

# EFEITO DE FONTES NITROGENADAS DE LIBERAÇÃO CONTROLADA SOBRE AS EMISSÕES DE N<sub>2</sub>O EM ARROZ IRRIGADO

Thais Antolini Vecozzi<sup>1</sup>; Rogério Oliveira de Sousa<sup>2</sup>; Walkyria Bueno Scivittaro<sup>3</sup>; Jaqueline Trombetta da Silva<sup>4</sup>; Cristiano Weiner<sup>5</sup>; Victor Cieza Carrillo<sup>5</sup>; Rafael Nunes Aguiar<sup>5</sup>; Rodrigo Leiton<sup>5</sup>

Palavras-chave: fertilizante, nitrogênio, gases de efeito estufa.

## INTRODUÇÃO

O nitrogênio (N) aplicado ao solo na forma de fertilizante nitrogenado pode ser absorvido pelas plantas e micro-organismos ou ser removido do solo pelos processos de nitrificação e desnitrificação na forma de óxidos de nitrogênio (N<sub>2</sub>O, NO ou N<sub>2</sub>), ser volatilizado na forma de amônia (NH<sub>3</sub>) ou lixiviado como nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) (AHLSCHEDE, 2013). Em solos cultivados com arroz irrigado por inundação, a submersão provoca mudanças nas condições de oxirredução do solo que favorecem a produção de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), um dos principais gases de efeito estufa (GEE), em função de promover alternância nos processos microbianos de nitrificação e desnitrificação, principais responsáveis pela produção de N<sub>2</sub>O no solo (SIGNOR & CERRI, 2013). Em sistemas de produção de arroz irrigado por inundação, a suplementação de N na forma de fertilizante nitrogenado, embora seja muito importante para atingir altas produtividades da cultura, também é associada a picos de emissão de N<sub>2</sub>O nos primeiros dias após a inundação do solo (LI et al., 2009). Nesse sentido, é importante considerar que o N<sub>2</sub>O possui alto potencial de aquecimento global (298 vezes superior ao do CO<sub>2</sub>) (IPCC, 2007). Portanto, medidas para reduzir as emissões de N<sub>2</sub>O, através de adequações no manejo da cultura, podem contribuir significativamente para a mitigação de emissão de gases de efeito estufa associadas a esse cultivo (ROSENZWEIG & TUBIELLO, 2007).

É com este foco que fontes nitrogenadas de eficiência aumentada estão sendo testadas em diversos cultivos. Dentre as fontes destacam-se os fertilizantes de liberação controlada, tidos como alternativa para a minimização das perdas de N do sistema solo-planta e aumento da eficiência de seu uso em vários cultivos. Isto porque são formulados a partir de fontes nitrogenadas minerais solúveis, revestidas com material pouco solúvel em água, possibilitando o controle da dissolução e conseqüente aumento no tempo de liberação do nutriente (LINGUIST et al., 2012). Tais produtos preconizam uma única aplicação, gerando economia de trabalho, tempo e energia, comparativamente aos fertilizantes convencionais, que requerem mais de uma operação, em função das fertilizações parceladas. A combinação de fertilizantes nitrogenados com diferentes tempos de liberação é associada à melhoria na sincronia entre a disponibilidade de N e a necessidade da planta (WANG et al., 2015). No entanto, o desempenho agrônomico desses produtos ainda não é conhecido para o arroz irrigado nas condições de cultivo da região Sul do Brasil.

Este trabalho teve por objetivo avaliar as emissões de N<sub>2</sub>O de fertilizantes nitrogenados de liberação controlada, comparando-as à da ureia, bem como estabelecer o potencial de mitigação de emissões deste gás de efeito estufa para a cultura de arroz irrigado.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado sob condições de campo, de novembro de 2014 a abril de

<sup>1</sup> Doutoranda PPG em Manejo e Conservação do Solo e da água, Universidade Federal de Pelotas, UFPel, FAEM, Campus Universitário s/n, Caixa Postal 354, Capão do Leão-RS, CEP 96160-000, thais\_antolini@hotmail.com.

<sup>2</sup> Doutor em Ciência do Solo, UFPel.

<sup>3</sup> Doutora em Ciências, Embrapa Clima Temperado.

<sup>4</sup> Doutoranda PPG em Manejo e Conservação do Solo e da Água, UFPel.

<sup>5</sup> Graduandos Agronomia, UFPel.

2015, em um Planossolo Háplico, na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão, RS. A cultivar de arroz irrigado de ciclo precoce PUITÁ INTA-CL foi semeada em 18 de novembro de 2014, em área preparada em sistema convencional. Utilizou-se um espaçamento entrelinhas de 17,5 cm e uma densidade de 100 kg ha<sup>-1</sup> de sementes. Em pré-semeadura, aplicou-se a lanço e incorporou-se em área total 360 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 0-25-25. Este e os demais tratos culturais para o arroz foram estabelecidos de acordo com as indicações técnicas para a cultura nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (SOSBAI, 2014). O início da irrigação ocorreu em 20 de dezembro de 2015, correspondendo ao estágio de quatro folhas (V4). O cultivo estendeu-se até o dia 6 de abril de 2015, quando se procedeu a colheita do arroz.

O experimento compreendeu quatro tratamentos e três repetições, dispostos em blocos ao acaso, incluindo: M1: dose recomendada de nitrogênio (DRN) para o arroz irrigado (120 kg ha<sup>-1</sup> de N), estabelecida em função dos resultados da análise do solo e considerando-se uma expectativa de resposta alta à adubação, como ureia, parcelada em três aplicações, em pré-semeadura (10 kg N ha<sup>-1</sup>) e em cobertura (110 kg N ha<sup>-1</sup>), sendo metade no estágio de quatro folhas (V4) e o restante, na iniciação da panícula (R0); M2: DRN, como fertilizante nitrogenado de liberação controlada recoberto com boro e cobre (44,6% N, 0,4% B e 0,15% Cu) parcelado em duas aplicações (70 kg N ha<sup>-1</sup> em V4 e 50 kg N ha<sup>-1</sup> em R0); M3 e M4: DRN e 70% DRN, como fertilizante nitrogenado de liberação controlada recoberto com polímeros derivados de poliácridatos não hidrossolúveis (39,4% de N, apresentando 20%, 80% e 100% do N com liberação em até 15, 60 e 90 dias após a aplicação, respectivamente), aplicado em pré-semeadura a lanço e incorporado, respectivamente.

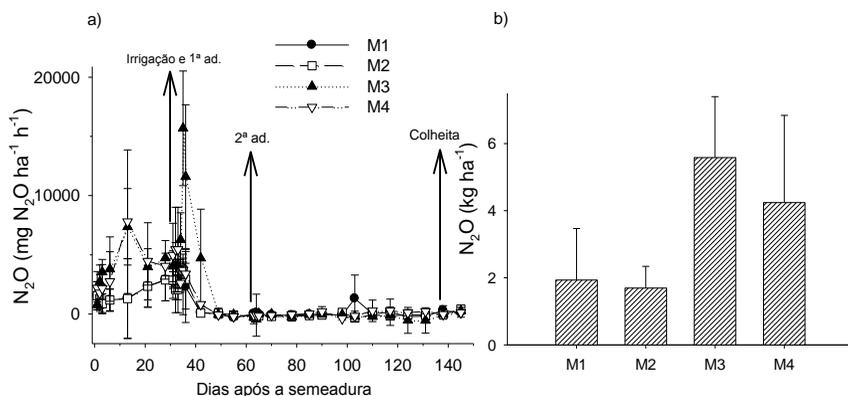
As amostragens de ar foram realizadas semanalmente, no horário das nove às onze horas, através da metodologia de câmaras estáticas descrita por MOSIER (1989). A concentração de N<sub>2</sub>O foi determinada em cromatografia gasosa e os fluxos calculados utilizando-se a equação:  $f = (\Delta Q/\Delta t).(PV/RT).(M/A)$ , onde:  $f$  é o fluxo de N<sub>2</sub>O ( $\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ),  $Q$  é a quantidade do gás ( $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ) na câmara no momento da coleta,  $t$  é o tempo da amostragem (min),  $P$  é a pressão atmosférica (atm) no interior da câmara - assumida como 1 atm,  $V$  é o volume da câmara (L),  $R$  é a constante dos gases ideais ( $0,08205 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ),  $T$  é a temperatura dentro da câmara no momento da amostragem (K),  $M$  é a massa molar do gás ( $\mu\text{g mol}^{-1}$ ) e  $A$  é a área da base da câmara ( $\text{m}^2$ ). A emissão total da safra foi calculada pela integração da área sob a curva obtida pela interpolação dos valores diários de emissão de N<sub>2</sub>O do solo, estimada a partir do fluxo calculado pela fórmula anterior.

Os resultados da emissão total de N<sub>2</sub>O foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o software SigmaPlot<sup>®</sup>.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os fluxos de N<sub>2</sub>O variaram de -540,8 a 15.684,9 mg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> na safra 2014/15 (Fig. 1a). Os manejos com uso de fertilizante de liberação controlada (M3 e M4) apresentaram picos de emissão de N<sub>2</sub>O anteriormente à inundação do solo (13 dias após a semeadura - DAS). Logo após a entrada d'água e primeira adubação nitrogenada em cobertura, para os manejos M1 e M2, verificaram-se picos de emissão em todos os tratamentos. Segundo Skiba & Smith (2000), a disponibilidade de N mineral e o conteúdo de água no solo são os fatores mais relevantes e determinantes dos fluxos de emissão de N<sub>2</sub>O. Após tais picos de emissão, que apresentaram os valores máximos determinados ao longo do cultivo, os fluxos de N<sub>2</sub>O apresentaram valores próximos de zero, alternando-se a ocorrência de valores positivos e negativos até o final do período de cultivo do arroz. Nem mesmo por ocasião da segunda adubação em cobertura, realizada nos manejos M1 e M2, foram determinados fluxos importantes de N<sub>2</sub>O. Atribui-se esse comportamento à manutenção de lâmina de água contínua nas parcelas experimentais, evitando a alternância nas condições de oxirredução do solo que predispõe à emissão de N<sub>2</sub>O e ao fato de a aplicação de N no início da fase reprodutiva do arroz coincidir com um período em que a demanda de nutriente pela planta é muito elevada, sendo, portanto, menos suscetível a perdas do sistema solo planta

devido à alta absorção pelas plantas (NORMAN et al., 2002).



**Figura 1:** Fluxo de  $N_2O$  (a) e emissão total de  $N_2O$  (b) em arroz irrigado, sob distintos manejos da adubação nitrogenada, sendo: M1 e M2: dose recomendada de nitrogênio (DRN) para o arroz irrigado como ureia e ureia recoberta com boro e cobre, respectivamente, parcelada em pré-semeadura e em duas coberturas; M3 e M4: DRN e 70% DRN, respectivamente, como fertilizante nitrogenado de liberação controlada recoberto com polímeros derivados de poliácilatos não hidrossolúveis, aplicado em pré-semeadura a lanço e incorporado. Irrigação e 1ª ad.= início da inundação do solo com a entrada d'água e primeira adubação em cobertura no M1 e M2; 2ª ad.= segunda adubação em cobertura nos manejos M1 e M2; Colheita = colheita do experimento.

A emissão total de  $N_2O$  (Fig. 1b) foi estatisticamente equivalente entre os manejos da adubação nitrogenada, independente da fonte, dose e parcelamento da aplicação. Este resultado mostra que a ureia, fonte convencional de nitrogênio para o arroz irrigado, não intensifica o efluxo de  $N_2O$  do solo, sob manejo da irrigação por inundação contínua. Em experimento conduzido por Cai et al. (1997), onde se avaliou a influência do manejo da adubação nitrogenada no cultivo de arroz irrigado por inundação nas emissões de  $N_2O$ , também não foi encontrada diferença significativa entre o tratamento testemunha sem N e o tratamento com aplicação de  $100\ kg\ N\ ha^{-1}$  de ureia.

A eficiência dos fertilizantes de liberação controlada pode ser alterada, ou mesmo comprometida, pela temperatura, umidade e atividade de micro-organismos mais elevadas, em áreas sob inundação, uma vez que a presença contínua de água pode afetar a camada de recobrimento do fertilizante, pela maior dilatação, favorecendo a penetração de água através da cápsula envoltória, acelerando a taxa de liberação do nutriente (MOTA, 2013). Na região Sul, a recomendação para a aplicação de fontes solúveis de N para o arroz irrigado prevê o parcelamento da dose, de forma a favorecer a sincronia entre as épocas de aplicação do fertilizante e de maior demanda do N pela cultura. Em cultivos de sequeiro, o parcelamento seria dispensado quando do uso de fertilizantes de liberação controlada, pela liberação controlada do nutriente. Em ambiente inundado, porém, a presença de lâmina de água acelera a liberação do N e favorece a emissão de  $N_2O$ . Portanto, para os fertilizantes nitrogenados de liberação controlada se tornarem alternativas viáveis para a minimização das emissões de  $N_2O$  em cultivo de arroz irrigado, há a necessidade de desenvolvimento de produtos específicos a esse ambiente, com formulações do material de recobrimento, adaptadas ao complexo sistema em que se cultiva o arroz irrigado por inundação.

## CONCLUSÃO

Os fertilizantes nitrogenados de liberação controlada, em comparação com a ureia, não elevam as emissões de  $N_2O$  no cultivo de arroz irrigado.

Os fertilizantes nitrogenados de liberação controlada, mesmo em doses reduzidas, não reduziram as emissões de N<sub>2</sub>O no cultivo de arroz irrigado, comparativamente a uréia.

## AGRADECIMENTOS

À CAPES, CNPq, EMBRAPA e FAPERGS pela bolsa de estudos e auxílio à pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHLSCHWEDE, C. M. **Microbial Ecology, N, and N<sub>2</sub>O Trends in Marginal Soils Used for Cellulosic Biofuel Production in Eastern Nebraska**. 2013. 121 f. Dissertation (MSc) - University of Nebraska, Lincoln.
- CAI, Z. et al. CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emissions from rice paddy fields as affected by nitrogen fertilisers and water management. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 196, p. 7-14, 1997. Disponível em: [www.researchgate.net/profile/Zucong\\_Cai/publication/226872972\\_Methane\\_and\\_nitrous\\_oxide\\_emissions\\_from\\_rice\\_paddy\\_fields\\_as\\_affected\\_by\\_nitrogen\\_fertilisers\\_and\\_water\\_management/links/55231ab00cf2f9c130544d98.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Zucong_Cai/publication/226872972_Methane_and_nitrous_oxide_emissions_from_rice_paddy_fields_as_affected_by_nitrogen_fertilisers_and_water_management/links/55231ab00cf2f9c130544d98.pdf) Acesso em: junho de 2015.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2007: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the 5<sup>th</sup> Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press, NY, USA, 2007, 996 p.
- LI, X. et al. CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emissions from rice paddy soil as influenced by timing of application of hydroquinone and dicyandiamide. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Netherlands, v.85, p.31-40, 2009. Disponível em: [www.researchgate.net/publication/225472208\\_Methane\\_and\\_nitrous\\_oxide\\_emissions\\_from\\_rice\\_paddy\\_soil\\_as\\_influenced\\_by\\_timing\\_of\\_application\\_of\\_hydroquinone\\_and\\_dicyandiamide](http://www.researchgate.net/publication/225472208_Methane_and_nitrous_oxide_emissions_from_rice_paddy_soil_as_influenced_by_timing_of_application_of_hydroquinone_and_dicyandiamide) Acesso em: junho de 2015.
- LINQUIST, B. A. et al. Fertilizer management practices and greenhouse gas emissions from rice systems: A quantitative review and analysis. **Field Crops Research**, Netherlands, v. 135, p. 10-21, 2012. Disponível em: [www.researchgate.net/profile/Kees\\_Jan\\_Van\\_Groenigen/publication/230888455\\_Fertilizer\\_management\\_practices\\_and\\_greenhouse\\_gas\\_emissions\\_from\\_rice\\_systems\\_A\\_quantitative\\_review\\_and\\_analysis/links/0912f505cc56de67e3000000.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Kees_Jan_Van_Groenigen/publication/230888455_Fertilizer_management_practices_and_greenhouse_gas_emissions_from_rice_systems_A_quantitative_review_and_analysis/links/0912f505cc56de67e3000000.pdf) Acesso em: junho de 2015.
- MOSIER, A. R. Chamber and isotope techniques. In: ANDREA, M.O.; SCHIMMEL, D.S. (Ed.). **Exchange of trace gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere: report of the Dahlem Workshop**. Berlin, Wiley, p. 175-187, 1989.
- MOTA, M. R. **Fontes de liberação lenta como alternativa para aumentar a eficiência de uso do nitrogênio**. 2013. 68 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages.
- NORMAN, R. J.; WILSON JR., C. E.; SLATON, N. A.; BOOTHE, D. L.; GRIGGS, B. R. **Influence of nitrogen fertilizer source, application rate and timing on grain yields of delayed, flood rice**. Atlanta: Potash and Phosphate Institute, 2002. 5 p.
- ROSENZWEIG, C.; TUBIELLO, F. N. Adaptation and mitigation strategies in agriculture: an analysis of potential synergies. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, Netherlands, v. 12, p. 855-873, 2007.
- SKIBA, U.; SMITH, K. A. The control of nitrous oxide emissions from agricultural and natural soils. **Chemosphere – Global Change Science**, Netherlands, v. 2, p. 379-386, 2000.
- SIGNOR, D. et al. N<sub>2</sub>O emissions due to nitrogen fertilizer applications in two regions of sugarcane cultivation in Brazil. **Environmental Research Letters**, UK, v. 8, p. 1-9, 2013. Disponível em: [iopscience.iop.org/1748-9326/8/1/015013/article](http://iopscience.iop.org/1748-9326/8/1/015013/article) Acesso em: junho de 2015.
- SOSBAI. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Porto Alegre, RS:SOSBAI, 2014, 164 p.
- WANG, S.; ZHAO, X.; XING, G.; YANG, Y.; ZHANG, M.; CHEN, H. Improving grain yield and reducing N loss using polymer-coated urea in southeast China. **Agronomy for Sustainable Development**, Paris, 2015.