

EFICIÊNCIA DE USO DA ÁGUA E POTENCIAL MITIGADOR DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO ARROZ EM CULTIVO IRRIGADO POR INUNDAÇÃO INTERMITENTE

Walkyria Bueno Scivittaro¹; Alice da Rosa Cousen²; Bruno Broch Gatto²;
Eduarda Spader Almeida²; Luiana Hübner Peglow²

Palavras-chave: água, manejo, metano, óxido nitroso

Introdução

O cultivo de arroz irrigado é uma atividade com demanda hídrica e potencial de emissão de gases de efeito estufa (GEE) elevados, características que podem conferir à cultura impacto ambiental negativo. Ambos os aspectos podem ser minimizados por alterações no manejo da cultura, particularmente da irrigação, que, em função de suas características e do período de inundação do solo, proporciona uso da água e potencial de emissão de GEE distintos (Islam et al., 2018).

A irrigação por inundação intermitente é alvo de estudo em diferentes regiões produtoras do mundo como forma de mitigar as emissões de CH₄ do cultivo de arroz, comparativamente à inundação contínua (Tarlera et al., 2016). Contudo, seu uso ainda é pouco difundido junto ao setor produtivo no Rio Grande do Sul. Também há pouca informação regional sobre a influência dessa prática sobre as emissões de GEE da lavoura de arroz. Embora as emissões de N₂O do arroz irrigado por inundação contínua respondam por menos de 10% do potencial de aquecimento global (PAGp) da cultura (Bayer et al., 2015), a intermitência da irrigação pode aumentar significativamente essa participação (Zschornack et al., 2016). Por essa razão, as emissões de CH₄ e N₂O devem ser avaliadas conjuntamente na determinação do impacto da intermitência da irrigação sobre as emissões de GEE da lavoura de arroz. Além disso, em sistemas com elevado potencial produtivo, como os desenvolvidos no Rio Grande do Sul, a introdução de práticas de manejo com potencial mitigador de emissões de GEE e capazes de reduzir o uso da água pela lavoura de arroz não deve comprometer a produtividade da cultura. Assim, é preciso estabelecer um sistema de manejo da água para o arroz que reduza as emissões de GEE e, concomitantemente, o uso da água, sem afetar a produtividade da cultura.

Este trabalho foi realizado para avaliar a eficiência de uso da água e as emissões de GEE do arroz irrigado por inundação intermitente, relativamente à inundação contínua, em terras baixas do Rio Grande do Sul.

Material e Métodos

O experimento foi realizado sob condições de campo, na Estação Experimental Terras Baixas, da Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão, RS, na safra agrícola 2019/2020, utilizando a cultivar de arroz irrigado de ciclo precoce BRS Pampa CL. Os tratamentos compreenderam dois sistemas de irrigação (inundação contínua e inundação intermitente), sendo dispostos em delineamento de blocos ao acaso com seis repetições.

No sistema de irrigação por inundação contínua (controle), as parcelas foram inundadas no estágio de quatro folhas (V4), imediatamente após a primeira adubação nitrogenada em cobertura para o arroz, com manutenção de lâmina de água contínua de cerca de 7 cm até a maturação de colheita, quando a irrigação foi suprimida. A segunda cobertura com nitrogênio foi realizada na diferenciação da panícula (estádio R1), sobre uma lâmina de água não circulante. O sistema de irrigação por inundação intermitente compreendeu o estabelecimento de períodos de solo aerado

¹ Eng^a Agrônoma, Dra, Embrapa Clima Temperado, walkyria.scivittaro@embrapa.br

² Graduando(a) em Agronomia, FAEM/UFPel, Av. Eliseu Maciel s/n, Capão do Leão- RS, CEP: 96001-970. acousenn2@gmail.com; brunobrochgatto10@gmail.com; eduardaspader@gmail.com; luianahpeglow@gmail.com

nas fases vegetativa (entre os estádios V4+10 dias e R1) e reprodutiva (entre os estádios R1+5 dias e R7). O início da irrigação ocorreu em V4, imediatamente após a primeira adubação nitrogenada em cobertura para o arroz, com manutenção de lâmina de água de cerca de 7 cm por dez dias (V4+10 dias), quando se iniciou o primeiro ciclo de intermitência da irrigação. Os ciclos de intermitência da irrigação foram procedidos repetidamente a partir de V4+10 dias até a maturação de colheita, exceção feita no início da fase reprodutiva, quando foi realizada a segunda adubação nitrogenada em cobertura para o arroz, mantendo-se lâmina de água de cerca de 7 cm por cinco dias, a partir da aplicação do fertilizante. Para garantir a avaliação da tolerância do arroz ao estresse hídrico proporcionado pela intermitência da irrigação e seu efeito sobre o potencial de emissão de GEE, em cada ciclo de intermitência da irrigação, a aeração do solo foi estabelecida mediante drenagem das parcelas experimentais. O retorno da irrigação ocorreu sempre que a tensão de água no solo, medida por sensores de umidade, atingia o limite pré-estabelecido de 20 kPa. Estabelecida nova lâmina de irrigação de 7 cm, essa era mantida por três dias (72 horas), após isso iniciava-se novo ciclo de intermitência com a drenagem das parcelas experimentais. Esse procedimento foi repetido ao longo de todo o ciclo biológico do arroz. Um tratamento de manejo da água adicional foi incluído para possibilitar o estabelecimento da eficiência de uso da água associada ao sistema de irrigação intermitente, ou seja, na ausência de drenagem, em que os ciclos de intermitência foram estabelecidos a partir da supressão do fornecimento de água ao arroz, de forma que o limite de tensão de água no solo foi atingido mais lentamente, variando em função da evapotranspiração e viabilizando o aproveitamento da água da chuva.

O arroz foi implantado em sistema convencional de preparo do solo. As práticas de manejo da cultura foram realizadas considerando as indicações técnicas para o arroz irrigado (Reunião..., 2018). Ao longo do ciclo da cultura, realizou-se o acompanhamento da precipitação pluviométrica e da temperatura do ar. Realizou-se, ainda, a mensuração do uso da água pela cultura nos distintos sistemas de irrigação, utilizando-se hidrômetro McCrometer, com diâmetro de 300 mm, visando a determinação da quantidade de água aplicada e eficiência de uso da água da cultura do arroz (relação entre a produtividade de grãos e a quantidade de água aplicada, via irrigação).

Para a avaliação das emissões de CH₄ e N₂O, utilizou-se o método da câmara estática fechada (Mosier, 1989). As amostragens de ar iniciaram a partir da emergência do arroz, estendendo-se até uma semana após a colheita da cultura. Para os tratamentos sob irrigação por inundação contínua, as coletas de amostras foram realizadas com periodicidade semanal e naqueles sob irrigação por inundação intermitente, duas vezes por semana. A colheita do arroz para avaliação do rendimento de grãos foi realizada quando o teor médio de umidade dos grãos atingiu 22%. Os dados foram corrigidos para 13% de umidade. Os resultados relativos às emissões totais de CH₄ e N₂O, produtividade de grãos e uso da água pela cultura do arroz foram submetidos à análise de variância. Quando significativa, as médias dos fatores sistema de irrigação, cultivar de arroz e densidade de planta foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey ($p < 0,05$).

Resultados e Discussão

A produtividade de grãos do arroz foi influenciada pelo sistema de irrigação, sendo que maior sob irrigação por inundação contínua, relativamente à irrigação intermitente (Tabela 1), demonstrando alguma sensibilidade da cultivar BRS Pampa CL ao estresse hídrico proporcionado pelos ciclos de umedecimento e secagem associados à irrigação por inundação intermitente. A despeito desse efeito, é importante observar o elevado potencial de produtividade alcançado por essa cultivar sob ambos os sistemas de irrigação, o que se explica por seu potencial produtivo e pela adequação dos demais fatores determinantes da produtividade da cultura. A redução na produtividade de grãos em resposta à intermitência na irrigação é um efeito relativamente comum no cultivo de arroz irrigado (Tarlera et al., 2016), dado que as cultivares correntemente utilizadas são desenvolvidas para o sistema inundado, sendo expostas a algum nível de estresse hídrico sob irrigação por inundação intermitente. Destaca-se que a diminuição na produtividade do arroz, devida à intermitência na irrigação, é um efeito indesejado, especialmente nas condições de cultivo do Rio Grande do Sul, onde eventuais perdas de produtividade podem comprometer a sustentabilidade da lavoura arrozeira. De qualquer forma, essa opção de manejo não deve ser descartada dado seu

potencial de economizar água e mitigar emissões de GEE. Assim, é importante, ao se considerar o efeito de sistemas alternativos de irrigação para o arroz, que esse seja avaliado com base em escala que associe a produtividade da cultura a esses demais fatores, particularmente o potencial mitigador de emissões de GEE (Zschornack et al., 2016).

Tabela 1. Produtividade de grãos e emissões sazonais de CH₄ e de N₂O do arroz em função do sistema de irrigação. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão-RS.

Sistema de irrigação	Produtividade grãos	CH ₄	N ₂ O
		kg ha ⁻¹	
Inundação contínua	11.306a	190,7a	0,104 ^{ns}
Inundação intermitente	10.046b	63,0b	0,140
CV (%)	6,1	25,2	31,5

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey (p<0,05).
 ns: não significativo.

Os dados de precipitação pluvial, volume de água aplicada e de eficiência de uso da água do arroz constam na Tabela 2. Os dados mostram ter sido um ano agrícola seco, com precipitação total de 1.107 m³ ha⁻¹ ao longo de todo o ciclo biológico do arroz, correspondendo a menos de 20% da demanda hídrica da cultura. Em decorrência, a irrigação foi responsável pelo suprimento da maior parte da demanda hídrica da cultura, independentemente do sistema de irrigação. Mesmo em um ano bastante seco, o volume de água aplicado no sistema irrigado por inundação contínua foi 16% superior ao do sistema intermitente sem drenagem, que possibilita melhor aproveitamento da água da chuva e, ainda, evita perdas de água, sedimentos e agroquímicos no processo de drenagem, reproduzindo o manejo de lavouras comerciais que adotam a intermitência da irrigação como forma de economizar água e reduzir custos. Por outro lado, o sistema intermitente com drenagem determinou maior uso da água entre os sistemas avaliados, inclusive a inundação contínua (Tabela 2). Dois fatores contribuíram para esse resultado, as perdas de água pelas sucessivas drenagens associadas aos ciclos de intermitência da irrigação e o baixo volume de chuvas ocorrido ao longo do período de cultivo do arroz, insuficiente para compensar as perdas de água associadas à drenagem da lavoura.

A eficiência de uso da água do arroz decresceu na seguinte ordem: sistema intermitente sem drenagem > inundação contínua > intermitente com drenagem (Tabela 2), expressando as variações na produtividade e na água aplicada ao arroz. Independentemente do manejo de água, os valores de eficiência de uso da água determinados foram elevados, refletindo tendência atual de adoção de conjunto de práticas de manejo que otimizam o uso de água pela cultura, visando à redução no uso, incluindo a economia de água advinda da diminuição do período de irrigação, do uso de lâmina de água de menor espessura e o aproveitamento da água da chuva.

Tabela 2. Precipitação pluvial, volume de água aplicada e eficiência de uso da água (EUA) do arroz em função do sistema de irrigação. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão-RS.

Sistema de irrigação	Precipitação	Água aplicada	EUA
	m ³ ha ⁻¹	m ³ ha ⁻¹	kg m ⁻³
Inundação contínua	1.107	6.053	1,87
Inundação intermitente com drenagem	1.107	6.199	1,62
Inundação intermitente sem drenagem	1.107	5.207	1,97

As emissões sazonais de CH₄ do arroz variaram com o sistema de irrigação, sendo significativamente maiores no sistema irrigado por inundação contínua (190,7 kg CH₄ ha⁻¹), relativamente à inundação intermitente 63,0 kg CH₄ ha⁻¹ (Tabela 1), o que representa diminuição de 67% no potencial de emissão desse GEE. Isso se deve à presença de lâmina de água durante todo ou a maior parte do ciclo de cultivo do arroz no sistema irrigado por inundação contínua,

proporcionando condições anaeróbicas no solo, que favorecem a produção de CH_4 (Buendia et al., 1997).

As emissões sazonais de N_2O associadas ao cultivo de arroz foram extremamente baixas e semelhantes em ambos os sistemas de irrigação (Tabela 1). Muito embora, via de regra, o CH_4 seja o principal componente do potencial de aquecimento global parcial (PAGp) do cultivo de arroz irrigado por inundação contínua, sob irrigação por inundação intermitente, a contribuição do N_2O para o PAGp pode aumentar consideravelmente (Zschornack et al., 2016), dado que os ciclos de umedecimento e secagem do solo favorecem os processos de nitrificação e desnitrificação no solo, que geram N_2O como produto intermediário (Liu et al., 2010). Tal efeito não se confirmou no presente trabalho, no qual não se determinou aumento das emissões de N_2O do solo decorrente da adoção de irrigação por inundação intermitente, comparativamente à inundação contínua. Atribuem-se as baixas emissões de N_2O do solo determinadas no presente trabalho à adequação no manejo da adubação nitrogenada para a cultura; ambas as coberturas nitrogenadas foram realizadas em solo seco, sendo sucedidas por irrigação por inundação do solo, visando a incorporação do fertilizante ao solo e redução de perdas.

Conclusões

A irrigação por inundação intermitente reduz o potencial produtivo da cultivar de arroz irrigado BRS Pampa CL, em relação à inundação contínua.

A adoção de irrigação por inundação intermitente sem drenagem promove redução no volume de água aplicada e incremento na eficiência de uso da água do arroz, comparativamente à inundação contínua.

A irrigação por inundação intermitente reduz as emissões sazonais de CH_4 da cultivar de arroz irrigado BRS Pampa CL, relativamente inundação contínua; as emissões sazonais de N_2O são semelhantes em ambos os sistemas de irrigação.

O manejo da água constitui-se em estratégia promissora de economizar água e de mitigação das emissões de GEE da lavoura de arroz irrigado.

Agradecimentos

Ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (INCT-ABC), CNPq - Processo Nº 406635/2022, pela concessão de bolsa PIBIC ao autores.

Referências

BAYER, C. et al. A seven-year study on the effects of fall soil tillage on yield-scaled greenhouse gas emission from flood irrigated rice in a humid subtropical climate. *Soil Tillage Research*, v. 145, p. 118-125, 2015.

BUENDIA, L. V. et al. Understanding the nature of methane emission from rice ecosystem as basis of mitigation strategies. *Applied Energy*, v. 56, p. 433-444, 1997.

ISLAM, M. R. et al. Rice genotypic variation in methane emission patterns under irrigated culture. *Fundamental and Applied Agriculture*, v. 4, p. 1, 2018.

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

REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 32, Farroupilha-RS. Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Cachoeirinha: Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado, 2018, 205 p.

TARLERA, S. et al. Yield-scaled global warming potential of two irrigation management systems in a highly productive system, *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 73, p. 43-50, 2016.

ZSCHORNACK, T. et al. Impacto de plantas de cobertura e da drenagem do solo nas emissões de CH_4 e N_2O sob cultivo de arroz irrigado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 51, p. 1163-1171, 2016.