

# EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM DISTINTOS PREPAROS DE SOLO NA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO E SOJA

Anderson Dias Silveira<sup>1</sup>; Rogério Oliveira de Sousa<sup>2</sup>; Walkyria Bueno Scivittaro<sup>3</sup>; Thaís Antolini Veçozzi<sup>2</sup>; Cristiano Weinert<sup>4</sup>; Victor Cieza Tarrillo<sup>5</sup>

Palavras-chave: potencial de aquecimento global, terras baixas, metano, óxido nitroso

## INTRODUÇÃO

Arroz irrigado e soja são culturas de destaque em áreas de terras baixas no Rio Grande do Sul. Solos de terras baixas são favoráveis ao cultivo de arroz irrigado por inundação devido ao relevo predominantemente plano e drenagem deficiente dos solos, características que podem dificultar o estabelecimento e cultivo da soja. As condições de solo inundado (reduzido) ou drenado (oxidado) proporcionam dinâmicas distintas dos nutrientes, como o carbono e o nitrogênio, que estão relacionados a importantes gases de efeito estufa, como o metano (CH<sub>4</sub>) e o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). O CH<sub>4</sub> é produto final da fermentação de compostos orgânicos em ambiente anaeróbico, por ação de microrganismos metanogênicos (EVANS et al., 2019). Por sua vez o óxido nitroso é produto intermediário das reações de nitrificação e desnitrificação, resultantes da alternância das condições de oxirredução do solo; ambos os processos são mediados por microrganismos (RANATUNGA et al., 2018).

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar os fluxos e emissões totais de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O e o potencial de aquecimento global parcial de solo de terras baixas sob o cultivo de arroz irrigado e soja.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em Planossolo Háplico, na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão-RS, integrando um estudo da interação de sistemas de rotação de culturas e de preparo do solo em terras baixas com 4 anos de duração, iniciado na entressafra de 2016. Os tratamentos avaliados compreenderam as combinações de dois sistemas de preparo do solo (convencional – SC e plantio direto – PD) e duas culturas de verão (arroz irrigado e soja), sendo distribuídos em delineamento de blocos ao acaso em parcelas subdivididas. Durante os períodos de entressafra, as parcelas experimentais foram cultivadas com azevém. As avaliações de emissões de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O foram realizadas de 11 de novembro de 2016 a 18 de abril de 2017. As parcelas referentes a cada tratamento apresentaram dimensões de 12 m x 20 m. Em cada parcela foram dispostos, ao acaso, três sistemas coletores de gases de efeito estufa, do tipo câmara estática fechada (MOSIER, 1989), que constituíram as repetições dos tratamentos. As amostras de ar do interior das câmaras foram coletadas manualmente, nos tempos 0, 5, 10 e 20 minutos após o fechamento das câmaras. As concentrações de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O nas amostras foram determinadas por cromatografia gasosa. Os fluxos de gases foram calculados pela relação linear entre a variação das concentrações de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O e os tempos de coleta. As emissões totais do período foram calculadas pela integração da área sob as curvas obtidas pela

<sup>1</sup>Me. Eng. Agrônomo, Universidade Federal de Pelotas, Rua Eduardo Olindo Sica 1441 – Centro- Capão do Leão – RS, CEP-96160-000, andersonsilveira36@gmail.com

<sup>2</sup>Dr. Eng. Agrônomo, Universidade Federal de Pelotas, rosousa@ufpel.edu.br/thais\_antolini@hotmail.com

<sup>3</sup>Dr<sup>a</sup> Eng. Agrônoma, Embrapa Clima Temperado, walkyria.scivittaro@embrapa.br

<sup>4</sup>Eng. Agrônomo, Universidade Federal de Pelotas, cristianoweinert@gmail.com

<sup>5</sup>Graduando em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, victorraulciezatarrillo@gmail.com

interpolação dos valores diários de emissão de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O do solo (GOMES et al., 2009). Baseado nas emissões acumuladas de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O, calculou-se o potencial de aquecimento global parcial (PAGp), que considera o potencial de aquecimento global do CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O, 34 e 298 vezes maior em relação ao CO<sub>2</sub> (IPCC, 2013). Os fluxos diários de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O foram analisados de forma descritiva (média e desvio padrão), enquanto as médias das emissões totais e PAGp foram submetidos à análise de variância e, quando significativas, ao teste Tukey (5%).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O primeiro e principal pico de emissão de N<sub>2</sub>O foi determinado aos 24 dias após o início das avaliações (Figura 1a) em todos tratamentos avaliados, mas com magnitudes distintas. Os maiores fluxos de N<sub>2</sub>O foram observados nos tratamentos cultivados com arroz irrigado sob SC (48.422 mg ha<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>) e PD (27.036 mg ha<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>). A maior intensidade do fluxo de emissão de N<sub>2</sub>O no cultivo de arroz irrigado em sistema convencional, em relação aos demais tratamentos, é atribuída ao conjunto de ações (incorporação da palhada de azevém, adubação nitrogenada de base, exposição da matéria orgânica protegida nos agregados do solo, estímulo da microbiota aeróbia do solo), que possivelmente contribuíram para a elevação dos teores de nitrogênio mineral no solo, associado ao evento de precipitação ocorrido próximo a data de avaliação. Bin-Feng et al. (2016), em um estudo de metanálise, observaram que a emissão de N<sub>2</sub>O em resposta à adubação nitrogenada é maior quando da aplicação de doses maiores de N. Nos tratamentos cultivados com soja, as magnitudes nas emissões de N<sub>2</sub>O foram de 6.460 mg ha<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> e 20.431 mg ha<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> nos sistemas convencional e plantio direto, respectivamente. A maior emissão de N<sub>2</sub>O observado na soja sob plantio direto pode ser atribuída à possibilidade de maior adensamento do solo, dificultando a difusão de oxigênio para o interior do solo. No entanto, não foi avaliado a densidade do solo neste estudo. Apesar de a magnitude de emissão ter sido bem menor, o comportamento entre os sistemas de preparo do solo no cultivo da soja foi contrário ao observado nos tratamentos com cultivo de arroz irrigado. A menor intensidade dos fluxos de emissão de N<sub>2</sub>O observada nas áreas cultivadas com soja é atribuída ao fato de o suprimento de nitrogênio mineral para os processos de nitrificação e desnitrificação do N ter-se originado unicamente do processo de mineralização do nitrogênio (KIM et al., 2019), visto que não foi realizada adubação nitrogenada nesse cultivo. Do 38º dia em diante, os fluxos de N<sub>2</sub>O oscilaram em valores muito próximos à zero (Figura 1a) para todos os tratamentos. Nos tratamentos sob cultivo de soja, a drenagem superficial do solo dificultou a ocorrência de condições anaeróbias capazes de condicionar a produção de N<sub>2</sub>O por desnitrificação. Enquanto que nos tratamentos com cultivo de arroz, a presença de lâmina de água contínua manteve o solo reduzido, evitando alternância dos processos de nitrificação e desnitrificação (RANATUNGA et al., 2018).

O comportamento dos fluxos de CH<sub>4</sub> observado nos tratamentos com cultivo de arroz irrigado (SC e PD) foi semelhante, embora tenham apresentado magnitude distinta. As emissões de CH<sub>4</sub> iniciaram cerca de 45 dias após o início das avaliações (Figura 1b), intensificando-se até o 68º dia, quando alcançaram valores máximos, correspondentes a 572 e 620 g ha<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>, respectivamente, coincidindo com a fase inicial do período reprodutivo do arroz, em que há considerável produção de exudatos radiculares (AULAKH et al., 2001). Outro pico de emissão de CH<sub>4</sub> ocorreu 18 dias após o florescimento do arroz, com valores de 352 e 312 g ha<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> para os sistemas convencional e plantio direto, respectivamente (Figura 1b). A elevação do fluxo de CH<sub>4</sub> após a florescimento pode estar relacionado à formação de liteira na superfície do solo, a partir da senescência e morte das folhas baixas da planta de arroz, bem como de escamações ou morte de raízes, constituindo-se em substrato orgânico para a metanogênese (MINAMIKAWA et al., 2006). Nos tratamentos com soja, os fluxos de CH<sub>4</sub> mantiveram-se próximos a zero durante todo o período de avaliação, visto que o cultivo se dá em solo drenado, não favorável à anaerobiose

necessária para a atividade das bactérias metanogênicas.

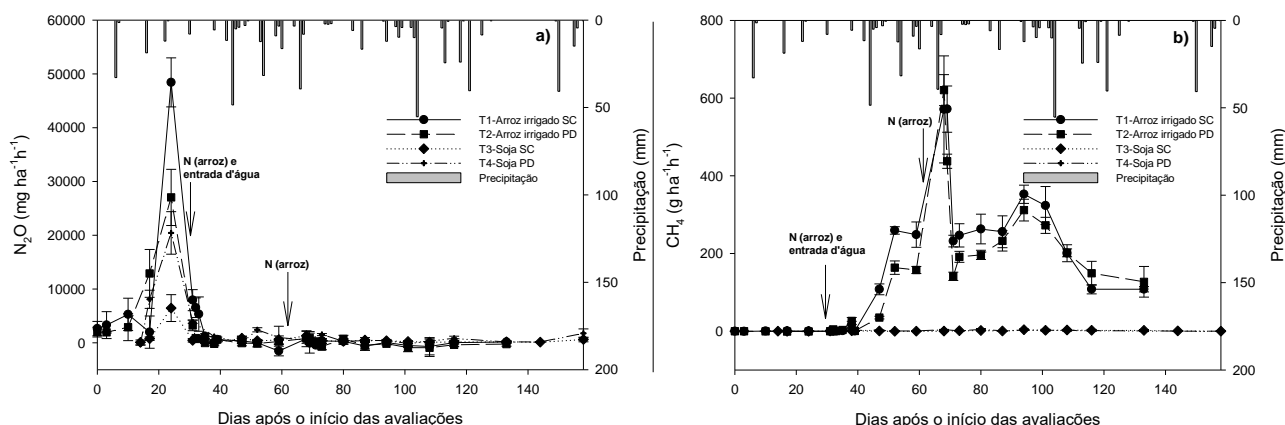


Figura 1. Fluxos de  $N_2O$  (a) e  $CH_4$  (b) e precipitação pluviométrica (a) e (b) em Planossolo cultivado com arroz irrigado e soja sob sistemas convencional (SC) e plantio direto (PD). Safra 2016/17.

No cultivo de arroz irrigado, maior emissão sazonal de  $N_2O$  ocorreu no SC, enquanto que para a soja essa foi determinada no PD (Tabela 1), refletindo o comportamento do fluxo desse GEE. Quanto à emissão sazonal de  $CH_4$ , essa foi 14,5 % maior no SC em relação ao PD (Tabela 1), o que se explica pela maior contribuição de fonte orgânica à metanogênese pelo revolvimento do solo, enquanto que sob PD a palha permanece em superfície, podendo levar a um potencial de redução do solo menor (REDDY & DELAUNE, 2008) comparativamente ao SC.

Tabela 1- Emissões totais de  $N_2O$  e  $CH_4$  em Planossolo cultivado com arroz irrigado e soja nos sistemas convencional (SC) e plantio direto (PD). Safra 2016/17.

	SC	PD	SC	PD
	----- $N_2O$ (kg.ha <sup>-1</sup> )-----		----- $CH_4$ (kg.ha <sup>-1</sup> )-----	
Arroz irrigado	10,9 (± 0,8)aA	7,7 (± 0,8)bA	520,8 (± 32,0)aA	455,0 (± 27,3)bA
Soja	2,4 (± 0,7)bB	7,0 (± 0,8)aA	3,8 (± 0,0)aB	4,1 (± 0,6)aB

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 2 - Potencial de aquecimento global parcial (PAGp) em Planossolo cultivado com arroz irrigado e soja nos sistemas convencional (SC) e plantio direto (PD). Safra 2016/17.

	SC	SC	PD	PD
	PAGp(kg CO <sub>2</sub> equiv.ha <sup>-1</sup> )	Contribuição <sup>1</sup>	PAGp(kg CO <sub>2</sub> equiv.ha <sup>-1</sup> )	Contribuição
Arroz irrigado	20.955,4 aA	$N_2O$ (15,5%) $CH_4$ (84,5%)	18.219,6 bA	$N_2O$ (12,6%) $CH_4$ (87,4%)
Soja	844,4 bB	$N_2O$ (84,7%) $CH_4$ (15,3%)	2.225,4 aB	$N_2O$ (93,7%) $CH_4$ (6,3%)

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%. <sup>1</sup>Contribuição de  $N_2O$  e  $CH_4$  na formação do PAGp.

Nas áreas com soja, o  $N_2O$  contribuiu com 84,7% e 93,7% do PAGp desse cultivo, enquanto naquelas com arroz irrigado, a contribuição do  $CH_4$  foi maior, representando 84,5% e 87,4% do total (Tabela 2). Zschornack et al. (2011), em estudo com a cultura de arroz irrigado, também determinaram menor PAGp quando da manutenção da palha em superfície, em relação ao SC, relacionando o ocorrido à lenta disponibilização de substrato para a metanogênese. Camargo (2015) determinou, em três safras de cultivo de arroz irrigado, valores de PAGp entre 8.179 e 18.474 kg CO<sub>2</sub> equiv.ha<sup>-1</sup> no sistema convencional de cultivo. No entanto, não foi encontrada

diferença no PAGp da cultura da soja entre o SC e PD, devido à boa condição de drenagem durante o período de avaliação.

## CONCLUSÃO

Os fluxos e a emissão total de N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub> em Planossolo são maiores no cultivo de arroz irrigado sob preparo convencional do solo, comparativamente ao sistema Plantio Direto.

O cultivo de soja em Planossolo possui maior potencial de emissão de N<sub>2</sub>O em Plantio direto, comparativamente ao preparo convencional do solo. No entanto, apresenta baixo potencial de aquecimento global parcial em relação ao cultivo de arroz irrigado, independente do sistema de preparo do solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AULAKH, M. S.; WASSMANN, R.; BUENO, C.; RENNENBERG, H. Impact of root exudates of different cultivars and plant development stages of rice (*Oriza sativa* L.) on methane production in a paddy soil. **Plant and soil**, Netherlands, v. 230, n. 1, p. 77-86, 2001.
- BING-FENG, S.; HONG, Z.; YI-ZHONG, L.; FEI, L.; XIAO-KE, W. The effects of nitrogen fertilizer application on methane and nitrous oxide emission/uptake in Chinese croplands. **Journal of Integrative Agriculture**, Beijing – CHN, v. 15, n. 2, p. 440-450, 2016.
- CAMARGO, E. S. **Potencial de práticas agrícolas em mitigar as emissões de gases de efeito estufa na cultura do arroz irrigado**. 2015. 138 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.
- EVANS, P.N.; BOYD, J. A.; LEU, A. O.; WOODCROFT, B. J.; PARKS, D. H.; HUGENHOLTZ, P.; TYSON, G. W. An evolving view of methane metabolism in the Archaeae. **Nature Reviews Microbiology**, v. 17, p. 219-232, 2019.
- GOMES, J. et al. Soil nitrous oxide emissions in long-term cover crops-based rotations under subtropical climate. **Soil Tillage Research**, Amsterdam - NL, v. 106, n. 1, p. 36-44, 2009.
- IPCC. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report (AR5). Final Draft Underlying Scientific-Technical Assessment. Cambridge University Press, Cambridge, 2013, 2216 p.
- KIM, G. W.; SUSON, J. G.; KIM, P. J. Optimum N rate for grain yield coincides with minimum greenhouse gas intensity in flooded rice fields. **Field Crops Research**, California – USA, v. 237, p. 23-31, 2019.
- MINAMIKAWA, K.; SAKAI, N.; YAGI, K. Methane emission from paddy fields and its mitigation options on a Field scale. **Microbes and Environments**, Yokosuka – JP, v.21, n.3, p. 135-147, 2006.
- MOSIER, A. R. Chamber and isotope techniques. In: ANDRAE, M. O.; SCHIMMEL, D.S. (Eds). **Exchange of trace gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere: report of the Dahlem Workshop**. Berlin: Wiley, 1989. p. 175-187.
- RANATUNGA, T.; HIRAMATSU, K.; ONISHI, T.; ISHIGURO, Y. Process of denitrification in flooded rice soils. **Reviews in Agricultural Science**, Gifu – JP, v. 6, p. 21-33, 2018.
- REDDY, K. R.; DELAUNE, R. D. Wetlands and global climate change. In: \_\_\_\_\_. **Biogeochemistry of wetlands: science and applications**. 1 ed. Boca Raton: CRC Press, 2008. p. 599 - 621.
- 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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v.35, p.623-634, 2011.