

# INFLUÊNCIA DO MANEJO DA IRRIGAÇÃO NOS FLUXOS DE METANO E ÓXIDO NITROSO NO CULTIVO DE ARROZ IRRIGADO

Jonas Wesz<sup>1</sup>; Rogério Oliveira de Sousa<sup>2</sup>; Walkyria Bueno Scivittaro<sup>3</sup>; Clenio Nailto Pillon<sup>3</sup>; Cimélio Bayer<sup>4</sup>; Roberto Carlos Doring Wolter<sup>5</sup>; Juliana Brito da Silva<sup>5</sup>; Carla Machado da Rosa<sup>6</sup>; Tiago Zschornack<sup>7</sup>; Gerson Lübke Buss<sup>1</sup>; Marcelo Machado Soncini<sup>8</sup>; Claudia Filomena Schneider Sehn<sup>8</sup>

**Palavras-chave:** Gases de efeito estufa, potencial de aquecimento global, irrigação intermitente, irrigação contínua

## INTRODUÇÃO

A agropecuária é responsável por mais da metade das emissões globais antrópicas de metano ( $\text{CH}_4$ ) e óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ). No Brasil, com sua economia dependente do agronegócio, a agropecuária aumenta proporcionalmente sua participação sendo responsável por 91% das emissões de  $\text{CH}_4$  e 94% das emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  (CERRI & CERRI, 2007). O cultivo de arroz irrigado é responsável por uma pequena parcela das emissões totais de metano em nível nacional, contudo, a maior parte da área plantada que utiliza o sistema de alagamento permanente está no Rio Grande do Sul, tornando o estado o principal emissor relacionado à atividade, com mais de 65% do total emitido de  $\text{CH}_4$  (MCT, 2006).

O sistema de manejo da irrigação com alagamento contínuo, amplamente utilizado nas lavouras orizícolas da Região Sul do país, proporciona condições anaeróbicas no solo que favorecem a produção e a emissão de  $\text{CH}_4$  (BUENDIA et al., 1997). Práticas de drenagem durante o período de cultivo, como as que ocorrem nos sistemas de irrigação intermitente, tem apresentado maior eficiência na redução das emissões de metano, quando comparados com o alagamento contínuo (TOWPRAYOONA et al., 2005; TYAGI et al., 2010), pois a aeração temporária, embora tenha a ação de potencializar as emissões de  $\text{N}_2\text{O}$ , promove uma condição aeróbia no solo que suprime a metanogênese. O manejo da água é uma das ferramentas mais importantes na produção de arroz e também é designada como sendo a opção mais promissora para a mitigação de metano (TYAGI et al., 2010).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do manejo da água de irrigação sobre as emissões de metano e de óxido nitroso em um Planossolo alagado cultivado com arroz.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante a safra 2010/2011, em um Planossolo Háplico eutrófico solódico na área experimental da Estação Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado. O experimento foi delineado em blocos ao acaso com quatro repetições. Para o presente estudo, foram selecionados dois dos tratamentos de manejo da água de irrigação: (i) Irrigação contínua: o solo foi alagado com as plantas de arroz no estágio de desenvolvimento  $V_3$  (COUNCE et al., 2000), sendo mantida a lâmina de água até a colheita (sistema de irrigação convencional) e; (ii) Irrigação intermitente: o solo foi alagado com as plantas em estágio  $V_3$  mantendo-se a lâmina de água até  $V_7$ , neste momento foi realizada a drenagem e a irrigação suprimida até  $R_1$ , quando então foi estabelecida novamente a lâmina de água sendo esta mantida até a colheita.

<sup>1</sup> Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Solos, Universidade Federal de Pelotas, Campus Universitário Capão do Leão, s/n, Capão do Leão-RS, Cx. Postal 354, CEP 96010-900, [jonaswesz@yahoo.com.br](mailto:jonaswesz@yahoo.com.br); [gersonlubke@yahoo.com.br](mailto:gersonlubke@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Professor Associado do Departamento de Solos - UFPel, [rosousa@ufpel.tche.br](mailto:rosousa@ufpel.tche.br)

<sup>3</sup> Pesquisador da Embrapa Clima Temperado, [walkyria.scivittaro@cpact.embrapa.br](mailto:walkyria.scivittaro@cpact.embrapa.br); [pillon@cpact.embrapa.br](mailto:pillon@cpact.embrapa.br)

<sup>4</sup> Professor Associado do Departamento de Solos - UFRGS, [cimelio.bayer@ufrgs.br](mailto:cimelio.bayer@ufrgs.br)

<sup>5</sup> Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Solos - UFPel, [robertowolter@gmail.com](mailto:robertowolter@gmail.com); [julianabritt@gmail.com](mailto:julianabritt@gmail.com)

<sup>6</sup> Pós doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo - UFRGS, [carlamrosa@yahoo.com.br](mailto:carlamrosa@yahoo.com.br)

<sup>7</sup> Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo - UFRGS, [tivizs@yahoo.com.br](mailto:tivizs@yahoo.com.br)

<sup>8</sup> Graduando do Curso de Agronomia - UFPel, [mmsoncini@terra.com.br](mailto:mmsoncini@terra.com.br); [claudia\\_fsse@hotmail.com](mailto:claudia_fsse@hotmail.com)

O solo da área experimental foi preparado no sistema convencional e a semeadura realizada dia 27 de outubro de 2011 com a cultivar BRS Querência aplicando-se neste momento a adubação de base equivalente a 250 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 05-20-20. A adubação nitrogenada de cobertura, 110 kg ha<sup>-1</sup> na forma de uréia, foi parcelada em duas aplicações, a primeira delas quando as plantas de arroz atingiram estágio de desenvolvimento V<sub>3</sub>, momentos antes do alagamento das parcelas, e a segunda com as plantas em R<sub>1</sub>.

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, com intervalos de mais ou menos 7 dias. Para isso, foram instaladas, previamente ao alagamento, duas bases de alumínio (64 x 64 cm) em uma das repetições de cada tratamento. No momento das amostragens, realizadas sempre entre as 9 e 12 horas, 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 da câmara foram tomadas manualmente com auxílio de seringas de polipropileno (20 mL) nos tempos 0, 5, 10 e 20 minutos após fechamento da mesma. 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. Imediatamente após a amostragem, as seringas foram acondicionadas em caixa térmica e mantidas em 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 do 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 (111 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

Os fluxos de CH<sub>4</sub> do solo apresentaram uma variação temporal similar, mas em magnitudes distintas de acordo com o manejo da água de irrigação utilizado (Figura 1). A drenagem do solo realizada a partir de 31 dias de alagamento promoveu a redução nos fluxos de metano, mantendo-os em níveis inferiores ao tratamento com lâmina permanente de água. As emissões de CH<sub>4</sub> iniciaram, de forma mais expressiva, 25 dias após o alagamento (DAA), atingindo valores máximos de 189,5 g ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> aos 71 dias, no alagamento contínuo. O tratamento intermitente teve sua emissão de metano cessada aos 35 DAA em virtude da drenagem do solo, enquanto que a reentrada de água a partir do 37º DAA, por outro lado, favoreceu as emissões de CH<sub>4</sub>, cujo pico de (59,4 g ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) foi atingido também aos 71 DAA, sendo este valor 69% inferior ao emitido pelo tratamento com lâmina de água permanente. À medida que o solo adquire uma condição aeróbia, os compostos reduzidos são rapidamente oxidados (RATERING & CONRAD, 1998) e assim, deixa de existir a condição de redução do solo necessária à produção de CH<sub>4</sub>. Ambos os tratamentos

atingiram a máxima emissão 71 DAA do solo (Figura 1), durante o estágio de florescimento do arroz, período no qual Towprayoon et al. (2005) também observaram as maiores taxas de emissão de  $\text{CH}_4$ .

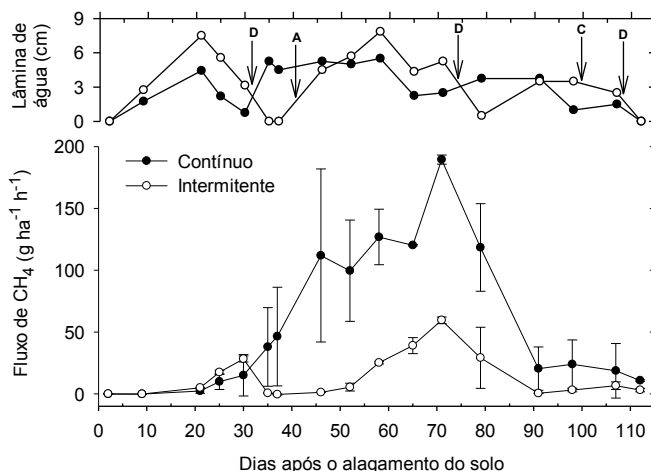


Figura 1. Altura da lâmina de água (a), fluxo de  $\text{CH}_4$  (b) em um Planossolo cultivado com arroz irrigado sob diferentes sistemas de manejo da água de irrigação. D = drenagem; A = alagamento; C = colheita. Barras verticais representam o desvio padrão da média.

As emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  foram praticamente nulas no tratamento de irrigação contínuo variando de  $-0,4$  a  $0,6 \text{ g ha}^{-1} \text{h}^{-1}$  ao longo de todo o período em que o solo se manteve alagado no cultivo do arroz (dados não apresentados). Esta variação nos fluxos foi semelhante à obtida no tratamento com irrigação intermitente, diferenciando-se apenas nos sete dias em que o solo esteve drenado quando elevaram-se as emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  até o pico de  $9,9 \text{ g ha}^{-1} \text{h}^{-1}$ . A drenagem do solo realizada no 31° DAA no tratamento intermitente, induziu a produção e a emissão de  $\text{N}_2\text{O}$  do solo, processo que ocorre devido à entrada e disponibilidade de oxigênio adequada no solo para a produção de  $\text{N}_2\text{O}$  como produto intermediário dos processos de nitrificação e desnitrificação (TOWPRAYOON et al., 2005). Esta "inversão" nas taxas de emissão de metano e óxido nítrico que ocorreu entre o 35° e o 46° DAA pelo efeito da drenagem também foi verificada em outros trabalhos (CAI et al., 1997; TOWPRAYOON et al., 2005; JOHNSON-BEEBOUT et al., 2009). A manutenção da lâmina de água no tratamento com irrigação contínua, assim também como no tratamento intermitente quando alagado, resultou em um fluxo de  $\text{N}_2\text{O}$  próximo a zero devido a existência de condições estritamente anaeróbias, as quais restringem a emissão de  $\text{N}_2\text{O}$  (TOWPRAYOON et al., 2005; JOHNSON-BEEBOUT et al., 2009). Liu et al. (2010) também não constataram nenhum incremento nas taxas de emissão de  $\text{N}_2\text{O}$  durante o cultivo do arroz sob lâmina permanente de água, mesmo após aplicações de nitrogênio (uréia).

A emissão total de metano no tratamento sob alagamento intermitente foi de  $36,1 \pm 2,3 \text{ kg CH}_4 \text{ ha}^{-1}$ , 77% menor que a emissão total no tratamento sob alagamento contínuo ( $159,8 \pm 53,5 \text{ kg CH}_4 \text{ ha}^{-1}$ ) (dados não apresentados). Para o óxido nítrico, os fluxos totais foram de  $1,7 \pm 0,76 \text{ kg N}_2\text{O ha}^{-1}$  no tratamento intermitente e de  $-0,1 \pm 0,05 \text{ kg N}_2\text{O ha}^{-1}$  no tratamento com alagamento contínuo. Cai et al. (1997) também encontraram fluxos negativos em seus trabalhos, fato que ocorre provavelmente porque sob condições prolongadas de alagamento, o  $\text{N}_2\text{O}$  presente no solo pode ser biologicamente reduzido a  $\text{N}_2$ , o que contribuiria inclusive para mitigação das emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  do solo.

A comparação entre os sistemas de manejo da água foi realizada pela conversão das emissões de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O em potencial de aquecimento global parcial (PAGp). O tratamento com manejo da irrigação intermitente apresentou um PAGp de 1401,6 kg CO<sub>2</sub> equiv. ha<sup>-1</sup>, o significa uma redução de 64% em relação ao tratamento contínuo, que apresentou um PAGp de 3941,9 kg CO<sub>2</sub> equiv. ha<sup>-1</sup> (dados não apresentados). Como o fluxo de N<sub>2</sub>O foi praticamente nulo com a irrigação contínua, o CH<sub>4</sub> foi responsável por todo o PAGp neste tratamento. A drenagem do solo reduziu a participação do CH<sub>4</sub> para 64% (902,5 kg CO<sub>2</sub> equiv. ha<sup>-1</sup>) do PAGp no tratamento intermitente e, consequentemente, aumentou a participação do N<sub>2</sub>O no PAGp para 36% (499,2 kg CO<sub>2</sub> equiv. ha<sup>-1</sup>) (dados não apresentados).

## CONCLUSÃO

A drenagem do solo promove uma redução na emissão de CH<sub>4</sub>, entretanto, intensifica as emissões de N<sub>2</sub>O do solo. O sistema de irrigação intermitente reduz o potencial de aquecimento global parcial quando comparado com o sistema de alagamento contínuo no cultivo de arroz irrigado.

## AGRADECIMENTOS

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

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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. **Applied Energy**. v. 56, p. 433-444. 1997.
- CAI, Z.; XING, G.; YAN, X.; XU, H.; TSURUTA, H.; YAGI, K.; MINAMI, K. Methane and nitrous oxide emissions from rice paddy fields as affected by nitrogen fertilisers and water management. **Plant and Soil**, v. 196, p. 7-14, 1997.
- CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P. Seqüestro de carbono em solos na América Latina. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 40-44, 2007.
- COUNCE, P.A.; KEISLING, T.C. & MITCHELL, A.J. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, v. 40, n. 2, p. 436-443, 2000.
- 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.
- JOHNSON-BEEBOUT, S.E.; ANGELES, O.R.; ALBERTO, M.C.R.; & BURESH, R.J. Simultaneous minimization of nitrous oxide and methane emission from rice paddy soils is improbable due to redox potential changes with depth in a greenhouse experiment without plants. **Geoderma**, v. 149, p. 45-53, 2009.
- LIU, S.; QIN, Y.; ZOU, J.; LIU, Q. Effects of water regime during rice-growing season on annual direct N<sub>2</sub>O emission in a paddy rice-winter wheat rotation system in a southeast China. **Science of the Total Environment**, v. 408, p. 906-913, 2010.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA - MCT. Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa – Relatórios de Referência. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/17341.html.%3E>>. Acesso em: 28 abril 2011.
- RATERING, S. & CONRAD, R. Effects of short-term drainage and aeration on the production of methane in submerged rice soil. **Global Change Biology**, v. 4, n. 4, p. 397-407, 1998.
- TOWPRAYOONA, S.; SMAKGAHN, K.; POONKAWE S. Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from drained irrigated rice fields. **Chemosphere**, v. 59, p. 1547-1556, 2005.
- TYAGI, L. KUMARI, B. & SINGH, S.N. Water management – A tool for methane mitigation from irrigated paddy fields. **Science of Total Environment**, v. 408, n. 5, p. 1085-1090, 2010.