

Relação entre o início da irrigação e o estado fenológico do arroz em sistema orgânico de produção no desenvolvimento de plantas daninhas e no rendimento da cultura

Relationship between the start of irrigation and the phenological stage of rice in organic production system on weed development and crop yield

Matias Henrique Prochnow^{1,*}, Enio Marchesan², Alisson Guilherme Fleck³,
Uashington da Silva Riste⁴, Eduardo Iansen Cassanego¹ e Júlian Gabriel Pfeifer¹

¹ Acadêmico do curso de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, Brasil

² Professor Doutor, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, Brasil

³ Mestrado em Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, Brasil

⁴ Acadêmico do curso de Tecnologia em Alimentos, Departamento de Ciência e Tecnologia em Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, Brasil

(*E-mail: prochnow.matias@gmail.com)

<https://doi.org/10.19084/rca.25247>

Recebido/received: 2021.08.03

Aceite/accepted: 2021.09.28

RESUMO

O consumo de alimentos sem uso de agroquímicos vem crescendo, estimulando a produção de alimentos orgânicos. Todavia a cultura de arroz irrigado nesse sistema de produção tem apresentado baixa produtividade pela dificuldade no fornecimento de nutrientes e do controle de plantas daninhas, comprometendo a rentabilidade da produção orgânica. A antecipação da irrigação definitiva, constitui-se na principal estratégia de gestão de irrigação visando o controle de infestantes. Neste pressuposto, o objetivo do presente trabalho consistiu em avaliar diferentes épocas do estabelecimento da irrigação, segundo a fenologia do arroz em um sistema orgânico de produção. Foram conduzidos dois ensaios, no Departamento de Fitotecnia na Universidade Federal de Santa Maria, Brasil. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial (4x2), com quatro repetições, semeados em duas épocas: em 10 de outubro e 02 de dezembro de 2019. Foi avaliada a incidência de plantas daninhas, características morfofisiológicas e rendimento de grãos de arroz. A antecipação da irrigação para o estágio fenológico S3 evidenciou ser alternativa no controle de infestantes do gênero *Echinochloa* spp., não causando prejuízo no rendimento em grão no sistema orgânico de produção.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, sustentabilidade, época de sementeira, infestantes

ABSTRACT

The seek for food without the use of agrochemicals has been growing, stimulating organic food production. However, the cultivation of flooded rice in this production system has shown low productivity due to the difficulty in providing nutrients and controlling weeds, compromising the profitability of organic production. Early flood is the principal irrigation management strategy aiming at the control of weeds. Therefore, the objective of this work was to evaluate different phenological stage times of establishment of irrigation in the flooded rice crop in an organic production system. Two experiments were carried out at the Department of Plant Science at the Federal University of Santa Maria, Brazil. The experimental design used was randomized blocks, in a factorial scheme (4x2), with four replications, sown on two dates: on October 10th and December 2nd, 2019. Weed incidence, morphophysiological characteristics, and rice grain yield have been evaluating. Early flooding to the phenological stage is an alternative to control weeds of the genus *Echinochloa* spp. without causing damage to grain yield in the organic production system.

Keywords: *Oryza sativa*, sustainability, sowing time.

INTRODUÇÃO

O consumo de alimentos livres de agroquímicos, conhecidos como alimentos orgânicos vem crescendo de forma exponencial ao longo da última década (Orlando *et al.*, 2020). Além da procura do mercado, o cultivo orgânico pode ser uma solução para reduzir o impacto ambiental ocasionado através dos sistemas agrícolas atuais de produção (Nemecek *et al.*, 2011). O Brasil, na safra 2017/18, foi o maior produtor de arroz orgânico da América Latina (IRGA, 2018), demonstrando oportunidades ao cultivo do cereal livre de produtos químicos.

A produção do arroz no sistema orgânico, pode ser uma alternativa para pequenos produtores se tornarem competitivos, devido ao preço agregado desse produto no mercado global de alimentos orgânicos (Hazra *et al.*, 2018). Entretanto, ainda existem muitas dificuldades no sistema para elevar a produtividade. Segundo Huang *et al.* (2016), as principais carências de informações do cultivo do arroz orgânico referem-se à gestão das plantas daninhas ou infestantes e do fornecimento de nutrientes à cultura. Nesse sentido, Delmotte *et al.* (2011) relatam que a incidência de plantas daninhas é uma das principais causas da baixa produtividade de arroz orgânico.

Na cultura do arroz irrigado existem diversos táxones de plantas daninhas, com importância econômica devido interferência que causam na cultura, em particular monocotiledóneas da família das Poáceas (Vasconcelos *et al.*, 2020). No Brasil, entre os táxones mais problemáticos destacam-se: *Echinochloa* spp., *Cyperus* spp., *Sagittaria montevidensis*, *Aeschynomene* spp., *Oryza sativa* L. e *Heteranthera reniformis* Ruiz&Pav. A ocorrência dessas espécies e a intensidade dos danos provocados dependem de vários fatores como: luz, temperatura, umidade e fertilidade do solo, e a capacidade de competição da cultura com as plantas daninhas (Takahoshi, 1995), que irão determinar o nível de interferência e prejuízos no sistema de produção.

De forma alternativa ao uso de herbicidas, o controle mecânico de plantas daninhas pode ser uma opção, porém é considerada uma atividade onerosa, exigindo maior disponibilidade de mão-de-obra, o que proporciona aumento do custo de produção (Sen *et al.*, 2021). Dessa forma, a formação da

lâmina de água no estabelecimento da irrigação pode ser uma alternativa para a gestão de plantas daninhas, pois inibe a germinação e estabelecimento de diversas espécies de invasoras devido ao sistema anaeróbico formado sob a superfície do solo (Andres e Machado, 2004).

Tradicionalmente, o início da irrigação ocorre nos estádios vegetativos V3 e V4 da cultura, que segundo escala proposta por Counce *et al.* (2000) corresponde de 15 a 20 dias após a emergência das plântulas. A redução do período entre a emergência e a entrada de água no sistema aumenta a habilidade competitiva da cultura com a planta invasora (Agostinetto *et al.*, 2007), além de diminuir o período propício ao surgimento de plantas daninhas que necessitam de disponibilidade de oxigênio para sua germinação. No entanto, ainda não se sabe mensurar os efeitos dessa antecipação da irrigação sobre o desenvolvimento da cultura do arroz e as implicações sobre as características morfológicas e fisiológicas da planta, bem como sobre a qualidade dos grãos e sementes produzidos.

A utilização de cultivares de maior vigor e germinação, associado à maior habilidade competitiva pode ser opção para reduzir a ocorrência de plantas invasoras no sistema (Galon *et al.*, 2015). Além disso, cultivares de ciclo precoce podem ter o estabelecimento inicial mais rápido, se beneficiando da entrada antecipada da água no sistema.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar diferentes épocas do estabelecimento da irrigação para a cultura do arroz irrigado no sistema orgânico de produção.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois ensaios em condições de campo durante a safra agrícola de 2019/20, na Área Didático Experimental de Várzea do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). O clima da região, segundo a classificação de Köppen é Cfa, subtropical úmido, sem estação seca definida e com verões quentes. A temperatura mínima média do ar é de 14,2°C no mês mais frio (junho), e a máxima é de 24,6°C no mês mais quente (janeiro), com uma precipitação pluvial média anual de 1688 mm

(Climate-data, 2018). O solo é classificado como Planossolo Háptico Eutrófico arênico (Santos *et al.*, 2018). O solo apresenta as seguintes características físico-químicas: % MO = 1,6 (m/v); % Argila = 24,6 (m/v); S = 8,2 (mg/dm³); P_{Mehlich} = 12,8 (mg/dm³); K = 31,0 (mg/dm³); pH água 1:1 = 5,5; CTC_{ph7} = 11,4 (cmolc/dm³); V (%) = 1,6; m (%) = 61,4; SMP = 6,0, quando avaliada a camada de 0 - 0,20 m.

Os ensaios foram conduzidos em duas datas de sementeira. O ensaio I foi semeado no dia 10 de outubro, e o ensaio II no dia 02 de dezembro de 2019. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, num esquema fatorial 4x2, com quatro repetições. O fator A foi formado por quatro épocas de início da irrigação da cultura do arroz: (A1) 'estádio fenológico S3', (A2) 'estádio fenológico V1', (A3) 'estádio fenológico V2', (A4) 'estádio fenológico V3', segundo escala proposta por Counce *et al.* (2000). Os níveis do fator D foram compostos por duas cultivares: (D1) 'BRS Pampa' e (D2) 'BRS 358'. As unidades experimentais foram compostas por 5 m de comprimento e 3,06 m de largura, totalizando uma área de 15,3 m².

Para a gestão da adubação, aplicou-se uma fonte de fertilizante orgânico peletizado da marca Adubasul, contendo 2% de azoto, 2% de fósforo e 2% de potássio. No ensaio I, foram aplicados 2 t ha⁻¹ do fertilizante, totalizando 40 kg ha⁻¹ de N, 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 40 kg ha⁻¹ de K₂O. Para o ensaio II, foram aplicadas 3 t ha⁻¹, fornecendo 60 kg ha⁻¹ de N, 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 60 kg ha⁻¹ de K₂O. Em ambos os ensaios a aplicação da adubação foi a lanço e à superfície do solo, juntamente com a entrada da água em cada época de irrigação.

As cultivares utilizadas tem o ciclo precoce. A sementeira foi realizada com uma semeadora de parcelas de 9 linhas de sementeira e espaçamento entrelinhas de 0,17 m, sob o sistema de plantio convencional. A densidade de sementeira foi de 100 kg ha⁻¹ para a cultivar 'BRS Pampa' e de 120 kg ha⁻¹ para a cultivar 'BRS 358'.

Para a gestão da irrigação, estabeleceu-se uma lâmina inicial, de acordo com a fenologia da cultura referida anteriormente, de 0,10 m de água até o décimo dia após o início da irrigação, sendo posteriormente reduzida a lâmina para 0,5 m até o vigésimo dia, e retomada novamente a lâmina de 0,10 m até

o final do ciclo em ambos os ensaios. Essa gestão de irrigação visou a formação da barreira física inicial para a emergência de plantas daninhas, sendo reduzida a lâmina de água após o décimo dia após o início da irrigação com intuito de melhorar o estabelecimento da cultura. Os dois ensaios foram implantados sobre área sistematizada.

Determinaram-se as variáveis: população inicial de plantas (PIP); número de plantas daninhas de cada espécie por m²; matéria seca da parte aérea (MSPA); estatura de plantas (EP); penetração de luz no dossel vegetativo (PLDV); Índice SPAD; rendimento de grãos (RG); produtividade da água de irrigação (PAI); número de panículas por m² (NP); número de grãos por panícula (NGP); massa de mil grãos (MMG) e esterilidade de espiguetas (EE).

A PIP foi mensurada através da contagem das plântulas de arroz em uma área de 0,17 m² (0,17 x 1 m) na segunda linha de sementeira em cada unidade experimental, no estágio fenológico V3. Para o número de plantas daninhas por m², foram realizadas três amostragens por unidade experimental com um quadro de área de 0,25 m² (0,5 x 0,5 m), sendo realizada a contagem e identificação das espécies de acordo com a metodologia proposta por Erasmo *et al.* (2004). A MSPA foi quantificada através da coleta da parte aérea em uma área de 0,17 m² (0,17 x 1 m) na segunda linha de sementeira, nos estádios fenológicos V8 e R4. Posteriormente, as amostras foram secas em estufa de ventilação forçada a 65°C até atingirem massa constante. Avaliou-se a EP medindo cinco plantas na terceira linha de sementeira, nos estádios V8 e R4. A PLDV foi determinada com auxílio de sensor de fótons LI-191 R, marca LI-COR, conectado a um radiômetro portátil, nos estádios V8 e R4. As medições da irradiância fotosintético incidente ($\mu\text{mol fóton m}^{-2} \text{s}^{-1}$) foram feitas posicionando-se o sensor acima do coberto vegetal e no nível da superfície da lâmina de água.

O índice SPAD foi avaliado com clorofilômetro SPAD 502 DL Meter. A medição foi realizada no terço médio da última folha completamente expandida em 30 plantas por unidade experimental, nos estádios V8 e R4 da cultura. Determinou-se o RG através da colheita de uma área útil de 5,95 m² (5 x 1,19 m), quando os grãos apresentavam umidade média de 20%. Posteriormente, foi realizada a trilha, a limpeza e a pesagem dos grãos com casca.

Realizou-se a conversão para 13% de umidade e se converteu para kg ha⁻¹. A PAI foi obtida pela razão entre o rendimento de grãos da cultura (kg ha⁻¹) e o uso de água para esse fim em m³, o qual foi mensurado através de hidrômetro. O NP foi determinado através da contagem do número de panículas demarcadas em 1m linear da segunda linha de sementeira de cada unidade experimental no estádio R9. O NGP, MMG e a EE foram determinadas através de 10 panículas coletadas em sequência em cada unidade experimental.

No ensaio I em razão da elevada emergência de plantas daninhas houve necessidade de realizar monda mecânica nos tratamentos que previam estabelecimento da irrigação definitiva nos estádios fenológicos V2 e V3, previamente ao estabelecimento da lâmina de água. No ensaio II, a gestão de plantas daninhas foi realizada apenas com a lâmina de água.

A análise da variância (ANOVA) dos dados foi realizada através do teste F. Quando a ANOVA foi significativa, as médias dos fatores foram submetidos ao teste de Scott-knott em nível de 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação entre os fatores estudados para a variável plantas daninhas nos ensaios I e II. A antecipação da irrigação para o estádio fenológico S3 inibiu o estabelecimento de plantas do gênero *Echinochloa* (Quadro 1) em 100% nos ensaios I e II comparativamente às outras épocas de irrigação, possivelmente por inibir a germinação deste táxone. Segundo Chauhan e Jonhson (2010), a germinação de *Echinochloa* spp. é prejudicada com a presença da água em função da sensibilidade do aumento do potencial osmótico de água na semente, a qual é inibida em ambiente anaeróbico. Além disso, a lâmina de água formada atua como regulador térmico, reduzindo a temperatura do solo, o que dificulta a germinação de sementes de *Echinochloa* spp. (Bastiani *et al.*, 2015). Para as cultivares, houve redução significativa da incidência da infestante apenas para no ensaio I, na qual a cultivar 'BRS Pampa' obteve redução de 7% na incidência quando comparada a cultivar 'BRS 358'. A utilização de cultivares competitivas, com um rápido

estabelecimento inicial, ciclo curto e de rápida cobertura do solo pelo coberto vegetal também podem ser opção para reduzir a infestação (Mahajan & Chauhan, 2013).

A presença de *Sagittaria montevidensis* não diferiu entre as épocas de início da irrigação, bem como para as cultivares no ensaio I. Resultados obtidos por Agostinetto (2007), demonstram que a germinação e estabelecimento de biótipos de *Sagittaria montevidensis* não são reduzidos com a presença e elevação da lâmina de água no sistema. Já no ensaio II, houve uma redução de 75% na presença da infestante quando se antecipa o início da irrigação definitiva do estádio V3 para S3, não apresentando diferenças significativas entre cultivares. A redução da ocorrência de *Sagittaria montevidensis* no ensaio II, ocorreu devido ao período sem precipitações que antecedeu o início da irrigação e da época de sementeira (Figura 1), reduzindo a umidade do solo e dificultando a emergência da infestante que é considerada uma espécie macrófita aquática. Trabalhos desenvolvidos por Cassol *et al.* (2008), demonstram que a germinação e estabelecimento de plântulas de *Sagittaria montevidensis* é reduzida em solos secos ou de baixa umidade.

A ocorrência de espécies aquáticas como *Heteranthera reniformis* foi similar em todas as épocas de início da irrigação, bem como para as cultivares no ensaio I. O acúmulo de precipitações de 96 mm (Figura 1) entre a sementeira e a emergência da cultura, associado às temperaturas diárias amenas, em torno de 15 °C, prolongaram a presença de umidade no solo favorecendo o estabelecimento da planta daninha. A espécie possui uma alta capacidade reprodutiva, dado que suas sementes germinam, enraízam e crescem em solo saturado (Bianchini *et al.*, 2010). Além disso, as temperaturas amenas (15 a 20°C) após a sementeira e as condições de solo saturado retardaram a emergência da cultura, prolongando em 9 dias o período entre a sementeira e a entrada da água em S3. De acordo com Yoshida (1981), as temperaturas ótimas para a germinação da cultura do arroz estão entre 20 a 35 °C. Já no ensaio II, houve uma redução de aproximadamente 50% de plantas de *Heteranthera reniformis* quando antecipada a irrigação para o estádio S3, em relação à média dos estádios V2 e V3. Essa redução pode estar relacionada com o período sem precipitações entre o momento da sementeira e o

início da irrigação em S3, aliado às temperaturas médias diárias de 22 a 25°C que permitiram a germinação e emergência mais rápida das plântulas de arroz. Não se observaram diferenças significativas para a incidência dessa planta daninha entre as cultivares.

A ocorrência dos outros táxones (*Aeschynomene indica*, *Ludwigia longifolia* e *Cyperus* spp.) foi 63 e 90% menor quando se antecipou a irrigação do estágio V3 para S3, respectivamente para os ensaios I e II. A lâmina de água quando estabilizada permite a formação de uma barreira física no sistema, dificultando a emergência de diversas plantas daninhas. Segundo Gomes (2004), a água atua sobre a superfície do solo reduzindo as trocas gasosas entre o solo e a atmosfera, tornando o ambiente anaeróbico, dificultando a germinação e emergência de alguns táxones de plantas daninhas. Para aqueles 3 táxones não houve diferenças significativas entre cultivares.

De maneira geral, em ambos os ensaios se observa uma redução na ocorrência de plantas daninhas

através da antecipação da irrigação, com exceção de espécies que possuem ampla adaptação a ambientes alagados, como *Sagittaria montevidensis* e *Heteranthera reniformis*. A antecipação da irrigação pode ser uma ferramenta para o orizicultor, devido à possibilidade de controle das infestantes no sistema orgânico de produção que não permite a utilização de herbicidas, quando a sementeira for em solo seco. Além disso, é uma alternativa à utilização da monda manual ou mecânica, que são formas de controle utilizadas no sistema orgânico de produção de arroz irrigado (Hokazono e Hayashi, 2012; Sen *et al.*, 2021). Estudos desenvolvidos demonstram que a monda manual pode exigir um aumento de até 50% na mão-de-obra para a realização da intervenção (Chapagain *et al.*, 2011), provocando aumento do custo final de produção (Sen *et al.*, 2021). Dentro do sistema de produção, o nivelamento do solo é muito importante para a eficácia da antecipação da irrigação, devido à uniformidade da distribuição da água ao longo do perfil do solo. O nível de cota zero, ou aproximado a isso, permite formar uma lâmina de água uniforme, o que é fundamental na gestão e controle de plantas

Quadro 1 - Ocorrência de táxones de plantas daninhas em diferentes épocas de irrigação das cultivares ‘BRS Pampa’ e ‘BRS 358’, em sistema de produção orgânico de arroz irrigado para os ensaios I e II na safra agrícola 2019/20. Santa Maria, RS. 2021

Época de irrigação - Fenologia da cultura	<i>Echinochloa</i> spp. (²) (plt. m²)	<i>Sagittaria montevidensis</i> (plt. m²)	<i>Heteranthera reniformis</i> (plt. m²)	Outros táxones (³) (plt. m²)
----- Ensaio I -----				
S3 ⁽¹⁾	0,0 d*	2,2 ^{ns}	13,0 ^{ns}	0,7 d
V1	1,2 c	1,9	13,0	1,2 c
V2	2,0 b	2,0	12,9	1,4 b
V3	2,6 a	2,2	11,9	1,9 a
Cultivar				
‘BRS Pampa’	1,4 b	2,0 ^{ns}	12,6 ^{ns}	1,3 ^{ns}
‘BRS 358’	1,5 a	2,1	12,8	1,3
Média	1,5	2,1	12,7	1,3
CV (%)	8,8	8,8	10,8	9,3
----- Ensaio II -----				
S3	0,0 d	0,2 d	2,5 c	0,2 d
V1	0,3 c	0,3 c	3,5 b	0,7 c
V2	3,4 b	0,7 b	4,8 a	1,0 b
V3	4,7 a	0,8 a	5,1 a	2,0 a
Cultivar				
‘BRS Pampa’	2,1 ^{ns}	0,5 ^{ns}	4,0 ^{ns}	1,0 ^{ns}
‘BRS 358’	2,0	0,6	4,1	0,9
Média	2,1	0,5	4,1	0,9
CV (%)	10,8	10,9	10,4	6,2

*Médias não seguidas da mesma letra diferem entre si na coluna pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. ^{ns}= não significativo pelo teste F. (¹) Escala fenológica proposta por Counce *et al.* (2000). (²) (*Echinochloa* spp.) *Echinochloa colona*, *Echinochloa crusgalli*; (³) *Aeschynomene indica*, *Ludwigia longifolia*, *Cyperus* spp. (plt. m²) plantas por m².

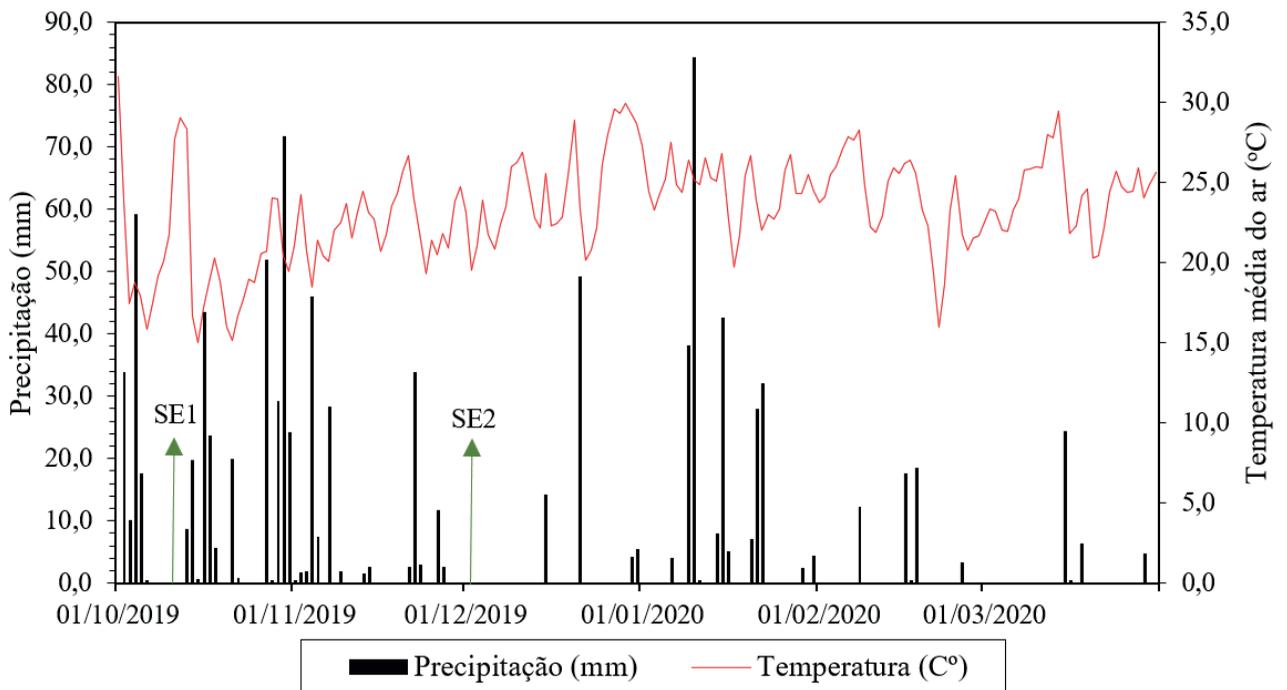


Figura 1 - Precipitação pluvial e temperatura média do ar na safra agrícola 2019/20 durante o ciclo de desenvolvimento da cultura do arroz nos ensaios I e II. SE1 - data de sementeira do ensaio I, SE2 - data de sementeira do ensaio II. Santa Maria, RS, 2021.

daninhas (Jat *et al.*, 2009; Chauhan, 2012), auxiliando também no rápido e uniforme estabelecimento das plantas da cultura.

Analisando a resposta da cultura ao início da época de irrigação segundo a sua fenologia, no ensaio I não se verificou interação entre os fatores estudados para a população inicial de plantas. Nesse sentido, a antecipação da irrigação para o estágio S3 reduziu em 18% a população inicial de plantas quando comparada com os demais tratamentos (Quadro 2). A precipitação acumulada de 96 mm e temperaturas amenas entorno de 15 a 20°C (Figura 1) entre a sementeira e emergência da cultura podem ter contribuído para a redução da germinação das sementes do arroz, que segundo Yoshida (1981), a temperatura ideal para a germinação situa-se entre 20 e 35°C. As condições de alta umidade ou saturação do solo, inibem a absorção de água e a respiração das sementes, provocando redução na emergência de plântulas de arroz (Angaji *et al.*, 2010; Matsushima & Sakagami, 2013). Houve efeito significativo entre cultivares no ensaio I, na qual a cultivar ‘BRS Pampa’ obteve redução de 26%

na emergência de plantas. A redução da emergência pode estar relacionada à menor densidade de sementeira utilizada para esta cultivar, associada com as características genéticas. Resultados obtidos por Angaji *et al.* (2010) demonstram redução na germinação de cultivares de arroz em solos encharcados.

Já no ensaio II, houve interação entre os fatores estudados para população inicial de plantas. A cultivar ‘BRS Pampa’ apresentou redução de 40 e 34% para a PIP quando a irrigação se iniciou nos estádios S3 e V1, respectivamente, comparativamente à média das outras épocas de irrigação. A temperatura abaixo da adequada para a cultura no momento da sementeira podem ter contribuído para a redução da germinação das sementes. Entretanto, a cultivar ‘BRS 358’ não apresentou diferenças significativas para as épocas de irrigação. Entre as cultivares, a ‘BRS 358’ apresentou um acréscimo de 31% no número de plantas quando comparada a cultivar ‘BRS Pampa’, resultado explicado em parte através da maior densidade de sementeira recomendada.

significativas somente entre cultivares com redução de 9% na PDLV para a cultivar 'BRS Pampa'. Essa redução pode estar associada ao menor coberto vegetal, associado à menor estatura de plantas (Quadro 2) e arquitetura de planta, com folhas mais curtas, estreitas e eretas da cultivar 'BRS 358'.

Não houve interação entre os fatores analisados para o índice SPAD, bem como não se verificaram diferenças significativas para as épocas de início de irrigação entre os ensaios I e II, entretanto, houve diferenças entre cultivares. A cultivar 'BRS 358' teve maior índice SPAD de 8 e 6% comparativamente à 'BRS Pampa', nos ensaios I e II, respectivamente. Yang *et al.* (2014) observaram que o aumento do índice SPAD está diretamente relacionado com a presença de azoto na planta. Associado a esses fatores, e sabendo que a disponibilização dos nutrientes através de fontes orgânicas é lenta e gradual, principalmente relacionado com a mineralização do azoto (Sacco *et al.*, 2015), a cultivar 'BRS 358' pode ter apresentado maior absorção do azoto, além de geneticamente apresentar coloração verde mais escuro das folhas.

As épocas de irrigação não apresentaram diferenças estatísticas para a massa seca da parte aérea (MSPA) para nos ensaios I e II, além de não

apresentar interação entre os fatores analisados. Fageria *et al.* (2011) demonstram que a matéria seca tem relação direta com o rendimento de grãos, o que pode explicar em parte o resultado obtido para o rendimento de grãos (Quadro 4). Nesse sentido, a cultivar 'BRS Pampa' obteve um acréscimo de 7 e 5% de incremento da MSPA nos ensaios I e II, respectivamente. A menor MSPA da 'BRS 358' pode estar relacionada à menor estatura de plantas, associado à maior penetração de luz no coberto vegetal que indica um menor desenvolvimento das plantas de arroz. Resultados obtidos por Dong *et al.* (2013) verificaram diferenças no incremento da biomassa entre diferentes genótipos de arroz, relacionado ao gene que confere a adaptabilidade da cultivar sob determinado ambiente.

No ensaio I não foi verificada influência das épocas de irrigação para o número de panículas por m², número de grãos por panícula, massa de mil grãos, esterilidade de espiguetas, produtividade da água de irrigação, bem como para o rendimento de grãos (Quadro 4). Segundo Fageria *et al.* (2011), o número de grãos por panícula e a massa seca da parte aérea (Quadro 3) são as variáveis que mais se correlacionam com o rendimento de grãos, explicando em parte o resultado obtido. Apesar de não se obterem diferenças para o rendimento de grãos

Quadro 3 - Índice SPAD e matéria seca da parte aérea das cultivares 'BRS Pampa' e 'BRS 358' em função de épocas de irrigação na safra agrícola 2019/20 para os ensaios I e II. Santa Maria, RS, 2021

Épocas de irrigação - Fenologia da cultura	Cultivares		Média	Cultivares		Média
	'BRS Pampa'	'BRS 358'		'BRS Pampa'	'BRS 358'	
Índice SPAD - Estádio R4						
	Ensaio I			Ensaio II		
S3	-	-	32,0 ^{ns}	-	-	36,8 ^{ns}
V1	-	-	32,0	-	-	36,2
V2	-	-	31,2	-	-	36,9
V3	-	-	31,9	-	-	36,7
Média	30,5 b	33,1 a		35,6 b	37,8 a	
CV (%)	3,2			2		
Matéria seca da parte aérea (kg ha⁻¹) - Estádio R4						
	Ensaio I			Ensaio II		
S3	-	-	6765 ^{ns}	-	-	9001 ^{ns}
V1	-	-	6535	-	-	9030
V2	-	-	6576	-	-	8687
V3	-	-	6282	-	-	8284
Média	6776 a	6300 b		8991 a	8515 b	
CV (%)	7,9			6,1		

*Os resultados das variáveis que não apresentaram interação significativa são apresentados na coluna média para os tratamentos do fator épocas de irrigação e na linha média para o fator cultivares, quando significativas (Scott-Knott, p<0,05) diferem entre si na linha por letra minúscula e na coluna por letra maiúscula pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro⁽¹⁾ Escala fenológica da cultura proposta por Counce *et al.* (2000). ^{ns} não significativo pelo teste de Scott-Knott (p<0,05).

quando se antecipa a irrigação, trabalhos realizados por Freitas *et al.* (2004) referem perdas de até 20% na produtividade quando atrasada a irrigação de 20 para 35 dias após a emergência da cultura. Por outro lado, a antecipação da irrigação para os estádios fenológicos S3 e V1 possibilita o controle de forma mais eficiente de infestantes como *Echinochloa* spp., *Aeschynomene indica*, *Ludwigia longifolia* e *Cyperus* spp. neste sistema de produção.

Entre as cultivares, no ensaio I, verificou-se diferença significativa para as variáveis número de panículas por m², número de grãos por panícula, massa de mil grãos, produtividade da água de irrigação e rendimento de grãos. Para o NP, se obteve acréscimo de 13% para a 'BRS 358' quando comparada com a 'BRS Pampa', o que pode estar relacionado à maior população inicial de plantas. Entretanto, houve redução de 18 e 13% para o NGP e MMG, respectivamente, quando comparada a 'BRS Pampa' à 'BRS 358'. Essa redução pode estar associada ao maior rendimento de grãos com valores absolutos de 450 kg ha⁻¹ da 'BRS Pampa'. Esse

resultado pode estar relacionado com a maior MSPA, menor PLDV, menor interferência de infestantes que competem por nutrientes, como *Echinochloa* spp., além da maior estatura de plantas, variáveis quantitativas que podem interferir positivamente na melhor adaptação e desenvolvimento da cultivar no sistema orgânico utilizado. A 'BRS Pampa' obteve a maior produtividade da água de irrigação comparativamente à 'BRS 358'. De acordo com Giacomeli *et al.* (2019), a maior eficiência do uso da água está relacionada com a maior produtividade da água de irrigação, sendo geralmente maiores na gestão da irrigação que mantém o rendimento de grãos com menor uso de água.

As diferentes épocas de irrigação não demonstraram diferenças significativas para os componentes do rendimento, bem como para o rendimento de grãos no ensaio II. Para as cultivares, houve diferença somente para as variáveis MMG e PAI. Nesse sentido, a 'BRS Pampa' obteve acréscimo de 12% para a massa de mil grãos quando comparada com a 'BRS 358', porém não refletiu em acréscimo

Quadro 4 - Número de panículas (NP), número de grãos por panícula (NGP), massa de mil grãos (MMG), esterilidade de espiguetas (EE), produtividade da água de irrigação (PAI) e rendimento de grãos (RG) das cultivares de arroz irrigado 'BRS Pampa' e 'BRS 358' em função de diferentes épocas de irrigação na safra agrícola 2019/20. Santa Maria, RS. 2021

Épocas de irrigação – Fenologia da cultura	NP (m ²)	NGP -	MMG (g)	EE (%)	PAI (kg m ⁻³)	RG (kg ha ⁻¹)
--- Ensaio I ---						
S3 ⁽¹⁾	482 ^{ns}	77 ^{ns}	21,9 ^{ns}	8,1 ^{ns}	0,78 ^{ns}	5.573 ^{ns}
V1	462	73	21,7	8,5	0,79	5.620
V2	471	69	21,6	9,4	0,80	5.554
V3	487	69	21,6	8,6	0,78	5.376
Cultivar						
'BRS Pampa'	441 b*	79 a	23,2 a	8,3 ^{ns}	0,82 a	5.756 a
'BRS 358'	510 a	65 b	20,2 b	8,9	0,76 b	5.306 b
Média	475	72	21,7	8,6	0,79	5.531
CV (%)	6,1	10,5	1,9	12,3	5,2	5,2
--- Ensaio II ---						
S3 ⁽¹⁾	474 ^{ns}	107 ^{ns}	22,5 ^{ns}	6,9 a	0,87 ^{ns}	6.300 ^{ns}
V1	510	102	22,7	6,5 b	0,88	6.364
V2	488	98	22,7	6,3 b	0,91	6.562
V3	483	96	22,1	7,2 a	0,88	6.212
Cultivar						
'BRS Pampa'	475 ^{ns}	102 ^{ns}	24,0 a*	6,8 ^{ns}	0,90 a	6.389 ^{ns}
'BRS 358'	503	100	21,1 b	6,7	0,87 b	6.331
Média	489	101	22,5	6,7	0,89	6.360
CV (%)	8,9	8,6	2,3	6,3	3,2	4,1

*Médias não seguidas da mesma letra, por coluna, diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. ^{ns}= não significativo pelo teste de Scott-Knott (p<0,05). ⁽¹⁾ Escala fenológica da cultura proposta por Counce *et al.* (2000).

significativo para o rendimento de grãos. A produtividade da água de irrigação foi superior quando utilizada a 'BRS Pampa'.

De modo geral, apesar da inundação alterar o equilíbrio de nutrientes presentes no solo, em resposta às transformações químicas, físicas e biológicas decorrentes (Sousa *et al.*, 2006), além de possibilitar o aumento da disponibilidade de nutrientes, como o fósforo e potássio (Ponnamperuma, 1977), o rendimento de grãos não foi afetado pelas épocas de irrigação. Essa resposta pode estar associada à disponibilização dos nutrientes através da adubação orgânica utilizada em ambos os ensaios, além da pequena diferença em dias após a entrada da água entre os tratamentos. De acordo com Sacco *et al.* (2015), a liberação dos nutrientes da adubação orgânica é lenta, sendo muitas vezes limitada devido às condições de ordem química do solo, como o pH e matéria orgânica. Esses fatores quando associados às características físico-químicas do solo, podem explicar o baixo rendimento de grãos nos dois ensaios em comparação com a média de produtividade do sistema convencional de produção de arroz irrigado. A utilização de 1000 kg ha⁻¹

a mais de adubo no ensaio II e o estabelecimento mais rápido e uniforme das plantas de arroz pode ter contribuído para o maior rendimento de grãos mesmo quando realizada a sementeira no final da época recomendada.

CONCLUSÕES

A antecipação da irrigação para os estádios fenológicos S3 e V1 reduz a ocorrência de plantas daninhas na cultura do arroz irrigado no sistema orgânico de produção, principalmente de espécies do gênero *Echinochloa* spp.

A irrigação para estádios anteriores dos quais são recomendados para a cultura do arroz irrigado pode ser uma ferramenta no sistema orgânico de produção em área sistematizada, sem causar prejuízos para o rendimento de grãos.

A cultivar 'BRS Pampa' possibilita maior rendimento de grãos do que a cultivar 'BRS 358' no sistema orgânico utilizado, quando associado à sementeira no início da época recomendada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agostinetto, D.; Galon, L.; Moraes, P.V.D.; Tironi, S.P.; Dal Magro, T. & Vignolo, G.K. (2007) – Interferência de capim-arroz (*Echinochloa* spp.) na cultura do arroz irrigado (*Oryza sativa*) em função da época de irrigação. *Planta Daninha*, vol. 25, p. 689-696. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582007000400005>
- Andres, A. & Machado, S.D.O. (2004) – *Plantas daninhas em arroz irrigado*. Arroz irrigado no Sul do Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 457-546.
- Angaji, S.A.; Septiningsih, E.M.; Mackill, D.J. & Ismail, A.M. (2010) – QTLs associated with tolerance of flooding during germination in rice (*Oryza sativa* L.). *Euphytica*, vol. 172, n. 2, p. 159-168. <https://doi.org/10.1007/s10681-009-0014-5>
- Bastiani, M.O.; Lamago, F.P.; Nunes, J.P.; Moura, D.S.; Wickert, R.J. & Oliveira, J.I. (2015) – Germinação de sementes de capim-arroz submetidas a condições de luz e temperatura. *Planta Daninha*, vol. 33, n. 3, 395-404. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582015000300002>
- Bianchini, I.; Cunha-Santino, M.B.D.; Milan, J.A.M.; Rodrigues, C.J. & Dias, J.H.P. (2010) – Growth of *Hydrilla verticillata* (Lf) Royle under controlled conditions. *Hydrobiologia*, vol. 644, n. 1, p. 301-312. <https://doi.org/10.1007/s10750-010-0191-1>
- Cassol, B.; Agostinetto, D. & Mariath, J.E.A. (2008) – Análise morfológica de *Sagittaria montevidensis* desenvolvida em diferentes condições de inundação. *Planta Daninha*, vol. 26, n. 3, p. 487-496. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582008000300003>
- Chapagain, T.; Riseman, A. & Yamaji, E. (2011) – Assessment of system of rice intensification (SRI) and conventional practices under organic and inorganic management in Japan. *Rice Science*, vol. 18, n. 4, p. 311-320. [https://doi.org/10.1016/S1672-6308\(12\)60010-9](https://doi.org/10.1016/S1672-6308(12)60010-9)
- Chauhan, B.S. (2012) – Weed ecology and weed management strategies for dry-seeded rice in Asia. *Weed Technology*, vol. 26, n. 1, p. 1-13. <https://doi.org/10.1614/WT-D-11-00105.1>

- Chauhan, B.S. & Johnson, D.E. (2010) – The role of seed ecology in improving weed management strategies in the tropics. *Advances in Agronomy*, vol. 105, p. 221-262. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(10\)05006-6](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(10)05006-6)
- Climate-data (2018) – [cit. 2021.03.20]. <https://en.climate-data.org/>.
- Counce, P.A.; Keisling, T.C. & Mitchell, A.J. (2000) – A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. *Crop Science*, vol. 40, n. 2, p. 436-443. <https://doi.org/10.2135/cropsci2000.402436x>
- Delmotte, S.; Tittonell, P.; Mouret, J.C.; Hammond, R. & Lopez-Ridaaura, S. (2011) – On farm assessment of rice yield variability and productivity gaps between organic and conventional cropping systems under Mediterranean climate. *European Journal of Agronomy*, vol. 35, n. 4, p. 223-236. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2011.06.006>
- Dong, X.; Wang, X.; Zhang, L.; Yang, Z.; Xin, X.; Wu, S.; Sun, C.; Liu, J.; Yang, J. & Luo, X. (2013) – Identification and characterization of *OsEBS*, a gene involved in enhanced plant biomass and spikelet number in rice. *Plant Biotechnology Journal*, vol. 11, n. 9, p. 1044-1057. <https://doi.org/10.1111/pbi.12097>
- Erasmio, E.A.L.; Azevedo, W.R.; Sarmiento, R.A.; Cunha, A.M. & Garcia, S.L.R. (2004) – Potencial de espécies utilizadas como adubo verde no manejo integrado de plantas daninhas. *Planta Daninha*, vol. 22, n. 3, p. 337-342. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582004000300002>
- Fageria, N.K.; Dos Santos, A.B. & Coelho, A.M. (2011) – Growth, yield and yield components of lowland rice as influenced by ammonium sulfate and urea fertilization. *Journal of Plant Nutrition*, vol. 34, n. 3, p. 371-386. <https://doi.org/10.1080/01904167.2011.536879>
- Freitas, G.D. (2004) – *Desempenho do arroz (Oryza sativa L.) cultivar BRS Pelota e controle de capim-arroz (Echinochloa sp.) submetidos a quatro épocas de entrada de água após aplicação de doses reduzidas de herbicidas*. Tese de mestrado. Pelotas, Universidade Federal de Pelotas, 54 p.
- Galon, L.; Guimarães, S.; Radünz, A.L.; Lima, A.M.D.; Burg, G.M.; Zandoná, R.R.; Bastiani, M.O.; Belarmino, J.G. & Perin, G.F. (2015) – Competitividade relativa de cultivares de arroz irrigado com *Aeschynomene denticulata*. *Bragantia*, vol. 74, p. 67-74. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.0147>
- Giacomeli, R. (2019) – *Manejo de solo e água em soja e arroz em terras baixas*. Tese de doutorado. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 85 p.
- Gomes, A. da S. (2004) – *Arroz Irrigado: no sul do Brasil*. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília-DF. 899 p.
- Hazra, K.K.; Swain, D.K.; Bohra, A.; Singh, S.S.; Kumar, N. & Nath, C.P. (2018) – Organic rice: potential production strategies, challenges and prospects. *Organic Agriculture*, vol. 8, n. 1, p. 39-56. <https://doi.org/10.1007/s13165-016-0172-4>
- Hokazono, S. & Hayashi, K. (2012) – Variability in environmental impacts during conversion from conventional to organic farming: a comparison among three rice production systems in Japan. *Journal of Cleaner Production*, vol. 28, p. 101-112. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.12.005>
- Huang, L.; Jun, Y.U.; Jie, Y.A.N.G.; Zhang, R.; Yanchao, B.A.I.; Chengming, S.U.N. & Zhuang, H. (2016) – Relationships between yield, quality and nitrogen uptake and utilization of organically grown rice varieties. *Pedosphere*, vol. 26, n. 1, p. 85-97. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(15\)60025-X](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(15)60025-X)
- IRGA (2018) – *Instituto Rio Grandense de Arroz*. [cit. 2020.04.22]. www.irga.rs.gov.br.
- Jat, M.L.; Gathala, M.K.; Ladha, J.K.; Saharawat, Y.S.; Jat, A.S.; Kumar, V. & Gupta, R. (2009) – Evaluation of precision land leveling and double zero-till systems in the rice-wheat rotation: Water use, productivity, profitability and soil physical properties. *Soil and Tillage Research*, vol. 105, n. 1, p. 112-121. <https://doi.org/10.1016/j.still.2009.06.003>
- Jin, J.; Huang, W.; Gao, J.P.; Yang, J.; Shi, M.; Zhu, M.Z.; Luo D. & Lin, H.X. (2008) – Genetic control of rice plant architecture under domestication. *Nature Genetics*, vol. 40, n. 11, p. 1365-1369. <https://doi.org/10.1038/ng.247>
- Mahajan, G. & Chauhan, B.S. (2013) – The role of cultivars in managing weeds in dry-seeded rice production systems. *Crop Protection*, vol. 49, p. 52-57. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2013.03.008>
- Matsushima, K.-I. & Sakagami, J.-I. (2013) – Effects of seed hydropriming on germination and seedling vigor during emergence of rice under different soil moisture conditions. *American Journal of Plant Sciences*, vol. 4, n. 8, p. 1584-1593. <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2013.48191>
- Nemecek, T.; Dubois, D.; Huguenin-Elie, O. & Gailard, G. (2011) – Life cycle assessment of Swiss farming systems: I. Integrated and organic farming. *Agricultural Systems*, vol. 104, n. 3, p. 217-232. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2010.10.002>

- Orlando, F.; Alali, S.; Vaglia, V.; Pagliarino, E.; Bacenetti, J. & Bocchi, S. (2020) – Participatory approach for developing knowledge on organic rice farming: Management strategies and productive performance. *Agricultural Systems*, vol. 178, art. 102739. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102739>
- Patel, D.P.; Das, A.; Munda, G.C.; Ghosh, P.K.; Bordoloi, J.S. & Kumar, M. (2010) – Evaluation of yield and physiological attributes of high-yielding rice varieties under aerobic and flood-irrigated management practices in mid-hills ecosystem. *Agricultural Water Management*, vol. 97, n. 9, p. 1269-1276. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.02.018>
- Ponnamperuma, F.N. (1977) – *Physico-chemical properties of submerged soils in relation to fertility*. Los Baños: International Rice Research Institute. 32 p. (Research Paper Series, 5).
- Sacco, D.; Moretti, B.; Monaco, S. & Grignani, C. (2015) – Six-year transition from conventional to organic farming: effects on crop production and soil quality. *European Journal of Agronomy*, vol. 69, p. 10-20. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.05.002>
- Santos, H.G.; Jacomine, P.K.T.; Anjos, L.H.C.; Oliveira, V.A.; Lumbreras, J.F.; Coelho, M.R.; Almeida, J.A.; Araújo Filho, J.C.; Oliveira, J.B. & Cunha, T.J.F. (2018) – *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 5a ed rev. ampl. Brasília: 17 Embrapa Solos. 356 p.
- Sen, S.; Kaur, R.; Das, T.K.; Raj, R. & Shivay, Y.S. (2021) – Impacts of herbicides on weeds, water productivity, and nutrient-use efficiency in dry direct-seeded rice. *Paddy and Water Environment*, vol. 19, n. 1, p. 227-238. <https://doi.org/10.1007/s10333-020-00834-3>
- Sousa, R.O.; Camargo, F.A. de O. & Vahl, L.C. (2006) – Solos alagados: reações de redox. In: Meurer, E.J. (Org.) – *Fundamentos de química do solo*. 3 ed. Porto Alegre: Evangraf. p. 185-211.
- Takahoshi, N. (1995) – Physiology of dormancy. In: Matsuo, T.; Kumazawa, K.; Ishii, R.; Ishihara, K. & Hirata, H. (Eds.) – *Science of the rice plant*. Tokyo: Food and Agricultural Policy Research Center. vol.2, p.45-65.
- Vasconcelos, T.; Monteiro, A.; Lima, A. & Forte, P (2020) – *Infestantes de arrozais de Portugal*. 1ª edição. ISAPress, Lisboa, 164p.
- Yang, H.; Yang, J.; Lv, Y. & He, J. (2014) – SPAD values and nitrogen nutrition index for the evaluation of rice nitrogen status. *Plant Production Science*, vol. 17, n. 1, p. 81-92. <https://doi.org/10.1626/pps.17.81>
- Yoshida, S. (1981) – *Fundamentals of rice crop science*. International Rice Research Institute. 269 p.