e a cama de aves aplicadas antes da semeadura do arroz irrigado são menos eficazes no suprimento de N às plantas, pois não fornecem o elemento nas fases de maior demanda enquanto a ureia, aplicada de forma parcelada, disponibiliza o N nas fases de alta demanda do nutriente.

O nitrato existente no solo antes do alagamento não é aproveitado pelas plantas de arroz, uma vez que é perdido por desnitrificação logo após o alagamento.

## Literatura citada

- DUARTE, F.M.; POKOJESKI, E.; SILVA, L.S. et al. Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia com aplicação de uréia em solo de várzea com diferentes níveis de umidade. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.3, p.705-711, 2007.
- DE DATTA, S.K. Nitrogen transformations in wetland rice

- ecosystems. **Fertilizer Research**, v.2, p.193-203, 1995.
3. FAGERIA, N.K.; SLATON, N.A.; BALIGAR, V.C. Nutrient management for improving lowland rice productivity and sustainability. **Advances in Agronomy**, v.80, p.63-152, 2003.
  4. KNOBLAUCH, R.; ERNANI, P.R.; WALKER, T.W. et al. Volatilização de amônia em solos alagados influenciada pela forma de aplicação de ureia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 7., 2011, Balneário Camboriú, SC. **Racionalizando recursos e ampliando oportunidades: anais**. Itajaí: Epagri/Sosbai, 2011. 869p., v.2, p.202-206.
  5. MADRUGA, E.F. **Efeito da aplicação de material vegetal e nitrato sobre a redução do solo**. 1999. 45f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 1999.
  6. MATTOS, M.L.T. **Carbono e nitrogênio da biomassa e atividade microbiana em um solo cultivado com arroz irrigado orgânico e manejado com diferentes adubos verdes**. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 2004. p. 9-18. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 16).
  7. PONNAMPERUMA, F.N. The chemistry of submerged soils. **Advances in Agronomy**, v.24, p.29-96, 1972.
  8. REDDY, K.R.; PATRICK, J.R. Fate of fertilizer nitrogen in the rice root zone. **Soil Science Society of America Journal**, v.50, p.649-651, 1986.
  9. REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 28., 2010, Bento Gonçalves, RS. **Arroz Irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Porto Alegre: Sosbai, 2010. 188p.
  10. ROGERI, D.A. **Magnitude das reações do nitrogênio no solo decorrentes da adição de cama de aves e fertilizantes minerais**. 2010, 98f. Dissertação (Mestrado em ciência do solo) – Universidade Estadual de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 2010.
  11. SCIVITTARO, W.B. et al. Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia em cultivo de arroz irrigado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26., e CONGRESSO DE ARROZ IRRIGADO, 4., 2005, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria: Sosbai, 2005. p.477-480.
  12. SILVA, L.S. da et al. Resposta a doses de nitrogênio e avaliação do estado nutricional do arroz irrigado. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v.13. n.2, p.189-194. 2007.
  13. TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, planta e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS/Faculdade de Agronomia, 1995. 174p. (Boletim técnico, 5). ■



**Reciclagem:  
não jogue essa ideia no lixo.**

Cada 50 quilos de papel reciclado evitam o corte de uma árvore.  
Na natureza, o papel leva de 1 a 3 meses para se decompor.

**Preserve a saúde do planeta.**


 Governo do Estado de Santa Catarina  
 Secretaria de Estado da Agricultura e da Pesca  
 Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina


 GOVERNO DE SANTA CATARINA