

EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO ARROZ IRRIGADO EM FUNÇÃO DO MANEJO DO SOLO NA ENTRESSAFRA

Fernanda Luisa Lüdtke¹, Mara Grohs², Caren Alessandra da Rosa³, Luana Pinheiro Martins⁴, Bruno Cerentini Lovato⁵, Endiele Lopes dos Santos⁶, Giovane Rodrigo Friedrich Neu⁷, Getúlio Elias Pilecco⁸, Milena Baratto⁹, Bruna Bredow Behling¹⁰, Sandro José Giacomini¹¹,

Palavras-chave: [plântio direto; sistema convencional; trevo persa; metano, óxido nitroso,]

INTRODUÇÃO

Estima-se que entre as atividades antrópicas, a agricultura e a pecuária contribuam mundialmente com aproximadamente 55% das emissões de metano (CH₄) e 80% das emissões de óxido nitroso (N₂O), dois potentes gases de efeito estufa (GEE). Desse total, a lavoura de arroz representa 30% das emissões de CH₄ e 11% das emissões de N₂O (IPCC, 2007). No solo esses gases são produzidos pela atividade microbiana e emitidos à atmosfera (YAGI et al., 2020).

Algumas práticas aplicadas na lavoura de arroz irrigado possuem potencial de mitigar a emissão de CH₄ nesse sistema de produção. Estudos indicam que é possível reduzir as emissões deste gás pelo manejo da irrigação (YAGI et al., 2020), dos fertilizantes e do solo, sendo que nesse último caso a mitigação se dá através do uso do plântio direto ou da redução no preparo de solo (BAYER et al., 2014; GROHS et al., 2020). Com isso, a adoção dessas práticas no cultivo de arroz são estratégicas para que se promova a mitigação da emissão de CH₄ até 2030 (SAPKOTA et al., 2019).

No Brasil, a forma predominante de preparo do solo para o cultivo do arroz é o cultivo mínimo, em que os resíduos culturais da lavoura anterior são incorporados logo após a colheita, no outono-inverno. Nos últimos anos vem aumentando o uso de plantas de cobertura dentro desse sistema de produção, tanto para pastejo como para a melhoria da fertilidade dos solos (LUZ et al., 2018), fazendo com que aumente o aporte de carbono (C) no solo. Porém, durante a irrigação do arroz por inundação parte desses resíduos acabam se tornando substrato as bactérias metanogênicas, podendo ocasionar aumento nas emissões de CH₄ nessas áreas. Por outro lado, dependendo da qualidade dos resíduos, poderá haver a redução das emissões de N₂O durante a entressafra (GROHS et al., 2020). No entanto, ainda são escassos os estudos que avaliem o efeito de diferentes tipos de preparo do solo aliado ao uso de plantas de cobertura sobre a emissão de GEEs no cultivo do arroz. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito dos principais sistemas de cultivo do arroz utilizados no Sul do Brasil, maior região produtora do país, quanto às emissões de CH₄ e N₂O no período de cultivo do arroz irrigado e na entressafra.

MATERIAL E MÉTODOS

¹ Graduanda em Agronomia da UFSM, Avenida Roraima, nº 1000, Santa Maria/RS. E-mail: fernandaludtke8@gmail.com

² Dra. Eng. Agr. Pesquisadora do IRGA, Estação Regional de Pesquisa do IRGA//Cachoeira do Sul. E-mail: grohs.mara@gmail.com

³ MSc. Eng.Agr. Doutorando do Dep. De solos da UFSM. E-mail: caren_alessandra@hotmail.com

⁴ Eng.Agr, IRGA. E-mail: martinspluana@gmail.com

⁵ Graduando em Agronomia da UERGS. E-mail: bruno_lovatos@hotmail.com

⁶ Graduanda em Eng. Agrícola da UFSM. E-mail: endielelopes@gmail.com

⁷ Graduando em Agronomia da UERGS. E-mail: bruno_lovatos@hotmail.com

⁸ Eng. Agr. UERGS. Email: giovanerfneu@hotmail.com

⁹ Graduanda em Agronomia da UFSM. E-mail: milenabaratto99@hotmail.com

¹⁰ Graduanda em Agronomia da UFSM. E-mail: brunabehling99@gmail.com

¹¹ Dr. Eng.Agr. Pós-doutorando do Dep. De solos da UFSM. E-mail: pilecco35@yahoo.com.br

O experimento de campo foi conduzido em área experimental de terras baixas, do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), em Cachoeira do Sul, RS. O estudo foi realizado durante dois anos agrícolas, ininterruptos, iniciando a coleta de dados em 08 de outubro de 2019 e finalizando em 19 de outubro de 2021. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, com os seguintes tratamentos pós-colheita: preparo convencional, cultivo mínimo, plantio direto e plantio direto com trevo persa (*Trifolium resupinatum* L).

Amostragens de ar semanais foram realizadas para quantificação do CH₄ e N₂O. Para tal, foi utilizado o método da câmara estática fechada descrito por MOSIER (1989). As amostras de ar foram imediatamente transferidas das seringas para frascos de vidro sob vácuo e posteriormente enviados ao laboratório (Laboratório de Pesquisa em Biotransformações de Carbono e Nitrogênio – LABCEN) para determinação das concentrações de CH₄ e N₂O em cromatógrafo gasoso (Shimadzu GC – modelo 2014). As emissões acumuladas de CH₄ e N₂O foram calculadas a partir da integral da área sob a curva, estabelecida pela interpolação dos valores diários de emissão.

Aos fluxos de CH₄ e N₂O em cada coleta, foi calculado o desvio-padrão. As emissões cumulativas de CH₄ e N₂O foram submetidos à análise da variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste LSD, a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período de cultivo do arroz irrigado, as primeiras emissões de CH₄ positivas iniciaram sete dias após a inundação, no ano 1. O maior pico foi registrado no estágio R₄ da cultura do arroz, aos 128 dias após o início do experimento. As maiores emissões foram de 5.892 g⁻¹ C-CH₄ ha⁻¹ d⁻¹ no plantio direto, seguido de 3.797 g⁻¹ C-CH₄ ha⁻¹ d⁻¹ no plantio direto associado ao trevo persa, 2.801 g⁻¹ C-CH₄ ha⁻¹ d⁻¹ no cultivo mínimo e 1.735 g⁻¹ C-CH₄ ha⁻¹ d⁻¹ no sistema convencional (Figura 1A). No ano 2, houve uma mudança no padrão de emissão e os picos de emissão são menos expressivos comparado ao ano 1 (Figura 1C). Os maiores picos no sistema convencional e o plantio direto foram registrados 56 dias após o início do experimento, associado à segunda aplicação de nitrogênio (N) em cobertura atingindo 3.064 e 1.791 g⁻¹ C-CH₄ ha⁻¹ d⁻¹, respectivamente, e no cultivo mínimo e o plantio direto com trevo persa, aos 84 dias após o início do experimento associado à terceira aplicação de N foram registradas as maiores emissões, de 2.664 e 2.229 g⁻¹ C-CH₄ ha⁻¹ d⁻¹. Ou seja, os sistemas com presença de palha na superfície favoreceram a emissão de CH₄ durante a safra do arroz irrigado, no ano 1, mas a presença da leguminosa atuou de forma a mitigar a emissão, possivelmente atrelado ao estímulo da presença da leguminosa na decomposição da palha do arroz.

As emissões de N₂O se concentraram no período inicial, logo após a dessecação da área no ano 1 e associado à aplicação do N em cobertura no ano 2 (Figura 1B), assim como registrado nas emissões de CH₄. No ano 1, as maiores emissões de N₂O estiveram associadas às duas aplicações de N em cobertura, aos 71 e 89 dias após o início do experimento, mais expressivo no sistema convencional (287 e 597 g⁻¹ N-N₂O ha⁻¹ d⁻¹). Enquanto nos demais sistemas chegaram a 116 g⁻¹ N-N₂O ha⁻¹ d⁻¹ no cultivo mínimo, aos 75 dias após o início do experimento, no plantio direto associado ao trevo persa, a maior emissão foi de 85 g⁻¹ N-N₂O ha⁻¹ d⁻¹, aos 96 dias após o início do experimento, e no plantio direto, a maior emissão foi registrada aos 34 dias após o experimento, 40 g⁻¹ N-N₂O ha⁻¹ d⁻¹. A maior emissão no sistema convencional, pode estar relacionada ao revolvimento do solo próximo a sementeira, o que pode ter aumentado a disponibilidade de C aos microrganismos desnitrificadores que são heterotróficos (WANG et al., 2015).

No ano 2, os picos mais expressivos de N₂O foram registrados logo após a inundação da área, com destaque para a área onde havia trevo persa, chegando a 306 7 g⁻¹ N-N₂O ha⁻¹ d⁻¹, seguido do plantio direto (190 7 g⁻¹ N-N₂O ha⁻¹ d⁻¹) e do sistema convencional (180 g⁻¹ ha⁻¹ d⁻¹),

enquanto o plantio direto apresentou $69 \text{ g}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$. Além desse pico logo após a inundação, algumas emissões mais expressivas foram registradas logo após a dessecação pré-semeadura, com destaque novamente para a área com trevo persa (Figura 1D).

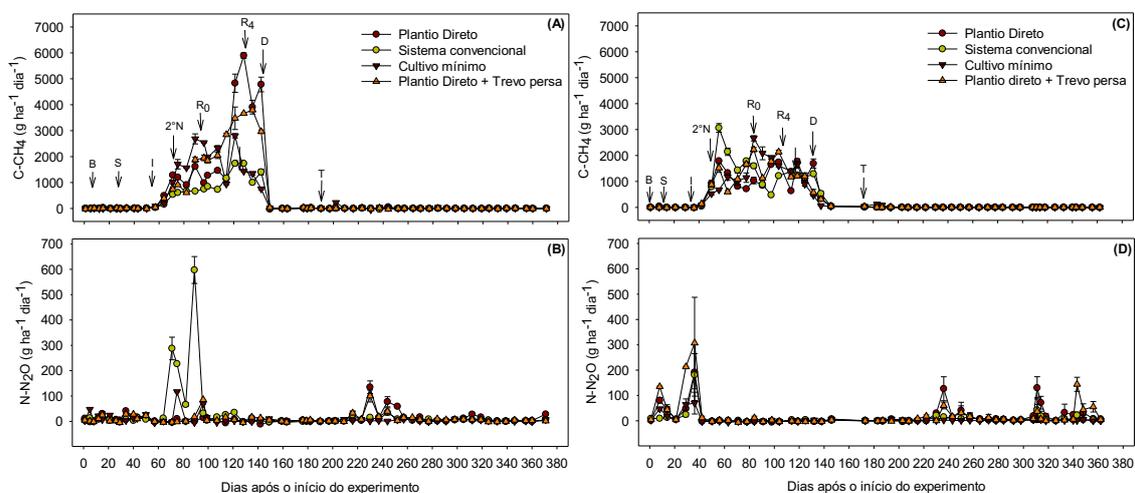


Figura 1- Fluxos de C-CH₄ (A) e de N-N₂O (B), na safra e na entressafra no ano 1 (2019/20) e fluxos de C-CH₄ (C) e fluxos N-N₂O (D) na safra e na entressafra no ano 2 (2020/21), ambos em $\text{g ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ no plantio direto, sistema convencional, cultivo mínimo e plantio direto associado ao trevo persa. Cachoeira do Sul, 2021. Letras com seta indicam o seguinte: B: dessecação; S: semeadura; SI: irrigação por superfície; 2°N: segunda aplicação de nitrogênio em cobertura; R0: iniciação da panícula do arroz; R4: floração do arroz; D: drenagem da lavoura; T: aplicação dos tratamentos. As barras verticais indicam a diferença mínima significativa de acordo com o teste LSD 5%.

No período entressafra, nos dois anos do estudo, o cultivo mínimo foi o manejo com maior estímulo à emissão de CH₄ e os picos estão associados ao momento de realização da incorporação da palha ao solo, registrando 227 e 126 $\text{g CH}_4 \text{ ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, para os anos 1 e 2, respectivamente (Figura 1(A) e 1(C)). Apesar disso, a maior parte da entressafra registrou emissões negativas, o que era esperado, visto que, nesse período do ano, predominam condições aeróbicas no solo, desfavoráveis à formação de CH₄.

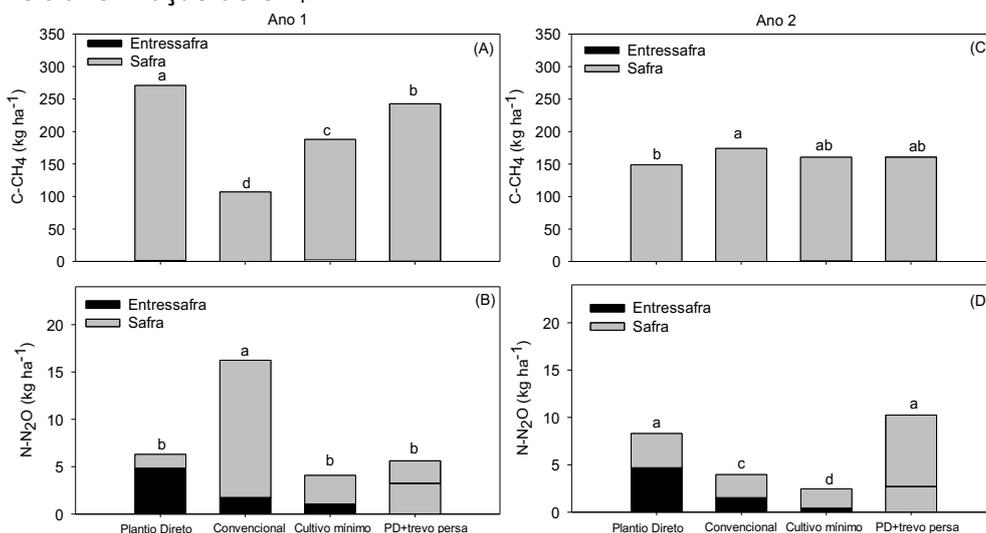


Figura 2 – C-CH₄ e N-N₂O acumulados no plantio direto, sistema convencional, cultivo mínimo e plantio direto associado ao trevo persa, nos anos 1 (A) e (B) e ano 2 (C) e (D). Cachoeira do Sul, 2021. Letras diferentes, diferem estatisticamente a 5% de probabilidade.

As emissões de N₂O durante a entressafra foram menos expressivas, mas registradas em praticamente todo o período. Isso é reflexo da ocorrência de ciclos de umedecimento e secagem, na maior parte do tempo, nos dois anos avaliados. Essa condição permite que o N mineralizado no solo sofra a nitrificação nos períodos em que o solo está drenado (aerado) e com a ocorrência

das chuvas o solo atinge condições de baixa disponibilidade de O₂ favorecendo a desnitrificação do NO₃⁻ presente no solo. Além disso, a nitrificação quando ocorre em condições subótimas de disponibilidade de O₂ também contribui para a emissão de N₂O. Independentemente do ano, as maiores emissões foram registradas no plantio direto associado ou não ao trevo persa.

As quantidades de CH₄ acumuladas durante a safra e a entressafra de arroz irrigado foram: 271, 242, 187 e 106 kg C-CH₄ ha⁻¹ no plantio direto, plantio direto associado ao trevo persa, cultivo mínimo e sistema convencional, respectivamente, no ano 1, e 173, 160, 160 e 149 kg C-CH₄ ha⁻¹ no sistema convencional, cultivo mínimo e plantio direto e plantio direto associado ao trevo persa, respectivamente, no ano 2.

Quanto as emissões acumuladas de N₂O, no ano 1 foram de 16,2, 6,3, 4,1 e 5,6 g⁻¹ N-N₂O ha⁻¹, no sistema convencional, plantio direto, no cultivo mínimo e no plantio direto associado ao trevo persa, respectivamente. Para o ano 2, as emissões acumuladas foram 10,3, 6,3, 4 e 2,4 kg N-N₂O ha⁻¹ nos sistemas plantio direto associado ao trevo persa, plantio direto, sistema convencional e cultivo mínimo. Em média, as emissões foram 22% maiores no ano 1, quando comparado ao ano 2, sendo que em alguns manejos, como no sistema convencional, essa diferença chegou a 75% entre os dois anos de estudo.

CONCLUSÃO

A emissão de CH₄ foi dependente da quantidade de palha no solo no momento do alagamento para a irrigação do arroz, indicando que sistemas de manejo que aceleram a decomposição da palha no período da entressafra são potenciais mitigadores da emissão do CH₄. Já a emissão de N₂O parece ser maior com o uso do plantio direto principalmente no período de entressafra e na safra quando esse sistema é combinado com o cultivo do trevo persa. Estudos devem ser conduzidos para quantificar a contribuição do plantio direto em terras baixas sobre o acúmulo de C no solo, o que poderia contrabalançar as emissões de CH₄ e N₂O nesse sistema. Altas emissões de N₂O podem ocorrer na safra após a aplicação do N no sistema de preparo convencional. O cultivo mínimo foi o sistema que apresentou maior potencial para redução das emissões de CH₄ e N₂O no arroz irrigado em terras baixas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAYER, C. et al. Yield-scaled greenhouse gas emissions from flood irrigated rice under long-term conventional tillage and no-till systems in a Humid Subtropical climate. **Field Crops Research**, v. 162, p. 60-69, 2014.
- GROHS, M. et al. Greenhouse gas emissions during rice crop year affected by management of rice straw and ryegrass. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 44, 2020.
- IPCC. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. IPCC, UK, 2007. Vol. 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use, Chapter 11, p. 5-6, S.
- LUZ, S. da C. et al. Performance of flooded rice grown in succession to winter cover crops. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 42, 2018.
- MOSIER, A. R. Chamber and isotope techniques. In 'Exchange of trace gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere'. (Eds MO Andreae, DS Schimel) pp. 175-187. 1989.
- SAPKOTA, T. B. et al. Cost-effective opportunities for climate change mitigation in Indian agriculture. **Science of the Total Environment**, v. 655, p. 1342-1354, 2019.
- YAGI, K. et al. Potential and promisingness of technical options for mitigating greenhouse gas emissions from rice cultivation in Southeast Asian countries. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 66, p. 37-49, 2020.
- WANG, W. et al. Rice straw incorporation affects global warming potential differently in early vs. late cropping seasons in Southeastern China. **Field Crops Research**, v. 181, p. 42-51, 2015.