

# PERDAS DE N-N<sub>2</sub>O E PRODUTIVIDADE ECONÔMICA EM ARROZ TROPICAL IRRIGADO

Melissa A. Soler da Silva<sup>1</sup>; Alberto Baêta dos Santos<sup>2</sup>; Beáta Eموke Madari<sup>3</sup>; Yoná Mascarenhas<sup>4</sup>; Gustavo de Melo O. Gonçalves<sup>5</sup>

Palavras-chave: Eficiência agrônômica, emissões, GEE.

## INTRODUÇÃO

A maior área de produção de arroz, no Brasil, localiza-se na Região Sul, em que a produtividade está em torno de 8000 kg ha<sup>-1</sup>, em uma área de 1.105.000 ha (IRGA, 2017). No entanto, a produção de arroz irrigado na região de clima tropical vem dando sinais de retomada no crescimento, como no estado do Tocantins, onde há planos e incentivos do governo do estado para expansão das áreas de produção, por meio do PRODOESTE (2014) (Programa de Desenvolvimento da Região Sudoeste do Estado do Tocantins). Nesse programa prevê-se a expansão das áreas de produção em sistema irrigado de 200 mil ha para até 4 milhões de ha, o que pode ser consolidado mediante o desenvolvimento e refinamento das pesquisas em sistemas produtivos em que o arroz esteja inserido. A produtividade média de arroz no estado está em torno de 5900 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2016); muito aquém do potencial produtivo das cultivares utilizadas. Além disso, as plantas tem sofrido forte pressão de doenças, especialmente, fúngicas como brusone, normalmente associada ao desequilíbrio nutricional em razão de elevadas doses de nitrogênio aplicadas (LONG; LEE; TEBEEST, 2000). Neste cenário de alto *input* e elevada umidade e temperatura, as perdas de N tendem a ser mais elevadas, ocasionando elevadas emissões de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), potente gás de efeito estufa (GEE), e um dos responsáveis pelas alterações climáticas globais. Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos de fontes e de doses de fertilizantes minerais nitrogenados nas perdas de N via N<sub>2</sub>O, na eficiência agrônômica e na produtividade econômica de arroz irrigado tropical.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na Fazenda Palmital, Estação Experimental da Embrapa Arroz e Feijão, município de Goianira-GO, entre as coordenadas 16° 26' 14" latitude S, 49° 23' 50" longitude W e altitude de 720 m. O clima predominante na região é o Aw, tropical sub-quente, com duas estações bem definidas, uma chuvosa (outubro - abril) e outra seca (maio - setembro), (KOTTEK *et al.*, 2006). A temperatura média anual é de 22,6°C (OLIVEIRA; RODRIGUES, 2012) e precipitação média anual de 1.485 mm. O estudo foi conduzido em um Gleissolo Háplico textura média – média/arenosa (OLIVEIRA; RODRIGUES, 2012), sob cultivo de arroz irrigado por inundação em sistema convencional há, aproximadamente, 42 anos. As amostras foram coletadas nas safras 2014/15 e 2015/16, em cultivo de arroz irrigado por inundação. A cultivar utilizada foi a BRS Catiana, de ciclo médio, classe longo fino, altura média de 102 cm e, produtividade média de 7000 kg ha<sup>-1</sup>. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Avaliaram-se duas fontes de nitrogênio (ureia comum (UC) e ureia protegida

<sup>1</sup> Doutora em Agronomia – Solo e Água, Embrapa Arroz e Feijão, Rod. GO-462, km 13, zona Rural, CEP 75375-000, Sto. Antônio de Goiás/GO, CP 179, e-mail: [melissa.soler@embrapa.br](mailto:melissa.soler@embrapa.br)

<sup>2</sup> Doutor em Fitotecnia, Embrapa Arroz e Feijão.

<sup>3</sup> Doutora em Solos, Embrapa Arroz e Feijão. Bolsista em produtividade do CNPq.

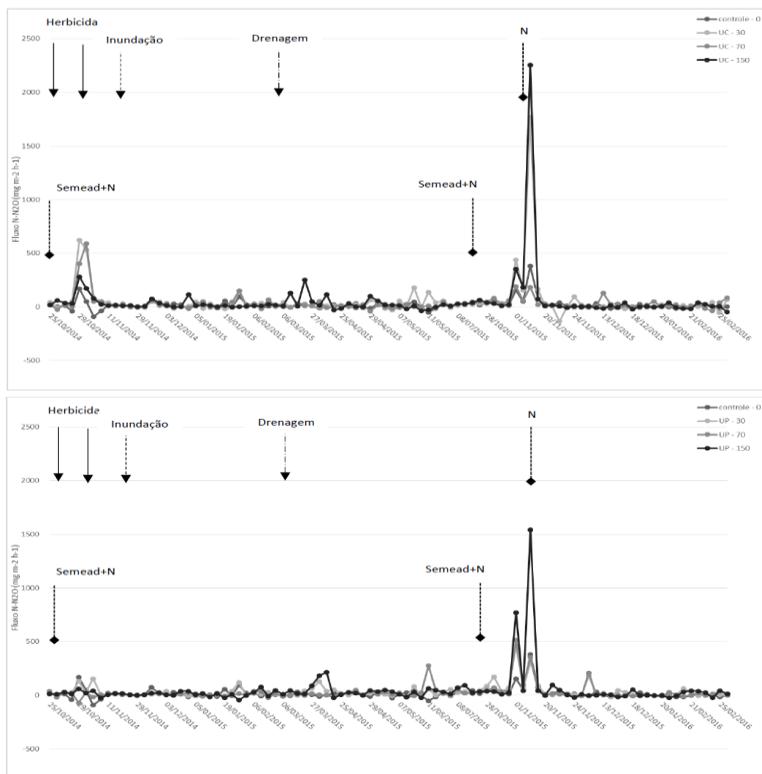
<sup>4</sup> Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração: Solo e Água, EA/UFG.

<sup>5</sup> Mestre em Agronomia – Solo e Água.

(revestida com 0,15% Cu e 0,40% B (UP)), três doses totais de N (30, 70, 150 kg ha<sup>-1</sup> de N), aplicadas em duas coberturas (45 e 65 dias após emergência (DAE)), sendo que a dose 30 kg ha<sup>-1</sup> recebeu apenas adubação na sementeira, e um tratamento controle, sem aplicação alguma de N. As amostras foram coletadas no período entre 9 e 11h da manhã, por ser o período mais representativo da média diária das emissões (JANTALIA *et al.*, 2008) a cada 7 dias no decorrer dos dois anos. Em eventos de adubação, inundação, drenagem e chuvas, foram realizadas coletas durante 7 dias seguidos. Foi utilizado o método da câmara estática fechada (MOSIER, 1989), com coletas de gases no fechamento da câmara (T0) e, após 15 (T1) e 30 minutos (T2). As amostras foram então transferidas para o Laboratório de Análise Agroambiental da Embrapa Arroz e Feijão e, as concentrações de N<sub>2</sub>O foram determinadas com o uso de cromatografia gasosa. Os fluxos dos gases foram obtidos pela equação de Hutchinson e Mosier (1981) quando a acumulação de gás nas câmaras foi curvilínea. Ou por uma equação linear, conforme critérios definidos (Parkin, Venterea e Hargreaves, 2012). Os fluxos calculados são obtidos em Litro de gás m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>. Utilizou-se a lei de gases ideais ( $PV = nRT$ , onde P = pressão atmosférica, V = volume, n = número de moles do gás, R = constante (R = 0.08206)), T = temperatura) os fluxos foram convertidos de base volumétrica para base de massa. Fluxos diários foram calculados (24 h) e os fluxos sazonais e anuais dos gases foram calculados a partir da integração das curvas dos fluxos diários nos respectivos períodos (PARKIN; VENTEREA; HARGREAVES, 2012). A produtividade foi calculada, considerando-se 6 linhas de 2,5m de comprimento, espaçadas de 0,17 m. Na análise estatística adotada foi utilizado teste de médias (Tukey, P<0,05) para comparar os efeitos das fontes e, considerou-se o modelo linear misto (lme) para estimar as relações entre as variáveis analisadas e as doses de nutrientes utilizadas, via método da verossimilhança (ML), considerando o efeito aleatório de blocos e, os preditores como efeitos fixos. As análises foram realizadas, usando-se os pacotes nlme, agricolae e os gráficos foram plotados através do uso do pacote Rmisc e ggplot2 do software R (TEAM, 2014).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram observados (Figuras 1a; 1b) que os picos de emissão de N<sub>2</sub>O são maiores quanto maiores doses de N aplicadas, conforme esperado. No entanto, a ureia protegida favoreceu menores fluxos, especialmente quando as mesmas doses dos diferentes produtos são comparadas (Tabela 1). Diversos autores têm referenciado efeitos supressores na microbiota do solo, quando há presença de cobre (Cu) (ZAIDA *et al.*, 1991), e, possivelmente esse efeito tornou menos intenso os processos de nitrificação/desnitrificação pelos organismos do solo, diminuindo as perdas via emissão de N<sub>2</sub>O (Tabela 1). As perdas de N se devem à volatilização de NH<sub>3</sub>, lixiviação de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, emissão de N<sub>2</sub>O e exportação pelas plantas. Assim, quanto menores forem as perdas, menores serão os custos ambientais e menores os gastos com fertilizantes nitrogenados. Considerando-se apenas as perdas via N<sub>2</sub>O, pode-se observar (Tabela 1) que estas foram maiores na dose de 30 kg ha<sup>-1</sup>, diminuindo desse modo, a dose efetivamente aplicada e aumentando o custo efetivo do quilograma de N. De modo geral, as perdas percentuais foram maiores na UC. Outro fator importante é que as produtividades obtidas nas doses de 70 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N são muito próximas, implicando em maior eficiência agrônômica para a dose 70 kg ha<sup>-1</sup> N, independentemente da fonte utilizada.



**Figura 1.** Fluxos de  $N_2O$  em sistema de produção de arroz irrigado por inundação em razão de fontes e doses de N, safras 2014/15 e 2015/16.

**Tabela 1.** Custos, eficiência agrônômica e produtividade de grãos em razão das fontes de fertilizantes utilizados, médias de duas safras.

| Fonte | Adição de N Fertilizante |                                   |                             | Perdas gasosas de N (via $N_2O$ ) |                       |           | Dose efetiva N ( $kg\ ha^{-1}$ ) | Custo unitário efetivo N (R\$ $kg^{-1}$ ) | Produtividade ( $kg\ ha^{-1}$ ) | EA ( $kg\ kg^{-1}$ grão por N) |
|-------|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------|----------------------------------|---|---------------------------------|--------------------------------|
|       | Dose N ( $kg\ ha^{-1}$ ) | Custo Unitário N (R\$ $kg^{-1}$ ) | Custo Dose (R\$ $ha^{-1}$ ) | N- $N_2O$ ( $kg\ ha^{-1}$ )       | Custo N- $N_2O$ (R\$) | Perda (%) |                                  |   |                                 |                                |
| UC    | 30                       | 2.67                              | 80.00                       | 2.57                              | 6.84                  | 8.55      | 27.43                            | 2.92                                      | 5861                            | -7.56                          |
|       | 70                       | 2.67                              | 186.67                      | 1.48                              | 3.93                  | 2.11      | 68.52                            | 2.72                                      | 7914                            | 26.09                          |
|       | 150                      | 2.67                              | 400.00                      | 2.49                              | 6.65                  | 1.66      | 147.51                           | 2.71                                      | 8207                            | 14.12                          |
| UP    | 30                       | 2.89                              | 86.67                       | 1.52                              | 4.38                  | 5.06      | 28.48                            | 3.04                                      | 6924                            | 27.86                          |
|       | 70                       | 2.89                              | 202.22                      | 1.07                              | 3.08                  | 1.52      | 68.93                            | 2.93                                      | 8582                            | 35.62                          |
|       | 150                      | 2.89                              | 433.33                      | 2.14                              | 6.17                  | 1.42      | 147.86                           | 2.93                                      | 8530                            | 16.28                          |

UC: ureia comum (R\$1200,00/t); UP Ureia protegida (R\$1300,00/t); N: nitrogênio, N- $N_2O$ : óxido nitroso; EA: eficiência agrônômica

## CONCLUSÃO

As perdas de N via N<sub>2</sub>O aumentam o custo efetivo do N e diminuem a dose efetiva de N aplicado. A produtividade de grãos aumenta com incremento de N, mas o aumento da dose de 70 para 150 kg ha<sup>-1</sup> N reduz a EA e aumenta o custo para um pequeno aumento na produtividade do arroz, independentemente da fonte.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela bolsa de produtividade em pesquisa e financiamento via edital Universal (453947/2014-0), à Capes pelas bolsas de mestrado e doutorado, à Fapeg (Projeto Nucleus 2015-10267001479), e à Heringer pela doação dos fertilizantes para desenvolvimento do trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CONAB. *Acompanhamento da safra Brasileira de grãos*. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17\\_06\\_08\\_09\\_02\\_48\\_boletim\\_graos\\_junho\\_2017.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_06_08_09_02_48_boletim_graos_junho_2017.pdf)>. Acesso em: 8 jun. 2017.
- HUTCHINSON, G. L.; MOSIER, A. R. Improved Soil Cover Method for Field Measurement of Nitrous Oxide Fluxes. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v. 45, n. 2, p. 311–316, 1981. Disponível em: <<https://www.soils.org/publications/sssaj/abstracts/45/2/311>>.
- IRGA. *Evolução da Colheita - Safra 2016/17*. Disponível em: <[http://www.irga.rs.gov.br/upload/20170602085523colheita\\_2016\\_17.pdf](http://www.irga.rs.gov.br/upload/20170602085523colheita_2016_17.pdf)>. Acesso em: 8 jun. 2017.
- JANTALIA, C. P. *et al.* Fluxes of nitrous oxide from soil under different crop rotations and tillage systems in the South of Brazil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v. 82, n. 2, p. 161–173, 2008.
- KOTTEK, M. *et al.* *World Map of Köppen-Geiger climate classification updated*. *Meteorologische Zeitschrift*, [http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/pdf/Paper\\_2006.pdf](http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/pdf/Paper_2006.pdf). Berlin, Stuttgart: Gebrüder Borntraeger, 2006.
- LONG, D. H.; LEE, F. N.; TEBEEST, D. O. Effect of Nitrogen Fertilization on Disease Progress of Rice Blast on Susceptible and Resistant Cultivars. *Plant Disease*, v. 84, n. 4, p. 403–409, abr. 2000.
- MOSIER, A. R. Chamber and isotope techniques. In: ANDREA, M. O.; SCHIMMEL, D. S. (Org.). *Exchange of trace gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere: report of the Dahlem Workshop*. 1. ed. Berlin: Wiley, 1989. p. 175–187.
- OLIVEIRA, V. A.; RODRIGUES, C. *Levantamento detalhado dos solos da fazenda Palmatal, município de Goianira - GO*. Goiânia: Viasat, 2012.
- PARKIN, T. B.; VENTERA, R. T.; HARGREAVES, S. K. Calculating the Detection Limits of Chamber-based Soil Greenhouse Gas Flux Measurements. *Journal of Environmental Quality*, v. 41, p. 705–715, 2012.
- PRODOESTE. Programa de desenvolvimento da região Sudoeste do estado do Tocantins. Tocantins NV - BR-L1152/2438-OC/BR: SEAGRO. Disponível em: <<http://www.prodoeste.to.gov.br/wp-content/uploads/2013/11/RESUMO-EXECUTIVO-Abril-de-2014.pdf>>. , 2014
- TEAM, R. C. R. *A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <<http://www.r-project.org/>>. , 2014
- ZAIDA, I. *et al.* EFEITO DO COBRE NA POPULAÇÃO DE BACTÉRIAS E FUNGOS DO SOLO, NA ASSOCIAÇÃO MICORRÍZICA E NO CULTIVO DE MUDAS DE *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, *Pinus elliptica* Engelm E *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert. *Ciência Florestal*, v. 20, n. 3, p. 419–428, 1991.