

# MITIGAÇÃO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA PELO MANEJO DA ÁGUA EM LAVOURA DE ARROZ IRRIGADO

Walkyria Bueno Scivittaro<sup>1</sup>; Anderson Dias Silveira<sup>2</sup>; Gerson Lübke Buss<sup>3</sup>; Roberto Carlos Doring Wolter<sup>3</sup>; Rogério Oliveira de Sousa<sup>4</sup>; Carla Machado da Rosa<sup>5</sup>; Cimélio Bayer<sup>6</sup>

Palavras-chave: metano, óxido nitroso, potencial de aquecimento global, irrigação intermitente.

## INTRODUÇÃO

No Rio Grande do Sul, grande parte da água destinada à agricultura é utilizada pela lavoura de arroz. Isto se deve à extensa área cultivada e ao sistema de irrigação predominante, inundação contínua, que condiciona demanda hídrica elevada à cultura. Com o intuito de reduzir o uso da água e aumentar a eficiência de irrigação do arroz, a pesquisa tem avaliado diferentes estratégias de manejo da água para o arroz. Pelos resultados promissores, algumas dessas estratégias já vêm sendo empregadas em lavouras comerciais, especialmente em regiões com restrição hídrica.

Além de economizar água, a adoção de manejos alternativos da água pode contribuir para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa associadas à lavoura de arroz, particularmente o metano ( $\text{CH}_4$ ) (TYAGI et al., 2010), cuja produção no solo está associada à decomposição microbiana de materiais orgânicos em ambiente anóxico (BUENDIA et al., 1997), proporcionado pela inundação contínua. Por outro lado, a intermitência e a redução no período de irrigação normalmente propiciam diminuição no fluxo de  $\text{CH}_4$  do solo, relativamente à inundação contínua (SASS et al., 1992). Quanto à emissão de óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), essa normalmente decorre da aplicação de fertilizantes nitrogenados, estando associada à ocorrência de ciclos de oxidação/redução no solo, decorrentes da intermitência ou desuniformidade da irrigação, que favorecem a alternância dos processos de nitrificação/desnitrificação. Considerando-se que o potencial de aquecimento global do  $\text{N}_2\text{O}$  é muito maior que o do  $\text{CH}_4$ , é importante conhecer a relação de emissão desses dois gases sob diferentes manejos da água para o arroz (TOWPRAYOON et al., 2005), visando estabelecer seu potencial de mitigação de emissões de gases de efeito estufa.

Pelo exposto, realizou-se um trabalho com o objetivo de avaliar a influência da redução no período de irrigação e de sistema de irrigação, com manutenção do solo saturado, sobre as emissões de metano e de óxido nitroso de Planossolo cultivado com arroz.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na safra 2012/2013, em Planossolo Háplico, na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão, RS. Avaliaram-se três manejos da água para o arroz: (i) inundação contínua: irrigação por inundação, com manutenção de lâmina de água contínua no período compreendido entre os estádios de quatro folhas (V4) e maturação (R9); período reduzido: irrigação por inundação, com manutenção de lâmina de água contínua no período compreendido entre os estádios de seis folhas (V6) e grão pastoso (R7); e solo saturado: irrigação por inundação com

<sup>1</sup> Eng.º Agr.º, Dra., Pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Rod. BR 392 km 78, CEP 96010-971, Pelotas-RS, walkyria.scivittaro@embrapa.br

<sup>2</sup> Estudante de Agronomia da FAEM-UFPel, Bolsista PROBIC da FAPERGS.

<sup>3</sup> Doutorado em Agronomia da FAEM-UFPel, Bolsista da CAPES.

<sup>4</sup> Eng. Agr.º, Doutor, Professor da FAEM-UFPel.

<sup>5</sup> Pós-doutoranda da UFRGS.

<sup>6</sup> Eng. Agr.º, Doutor, Professor da UFRGS.

manutenção do solo saturado (lâmina  $\leq 1$  cm) no período compreendido entre V4 e R9. Os tratamentos foram dispostos em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. As unidades experimentais, com dimensões de 10 m x 10 m, foram individualizadas por taipas e dotadas de sistema independente de irrigação e de mensuração do uso da água (hidrômetro LAO UJ 9ID1, vazão nominal  $1,5 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ ). Nos tratamentos que previam presença de lâmina de água, esta apresentou altura de  $7,0 \pm 2,0$  cm, por sua vez naquele com manutenção de solo saturado, manteve-se uma lâmina de água  $<1,0$  cm. Para tanto, procedeu-se o esgotamento do excesso de água das parcelas sempre que altura da lâmina excedia 2,0 cm, devido à ocorrência de eventos de chuvas. A cultivar de arroz BRS Pampa foi implantada em sistema plantio direto, sobre resteva de azevém. O manejo da cultura seguiu indicações técnicas da pesquisa para a cultura de arroz irrigado (SOSBAI, 2012). Ao final do ciclo, esta foi avaliada quanto ao uso da água e produtividade de grãos. Os dados relativos a essas variáveis foram submetidos à análise estatística, comparando-se as médias dos tratamentos pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

As coletas de ar para análise do  $\text{CH}_4$  e do  $\text{N}_2\text{O}$  do solo foram realizadas semanalmente, a partir da semeadura do arroz, estendendo-se até uma semana após a colheita. Para isso, foram instaladas em três repetições de cada tratamento de manejo da água, sistema coletor de alumínio, com base de 64 cm x 64 cm. No momento das amostragens, realizadas sempre entre as 9 e 12 horas, horário no qual as emissões correspondem aproximadamente à emissão média diária, câmaras estáticas fechadas de alumínio (MOSIER, 1989) foram dispostas sobre as bases. 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. As concentrações de  $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$  nas amostras de ar foram determinadas por cromatografia gasosa no laboratório de Biogeoquímica Ambiental da UFRGS. Os fluxos de gases (taxas de emissão) foram calculados pela relação linear entre a variação na concentração dos gases e o tempo de coleta. A partir dos valores de fluxo determinados, foi estimada a emissão total do período de avaliação (142 dias), calculada pela integração da área sob a curva obtida pela interpolação dos valores diários de emissão de  $\text{N}_2\text{O}$  e de  $\text{CH}_4$  do solo (GOMES et al., 2009). Com base na emissão acumulada de  $\text{CH}_4$  e de  $\text{N}_2\text{O}$ , foi calculado o potencial de aquecimento global parcial (PAGp), que considera o potencial de aquecimento de cada gás em relação ao dióxido de carbono –  $\text{CO}_2$  (25 vezes para o  $\text{CH}_4$  e 298, para o  $\text{N}_2\text{O}$ ). Os fluxos diários e a emissão acumulada foram analisados por estatística descritiva (média  $\pm$  desvio padrão).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os fluxos de  $\text{CH}_4$  do solo de todos os tratamentos de manejo da água apresentaram variação temporal semelhante durante a maior parte do período de avaliação. Quanto à magnitude, observou-se tênue superioridade do tratamento com irrigação contínua em relação àquele com período reduzido, especialmente nas cinco primeiras semanas que sucederam a entrada de água no tratamento com inundação contínua (Figura 1a). Isso se explica pela semelhança no manejo da água dos dois tratamentos, que diferiram, apenas, quanto às épocas de início e de supressão da irrigação, que ocorreram, respectivamente, 11 dias após e 15 dias antes, no tratamento com período reduzido. Os fluxos de metano medidos no tratamento solo saturado foram, porém, bem menores que naqueles com presença de lâmina de água, especialmente após 26 dias do início da irrigação (Figura 1a). Independentemente do manejo da água, as emissões máximas de  $\text{CH}_4$  ocorreram entre 75 e 79 dias após o início das avaliações, coincidindo com o fase de emborrachamento do arroz. Altas emissões de  $\text{CH}_4$  na fase reprodutiva do arroz resultam de condições ambientais (Eh, pH e disponibilidade de nutrientes) adequadas à metanogênese (TOWPRAYOON et al., 2005).

O padrão temporal de emissão de  $\text{N}_2\text{O}$  do solo foi muito semelhante entre os tratamentos de manejo da água. Durante a maior parte do período de avaliação, o fluxo de  $\text{N}_2\text{O}$  foi praticamente nulo, sendo identificados, apenas, dois picos de emissão, o primeiro

de menor intensidade ( $3.320 \text{ mg N}_2\text{O ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ), ocorreu 11 dias após a semeadura do arroz, coincidindo com a ocorrência de um evento de chuva intensa (Figura 2), que proporcionou a saturação do solo, condição favorável à alternância dos processos de nitrificação/desnitrificação, que têm o  $\text{N}_2\text{O}$  como produto intermediário (TOWPRAYOON et al., 2005). Já o segundo pico, de maior intensidade ( $10.235 \text{ mg N}_2\text{O ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) ocorreu 27 dias após o início das avaliações, por ocasião da primeira adubação nitrogenada em cobertura (Figura 1b). O pequeno fluxo de  $\text{N}_2\text{O}$  no restante do período de avaliação é explicado pela uniformidade da irrigação, com manutenção da lâmina de água ou do solo saturado, proporcionando condições estritamente anaeróbias, que são restritivas à emissão de  $\text{N}_2\text{O}$ , mesmo após a adubação nitrogenada (LIU et al., 2010).

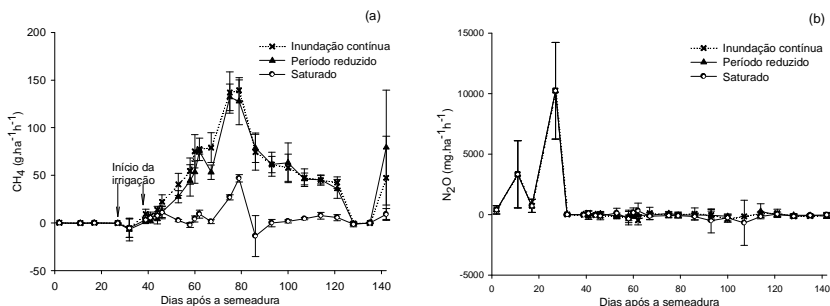


Figura 1. Fluxos de  $\text{CH}_4$  (a) e de  $\text{N}_2\text{O}$  (b) do solo associados ao cultivo de arroz irrigado sob distintos manejos da água. Barras verticais representam o desvio padrão da média.

A emissão total de metano dos tratamentos período reduzido e solo saturado foram de  $123,4 \pm 26,9$  e  $14,4 \pm 7,3 \text{ kg CH}_4 \text{ ha}^{-1}$ , respectivamente, 8 e 89% menor que a emissão total do manejo com inundação contínua ( $133,9 \pm 18,3 \text{ kg CH}_4 \text{ ha}^{-1}$ ) (dados não apresentados). Para o óxido nítrico, os fluxos totais foram praticamente os mesmos para todos os manejos, variando de  $2,2$  a  $2,5 \text{ kg N}_2\text{O ha}^{-1}$ .

A comparação entre os manejos da água foi realizada pela conversão das emissões de  $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$  em potencial de aquecimento global parcial (PAGp). Os tratamentos período reduzido e solo saturado apresentaram PAGp de  $3.845$  e  $1.028 \text{ kg CO}_2 \text{ equiv. ha}^{-1}$ , o que significa, respectivamente, reduções de 6 e 73%, em relação ao inundação contínua, com PAGp de  $4.071 \text{ kg CO}_2 \text{ equiv. ha}^{-1}$ . Como o fluxo de  $\text{N}_2\text{O}$  foi semelhante entre os manejos, o  $\text{CH}_4$  foi responsável por mais de 80% do PAGp dos manejos com lâmina de água, mas para o tratamento com solo saturado, a contribuição do  $\text{CH}_4$  foi de apenas 35% (Figura 3).

O manejo da água influenciou a produtividade de grãos do arroz; os tratamentos com manutenção de lâmina de água [inundação contínua ( $8.440 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e período reduzido ( $8.192 \text{ kg ha}^{-1}$ )] apresentaram desempenho produtivo semelhante, superando aquele do manejo com solo saturado ( $6.798 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Por outro lado, os manejos com período de irrigação reduzido e solo saturado condicionaram reduções no uso da água pela cultura de 17 e 38%, respectivamente (dados não apresentados). Mas, relacionando-se o potencial de aquecimento global parcial aos dados de produtividade de grãos e de uso da água, tem-se que apenas o manejo com solo saturado foi efetivo em mitigar o PAGp, apresentando valores de  $0,15 \text{ kg de CO}_2 \text{ equiv. kg}^{-1}$  de arroz e  $0,25 \text{ kg de CO}_2 \text{ equiv. m}^{-3}$  de água aplicada, contra  $0,48 \text{ kg de CO}_2 \text{ equiv. kg}^{-1}$  de arroz e  $0,61 \text{ kg}^{-1}$  de  $\text{CO}_2 \text{ equiv. m}^{-3}$  de água aplicada, no manejo com inundação contínua. Tal potencial de mitigação de emissão de gases de efeito estufa não foi verificado para o manejo com período reduzido, para o qual os valores determinados foram de  $0,47 \text{ kg de CO}_2 \text{ equiv. kg}^{-1}$  de arroz produzido e  $0,69 \text{ kg de CO}_2 \text{ equiv. m}^{-3}$  de água aplicada.

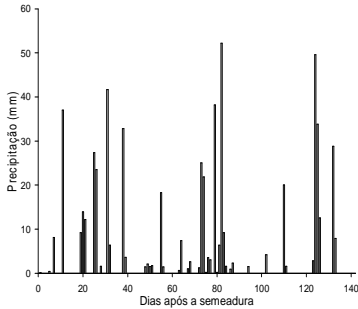


Figura 2. Precipitação pluviométrica em área cultivada com arroz irrigado.

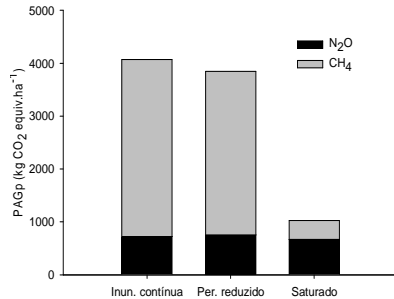


Figura 3. Potencial de aquecimento global associado ao cultivo de arroz irrigado sob distintos manejos da água.

## CONCLUSÃO

A adoção de manejo da água com manutenção do solo saturado durante todo o período de irrigação mitiga as emissões de gases de efeito estufa no cultivo de arroz irrigado, relativamente à inundação contínua. Este efeito se dá essencialmente pela redução nas emissões de metano do solo.

## 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.
- 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, p. 36-44, 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 southeast China. **Science of the Total Environment**. v. 408, p. 906-913, 2010.
- MOSIER, A. R. Chamber and isotope techniques. In: ANDREAE, M. O.; SCHIMMEL, D. S. (Eds.). **Exchange of trace gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere**: report of the Dahlem Workshop. Berlin: Wiley. p. 175-187, 1989.
- SASS, R. L.; FISHER, F. M.; WANG, Y. B.; TINNER, F. T.; JUND, M. E.; Methane emission from rice fields: the effect of floodwater management. **Global Biogeochemical Cycles**. v. 6, p. 249-262, 1992.
- SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Itajaí: SOSBAI, 2012. 179 p.
- TOWPRAYOONA, S.; SMAKGAHN, K.; POONKAEW 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 the Total Environment**, v. 408, n. 5, p. 1085-1090, 2010.