

## Implicações de sistemas de irrigação sobre a emissão de metano e de óxido nítrico em solo cultivado com arroz

**Gerson Lübke Buss<sup>(1)</sup>; Walkyria Bueno Scivittaro<sup>(2)</sup>; Rogério Oliveira de Sousa<sup>(3)</sup>; Cimélio Bayer<sup>(4)</sup>; Carla Machado da Rosa<sup>(5)</sup>; Roberto Carlos Doring Wolter<sup>(6)</sup>; Juliana Brito da Silva<sup>(6)</sup>; José Maria Barbat Parfitt<sup>(7)</sup>; Marcelo Machado Soncini<sup>(8)</sup>; Claudia Filomena Schneider Sehn<sup>(8)</sup>; Jaqueline Trombetta da Silva<sup>(9)</sup>**

(1) Mestrando em Agronomia, Bolsista CNPq, Universidade Federal de Pelotas-UFPEL, Campus Universitário, s/n, Pelotas, RS, Caixa postal 354, CEP 96010-900. E-mail: [gersonlubke@yahoo.com.br](mailto:gersonlubke@yahoo.com.br); (2) Doutora em Ciências, Embrapa Clima Temperado. E-mail: [walkyria.scivittaro@cpact.embrapa.br](mailto:walkyria.scivittaro@cpact.embrapa.br); (3) Doutor em Ciência do Solo, UFPEL. E-mail: [rosousa@ufpel.tche.br](mailto:rosousa@ufpel.tche.br); (4) Professor Associado do Departamento de Solos - UFRGS, [cimelio.bayer@ufrgs.br](mailto:cimelio.bayer@ufrgs.br); (5) Pós doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo - UFRGS, [carlamrosa@yahoo.com.br](mailto:carlamrosa@yahoo.com.br); (6) Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Solos - UFPEL, [robertowolter@gmail.com](mailto:robertowolter@gmail.com); (7) Engenheiro Agrícola, Dr. Embrapa Clima Temperado [Jose.parfitt@cpact.embrapa.br](mailto:Jose.parfitt@cpact.embrapa.br). (8) Graduando do Curso de Agronomia – UFPEL; (9) Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água (PPG MACSA), UFPEL.

**RESUMO:** O sistema de irrigação e as práticas de manejo da água são fatores determinantes das emissões de gases de efeito estufa pela lavoura de arroz. O objetivo do trabalho foi avaliar a influência de dois sistemas de irrigação (inundação e aspersão) sobre as emissões de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O em solo cultivado com arroz. O experimento foi conduzido na safra 2011/2012, em um Planossolo Háplico, na Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS. Foram avaliados os tratamentos: T1 – sistema de irrigação por inundação; T2 – sistema de irrigação por aspersão; T3 – área natural adjacente ao experimento sem histórico de cultivo de arroz. As avaliações de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O foram realizadas semanalmente de acordo com métodos descritos por Mosier (1989). A maior emissão total de CH<sub>4</sub> foi observada na área natural, seguida do sistema inundado. O sistema de irrigação por aspersão promove a mitigação das emissões de metano do solo em cultivo de arroz, porém, potencializa as emissões de óxido nítrico. Ainda assim, esse sistema foi mais eficiente para a redução do potencial de aquecimento global em relação à produção de arroz irrigado por alagamento.

**Palavras-chave:** Gases de efeito estufa, arroz irrigado e irrigação por aspersão

### INTRODUÇÃO

O cultivo de arroz irrigado por alagamento representa de 15 a 20% das emissões de metano (CH<sub>4</sub>) dentre todas as atividades humanas envolvidas na produção e emissão de gases de efeito estufa (GEE), cuja produção no solo está relacionada à decomposição microbiana de materiais

orgânicos em ambiente anóxico (CONRAD, 2002).

O Rio Grande do Sul é o Estado brasileiro que mais produz arroz, sendo responsável por cerca de 60% do arroz produzido no país (CONAB, 2011), cuja área cultivada anualmente supera um milhão de hectares. Praticamente a totalidade da área, é irrigada pelo sistema de irrigação por inundação do solo. Nesse sistema, a emissão de CH<sub>4</sub> é bem maior que as emissões de N<sub>2</sub>O, podendo responder por mais de 90% da composição do potencial de aquecimento global parcial (ZSCHORNACK et al., 2011).

O sistema de irrigação e as práticas de manejo da água são fatores determinantes à produção de arroz, influenciando o efluxo de gases de efeito estufa, sendo que alguns desses apresentam potencial mitigador das emissões de CH<sub>4</sub>. O sistema de irrigação por inundação do solo proporciona condições anaeróbicas no solo, que favorecem a produção e a emissão de CH<sub>4</sub> (BUENDIA et al., 1997). Já o sistema de irrigação por aspersão não proporciona condições ideais para a produção de CH<sub>4</sub>, pois mantém condições de solo oxidado, condição que potencializa as emissões de N<sub>2</sub>O.

Em função do exposto, foi realizado o presente trabalho, com o objetivo de avaliar a influência de dois sistemas de irrigação (alagado e aspersão) sobre as emissões de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O em solo cultivado com arroz, sendo essas emissões comparadas com uma área natural.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na safra 2011/2012, em um Planossolo Háplico, na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima

Temperado, em Capão do Leão, RS. Foram avaliados os seguintes tratamentos, sendo cada um com três repetições: T1 – sistema de irrigação por inundação (INUND.): o solo foi alagado com as plantas de arroz no estágio de quatro folhas estendendo-se até a colheita; T2 – sistema de irrigação por aspersão linear (ASPER.): foi realizada a irrigação da semeadura do arroz à maturação de colheita, sempre que a leitura média da tensão de água no solo, medida por sensores *watermark*, atingia 0,020 MPa; T3 – área natural (ÁREA NAT.): área de várzea adjacente sem histórico de cultivo de arroz.

A semeadura do arroz no sistema de irrigação por alagamento (T1) foi realizada dia 02 de novembro de 2011 e no sistema por aspersão (T2), em 04 de novembro, sendo que em ambos os tratamentos foi utilizada a cultivar BRS Querência, aplicando-se neste momento a adubação de base equivalente a 300 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 5-20-20. Nos dois sistemas, a adubação nitrogenada em cobertura - 110 kg N ha<sup>-1</sup> na forma de ureia - foi parcelada em duas aplicações, no estágio de quatro folhas (V4) e na iniciação da panícula (estádio R0).

As coletas de ar para análise do CH<sub>4</sub> e do N<sub>2</sub>O foram realizadas ao longo do período de irrigação no cultivo do arroz (início de dezembro até o final de março), com intervalos de mais ou menos sete dias. Para isso, foram instaladas, previamente ao alagamento, uma base de alumínio (64 x 64 cm) em cada uma das três repetições dos tratamentos. No momento das amostragens, realizadas sempre entre nove e onze horas da manhã, câmaras de alumínio foram dispostas sobre as bases, sendo que o fechamento hermético do conjunto câmara-base foi obtido pela colocação de água na canaleta na parte superior da base onde a câmara era apoiada (GOMES et al., 2009). As amostras de ar do interior das câmaras foram tomadas manualmente com auxílio de seringas de polipropileno (20 mL) nos tempos 0, 5, 10 e 20 minutos após seu fechamento. O ar no interior da câmara era homogeneizado durante 30 segundos antes de cada amostragem, por meio de ventiladores presentes na parte superior da câmara e a temperatura interna era monitorada com auxílio de um termômetro digital de haste com display externo. Logo após as amostragens, as seringas eram acondicionadas em caixa térmica e

mantidas sob baixa temperatura, sendo analisadas em um período de até 24 horas no laboratório de Biogeoquímica Ambiental da UFRGS.

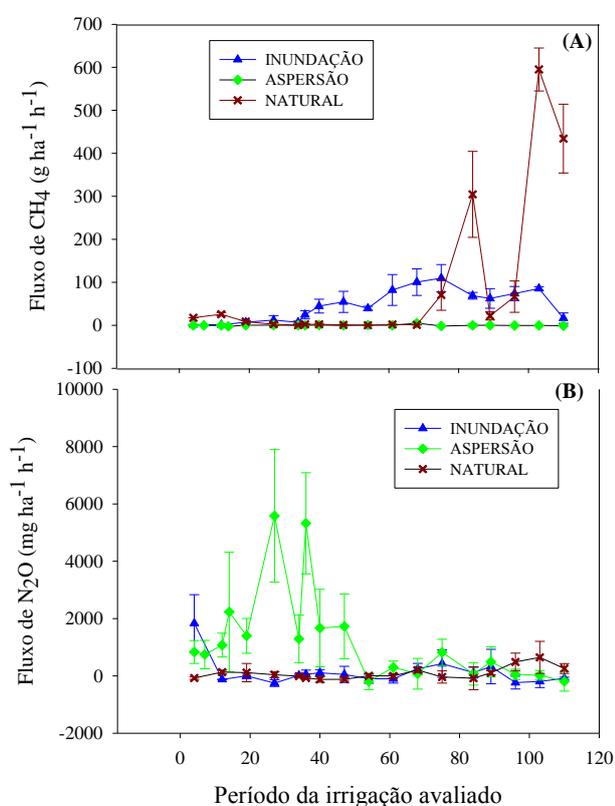
As concentrações de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O foram determinadas em cromatógrafo gasoso e os fluxos calculados utilizando-se a equação:  $f = (\Delta Q/\Delta t) \cdot (PV/RT) \cdot (M/A)$ . Onde, *f* é o fluxo de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O (µg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>), *Q* é a quantidade do gás (µmol mol<sup>-1</sup>) 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 atm L mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>), *T* é a temperatura dentro da câmara no momento da amostragem (K), *M* é a massa molar do gás (µg mol<sup>-1</sup>) e *A* é a área da base da câmara (m<sup>2</sup>). A taxa de aumento de gás no interior da câmara foi obtida pelo coeficiente angular da equação da reta ajustada entre a concentração dos gases e o tempo. A partir dos valores de fluxo calculados, foi estimada a emissão total do período (107 dias), calculada pela integração da área sob a curva obtida pela interpolação dos valores diários de emissão de N<sub>2</sub>O e de CH<sub>4</sub> do solo (GOMES et al., 2009). Com base na emissão acumulada de CH<sub>4</sub> e de N<sub>2</sub>O, foi calculado o potencial de aquecimento global parcial (PAGp), que considera o potencial de aquecimento de cada gás em relação ao dióxido de carbono – CO<sub>2</sub> (25 vezes para o CH<sub>4</sub> e 298 para o N<sub>2</sub>O). Os fluxos diários e a emissão total foram analisados de forma descritiva (média ± desvio padrão).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O pico de emissão de CH<sub>4</sub> no tratamento irrigado por inundação do solo foi verificado aos 73 dias com valores de 110g CH<sub>4</sub> ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> (Fig. 1a), coincidente com o estágio de florescimento do arroz. Segundo Pusatjapong et al. (2003), as maiores taxas de emissão de metano ocorrem nessa fase devido ao aumento da exsudação de compostos orgânicos decorrente da morte de raízes das plantas. No caso da irrigação por aspersão praticamente não houve emissão de CH<sub>4</sub>, sendo que os maiores valores (5g CH<sub>4</sub> ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) ocorreram aos 68 dias, época em que o solo apresentava umidade superior à saturação, devido à ocorrência de período de elevada precipitação. Já na área natural, o pico da emissão ocorreu aos 103 dias, atingindo 595g CH<sub>4</sub> ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>. As emissões na área natural foram bastante

variáveis e se relacionaram com as condições de umidade do solo no período da coleta.

As emissões de  $N_2O$  foram maiores no tratamento em que foi utilizado o sistema de irrigação por aspersão, comparado com os outros tratamentos. Os maiores fluxos de  $N_2O$  ocorreram durante a fase inicial da irrigação (primeiros 50 dias) (Fig. 1b), possivelmente devido às maiores concentrações de N no solo, decorrentes da adubação da cultura.

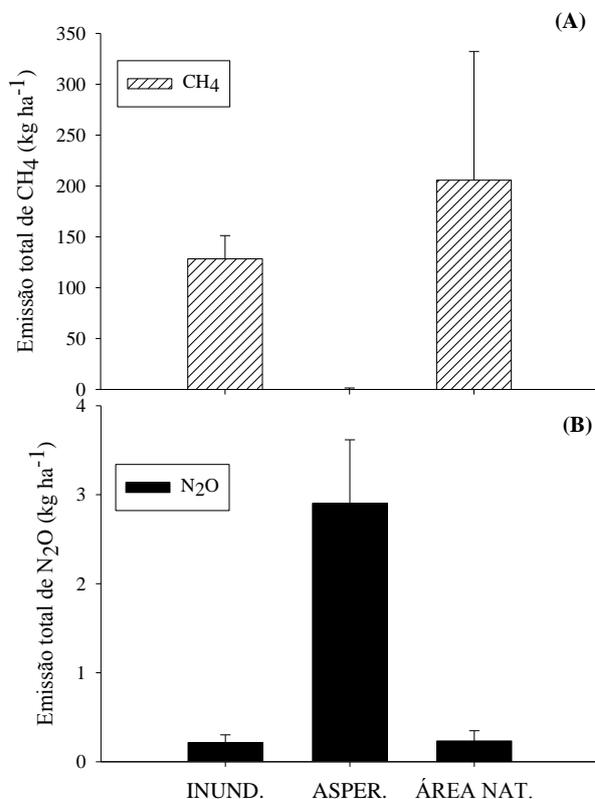


**Figura 1.** Fluxos de  $CH_4$  (A) e de  $N_2O$  (B) em um Planossolo cultivado com arroz irrigado por inundação do solo e aspersão durante um período de 107 dias. Barras verticais representam o desvio padrão da média.

Com relação à emissão total de  $CH_4$ , verifica-se que o cultivo do arroz irrigado por aspersão teve um efeito positivo na mitigação das emissões do gás do solo, quando comparado com os outros dois tratamentos (Fig. 2a), apresentando emissão total de  $CH_4$  quase nula ( $0,24 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Essa baixa emissão pode ser explicada pelo fato de a produção de  $CH_4$  no solo (metanogênese) requerer condições anaeróbicas, pois é restrita a micro-organismos anaeróbios obrigatórios, que são sensíveis ao

oxigênio (SILVA et al., 2008), sendo que essa condição de anaerobiose é muito difícil ocorrer em sistema de cultivo irrigado por aspersão.

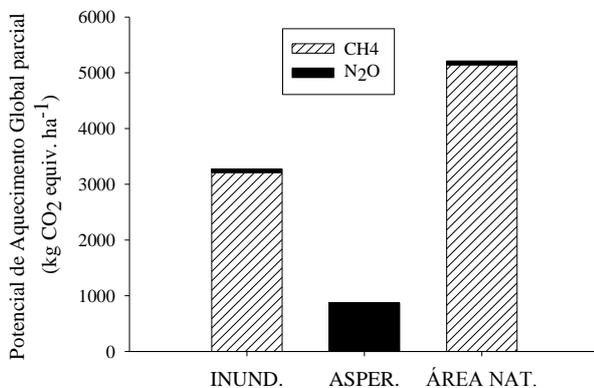
O sistema de irrigação por aspersão otimiza o uso da água na produção de arroz (PARFITT et al., 2011), mas por outro lado, tende a potencializar a emissão de  $N_2O$  do solo. Conforme se observa na Figura 2b, a emissão total de  $N_2O$  durante o período de 107 dias de avaliação foi mais de 12 vezes superior no tratamento irrigado por aspersão ( $2,9 \text{ kg N}_2\text{O ha}^{-1}$ ), comparativamente aos outros dois tratamentos (inund. =  $0,22 \text{ kg N}_2\text{O ha}^{-1}$  e área nat. =  $0,23 \text{ kg N}_2\text{O ha}^{-1}$ ). É provável que no sistema de irrigação por aspersão haja uma alternância das condições de oxidação/redução, o que favorece os processos alternados de nitrificação e desnitrificação, intensificando a produção e emissão de  $N_2O$ , principalmente nos períodos que forem efetuadas as adubações nitrogenadas. No sistema inundado a manutenção da lâmina de água cria condições estritamente anaeróbicas, as quais restringem a emissão de  $N_2O$  (TOWPRAYOON et al., 2005).



**Figura 2.** Emissão total de  $CH_4$  (A) e de  $N_2O$  (B) em solo cultivado com arroz sob diferentes sistemas de irrigação. Barras verticais representam o desvio padrão.



Na Figura 3 é apresentada uma comparação entre os sistemas de irrigação do arroz em relação ao potencial de aquecimento global parcial (PAGp). O sistema de irrigação por aspersão apresentou PAGp de 871 kg CO<sub>2</sub> equiv. ha<sup>-1</sup> (basicamente na forma de N<sub>2</sub>O), o que significa uma redução de 73% em relação ao sistema inundado, que apresentou um PAGp de 3274 kg CO<sub>2</sub> equiv. ha<sup>-1</sup> (basicamente na forma de CH<sub>4</sub>), e uma redução de 83% em relação a área natural, que apresentou 5212 kg CO<sub>2</sub> equiv. ha<sup>-1</sup> (basicamente na forma de CH<sub>4</sub>).



**Figura 3.** Potencial de Aquecimento Global parcial (PAGp) em solos cultivado com arroz sob diferentes sistemas de irrigação.

### CONCLUSÕES

O sistema de irrigação por aspersão promove a mitigação das emissões de metano do solo em cultivo de arroz, porém, potencializa as emissões de óxido nítrico. Ainda assim, esse sistema pode ser considerado eficiente quanto à redução do potencial de aquecimento global em relação à produção de arroz irrigado por inundação.

Os dois sistemas de irrigação (asper. e inund.) quando comparados com a área de referência, várzea não cultivada, apresentam menores valores de potencial de aquecimento global parcial.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e FAPERGS pelo auxílio financeiro e bolsas de estudo.

### REFERÊNCIAS

BUENDIA, L.V.; NEUE, H.U.; WASSMANN, R.; LANTIN, S.; JAVELLANA, A.M.

Understanding the nature of methane emission from rice ecosystem as basis of mitigation strategies. *Appl. Energy*. v.56, p. 433-444, 1997.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **10° Levantamento de safras 2010/2011**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acessado em 18/07/2011.

CONRAD, R. Control of microbial methane production in wetland rice fields. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, 64:59-69, 2002.

GOMES, J.; BAYER, C.; COSTA, F.S.; PICCOLO, M.C.; ZANATTA, J.A.; VIEIRA, F.C.B. & SIX, J. Soil nitrous oxide emissions in long-term cover crops-based rotations under subtropical climate. *Soil and Tillage Research*, v. 106, n. 1, p. 36-44, 2009.

MOSIER, A.R. Chamber and isotope techniques. In: ANDREAIE, M.O.; SCHIMMEL, D.S. (Eds.). **Exchange of traces gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere: report of the Dahlem Workshop**. Berlin: Wiley, p. 175-187, 1989.

PARFITT, J.M.B.; PINTO, M.A.B.; TIMM, L.C.; BAMBERG, A.L.; SILVA, D.M.; BRETANHA, G. Manejo da irrigação por aspersão e desempenho da cultura do arroz. In: **Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado**, 7, Camboriú-SC, Anais, v.2, 2011. p.461- 464-535.

PUSATJAPONG, W.; KERDCHOECHUEN, O.; TOWPRAYOON, S. Glucose, Fructose, and Sucrose Accumulation in Root and Root Exudate of Rice cv. Supanburi 1. *KMUTT Res. Develop. J.* 26 (3), 339-350, 2003.

SILVA, L. S.; SOUSA, R. O.; POCOJESKI, E. Dinâmica da matéria orgânica em ambientes alagados. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo**. Porto Alegre: Metrópole, Cap.27, 2008. p.525-544.

TOWPRAYOON, S.; SMAKGAHN, K.; POONKAEW S. Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from drained irrigated rice fields. *Chemosphere*. v.59(11), p.1547-1556, 2005.

ZSCHORNACK, T.; BAYER, C.; ZANATTA, J.A.; VIEIRA, F.C.B. & ANGHINONI, I. Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from flood-irrigated rice by no incorporation of winter crop residues into the soil. *R. Bras. Ci. Solo*, 35:623-634, 2011.