



Resposta do arroz irrigado e eficiência de uso da água afetados por diferentes manejos da irrigação por alagamento/inundação⁽¹⁾.

José Bernardo Moraes Borin⁽²⁾; Amanda Posselt Martins⁽²⁾; Felipe de Campos Carmona⁽³⁾; Ibanor Anghinoni⁽⁴⁾, Isadora Jaeger⁽⁵⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do CNPq.

⁽²⁾ Doutorando do Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); Porto Alegre, RS; jbborin@hotmail.com; ⁽³⁾ Pós-Doutorando do Programa de Pós Graduação em Zootecnia, UFRGS; ⁽⁴⁾ Docente Titular, Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, UFRGS; ⁽⁵⁾ Acadêmica do Curso de Agronomia – UFRGS. Bolsista de Iniciação Científica;

RESUMO:

Apenas um terço da totalidade da área do Rio Grande do Sul é cultivado com arroz irrigado, devido principalmente à disponibilidade limitada de água para as lavouras. Nesse contexto, a supressão da irrigação durante o ciclo do arroz (irrigação intermitente) surge como uma alternativa à tradicional irrigação contínua (IC). Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta da planta e a eficiência do uso da água, em diferentes manejos de irrigação do arroz irrigado. Para isso, um experimento foi conduzido a campo, em um Gleissolo, no município de Cachoeirinha/RS. Os três tratamentos testados foram: irrigação contínua e com uma (V6-V8) e duas (V6-V8 e V8-V10) supressões de irrigação no estágio vegetativo. Avaliou-se a produção de matéria seca da parte aérea, o rendimento de grãos, o volume de água utilizado e a eficiência de uso da água (EUA). Não houve resposta da planta às supressões da irrigação, com médias de 9,9 e 13,4 Mg ha⁻¹ em rendimento de grãos e matéria seca da parte aérea, respectivamente. A quantidade de água utilizada foi em média de 9094 m³ ha⁻¹, com eficiência de uso da água de 1,1 kg de arroz por m³ de água, os quais não diferenciaram entre os sistemas de irrigação.

Termos de indexação: *Oryza sativa* L., supressão, rendimento de grãos.

INTRODUÇÃO

O Estado do Rio Grande do Sul é responsável por 67,5 % da produção brasileira de arroz (CONAB, 2013). Apenas um terço da área dos solos de terras baixas é efetivamente cultivado com arroz irrigado, devido principalmente à disponibilidade limitada de água para as lavouras. O sistema de irrigação comumente utilizado é o de inundação, com manutenção de lâmina de água contínua por um período médio de 80 a 100 dias, dependendo do ciclo da cultivar. A quantidade de água utilizada neste sistema varia entre 8 a 10 mil m³ ha⁻¹, e em condições extremas, o requerimento de água pode superar 15 mil m³ ha⁻¹ (SOSBAI, 2014). A irrigação

intermitente tem sido uma alternativa utilizada ocasionalmente em anos de déficit hídrico, como os afetados pelo fenômeno “La Niña”. Este método consiste na alternância de ciclos de irrigação pela supressão da água na lavoura, diminuindo a frequência de irrigação e o volume total de água entre 28 e 42 %, preservando os recursos hídricos e o serviço do produtor (Ye et al., 2013; Patel et al., 2010).

A irrigação intermitente já é usada há muitos anos em diversos países asiáticos, com uma ampla variação de períodos, duração e frequência de ocorrência (Bouman e Tuong, 2001). Esta apresenta diversas vantagens como a diminuição da concentração de Fe²⁺ na solução do solo e toxidez nas plantas (Becker e Asch, 2005), favorecimento do sequestro de carbono pela inibição da decomposição do resíduo (Yao et al., 2011), incremento da biomassa radicular (Buresh et al., 2008; Ye et al., 2013) e aumento da eficiência de uso da água sem diminuição dos rendimento de grãos (Bouman e Tuong, 2001; Belder et al., 2004; Cabangon et al., 2004; Ye et al., 2013; Shao et al., 2014). Além disso, este sistema diminui as perdas de água por escoamento superficial, com isso, o transporte de massa de ingredientes ativos de agrotóxicos (Mezzomo, 2009; Ye et al. 2013), diminui a perda de nutrientes (Liang et al., 2013). Assim, realizando supressões na irrigação, pode-se diminuir a utilização de água sem afetar a cultura do arroz irrigado. Nesse contexto, o objetivo neste trabalho foi avaliar a resposta da planta de arroz e a eficiência do uso da água, em diferentes manejos de irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo, no ano agrícola de 2012/13, na Estação Experimental do Arroz (EEA) do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA). A EEA fica localizada no município de Cachoeirinha/RS, situado na região fisiográfica da Depressão Central do Rio Grande do Sul, a 29°55'30" de latitude sul e 50°58'21" de longitude oeste, com altitude de 7 m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Cfa



subtropical úmido, sem estação seca definida e com verões quentes. O solo da EEA é classificado como Gleissolo Háplico Ta distrófico típico. Amostras de solo foram coletadas em junho de 2012 para caracterização e apresentaram as seguintes características químicas (Tedesco et al., 1995): 4,2 de pH em água; 6,9 cmol_c dm⁻³ de acidez potencial (H+Al); 14 g kg⁻¹ de matéria orgânica; 57 mg dm⁻³ de fósforo (Mehlich 1); 55 mg dm⁻³ de potássio (Mehlich 1); 1,6 cmol_c dm⁻³ de cálcio; 0,7 cmol_c dm⁻³ de magnésio; 0,5 cmol_c dm⁻³ de alumínio; CTC_{pH7,0} de 9,4 cmol_c dm⁻³; e saturação por bases de 26,7 %. Em relação às características físicas, o solo é classificado como de textura franca, possuindo em média 360, 470 e 170 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente; densidade de 1,49 g cm⁻³; e macro e microporosidade de 0,12 e 0,30 m³ m⁻³, respectivamente.

O experimento constou de três sistemas de irrigação combinados. Os tratamentos de irrigação testados foram: IC - irrigação contínua desde o estágio de desenvolvimento V4 até R6; 1SUP - entrada da água em V4 e manutenção da lâmina até V6 e supressão da irrigação até o estágio V8, retornando a partir desse estágio com a irrigação contínua até R6; 2SUP - entrada da água em V4 e manutenção da lâmina até V6 e supressão da irrigação até o estágio V8, com restabelecimento de lâmina de água, e nova supressão até o estágio V10, quando retornava a irrigação contínua até R6.

A semeadura do arroz foi realizada na segunda quinzena de outubro, na densidade de sementes equivalente a 100 kg ha⁻¹. A cultivar utilizada foi a IRGA 424 (ciclo médio), pelo sistema de cultivo mínimo. O tratamento de sementes e controle de plantas daninhas, assim como a adubação, foram realizados conforme as Recomendações Técnicas da SOSBAI (2014). No período em que as parcelas estavam com irrigação contínua, a lâmina de água era estabilizada com altura média de 5 cm. A umidade do solo foi monitorada nos momentos de supressão da irrigação por medidor eletrônico de umidade do solo (Hidrofarm®).

O material vegetal foi coletado do meio da parcela, uma linha da parte aérea da planta no estágio de desenvolvimento R2 (emborrachamento). As amostras foram secas em estufa a 60°C até massa constante, para avaliação da produção de matéria seca. O rendimento de grãos foi obtido pela extrapolação da produção obtida em duas subamostras por subparcela, com área útil de 5,1 m² cada, corrigindo-se a umidade para 130 g kg⁻¹.

Cada parcela apresentava entrada de água individual por canos de PVC de 15 cm de diâmetro.

A medição do volume de água utilizado em cada parcela foi realizada por um hidrômetro, sempre que necessário para manter a lâmina de água. A precipitação foi registrada diariamente por uma estação meteorológica automática, localizada próxima à área experimental. O volume total de água foi estimado em metros cúbicos de água por hectare. Para realizar a EUA, (kg de grãos m⁻³ de água) foi realizada dividindo o rendimento de grãos pela quantidade total de água utilizada providas da chuva e de irrigação.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com três repetições. Cada unidade experimental ocupou uma área de 7,5 x 22,5 m (169 m²), sendo que todas foram entaipadas (altura média de 40 cm).

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando significativa (p<0,05), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (p<0,05).

Os modelos estatísticos a seguir foram utilizados para a ANOVA:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + I_j + \text{Erro } a(ij) + \text{Erro } b(ij)$$

Onde: μ = média geral do experimento; B = blocos (i = 1, 2, 3); I = irrigação (j = 1, 2, 3); e Erro = erro experimental.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O período de irrigação com de lâmina de água compreendeu 91, 78 e 62 dias nos tratamentos com irrigação contínua (IC), uma supressão (1SUP) e duas supressões (2SUP), respectivamente. O volume total das precipitações durante o ciclo de cultivo do arroz irrigado foi de 4015 m³ ha⁻¹. Na primeira supressão da irrigação, o solo dos tratamentos 1SUP e o 2SUP alcançaram graus de saturação de água médios de 57 e 59 %, respectivamente. Já na segunda supressão do T3, a saturação não baixou até a capacidade de campo (71%), devido às chuvas.

Com relação às plantas, não foram observadas respostas aos manejos da irrigação (p>0,05) em relação à produção de matéria seca e rendimento de grãos (Tabela 1). Estes apresentaram um CV propício para o que se espera de experimentos agrônômicos conduzidos a campo (abaixo de 20%). A produção de matéria seca e de grãos, apresentaram médias de 13,4 e 9,9 Mg ha⁻¹, respectivamente (Tabela 1). A resposta da planta é afetada pelo estresse hídrico dependendo do período, da duração e da frequência em que o arroz é submetido (Bouman e Tuong, 2001), além das características edafoclimáticas do local e ano e da adaptação genotípica das variedades (Bueno et al.,



2010; Patel et al., 2010). Ao realizar a supressão da irrigação, a reoxidação do solo nitrifica o NH_4^+ que foi acumulado em anoxia (Reddy e Patrick, 1974), e com suprimento combinado de NH_4^+ e NO_3^- , a planta apresenta maior biomassa em relação ao NH_4^+ suprido isoladamente (Holzschuh et al., 2009). Com as supressões da irrigação, poder-se-ia esperar maior produção de MS da parte aérea e rendimento de grãos, o que não foi observado. Assim como Belder et al. (2004) e Cabangon et al. (2004), que não observaram diferença entre a biomassa, o rendimento de grãos e o N acumulado entre os sistemas de irrigação contínua e intermitente, em dois locais e duas safras subsequentes. Para DeDatta et al. (1973), a produtividade da cultura é, de fato, pouco afetada com o potencial hídrico do solo variando entre 0 a -100 mbar, mesmo permanecendo por longo período (30 a 40 dias) sem inundação do solo.

Tabela 1 - Produção de matéria seca e rendimento de grãos do arroz irrigado submetido a diferentes manejos de irrigação, em Gleissolo Háplico do Sul do Brasil

Sistemas de irrigação	Matéria seca ⁽¹⁾	Rendimento de Grãos ⁽²⁾
	-----Mg ha ⁻¹ -----	
IC	11,9	9,4
1SUP	13,7	10,1
2SUP	14,4	10,2
Erro padrão	0,5	0,3
CV (%)	11	11

⁽¹⁾Matéria seca no estágio de desenvolvimento R2 (52 dias após o alagamento)

⁽²⁾Rendimento de grãos com 13 % de umidade

Os sistemas com uma (1SUP) e duas (2SUP) supressões permaneceram sem entrada de água pela irrigação por 13 e 29 dias, respectivamente (Figura 2). Porém, nenhum dos manejos testados se diferenciou um do outro quanto ao uso da água ($p > 0,05$) (Tabela 2), com média $9094 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Considerando o volume de água de irrigação necessário diariamente para manter a lâmina de água, descontando o volume de água para o restabelecimento da inundação nas parcelas (no início da irrigação e na reinundação após as supressões), foram em média $72 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, em todos os sistemas de irrigação. Assim, a quantidade de água para reinundar o solo após as supressões foram de 8 a 10 vezes superior à necessária para manter a lâmina diária. Isto faz com que fossem utilizados grandes volumes totais de água nos tratamentos com supressão da irrigação, equiparando-se à irrigação contínua (Tabela 2). Assim, a eficiência de uso da água foi em média 1.1

kg de grãos de arroz por m^3 de água, não diferindo entre os tratamentos que foram submetidos a supressões e a irrigação contínua (Tabela 2).

Tabela 2 – Uso total e eficiência do uso da água no cultivo de arroz irrigado submetido a diferentes manejos de irrigação, em Gleissolo Háplico do Sul do Brasil

Sistemas de irrigação	Uso total de água	Eficiência de uso da água
	$\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$	kg m^{-3}
IC	9157	1,0
1SUP	9311	1,1
2SUP	8815	1,2
Erro padrão	120	0,04
CV (%)	3	12

Com a diminuição do número de dias de irrigação, esperava-se que houvesse maior economia de água, assim como, maior EUA. Rejesus et al. (2011) observaram em 146 produtores filipinos, que a adoção da intermitência da água reduziu em 38 % o uso de água, sem diminuir o rendimento de grãos e o lucro, poupando energia. Ainda, Bouman e Tuong (2001) em 31 experimentos na Ásia, utilizando a intermitência de água comparativamente à irrigação contínua, observaram que embora não tenham diferença significativa, em 83 % deles o rendimento relativo de grãos diminuiu com a diminuição do uso da água. No entanto, aumentaram a produtividade da água (EUA), pois a diminuição da água em relação ao rendimento de grãos foi maior. Já, neste trabalho, a quantidade de água para reestabelecer a lâmina foi superior à necessidade para manter a mesma constante. Isso pode ter ocorrido por características inerentes ao solo como altura da camada subsuperficial mais profunda, ou mesmo, pela intensificação da evaporação pela maior temperatura do solo seco ao realizar a supressão da irrigação. A opção mais promissora para mitigar o consumo de água é de reduzir a altura da lâmina de água entre 5 a 10 cm, reduzindo em 23 % o uso da água e apenas 6 % do rendimento de grãos (Bouman e Tuong, 2001). Com isso, aproveitaria a água da chuva, e ainda, tornaria o cultivo do arroz mais sustentável. Já que, na condição de lavoura, que é utilizado o sistema de desnível na maior parte dos produtores, as taipas apresentam em média 12 cm de altura. Nesta condição de taipas baixas, a supressão da irrigação diminui cerca de 40% as perdas de água por escoamento superficial, com isso, reduz em 80 % o transporte de massa de ingredientes ativos de agrotóxicos (Mezzomo, 2009). Corroborando com Liang et al. (2013), que utilizando a irrigação intermitente diminuiu 30.2 a 36.7 % da água perdida por escoamento superficial, e ainda,



diminui 23.3 a 30.4 % e 26.9 a 31.7 % a perda de N e P, respectivamente.

Portanto, para realizar uma recomendação de supressão de água, com o manejo de irrigação da região Sul do Brasil, são necessários mais estudos com enfoque nos períodos e duração da supressão, em diferentes anos e a busca de variedades adaptadas a este sistema.

CONCLUSÕES

O manejo da irrigação na cultura do arroz irrigado, realizando a supressão da irrigação ou mantendo-a contínua, em anos com precipitações pluviométricas uniformes, não afeta a resposta da planta e utiliza o mesmo volume de água de irrigação.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer ao CNPq, à CAPES e à Fundação AGRISUS pelo suporte financeiro utilizado neste estudo.

REFERÊNCIAS

- BELDER et al. Effect of water-saving irrigation on rice yield and water use in typical lowland conditions in Asia. *Agric. Water Manage.*, 65:193-210, 2004.
- BECKER, M. & ASCH, F. Iron toxicity – conditions and management concepts. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 168:558-573, 2005.
- BOUMAN, B. A. M. & TUONG, T. P. Field water management to save water and increase its productivity in irrigated lowland rice. *Agric. Water Manage.*, 49:11-30, 2001.
- BUENO, et al. Water productivity of contrasting rice genotypes grown under water-saving conditions in the tropics and investigation of morphological traits for adaptation. *Agric. Water Manage.*, 98:241-250, 2010.
- BURESH, R. J.; REDDY, K. R.; VAN KESSEL, C. Nitrogen transformations in submerged soils. In: SCHEPERS, J. S., RAUN, W. R. (Ed.). *Nitrogen in agricultural systems*. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 2008. p. 401–436.
- CABANGON, R. J. et al. Effect of irrigation method and N-fertilizer management on rice yield, water productivity and nutrient-use efficiencies in typical lowland rice conditions in China. *Paddy Water Environment*, 2:195-206, 2004.
- Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/upload_s/arquivos/13_10_16_14_32_01_boletim_portugues_-_setembro_2013.pdf> Acesso em 06 de novembro de 2013.
- De DATTA, S. K. *Principles and practices of rice production*. Nova York: John Wiley, 1981. 618 p.
- HOLZSCHUH, M. J. et al. Resposta do arroz irrigado ao suprimento de amônio e nitrato. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:1323-1331, 2009.
- LIANG et al. Mitigation of nutrient losses via surface runoff from rice cropping systems with alternate wetting and drying irrigation and site-specific nutrient management practices. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 20:6980-6991, 2013.
- MEZZOMO, R. F. Irrigação contínua e intermitente em arroz irrigado: uso de água, eficiência agrônômica e dissipação de imazethapyr, imazapic e fipronil. 2009. 61 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Agronomia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2009.
- PATEL et al. Evaluation of yield and physiological attributes of high-yielding rice varieties under aerobic and flood-irrigated management practices in mid-hills ecosystem. *Agric. Water Manage.*, 97:1269-1276, 2010.
- REDDY, K. R. ; PATRICK JR, W. H. Effect of alternate aerobic and anaerobic conditions on redox potential, organic matter decomposition and nitrogen loss in a flooded soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 7: 87-94, 1974.
- REJESUS, R. M. Impact of the alternate wetting and drying (AWD) water-saving irrigation technique: Evidence from rice producers in the Philippines. *Food Policy*, 36:280-288, 2011.
- SHAO, G.C., et al. Impacts of controlled irrigation and drainage on the yield and physiological attributes of rice. *Agricultural Water Management*, 149:156–165, 2015.
- SOSBAI. Arroz Irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. 30. ed., Santa Maria: SOSBAI, 2014. 192 p.
- TEDESCO, M. J. et al. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174 p.
- YAO, S. H.; ZHANG, B.; HU, F. Soil biophysical controls over rice straw decomposition and sequestration in soil: The effects of drying intensity and frequency of drying and wetting cycles. *Soil Biology & Biochemistry*. 43:590-599, 2011.
- YE, Y. et al. Alternate wetting and drying irrigation and controlled-release nitrogen fertilizer in late-season rice. Effects on dry matter accumulation, yield, water and nitrogen use. *Field Crops Research*, 144:212-224, 2013.