

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

Camille Flores Soares

**ÉPOCA DE SUPRESSÃO DA IRRIGAÇÃO E MANEJO PÓS-
COLHEITA: EFEITOS NA PRODUTIVIDADE DO ARROZ NA
QUALIDADE DA ÁGUA, DE GRÃOS E SEMENTES**

**Santa Maria, RS
2020**

Camille Flores Soares

**ÉPOCA DE SUPRESSÃO DA IRRIGAÇÃO E MANEJO PÓS-COLHEITA: EFEITOS
NA PRODUTIVIDADE DO ARROZ NA QUALIDADE DA ÁGUA, DE GRÃOS E
SEMENTES**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Agronomia.**

Orientador: Prof. Dr. Enio Marchesan

Santa Maria, RS
2020

Flores Soares, Camille

Época de supressão da irrigação e manejo pós-colheita: efeitos na produtividade do arroz na qualidade da água, de grãos e sementes / Camille Flores Soares.- 2020.
65 p.; 30 cm

Orientador: Enio Marchesan

Coorientador: Alessandro Dal'Col Lucio

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós Graduação em Agronomia, RS, 2020

1. Oryza sativa 2. Antese 3. Metano 4. Rolo-faca 5. Sustentabilidade I. Marchesan, Enio II. Dal'Col Lucio, Alessandro III. Título.

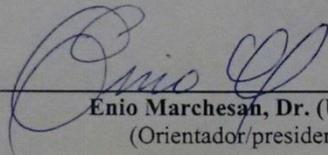
Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Camille Flores Soares

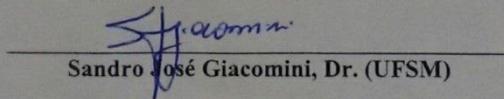
**ÉPOCA DE SUPRESSÃO DA IRRIGAÇÃO E MANEJO PÓS-COLHEITA:
EFEITOS NA PRODUTIVIDADE DO ARROZ NA QUALIDADE DA ÁGUA, DE
GRÃOS E SEMENTES**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Agronomia**.

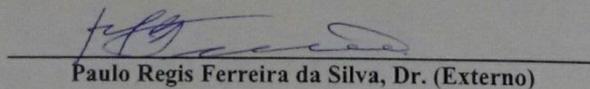
Aprovado em 3 de março de 2020:



Enio Marchesan, Dr. (UFSM)
(Orientador/presidente)



Sandro José Giacomini, Dr. (UFSM)



Paulo Regis Ferreira da Silva, Dr. (Externo)

Santa Maria, RS
2020

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a meus familiares, em especial ao meu pai João Roberto Montezano Soares, à minha mãe Édina Flores Soares e a minha irmã Caroline Flores Soares por todo o apoio, incentivo e carinho recebidos durante o percurso dessa jornada.

AGRADECIMENTOS

Eis que chegou o momento de agradecer a todas as pessoas que de alguma forma ou outra, contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional durante esses dois anos de muito aprendizado.

Primeiramente agradeço a Deus por todas as oportunidades recebidas.

Aos meus pais Roberto Montezano Soares e Édina Flores Soares por todo amor, apoio e principalmente por acreditarem nos meus sonhos e estarem sempre ao meu lado durante as mais importantes escolhas da minha vida e principalmente nos momentos mais difíceis.

Ao meu orientador professor Dr. Enio Marchesan, pelo exemplo de profissional, orientação e ensinamentos que muito me auxiliaram ao longo de todos esses anos.

Aos colegas de pós-graduação Bruno Behenck Aramburu, Caren da Rosa, Gabriel Donato, Daivyd da Silva de Oliveira, Lucas Lopes Coelho e Luis Siqueira pela convivência, troca de experiências, e auxílio na condução dos trabalhos.

A todos os colegas do GPai, obrigado pela amizade, pelas aprendizagens, pela troca de experiências. Agradeço especialmente ao bolsista Matias Henrique Prochnow pelo auxílio na condução do projeto. Agradeço também aos colegas Alisson Guilherme Fleck, Augusto Dubou, Uashington da Silva Riste, Oscar Jaboski Groth, Bruno Garlet Ceretta, Mariana Miranda Wruck, Eduardo Cassanego, Júlian Pfeifer, Sabrina Dick e Matheus Lanzarin. Meu muito obrigado, sem a ajuda de vocês com certeza não teríamos êxito na conclusão dessa etapa.

Ao Grupo Interdisciplinar de Pesquisa em Erosão e Hidrologia de Superfície da UFSM, muito obrigado. Agradeço ao professor Jean Minella, e especialmente aos colegas Danrlei Menezes e Tauris Rangel, pelo auxílio nesses trabalhos.

Ao Instituto Riograndense do Arroz (IRGA), pela parceria na realização do estudo, em especial à Eng. Agr^a. Dr^a. Mara Grohs e seus colaboradores, por todo auxílio desde a concepção do projeto de pesquisa, durante a condução do experimento, e pela troca de experiências que muito contribuiu para a qualificação do trabalho.

Aos ex-colegas de GPai, Alana Wandscheer, Gustavo Mack Teló, Dâmaris Hansel, Maurício Limberger, Ângelo Taschetto, Anelise Lencina e Vinicius Severo pelos ensinamentos e pela amizade construída nesses anos de convívio.

À CAPES pelo auxílio da bolsa, e à comissão examinadora, Enio Marchesan, Sandro José Giacomini e Paulo Regis Ferreira da Silva pelas contribuições no trabalho.

A todos o meu **MUITO OBRIGADA!**

*“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor,
mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou
o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou
o que era antes”.*
(Martin Luther King)

RESUMO

ÉPOCA DE SUPRESSÃO DA IRRIGAÇÃO E MANEJO PÓS-COLHEITA: EFEITOS NA PRODUTIVIDADE DO ARROZ NA QUALIDADE DA ÁGUA, DE GRÃOS E SEMENTES

AUTOR: Camille Flores Soares
ORIENTADOR: Enio Marchesan

O manejo adequado da irrigação da lavoura de arroz contribui para elevados níveis de produtividade e qualidade de grãos. No entanto, o sistema de irrigação predominante no Rio Grande do Sul apresenta baixa eficiência do uso da água. Neste contexto, a supressão antecipada da irrigação pode ser uma alternativa para economia de água e redução da emissão de gases de efeito estufa. Da mesma forma, o manejo pós-colheita da área influencia no impacto ambiental, pela emissão de gases de efeito estufa e pela contaminação de mananciais hídricos. Assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade física e fisiológica de sementes e grãos, bem como as propriedades físico-química da água em momentos de supressão da irrigação (experimento e artigo I), além de avaliar a emissão de gases do efeito estufa e a qualidade da água em função do momento de drenagem após manejo pós-colheita (experimento e artigo II). O experimento I foi conduzido a campo em dois municípios do Rio Grande do Sul. Em Cachoeira do Sul, na estação de pesquisa do Instituto Riograndense do Arroz (safras 2017/18 e 2018/19) e em Santa Maria (safra 2018/19), na área didático-experimental de várzea da UFSM. Os tratamentos foram compostos por momentos de supressão da irrigação (R4, 7, 14, 21, 28 e 35 dias após R4), em delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. O experimento II foi conduzido em Santa Maria após a colheita do arroz, com delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições, e os tratamentos utilizados foram momentos de drenagem da água após passagem do rolo-faca (0, 3, 6, 9 e 12 dias) e um tratamento com colheita no seco. A supressão da irrigação realizada aos 14 dias após a floração não prejudica a qualidade fisiológica de sementes bem como a qualidade física e o rendimento de grãos e, em caso de drenagem, esta realizada aos 14 dias após R4 reduz a perda de nutrientes e sólidos suspensos totais na água. Durante a entressafra, a drenagem realizada aos três dias após a utilização do rolo-faca reduz a perda de potássio e partículas de solo via água de drenagem menor período de permanência de lâmina reduz a emissão de CH₄ e o potencial de aquecimento global. A taxa de decomposição de resíduos vegetais é acelerada pela incorporação da palha no solo, no entanto é prejudicada por altos volumes de precipitação.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, antese, metano, rolo-faca, sustentabilidade

ABSTRACT

MOMENTS OF IRRIGATION WITHHOLDING AND POST HARVEST MANAGEMENT: EFFECTS ON RICE YIELD, WATER, GRAIN AND SEEDS QUALITY

AUTHOR: Camille Flores Soares

ADVISOR: Enio Marchesan

Proper management of irrigation in flooded rice contributes to high levels of grain quality and yield. However, the flood irrigation system, which is predominant in Rio Grande do Sul, by the volume of water used, provides low water use efficiency and due to the long period of flooding causes a great methane emission. In this context, an early irrigation withholding can be an alternative for saving water in the crop season and reduce greenhouse gas emissions. Likewise, post-harvest management of the area affects environmental impact, such as greenhouse gas emissions as well as contamination of water sources. Thus, the present study aims to evaluate the physical and physiological quality of seeds and grains, as well as the physicochemical properties of water (Article I), besides to evaluate greenhouse gas emissions and water quality in function of drainage periods after post-harvest management (Article II). The experiment I was conducted in a field in two municipalities of Rio Grande do Sul. In Cachoeira do Sul at the Estação de Pesquisa do Instituto Riograndense do Arroz (2017/18 and 2018/19 crop season), and in Santa Maria (2018/19 crop season) in the lowland experimental area of the Federal University of Santa Maria (UFSM). The treatments were composed by irrigation withholding moments (R4, 7, 14, 21, 28 and 35 days after R4), in an experimental randomized complete block design with four replications. Experiment II was conducted in Santa Maria after rice harvest, with an experimental randomized complete block design and with different water drainage moments after the knife roller (0, 3, 6, 9 and 12 days) and a treatment with harvest in dry land. Based on the main results achieved, we can observe that irrigation withholding at 14 days after flowering does not affect the physiological quality of seeds, as well as the physical quality and grain yield, and in the case of drainage, it reduces nutrient loss and total solids. During off-season, drainage performed for three days after the use of the knife roller reduces potassium loss and soil particle through drainage water, the shorter period of flooding reduces CH₄ emission as well the global warming potential. The rate of decomposition of plant residues is accelerated by the incorporation of straw into the soil, but it is harmed by high rainfall volumes.

Keyword: *Oryza sativa*, anthesis, methane, knife roller, sustainability

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1 – Temperatura média diária do ar e precipitação pluvial durante o período reprodutivo do arroz irrigado nas safras 2017/18 em Cachoeira do Sul (A) e 2018/19 em Santa Maria (B) e Cachoeira do Sul (C).....31
- Figura 2 – Germinação e vigor de sementes de arroz em função de épocas de supressão da irrigação na safra 2017/18 em Cachoeira do Sul (A e B) e na safra 2018/19 em Santa Maria e Cachoeira do Sul (C, D e E).....32
- Figura 3 – Qualidade física de sementes de arroz em função de épocas de supressão da irrigação durante a safra 2017/18 em Cachoeira do Sul.....33
- Figura 4 – Qualidade física e rendimento de grãos de arroz em Cachoeira do Sul e Santa Maria na safra 2018/19 (A, B, C, D e F) e rendimento de grãos em Cachoeira do Sul na safra 2017/18 (E) em função de épocas de supressão da irrigação..... 34
- Figura 5 – P solúvel (A), sólido suspensos totais (B), condutividade elétrica (C) e teor de potássio (D) na água de irrigação em diferentes épocas de supressão da irrigação durante a safra 2017/18 em Cachoeira do Sul.....35
- Figura 6 – Condutividade elétrica (A e B), sólido suspensos totais (C), teor de potássio (D) e P solúvel (E e F) na água de irrigação em diferentes épocas de supressão da irrigação durante a safra 2018/19 em Santa Maria e Cachoeira do Sul.....36
- Figura 7 – Teor de nitrato – N-NO₃⁻ e amônio – N-NH₄⁺ na água de irrigação em diferentes épocas de supressão da irrigação na safra 2017/18 em Cachoeira do Sul (A e B) e em Santa Maria e Cachoeira do Sul na safra 2018/19 (C, D, E e F).....37

CAPÍTULO II

- Figura 1 – Temperatura diária média do ar (°C) e precipitação pluvial (mm) durante o período de aplicação dos tratamentos bem como coletas de gases de efeito estufa nas entressafras 2018 (a) e 2019 (b)..... 55
- Figura 2 – Temperatura diária média do ar (°C) e precipitação pluvial (mm) durante o período de coleta de “mesh bags” (sacos de decomposição) nas entressafras 2018 (a) e 2019 (b) 56

Figura 3 – Concentração de sólidos suspensos totais (g L^{-1}) condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) e pH da água de drenagem em função do manejo pós-colheita do arroz nas entressafras 2018 (a, c e e) e 2019 (b, d e f).....	57
Figura 4 – Teor de potássio (mg L^{-1}) e concentração de fósforo solúvel (mg L^{-1}) na água de drenagem em função do manejo pós-colheita do arroz nas entressafras 2018 (a e c) e 2019 (b e d).....	58
Figura 5 – Teor de nitrato – N-NO_3^- (mg L^{-1}) e amônio – N-NH_4^+ (mg L^{-1}) na água de drenagem em função do manejo pós-colheita do arroz nas entressafras 2018 (a e c) e 2019 (b e d).....	59
Figura 6 – Fluxo diário de metano ($\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), acumulado total de metano – CH_4 (kg ha^{-1}) e potencial de aquecimento global parcial (PAGp) durante as entressafras 2018 (a, c e e) e 2019 (b, d e f) em função de diferentes manejos pós-colheita aplicados na palha do arroz.....	60
Figura 7 – Fluxo diário de N_2O ($\text{g ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), acumulado total de óxido nitroso – N_2O (kg ha^{-1}) e massa seca remanescente nas entressafras 2018 (a, c e e) e 2019 (b, d e f) em função de diferentes manejos pós-colheita aplicados na palha do arroz.....	61

LISTA DE ANEXOS

Anexo A – Normas para a submissão do artigo I na revista Ciência Rural.	64
Anexo B – Normas para a submissão do artigo II na revista Bragantia.....	65

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 CAPÍTULO I (ARTIGO CIENTÍFICO)	16
ÉPOCA DE SUPRESSÃO DA IRRIGAÇÃO EM LAVOURA DE ARROZ: QUALIDADE DA ÁGUA, GRÃOS E SEMENTES	16
RESUMO	16
ABSTRACT	17
INTRODUÇÃO	17
MATERIAL E MÉTODOS.....	19
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
CONCLUSÃO.....	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27
3 CAPÍTULO II (ARTIGO CIENTÍFICO)	38
EMISSÃO DE GASES, QUALIDADE DA ÁGUA E DECOMPOSIÇÃO DA RESTEVA SOB MANEJOS PÓS-COLHEITA EM LAVOURA DE ARROZ.....	38
RESUMO	38
ABSTRACT	39
INTRODUÇÃO	40
MATERIAL E MÉTODOS.....	41
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
CONCLUSÕES	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
5 ANEXOS	64

1 INTRODUÇÃO

O arroz é o terceiro cereal mais produzido no mundo, sendo o Brasil o nono maior produtor, com cerca de 10,6 milhões de toneladas anuais (CONAB, 2019). Nesse cenário, o estado do Rio Grande do Sul é responsável por cerca de 70% da produção nacional, com aproximadamente um milhão de hectares cultivados com a cultura. Nas lavouras orizícolas gaúchas, o sistema de irrigação por inundação é predominante e possui vantagens como redução da incidência de plantas daninhas não aquáticas, o efeito termorregulador e a maior disponibilidade de nutrientes no solo para as plantas de arroz. Entretanto, esse manejo exige elevado volume de água, cerca de 1,0 a 1,4 m³ de água para produzir 1 kg de arroz em casca (MACHADO et al., 2006), sendo utilizado um volume de água entre 6 a 12 mil m³ de água por hectare por safra (SOSBAI, 2018).

Nesse sistema, o manejo adequado da irrigação é fator decisivo tanto para altas produtividades como para o manejo pós-colheita. Embora a lâmina de água seja importante durante todo o ciclo, as plantas apresentam períodos em que a água é necessária em maior quantidade.

Nesse sentido, as recomendações técnicas para a cultura recomendam supressão da irrigação quando a maioria dos grãos apresentarem estado pastoso, visando condição de umidade no solo ideal a fim de evitar rastros na área no momento da colheita, reduzindo custos e facilitando o preparo antecipado e a semeadura na época recomendada. No entanto, dependendo da época que esta interrupção é realizada e o tempo em que a lavoura permanece em déficit hídrico, o desenvolvimento e o rendimento da cultura podem ser afetados. Além disso, ainda se observa a prática de drenagem para realização da colheita. Nesse sentido, é importante saber a qualidade da água drenada e os impactos causados, como forma de estabelecer critérios para este manejo final da irrigação.

Um dos parâmetros influenciados pela supressão é a qualidade física e fisiológica de sementes de arroz, já que a ocorrência de estresse hídrico no período reprodutivo pode afetar processos fisiológicos como transpiração, fotossíntese, respiração e translocação de fotoassimilados para o grão. O prejuízo ocasionado nestes processos influenciam na maturidade fisiológica pelo acúmulo máximo de massa seca do grão, germinação e vigor, bem como aumento de grãos gessados e redução de grãos inteiros.

A qualidade física de grãos é influenciada por manejos como irrigação, época de semeadura, cultivar utilizada e umidade dos grãos no momento da colheita, a qual deve estar entre 20 e 24%. Relacionado a isso, a definição da época de colheita torna-se prática

indispensável, pois sendo esta realizada muito antecipadamente após antese, pode ocasionar ocorrência de grãos verdes, gessados e malformados, mais suscetíveis à quebra. Por outro lado, a colheita tardia resulta em degrane natural, além de perdas por acamamento, ataque de pragas e redução no rendimento de grãos inteiros. Dessa forma, a supressão planejada e executada no momento certo irá facilitar a colheita em época adequada favorecendo o manejo na entressafra e a redução de impactos ambientais e custos.

Caso não haja possibilidade de colheita no seco, entre os diferentes manejos os quais podem ser empregados após a colheita do arroz, tem-se a incorporação da palha com a utilização do rolo-faca. Esse mecanismo é utilizado na presença de lâmina de água, sendo amplamente utilizado nas lavouras orizícolas na Argentina, Uruguai e sul do Brasil. Esse equipamento visa a redução de custos no processo de incorporação da palha, acelerando a decomposição da mesma, além da regularização do microrrelevo do solo, facilitando o preparo antecipado da área e consequente semeadura em época adequada.

No entanto, após esse processo deve-se realizar a drenagem da lâmina de água, o que ocasiona carreamento de partículas sólidas em suspensão na água e conseqüentemente, perda de nutrientes adsorvidos a essas ou presentes na solução. Assim, uma alternativa é aumentar o período de drenagem subsequente, o que aumenta também o tempo de decantação das partículas coloidais em suspensão, porém esse manejo pode ocasionar impacto na emissão de gases de efeito estufa e influenciar a decomposição dos resíduos vegetais remanescentes. Para uso desta estratégia, deve-se estar seguro de que a água liberada contenha reduzidas concentrações de nutrientes e de sólidos totais.

Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo determinar o efeito de momentos de supressão da irrigação após a antese do arroz sobre a qualidade de água, rendimento, qualidade física e fisiológica de grãos e sementes (Capítulo I); avaliar a qualidade da água drenada após o uso do rolo-faca, a emissão de CH₄ e N₂O e o potencial de aquecimento global parcial, bem como determinar a taxa de decomposição de resíduos vegetais em função do manejo pós-colheita (Capítulo II).

2 CAPÍTULO I (Artigo Científico)

Época de supressão da irrigação em arroz: produtividade, qualidade da água, de grãos e sementes

Moments of irrigation withholding in paddy field: yield grain, water, grain and seed quality

RESUMO

A supressão antecipada da irrigação pode ser uma alternativa para economia de água na lavoura orizícola, no entanto, dependendo da época em que é realizada pode ocasionar déficit hídrico e prejuízos à qualidade e ao rendimento de grãos. O objetivo do estudo foi avaliar o efeito de épocas de supressão da irrigação sobre a qualidade física e fisiológica de sementes e o rendimento de grãos de arroz. O experimento foi conduzido em Cachoeira do Sul, nas safras agrícolas 2017/18 e 2018/19 e em Santa Maria, na safra 2018/19, RS, Brasil. Os tratamentos foram compostos por momentos de supressão da irrigação, sendo eles: R4 (antese), 7, 14, 21, 28 e 35 dias após. Os parâmetros de qualidade fisiológica de sementes e qualidade física de grãos são reduzidos quando a supressão é realizada na antese e 7 dias após, reduzindo o rendimento de grãos em safras com déficit hídrico. Sólidos suspensos totais e a condutividade elétrica apresentam maiores valores na supressão da irrigação 35 dias após R4 e o teor de P solúvel não foi influenciado pelos momentos de supressão. Os teores de nitrato e amônio são reduzidos conforme a supressão é atrasada e há elevação na concentração de potássio com a supressão realizada 28 e 35 dias após floração. A supressão da irrigação 14 dias após a floração, não prejudica a qualidade fisiológica de sementes bem como a qualidade física e o rendimento de grãos. Em caso de drenagem, sua realização aos 14 dias após R4 reduz as perdas de potássio, nitrogênio e sólidos suspensos totais na água.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, antese, sólidos totais, nutrientes, sustentabilidade

ABSTRACT

Irrigation withholding can be an alternative for saving water in the rice crop, however depending on the moment, it may cause water deficit and damage to grain quality and yield. The objective of this work was to evaluate the effect of irrigation withholding moments after anthesis on water quality, and to verify the physical and physiological quality of seeds and grains, as well as grain yield. The experiment was conducted in the 2017/18 and 2018/19 crop season. The experiment was conducted in the field in two locations of Rio Grande do Sul, in Cachoeira do Sul (2017/18 and 2018/19 crop season), and in Santa Maria (2018/19 crop season), RS, Brazil. The treatments consisted of irrigation withholding moments: R4 (anthesis), 7, 14, 21, 28 and 35 days after R4). The parameters of physiological seed quality and milling quality are reduced when withholding is performed at flowering and 7 days after, impairing grain yield in crops with water deficit. The concentration of total suspended solids and electrical conductivity has a peak on withholding of 35 days after R4, however, the pH and soluble P are not influenced. Nitrate and ammonium contents are reduced as withholding is delayed, and potassium concentration increases at 28 and 35 days after flowering. Withholding at 14 days after flowering does not affect physiological seed quality as well as physical quality and grain yield. In case of drainage, it performed at 14 days after R4 reduces the loss of potassium, nitrogen and total solids in water.

Key words: *Oryza sativa*, anthesis, total solids, nutrients, sustainability

INTRODUÇÃO

Ao redor do mundo, 93 milhões de hectares de arroz irrigado de terras baixas fornece 75% da produção mundial de arroz (LAMPAYAN et al., 2015). Nesse sistema, a presença de lâmina de água ao longo do cultivo traz diversas vantagens ao desenvolvimento das plantas.

Entre elas, a supressão de plantas daninhas (ESTIOKO et al., 2014), a disponibilidade de nutrientes e a manutenção do pH próximo a neutro (YOSHIDA, 1981), além de fornecer isolamento térmico que reduz a amplitude de temperatura (SAUER et al., 2018). No entanto, esse método possui baixa eficiência no uso da água e exige um alto volume da mesma, variando entre 6.000 e 12.000 m³ ha⁻¹ por safra num período médio de 80 a 100 dias (SOSBAI, 2018).

Diante disso, manejos alternativos que reduzam o uso de água vêm sendo estudados, como a supressão da irrigação antecipada realizada na floração (YANG et al., 2019), drenagem controlada com a utilização de canais de decantação ao longo do ciclo do arroz (WANG et al., 2018) e intermitência da irrigação (PASCUAL & WANG, 2017).

Para utilização desses manejos, é importante o conhecimento dos impactos gerados no desenvolvimento do arroz, já que são diretamente influenciados pela interação entre condições meteorológicas (ÁVILA et al., 2015), cultivares (YANG et al., 2019) e tipo de solo (SOSBAI, 2018). Segundo Fan et al. (2019), a ocorrência de estresse hídrico, aliada às altas temperaturas que ocorrem em regiões orizícolas durante o período reprodutivo, podem prejudicar a atividade de enzimas envolvidas no enchimento de grãos, aumentar grãos gessados e quebrados (ABAYAWICKRAMA et al., 2017) e interferir na qualidade fisiológica da semente. Nesse sentido, a supressão realizada na antese pode reduzir qualidade física e fisiológica de sementes e grãos de arroz, bem como produtividade.

A recomendação técnica para a cultura do arroz irrigado (SOSBAI, 2018), é que seja realizada a supressão da irrigação, a qual consiste na interrupção do fornecimento de água de irrigação, processo que deve ser feito quando a maioria dos grãos apresentarem estado pastoso. No entanto, ainda se observa a prática da drenagem para realização da colheita no seco. Nesse sentido, é importante saber a qualidade da água caso esta seja drenada e os impactos causados no ambiente, como forma de estabelecer critérios para este manejo final da irrigação.

Diante deste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade física e fisiológica de grãos e sementes, o rendimento de grãos de arroz e a qualidade da água, sob diferentes épocas de supressão da irrigação após a floração.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados a campo em dois municípios do estado do Rio Grande do Sul, Brasil: em Cachoeira do Sul (30°0'45"S 52°55'11"O, 64 m de altitude), nas safras agrícolas 2017/18 e 2018/19, e em Santa Maria (29°43'08.8"S 53°43'18.6"O, 95 m de altitude) na safra 2018/19.

O clima das regiões de Santa Maria e Cachoeira do Sul, segundo a classificação de Köppen, é Cfa subtropical úmido, sem estação seca definida e com verões quentes. A temperatura mínima média do ar para essas regiões são, respectivamente, 14,2 e 14,8 °C, no mês mais frio (junho), e a máxima, de 24,6 e 24,8 °C, no mês mais quente (janeiro), tendo uma precipitação pluvial média anual de 1.688 e 1.416 mm, respectivamente para Santa Maria e Cachoeira do Sul. (CLIMATE-DATA, 2019). O solo das áreas experimentais de Santa Maria e Cachoeira do Sul é classificado como Planossolo Hidromórfico Eutrófico arênico e Planossolo Háptico Eutrófico arênico, respectivamente (SANTOS et al., 2018).

Tabela 1. Atributos físicos e químicos dos solos das áreas experimentais de Santa Maria e Cachoeira do Sul na profundidade de 0,0-0,2 m.

Local	pH água 1:1	Argila	MO	Saturação (%)		P-Mehlich -----mg dm ⁻³ -----	K	CTC pH7 cmol _c dm ⁻³
		% -----m/v-----	%	Al	Bases			
Santa Maria	5,6	27,0	2,0	2,4	53,4	7,3	40,0	14,1
Cachoeira do Sul	5,2	24,0	1,4	0,0	65,8	9,9	59,0	11,4

O delineamento experimental em ambos os locais foi o de blocos ao acaso, em esquema unifatorial para a safra 2017/18 e bifatorial para a safra 2018/19, ambas com quatro repetições. Para o experimento fatorial, segunda safra, o fator A foi composto por dois locais, Cachoeira

do Sul e Santa Maria. Já o fator D foi composto por momentos de supressão da irrigação (interrupção do fornecimento de água) após a floração – R4 (0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias) no cultivo do arroz irrigado. O experimento unifatorial tinha como tratamentos apenas o fator D.

As unidades experimentais foram compostas por 18 linhas espaçadas em 0,17 m, com 5 m de comprimento, totalizando uma área útil de 15,3 m². A cultivar de arroz utilizada foi a IRGA 424 RI, semeada na densidade de 100 kg de sementes ha⁻¹, sendo a semeadura realizada em 01/11/2017 em Cachoeira do Sul (primeira safra) e em 17/10/2018 em Santa Maria e em Cachoeira do Sul (segunda safra). Em Santa Maria, a adubação de base foi composta de 20 kg N, 80 kg de P₂O₅ e 80 kg de K₂O ha⁻¹. Em cobertura, foram aplicados 120 kg N no estágio fenológico V₃, 40 kg N em V₆ e 25 kg N em R₀, além de 30 kg de K₂O no estágio V₃. Em Cachoeira do Sul, a adubação de base foi composta de 16 kg N, 68 kg de P₂O₅ e 108 kg de K₂O ha⁻¹. Em cobertura, foram aplicados 105 kg N no estágio fenológico V₃, 22 kg N em V₆ e 22 kg N em R₀. Os demais tratos culturais foram efetuados conforme as recomendações técnicas para a cultura do arroz irrigado (SOSBAI, 2018).

A temperatura do ar e a precipitação pluvial foram obtidas através da estação meteorológica do Instituto Riograndense do Arroz localizada na Barragem do Capané, Cachoeira do Sul (Figura 1A e 1B), e através da estação meteorológica automática do 8° Disme/Inmet, localizada no Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria (Figura 1C).

A aplicação dos tratamentos iniciou-se com a supressão da irrigação no estágio R4 – floração (COUNCE et al., 2000) e sucessivamente, a cada sete dias. No momento da supressão, foram coletadas amostras de água para análise da qualidade físico-química. A análise de sólidos suspensos totais foi realizada conforme SHREVE & DOWNS (2005) e as concentrações de N, P e K segundo TEDESCO et al. (1995). A condutividade elétrica foi determinada através de um condutivímetro ajustado à temperatura da amostra. A colheita foi realizada quando os grãos

apresentaram grau de umidade médio de 22%, em uma área útil de 3,06 m² por unidade experimental. Após a trilha, limpeza e pesagem dos grãos com casca, os dados foram corrigidos para 13% de umidade e convertidos para kg ha⁻¹. Posteriormente foram avaliados os parâmetros de germinação e vigor através do teste de primeira contagem de germinação (BRASIL, 2009).

A avaliação de qualidade física dos grãos foi realizada através do beneficiamento de 100 g de arroz com casca e posterior análise no aparelho S-21, o qual realizou as seguintes análises: grãos inteiros, grãos quebrados, grãos gessados e grãos barriga branca.

Os parâmetros avaliados foram submetidos ao teste das pressuposições do modelo matemático (normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias). A análise da variância do fator qualitativo (local) foi realizada através do teste F ($p < 0,05$). As médias do fator quantitativo (supressão da irrigação), quando significativas, foram submetidas à análise de regressão polinomial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na safra 2017/18, no município de Cachoeira do Sul, os parâmetros de qualidade fisiológica de sementes mostraram respostas semelhantes, com danos mais expressivos ao realizar-se a supressão na floração e 7 dias após esta. A germinação (Figura 2A) e o vigor (Figura 2B) elevaram-se até à supressão realizada aos 21 dias posteriores à floração, após isso os valores estabilizaram. Se observa que, a partir das médias das supressões realizadas em R₄ e 7 dias após R₄ (DAR₄) houve redução de 10% para vigor em comparação à média das três últimas supressões. Para variável germinação, houve redução de 6% quando o fornecimento de água foi interrompido no estágio em R₄ em relação à média das supressões aos 21, 28 e 35 dias após a floração.

Na safra 2018/19, nos municípios de Santa Maria e Cachoeira do Sul, a variável germinação não apresentou interação entre os fatores, não sendo observada diferença entre os

locais (Figura 2C). No entanto, a supressão da irrigação realizada em R₄ e 7 dias após, ocasionou redução média de 6% em relação às demais supressões (Figura 2 D). A variável vigor de sementes apresentou interação entre os fatores e, para os locais se observa diminuição de 4% (Santa Maria) e 10% (Cachoeira do Sul), quando as supressões foram realizadas em R₄ em comparação ao tratamento com interrupção no fornecimento de água aos 14 DAR₄ (Figura 2E).

Na safra 2017/18 em Cachoeira do Sul, todos parâmetros de qualidade física de grãos apresentaram diferença significativa, onde, ao se comparar os tratamentos R₄ e 7DAR₄ com os demais tratamentos, tem-se redução de 4% de grãos inteiros e aumento de 26% de grãos quebrados (Figura 3A e 3B). A porcentagem de grãos gessados foi maior em 19% para os tratamentos R₄ e 7 DAR₄ em relação às menores porcentagens, observadas aos 14, 21 e 28 DAR₄ (Figura 3C). As supressões realizadas 28 e 35 DAR₄ resultaram em redução de 40% de grãos barriga branca em relação às duas primeiras supressões – R₄ e 7DAR₄ – (Figura 3D).

Na safra 2018/19, nos municípios de Santa Maria e Cachoeira do Sul, todos os parâmetros de qualidade física de grãos apresentaram interação entre os fatores. Em Santa Maria, grãos inteiros, quebrados e gessados apresentaram diferença de 7, 60 e 76% respectivamente, nas supressões em R₄ e 7DAR₄ em relação aos demais tratamentos (Figura 4A, 4B e 4C). Para grãos barriga branca, houve elevação de 48% das duas primeiras supressões em relação à última – 35 DAR₄ – (Figura 4D). Em Cachoeira do Sul, a qualidade física de grãos é prejudicada quando a supressão é realizada em R₄ em relação aos tratamentos com supressão postergada para 28 e 35 DAR₄ (Figura 4A, 4B, 4C e 4D).

O rendimento de grãos (Figura 4E) não foi influenciado pelos momentos de supressão na safra 2017/18 em Cachoeira do Sul, possivelmente pelas precipitações de 14 mm dois dias após a supressão em R₄ e 20 mm cinco dias após 7 DAR₄, reduzindo o estresse a ponto de não influenciar essa variável. Na safra 2018/19, o rendimento de grãos apresentou interação entre os fatores (Figura 4F). Em Santa Maria, a média dos menores valores de produtividade,

observados em R₄ e 7 DAR₄, foi de 11.490 kg ha⁻¹, com redução de 2.154 kg em relação à supressão 28 DAR₄, onde se observou rendimento de grãos de 13.644 kg ha⁻¹. Já para Cachoeira, a supressão realizada em R₄ reduziu 1.633 kg ha⁻¹ no rendimento de grãos quando comparada com as três últimas supressões. SHARMA et al. (2018) encontraram redução de 33% na produtividade com supressão realizada em R₄. Observa-se que, durante a segunda safra, em ambos os locais, não há ocorrência de precipitação próxima a R₄ e 7 DAR₄, como ocorreu na safra anterior, o que ocasionou estresse suficiente para influenciar a produtividade.

YANG et al. (2019) observaram que o estresse hídrico na floração aliado à alta temperatura, aumentou em até 76% os grãos gessados e reduziu em 19% os grãos inteiros. Isso estava relacionado à redução de 24, 41 e 30% na taxa fotossintética, condutância estomática e taxa transpiratória, respectivamente, desencadeando o fechamento estomático, a limitação à captação de CO₂ e a redução no transporte de fotoassimilados. Estes dados corroboram com os resultados do presente trabalho e, considerando que a temperatura ótima durante a floração é de 30 a 33 °C (YOSHIDA, 1981), durante esse período observou-se temperaturas de 36, 34 e 37 °C em Cachoeira do Sul (primeira safra), Santa Maria e Cachoeira do Sul (segunda safra), respectivamente.

A presença de lâmina d'água auxilia na manutenção da temperatura, fornecendo isolamento térmico que modera extremos de temperatura (SAUER et al., 2018). Nesse sentido, a supressão realizada na antese (R₄) e 7 após, aliada à alta temperatura, contribuiu para formação de grãos gessados e quebrados, interferindo conseqüentemente na porcentagem de grãos inteiros. A formação de grãos gessados, através do acondicionamento solto de amiloplastos, geralmente ocorre devido ao estresse de alta temperatura (KRISHNAN et al., 2011). Em uma pesquisa sobre estresse de alta temperatura em mudanças na distribuição da água no desenvolvimento da cariopse, ZHU et al. (2019) observaram menor conteúdo de água

em torno do centro do endosperma da cariopse em estágio inicial na condição de alta temperatura, além do desenvolvimento desorganizado de amiloplastos.

Já a fissuração do grão ocorre como resultado do desequilíbrio de umidade entre o centro e a superfície do grão, que é favorecido com grande amplitude térmica, criando um gradiente de umidade mais alto, ocasionado pela rápida adsorção e dessorção de umidade (KAMST et al., 1999). HAYASHI et al. (2017) observaram aumento em 50% na proporção de grãos quebrados ao absorverem umidade durante 5 horas a 25 °C e, posteriormente, perderem umidade através da secagem a 15 °C durante 24 horas.

Além disso, FAN et al. (2019) observaram que estresse ocasionado por temperatura de 38 °C durante o período de enchimento de grãos, reduziu a atividade de enzimas, como, amido sintase ligada ao grânulo (GBSS), amido sintase (SS) e enzima ramificadora do amido (SBE), que estão envolvidas na síntese de amido, reduzindo massa dos grãos e acúmulo de amilose.

Em relação as propriedades físico-químicas da água, não se observou diferença significativa no teor de P solúvel entre os momentos de supressão da irrigação em Cachoeira do Sul na safra 2017/18 (Figuras 5A). O teor de sólidos suspensos totais (SST) apresentou diferença na supressão realizada aos 35 dias após a floração na safra 2017/18 com 82% de aumento em relação aos demais tratamentos (Figura 5B). A condutividade elétrica e o teor de K para Cachoeira do Sul (safra 2017/18) apresentaram diferença estatística da última época comparada às demais, mostrando as maiores médias (Figura 5C e 5D).

Na safra 2018/19, a condutividade elétrica e o teor de P solúvel na água não apresentaram interação entre os fatores, sendo que, para o fator local não se observa diferença em nenhuma das variáveis (Figura 6B e 6D). As épocas de supressão de irrigação influenciaram na condutividade elétrica com elevação de 29% na coleta 35 DAR₄ em relação aos demais tratamentos (Figura 6A), no entanto a concentração de P solúvel não foi influenciada (Figura 6C). O teor de sólidos suspensos totais (SST) e a concentração de K apresentaram interação

entre os fatores, com o aumento de 88% no teor de SST na última coleta em ambos locais em relação às coletas de R₄ e 7 DAR₄, no entanto, o valor observado em Santa Maria é menos acentuado em relação à Cachoeira do Sul (Figura 6E). No teor de K na safra 2018/19, houve aumento da concentração nas supressões aos 28 e 35 dias após R₄ em relação aos demais tratamentos (Figura 6F). Em ambos locais e anos, os índices de qualidade d'água não excederam os limites estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 10; 13,3; 500 mg L⁻¹ e 250 µs cm⁻¹ para nitrato, amônio, sólidos totais e condutividade elétrica, respectivamente.

Os valores de P solúvel são próximos de zero, possivelmente pelo processo de adsorção com óxidos e hidróxidos de Fe e Al. Com o alagamento do solo, após consumo do oxigênio molecular, microrganismos anaeróbios utilizam compostos oxidados do solo como receptores de elétrons. Com essas reações de oxirredução, os valores do pH são alterados, ocasionando aumento na disponibilidade de elementos como Fe e Mn (PONNAMPERUMA, 1972). O P, devido à adsorção na superfície desses óxidos, tem sua dinâmica modificada, podendo ser liberado para a solução do solo (TEIXEIRA et al., 2018). No entanto, essa concentração liberada não é suficiente para se observar altos teores na lâmina d'água.

A condutividade elétrica é a capacidade que o meio tem de conduzir eletricidade, estando relacionada à quantidade de sais dissolvidos sob a forma de íons (SHAH & JOSHI, 2017), além de poder ser relacionada à concentração de sólidos suspensos totais (SAMPAIO et al., 2007). Esta variável, para ambos anos e locais, segue a mesma tendência que a concentração de sólidos suspensos totais (Figura 5B e 6E), podendo haver relação entre estes parâmetros.

As concentrações de nitrato e amônio em Cachoeira do Sul (safra 2017/18) diferiram estatisticamente, apresentando maiores valores na supressão realizada na floração (Figura 7A e 7B). Na segunda safra não houve interação entre os fatores, no entanto, em análise isolada, houve diferença estatística para supressão (Figura 7C e 7E) e local (Figura 7D e 7F). Nos

momentos de supressão, as maiores concentrações, tanto de amônio como de nitrato, foram observadas na primeira supressão, possivelmente pela maior proximidade temporal da aplicação de nitrogênio em cobertura realizada no estágio R₀. Em análise do fator local, Santa Maria apresentou maiores valores nestas variáveis, com 76 e 66% para amônio e nitrato em relação à Cachoeira do Sul, respectivamente, o que pode estar relacionado aos teores de matéria orgânica de cada solo (FAGERIA et al., 2003), pois o solo de Santa Maria possui 2% e o de Cachoeira, 1,4%. A redução observada nas supressões subsequentes possivelmente seja devida ao rápido consumo do N disponível pelas plantas de arroz. Em períodos quentes e com disponibilidade adequada de água, as plantas de arroz metabolizam rapidamente o N absorvido, acelerando o desenvolvimento e, em decorrência, elevam significativamente o consumo de N disponível na solução (FAGERIA et al., 2003). Além disso, a redução ocorrida nas concentrações de amônio pode ser explicada também pelas perdas por desnitrificação precedida de nitrificação (nitrificação-desnitrificação) ou pela imobilização do N pela flora bacteriana (PONNAMPERUMA, 1972).

Diante desse cenário, observa-se que, a supressão da irrigação realizada aos 14 dias após a floração plena, reduz em 21 dias o período de irrigação em relação à manutenção da irrigação até a maturação dos grãos (35 DAR₄), colaborando com a economia de água. Apesar de recomendações técnicas para a cultura do arroz instruírem produtores para realizarem interrupção no fornecimento de água à lavoura, ainda há por parte de alguns produtores a prática de drenagem da água. Diante disso, caso esta seja realizada, observou-se que, quando feita aos 14 dias após floração plena, reduz as perdas de potássio, nitrogênio e sólidos totais na água de drenagem, em relação aos demais tratamentos.

CONCLUSÃO

A supressão da irrigação realizada aos 14 dias após a floração plena, não prejudica a qualidade fisiológica de sementes, a qualidade física e o rendimento de grãos em áreas de arroz cultivadas em Planossolo.

REFERÊNCIAS

- ABAYAWICKRAMA, A.S.M.T. et al. Influence of high daytime temperature during the grain filling stage on fissure formation in rice. **Journal of Cereal Science**, v.74, p.256-262, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S073352101730173X?via%3Dihub>. Acessado em: 10 out. 2019. doi:10.1016/j.jcs.2017.02.013.
- ABOU EL HASSAN, W.H. Effect of Water Deficit at Critical Physiological Stages of Rice on WUE and Productivity. **Journal of Soil Science and Agricultural Engineering**, v.8, n. 3, p.115-121, 2017. Disponível em: <http://jssae.journals.ekb.eg/article_37229.html>. Acessado em: 12 out. 2019. doi:10.21608/jssae.2017.37229.
- AVILA, L. A. et al. Rice Water Use Efficiency and Yield under Continuous and Intermittent Irrigation. **Climatology & Water Management**, v. 107, p. 442-448, 2015. Disponível em: <<https://dl.sciencesocieties.org/publications/aj/abstracts/107/2/442>>. Acessado em 02 abr. 2020. doi:10.2134/agronj14.0080
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009.395p. 2009.
- CLIMATE-DATA. **Clima**. Disponível em: <<https://en.climate-data.org/>>. Acessado em: 25 out. 2019.
- COUNCE, P.A. et al. A uniform, objective and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, v.40, n. 2, p.436-443, 2000. Disponível em: <<https://dl.sciencesocieties.org/publications/cs/abstracts/40/2/436>>. Acessado em: 25 set. 2019. doi:10.2135/cropsci2000.402436x.
- ESTIOKO, L.P. et al. Differences in responses to flooding by germinating seeds of two contrasting rice cultivars and two species of economically important grass weeds. **AoB Plants**, v.6, p.1-31, 2014. Disponível em: <<https://academic.oup.com/aobpla/article/doi/10.1093/aobpla/plu064/159593>>. Acessado em: 20 out. 2019. doi:10.1093/aobpla/plu064.
- FAGERIA, N.K. et al. Nutrient Management for Improving Lowland Rice. Productivity and Sustainability. **Advances in Agronomy**, v.80, p63-152., 2003. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/222998142_Nutrient_Management_for_Improving>

Lowland Rice Productivity and Sustainability>. Acessado em: 20 nov. 2019.
doi:10.1016/S0065-2113(03)80003-2.

FAN, X. et al. Effects of high temperature on the fine structure of starch during the grain-filling stages in rice: mathematical modeling and integrated enzymatic analysis. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.99, n. 6, p.2865-2873, 2019. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jsfa.9499>>. Acessado em: 15 out. 2019. doi:10.1002/jsfa.9499.

GIACOMINI S.J. et al. Liberação de fósforo e potássio durante decomposição de resíduos culturais em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n. 9, p.1097-1104, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2003000900011>. Acessado em 6 nov. 2019. doi:10.1590/S0100-204X2003000900011.

HAYASHI, T. et al. A new method for evaluation of the resistance to rice kernel cracking based on moisture absorption in brown rice under controlled conditions. **Breeding Science**, v.65, n. 5, p.381-387, 2015. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4671698/>>. Acessado em: 20 nov. 2019. doi:10.1270/jsbbs.65.381.

ZHU, L. et al. Influence of spatial structure on properties of rice kernel as compared with its flour and starch in limited water. **Food Science and Technology**, v.110, p85-93, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643819303172>>. Acessado em: 22 nov. 2019. doi:10.1016/j.lwt.2019.04.021.

KAMST, G. et al. A new method for the measurement of the tensile strength of rice grains by using the diametral compression test. **Journal of Food Engineering**, v.40, n. 4, p.227-232, 1999. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877499000515>>. Acessado em: 22 nov. 2019. doi:10.1016/S0260-8774(99)00051-5.

KRISHNAN, P. et al. High-Temperature Effects on Rice Growth, Yield, and Grain Quality. **Advances in Agronomy**, v.111, p.87-206, 2011. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123876898000047>>. Acessado em: 24 nov. 2019. doi:10.1016/b978-0-12-387689-8.00004-7.

LI, J. et al. Dynamics of Potassium Release and Adsorption on Rice Straw Residue. **PLoS One**, v.9, n. 2, p.1-9, 2014. Disponível em: <<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0090440>>. Acessado em: 01 dez. 2019. doi:10.1371/journal.pone.0090440.

LAMPAYAN, R.M. et al. Adoption and economics of alternate wetting and drying water management for irrigated lowland rice. **Field Crops Research**, v, 170, p.95-108, 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429014003001>>. Acessado em: 22 out. 2019. doi:10.1016/j.fcr.2014.10.013.

LONDERO, G. et al. Supressão da irrigação: redução do uso de água e produtividade do arroz irrigado. **Irriga**, v.1, n. 1, p.43-55, 2016. Disponível em: <<http://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/1640>>. Acessado em: 22 out. 2019. doi:10.15809/irriga.2016v1n01.

PASCUAL, V.; WANG, Y. Impact of water management on rice varieties, yield, and water productivity under the system of rice intensification in Southern Taiwan. **Water**, v. 9, n. 1, p. 1-15, 2017. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2073-4441/9/1/3/htm>>. Acessado em: 25 out. 2019. doi: 10.3390/w9010003.

PONNAMPERUMA, F.N. The chemistry of submerged soils. **Advances in Agronomy**, v.24, p.29-96, 1972. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065211308606331>>. Acessado em: 12 dez. 2019. doi:10.1016/S0065-2113(08)60633-1.

SAMPAIO, S.C. et al. Relação entre série de sólidos e condutividade elétrica em diferentes águas residuárias. **Irriga**, v.12, n. 4, p.557-562, 2007. Disponível em: <<http://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/3338>>. Acessado em: 3 dez. 2019. doi:10.15809/irriga.2007v12n4p569-574.

SANTOS, H.G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa, 2018. 356p.

SHREVE, E. A.; DOWNS, A. C. **Quality-Assurance Plan for the Analysis of Fluvial Sediment by the U.S. Geological Survey**. Kentucky Water Science Center Sediment Laboratory: U.S. Survey Open-File Report 2005-1230, 2005. 28p. Disponível em: <<https://pubs.er.usgs.gov/publication/ofr20051230>>. Acessado em: 15 fev. 2018. doi:10.3133/ofr20051230.

SAUER, T.J. et al. Soil Temperature and Heat Flux. **Agronomy Monographs**, p.1-21 2018. Disponível em: <<https://dl.sciencesocieties.org/publications/books/abstracts/agronomymonogra/agronmonogr60/agronmonogr60.2016.0024?access=0&view=pdf>>. Acessado em: 22 out. 2019. doi:10.2134/agronmonogr60.2016.0024.

SHARMA, L. et al. Auxin protects spikelet fertility and grain yield under drought and heat stresses in rice. **Environmental and Experimental Botany**, v.150, p.9–24, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098847218303009>>. Acessado em: 20 dez. 2019. doi:10.1016/j.envexpbot.2018.02.013.

SOSBAI. **Arroz Irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil**. Pelotas: Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado, 2018. 205p.

TEDESCO, M.J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 1995. 118p.

TEIXEIRA, J.B.D.S. et al. Phosphorus adsorption after drainage in two soil classes. **Revista Ceres**, v.65, p.196-203, 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0034-737X2018000200196&script=sci_arttext>. Acessado em: 10 dez. 2019. doi:10.1590/0034-737X201865020012.

WANG, L. et al. Multi-Temporal Detection of Rice Phenological Stages Using Canopy Spectrum. **Rice Science**, v.2, p.108–115, 2014. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1672630813601705>>. Acessado em: 26 out. 2019. doi:10.1016/s1672-6308(13)60170-5.

WANG, M. et al. Impact of Alternate Drought and Flooding Stress on Water Use, and Nitrogen and Phosphorus Losses in a Paddy Field. **Polish Journal of Environmental Studies**, v.27, p.345-355. 2018. Disponível em: <<http://www.pjoes.com/Impact-of-Alternate-Drought-and-Flooding-Stress-on-Water-Use-and-Nitrogen-and-Phosphorus,75188,0,2.html>>. Acessado em: 01 dez. 2019. doi:10.15244/pjoes/75188.

YAN, C. et al. Decomposition characteristics of rice straw returned to the soil in northeast China. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.114, p.211-224, 2019. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10705-019-09999-8>>. Acessado em: 2 dez. 2019. doi:10.1007/s10705-019-09999-8.

YANG, X. et al. The different influences of drought stress at the flowering stage on rice physiological traits, grain yield, and quality. **Scientific Reports**, v.9, p.1-12, 2019. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41598-019-40161-0>>. Acessado em: 10 dez. 2019. doi:10.1038/s41598-019-40161-0

YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. Los Baños: International Rice Research Institute, 1981. 269p.

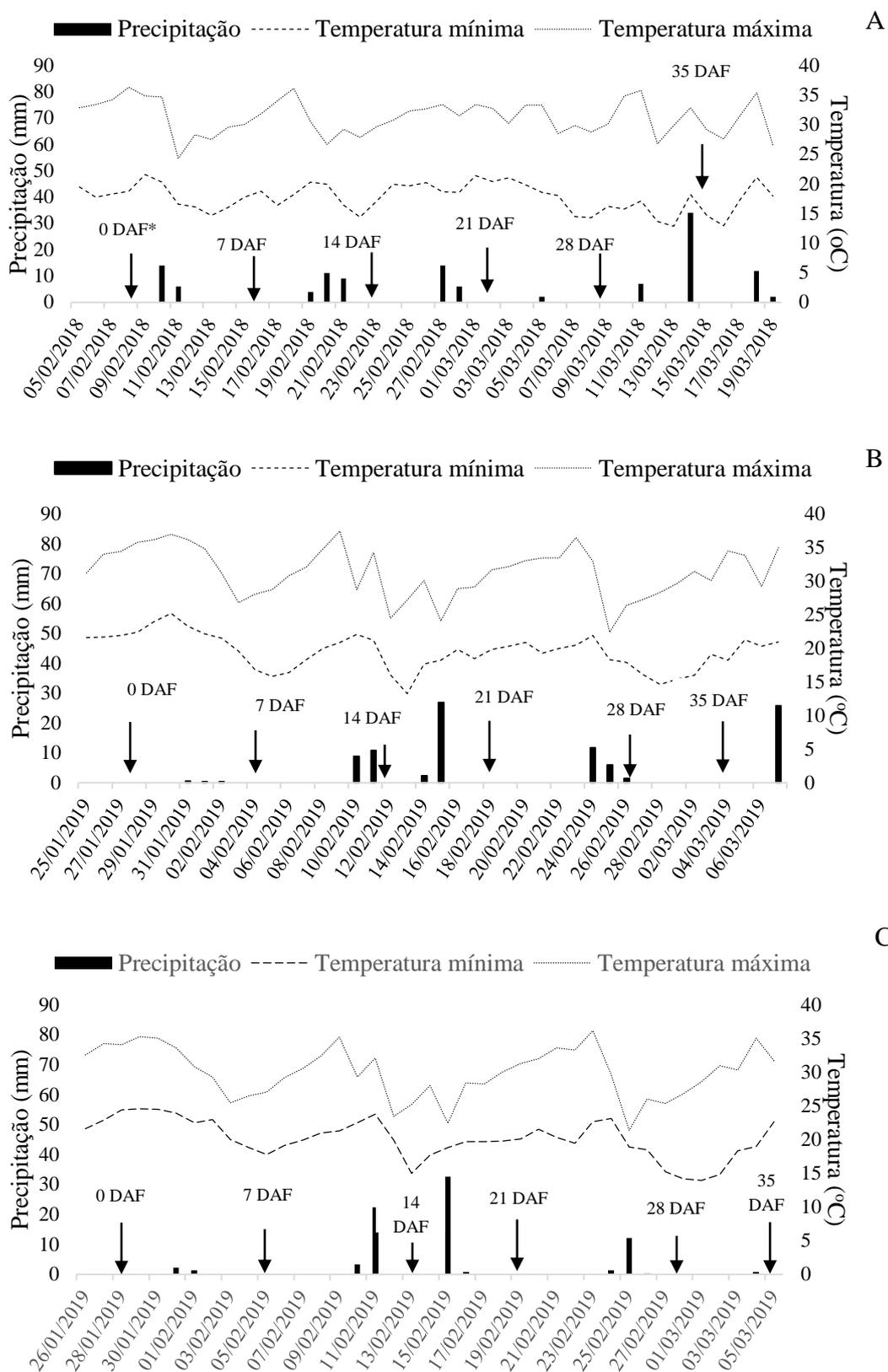


Figura 1. Temperatura média diária do ar e precipitação pluvial durante o período reprodutivo do arroz irrigado nas safras 2017/18 em Cachoeira do Sul (A) e 2018/19 em Cachoeira do Sul (B) e Santa Maria (C). *DAF: Dias após a floração

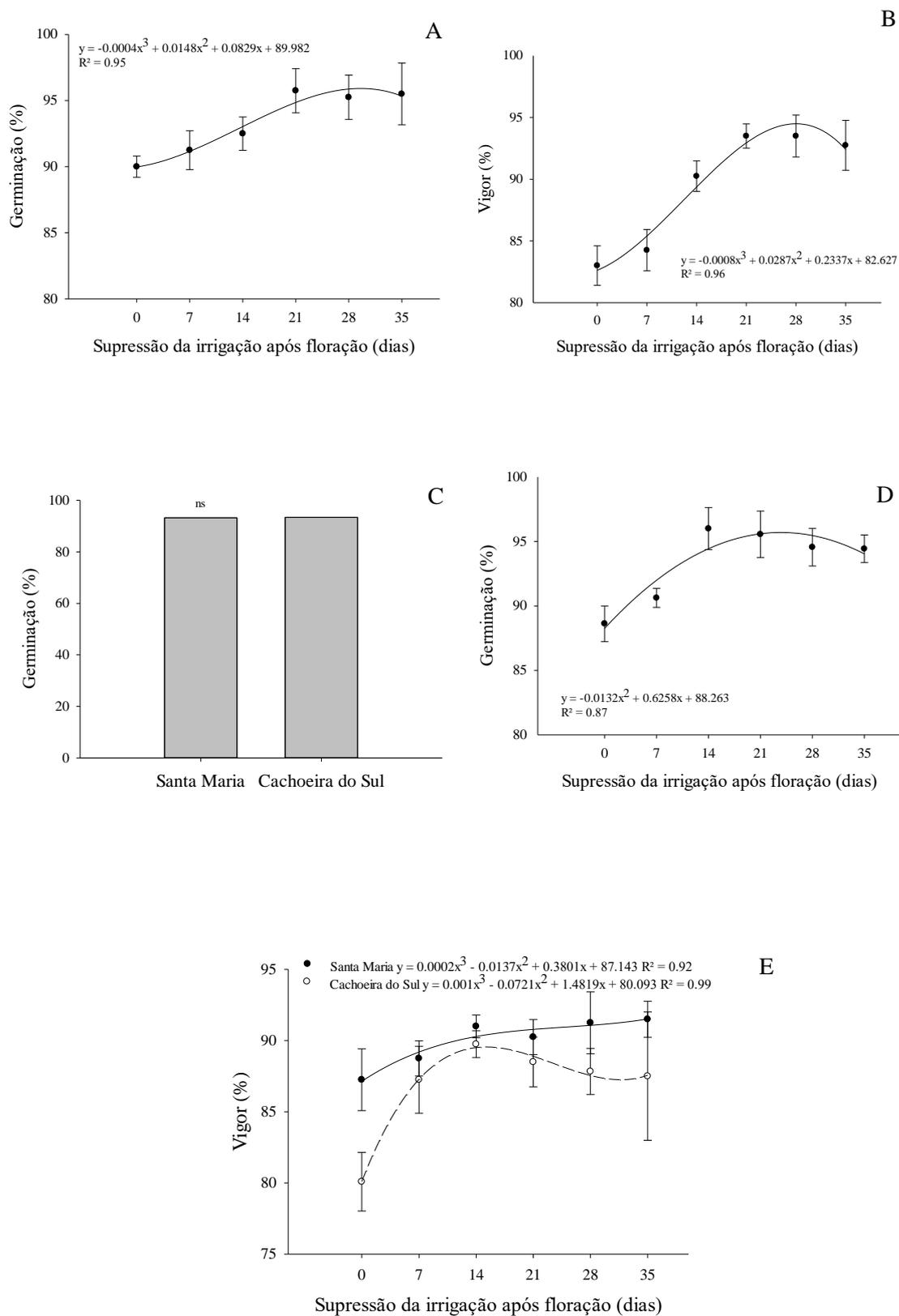


Figura 2. Germinação e vigor de sementes de arroz em função de épocas de supressão da irrigação na safra 2017/18 em Cachoeira do Sul (A e B) e na safra 2018/19 em Santa Maria e Cachoeira do Sul (C, D e E). Santa Maria, RS, 2019. ^{ns}Não significativo pelo teste F ($p < 0,05$).

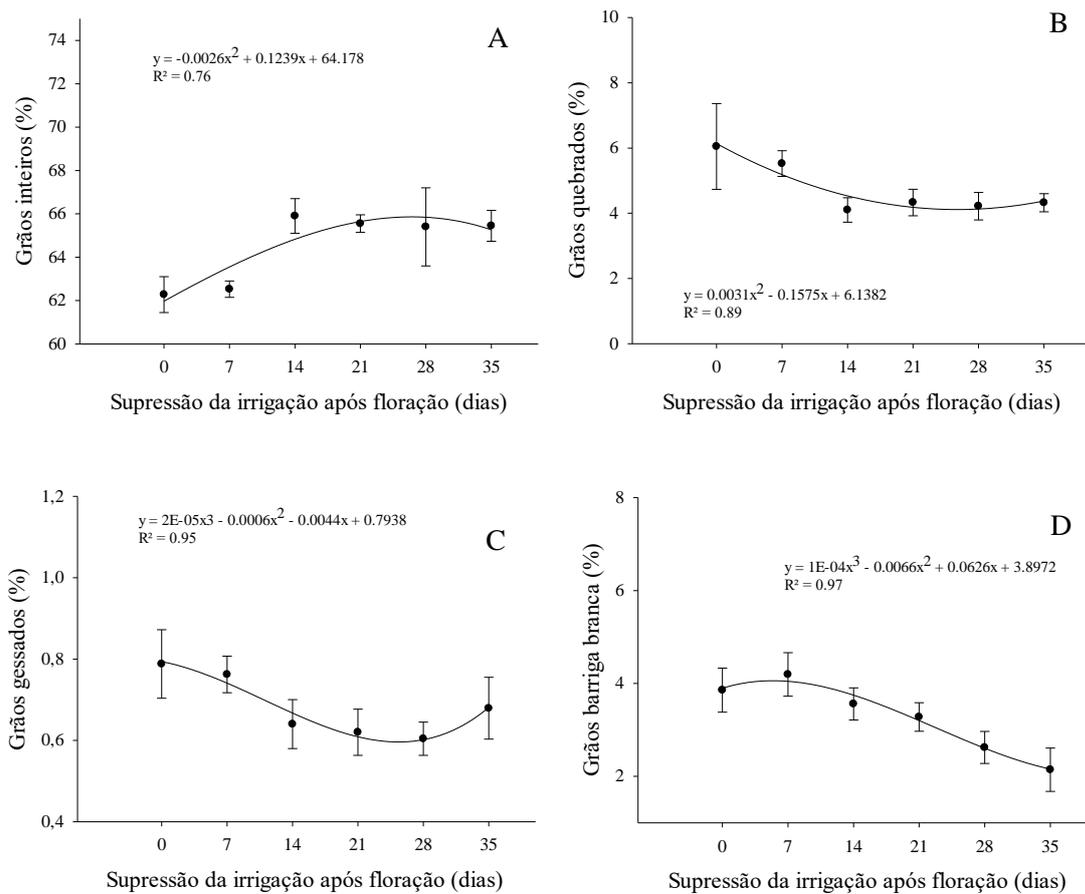


Figura 3. Qualidade física de sementes de arroz em função de épocas de supressão da irrigação durante a safra 2017/18 em Cachoeira do Sul, Santa Maria, RS, 2019.

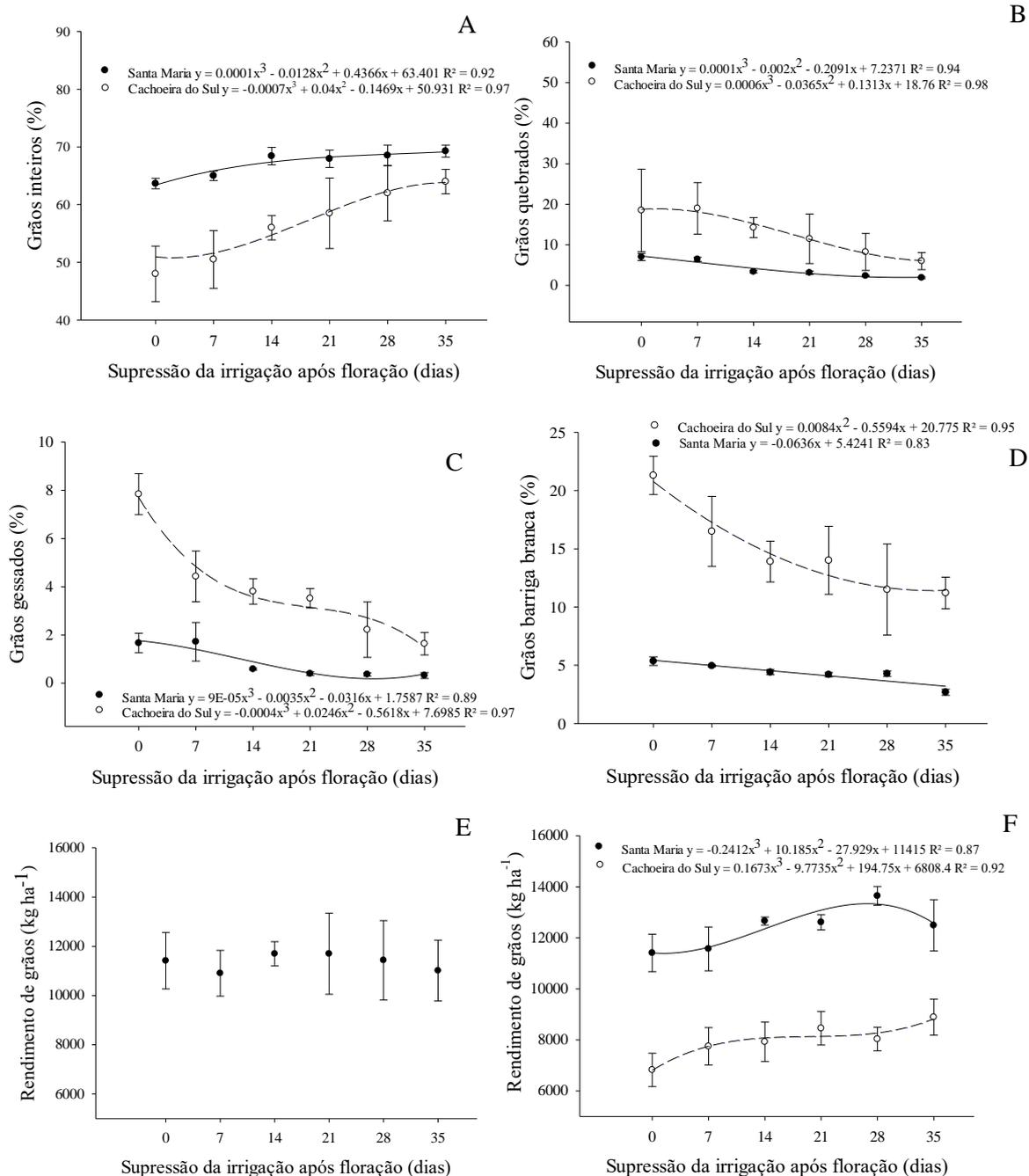


Figura 4. Qualidade física e rendimento de grãos de arroz em Cachoeira do Sul e Santa Maria na safra 2018/19 (A, B, C, D e F) e rendimento de grãos em Cachoeira do Sul na safra 2017/18 (E) em função de épocas de supressão da irrigação. Santa Maria, RS. 2019.

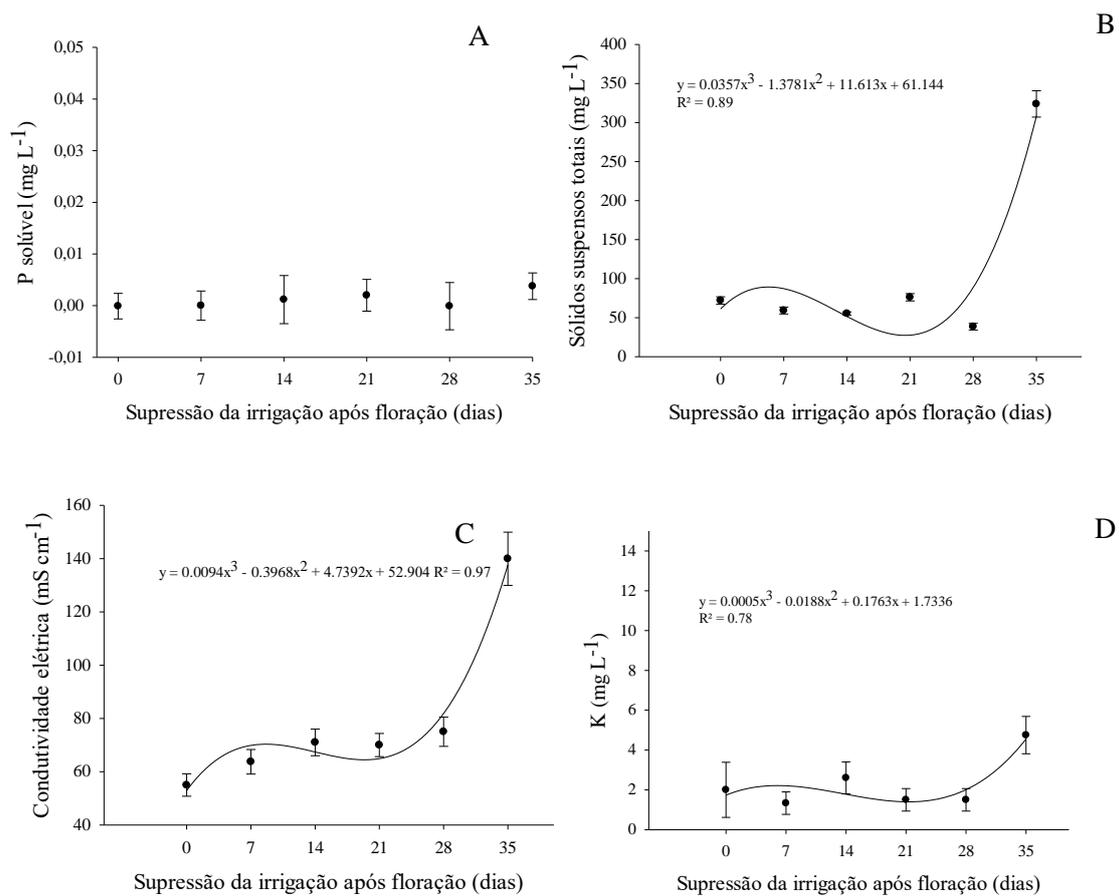


Figura 5. P solúvel (A), sólido suspensos totais (B), condutividade elétrica (C) e teor de potássio (D) na água de irrigação em diferentes épocas de supressão da irrigação durante a safra 2017/18 em Cachoeira do Sul. Santa Maria, RS. 2019.

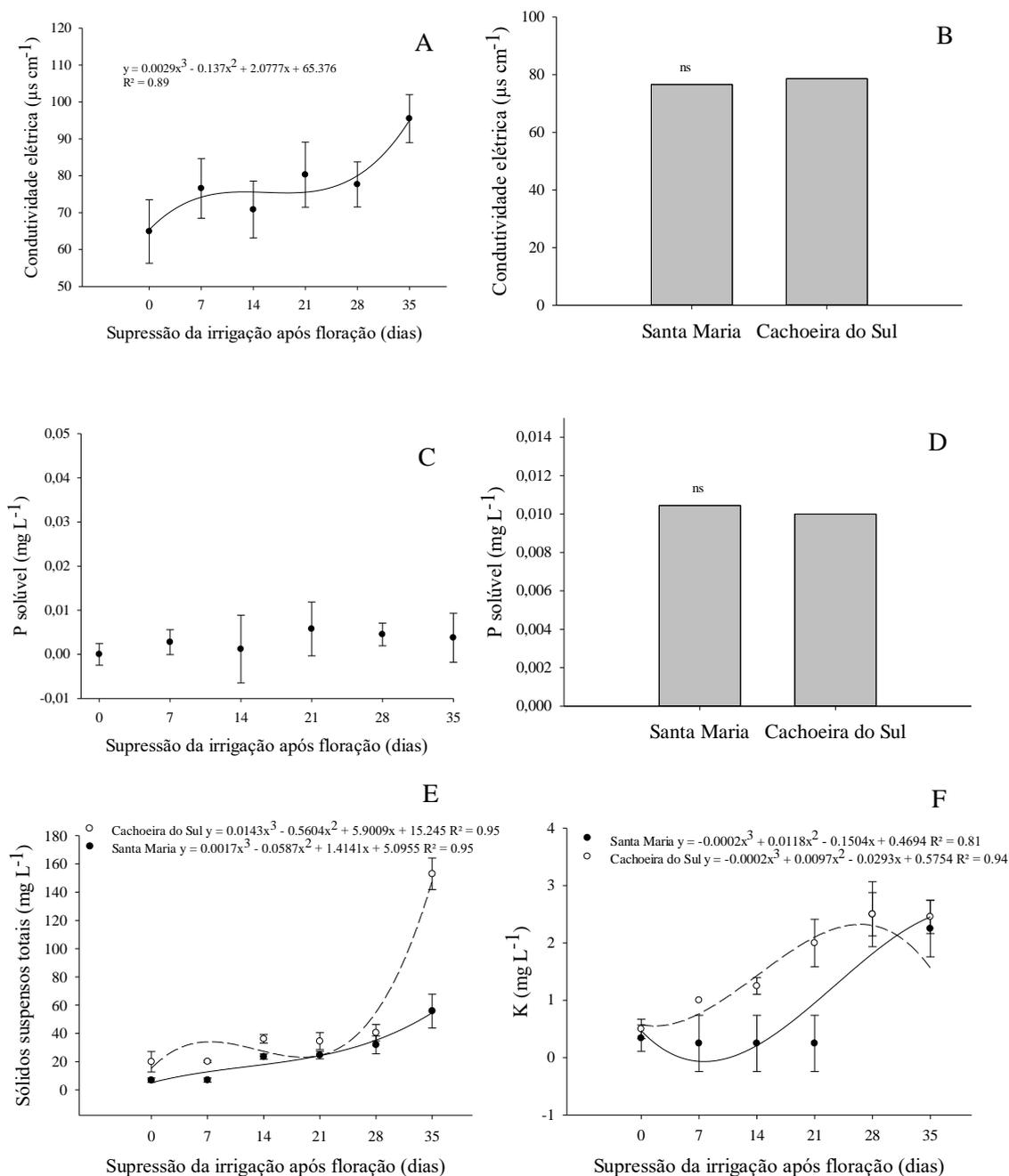


Figura 6. Condutividade elétrica (A e B), sólido suspensos totais (C), teor de potássio (D) e P solúvel (E e F) na água de irrigação em diferentes épocas de supressão da irrigação durante a safra 2018/19 em Santa Maria e Cachoeira do Sul. Santa Maria, RS. 2019. ^{ns}Não significativo pelo teste F ($p < 0,05$).

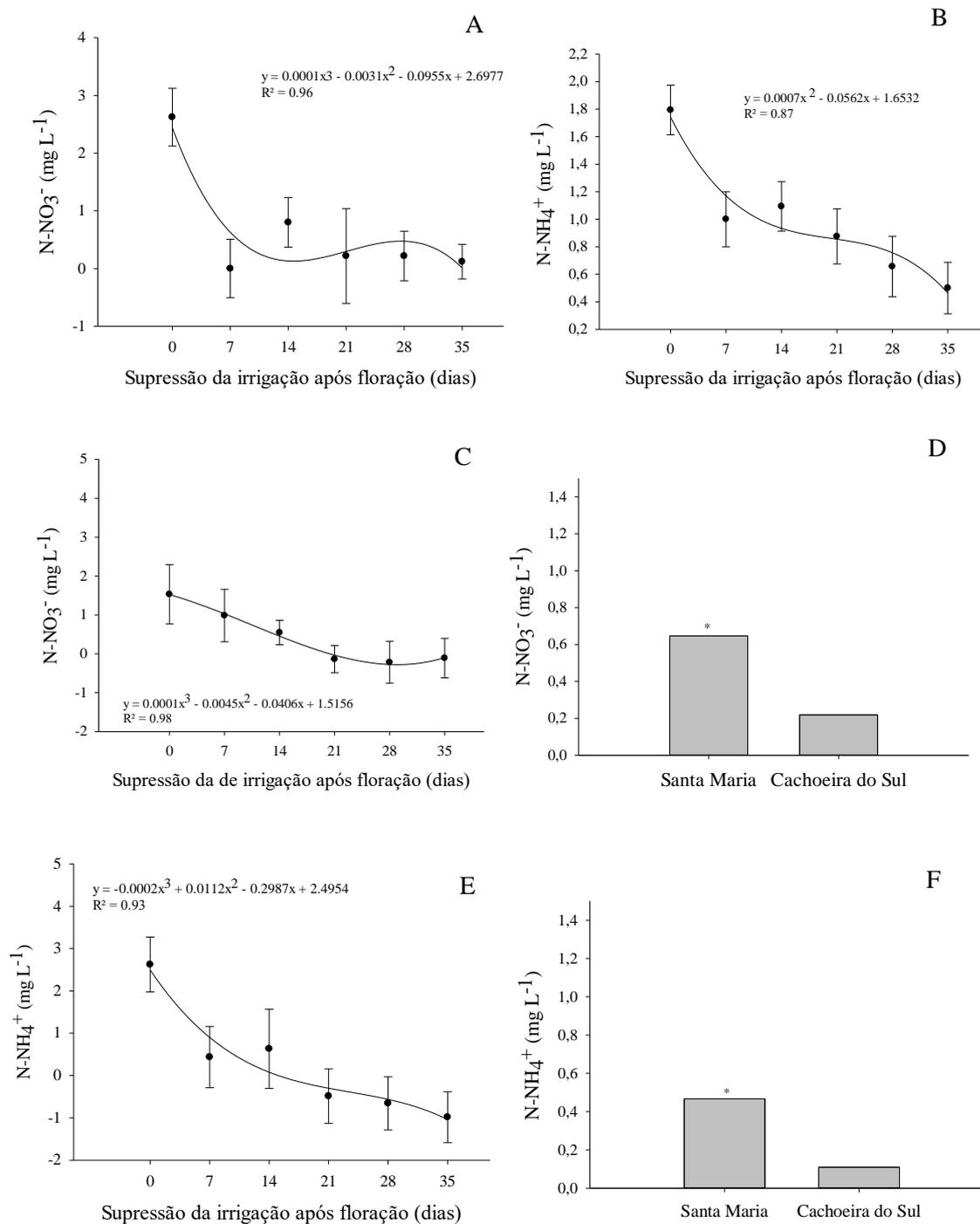


Figura 7. Teor de nitrato – N-NO₃⁻ e amônio – N-NH₄⁺ na água de irrigação em diferentes épocas de supressão da irrigação na safra 2017/18 em Cachoeira do Sul (A e B) e em Santa Maria e Cachoeira do Sul na safra 2018/19 (C, D, E e F). Santa Maria, RS. 2019. *Médias diferem entre si pelo teste F (p<0,05).

3 CAPÍTULO II (Artigo Científico)

Emissão de gases, qualidade da água e decomposição da resteva sob manejos pós-colheita em lavoura de arroz

Resumo – O objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade da água drenada após a incorporação da palha com a utilização do rolo-faca, o potencial de aquecimento global parcial (PAGp) e a decomposição de resíduos vegetais em função do manejo pós-colheita do arroz irrigado. Os experimentos foram conduzidos nas entressafras 2018 e 2019 e os tratamentos foram momentos de drenagem da água (0, 3, 6, 9 e 12 dias) após passagem de rolo-faca posterior à colheita do arroz em solo saturado e um tratamento com colheita no seco. A retirada da água a partir dos três dias após passagem do rolo-faca reduziu em 94% o teor de sólidos totais na água em relação a drenagem aos zero dias. Nitrogênio mineral e fósforo solúvel não foram influenciados pelo momento de drenagem, no entanto o potássio apresentou elevação no seu teor conforme mais tardia foi a drenagem, estando relacionado com o período entre colheita e drenagem. A condutividade elétrica, sendo influenciada pela concentração de íons, mostrou mesma curva que o teor de potássio e, para o pH, houve pequenas oscilações influenciadas pela temperatura. A emissão total de CH₄ e o potencial de aquecimento global foram maiores quando as lâminas d'água permaneceram por maior período, no entanto, a emissão de N₂O foi mais elevada em ausência de submersão do solo. A drenagem da água deve ser realizada três dias após a passagem do rolo-faca, a fim de reduzir perda de potássio e sólidos suspensos bem como o PAGp. A utilização do rolo-faca com acelera a decomposição da palha em relação à resteva sem manejo.

Palavras-chave: drenagem, rolo-faca, metano, *Oryza sativa*, colheita no seco, palha

Gas emission, water quality and straw decomposition as a function of postharvest field management

Abstract – The objective of this work was to evaluate the quality of water drained after using the knife roll, the partial global warming potential (pGWP) and the decomposition of plant residues as a function of postharvest management of irrigated rice. The experiments were conducted in the 2018 and 2019 off season and the treatments consisted of water drainage moments (0, 3, 6, 9 and 12 days) after a roll knife. Besides that, was tested a non-flooded harvest treatment without straw management. Withdrawal of water from three days after knife roll reduced the total solids content in water by 94% in the water, in relation to zero days. Mineral nitrogen and soluble phosphorus were not influenced by the moment of drainage. However, potassium increased its content as the drainage was later performed, being related to the period between harvest and drainage. The electrical conductivity being influenced by the concentration of ions, showed the same curve as the potassium content, and for the pH there were small oscillations influenced by the temperature. The total emission of CH₄ and pGWP was higher where the water depth remained longer, however the N₂O emission was higher in the absence of soil submersion. Water should be drained three days after using the knife roller to reduce potassium loss, suspended solids as well as pGWP. The use of the knife roller accelerates the straw decomposition in relation to the unmanaged straw.

Key words: drainage, knife roller, methane, *Oryza sativa*, non-flooded harvest, straw

INTRODUÇÃO

Após a colheita do arroz irrigado, é de suma importância realizar o manejo adequado dessas áreas, visando principalmente reduzir a massa seca remanescente, a fim de não prejudicar a semeadura do próximo cultivo. Entre as práticas que podem ser realizadas, tem-se a utilização de pastejo bovino na área, a dessecação da resteva ou a incorporação da palha com a utilização do rolo-faca (Sosbai, 2018). Este último, é um dos mais utilizados após a colheita do arroz feita em condições de solo saturado e é amplamente aderido por produtores da Argentina, Uruguai e Sul do Brasil. Esse equipamento consiste em um rolo com lâminas paralelas, onde a carga do mesmo é determinada através de água ou areia dentro do rolo (Silva et al., 2012). Esse processo promove o acamamento da resteva do arroz, aumentando seu contato com o solo e acelerando a decomposição da palha. Além disso, há a regularização dos rastros ocasionados durante a colheita, fatores que facilitam o preparo antecipado da área e a semeadura em época adequada (Massoni et al., 2013a).

No entanto, após esse processo realiza-se a drenagem da lâmina de água, o que ocasiona carregamento de partículas sólidas suspensas na água e perda de nutrientes adsorvidos às partículas ou presentes na solução (Kondoh et al., 2019). Xiao et al. (2015) observaram que a perda dos nutrientes N e P, bem como de sedimentos, foi menor utilizando-se canais de decantação. Estes autores citam como alternativa de reduzir o impacto sobre os recursos naturais, aumento no tempo de decantação das partículas coloidais em suspensão. Porém, esse manejo pode ocasionar impacto na emissão de gases de efeito estufa, pois a submersão altera as condições de oxirredução do solo, promovendo alternância nos processos microbianos, principais responsáveis pela produção de metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) no solo (Jumadi et al., 2019).

Diante disso, quanto antes for realizada a retirada da água após a utilização do rolo-faca, maior é a perda de nutrientes e maior concentração de sólidos suspensos totais. Porém, menor período com presença de lâmina d'água, resulta em menor emissão de metano (CH_4).

Neste contexto, é importante a adoção de manejos que englobem todo sistema orizícola, e não apenas o período de cultivo da planta, pois condições meteorológicas aliadas ao manejo do solo e da resteva após a colheita também influenciam as emissões de CH_4 e N_2O durante o período entre cultivos. Wu et al. (2018), avaliando a emissão de gases em função do manejo pós-colheita do arroz, concluíram que a manutenção da palha do arroz sobre a superfície durante a entressafra potencializa as emissões de N_2O . Por outro lado, a incorporação da palha do arroz com o solo alagado contribui para maiores emissões de CH_4 (Sander et al., 2018). Nesse sentido, se faz necessária a adoção de práticas de manejo que eliminem os restos culturais do arroz após a colheita, visando a decomposição durante a entressafra, o que justifica identificar as práticas agrícolas mais sustentáveis.

Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade da água drenada após o uso do rolo-faca, a emissão de CH_4 e N_2O e o potencial de aquecimento global parcial, bem como determinar a taxa de decomposição de resíduos vegetais em função do manejo pós-colheita.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos a campo durante as entressafas 2018 e 2019 no município de Santa Maria – RS, Brasil ($29^\circ 43' 08.8''\text{S}$ $53^\circ 43' 18.6''\text{O}$ 95 m de altitude). O solo é classificado como Planossolo Háptico Eutrófico arênico (Santos et al., 2018) e o clima da região é caracterizado, segundo a classificação de KÖPPEN, como subtropical úmido (Cfa), com precipitação média anual de 1688 mm (Climate - Data, 2019).

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, unifatorial, com quatro repetições e unidade experimental de 7 x 15 m (105 m²). Os tratamentos foram compostos por momentos de drenagem da água após a passagem do rolo-faca (0, 3, 6, 9 e 12 dias) e um

tratamento com colheita no seco e sem manejo da palha. Foi utilizado rolo-faca com 3 m de largura e peso estimado em 1.500 kg. Esta operação foi realizada no dia 07 de abril de 2018 (primeira entressafra) e 18 de março de 2019 (segunda entressafra), ambas com duas passadas em cada parcela e com presença de lâmina d'água de 10 cm. No primeiro ano, os manejos foram realizados 33 dias após a colheita do arroz, ocorrendo alagamento da área 20 dias antes da incorporação com o rolo-faca. No segundo ano, os manejos foram realizados 11 dias após a colheita do arroz, ocorrendo alagamento 7 dias antes da incorporação. Antes da utilização do rolo-faca, foram coletadas em cada unidade experimental 0,15 m² de palha e colocadas em estufa de circulação forçada a 65°C, até obtenção de massa constante. Com esse material confeccionou-se “mesh bags” de dimensões 0,2 x 0,15 m e malha de 0,5 mm, a fim de acompanhar a decomposição dos resíduos. Os mesh bags foram distribuídos em cada unidade experimental logo após a passagem do rolo-faca, sendo enterrados cerca de 0,05 m nos tratamentos com incorporação da palha e deixados sobre a superfície no tratamento com colheita no seco. Aos 30, 60, 90 e 120 dias após o rolo-faca foi realizada a coleta de um mesh bag por unidade experimental, sendo levados a estufa de circulação forçada de ar a 65°C até que atingissem massa constante e, assim, obtida a massa seca remanescente.

O processo de drenagem foi realizado através da abertura da taipa com a utilização de uma pá de corte. Foram coletadas amostras de água para análise da qualidade da mesma, sendo que para sólidos suspensos totais, pH e condutividade elétrica, as amostras foram mantidas em temperatura ambiente. Para análise de nutrientes, as coletas foram prontamente armazenadas em freezer a -20 °C.

A análise de sólidos suspensos totais foi realizada conforme Shreve e Downs (2005) e as concentrações de N, P e K, segundo Tedesco et al. (1995). A condutividade elétrica foi determinada através de um condutímetro marca Tecnal, ajustado à temperatura da amostra. As medidas de pH foram realizadas com o auxílio de um potenciômetro com eletrodo

combinado de vidro marca Tecnopon, com calibragem do aparelho com solução tampão pH: 4,0 ($\pm 0,05/ 25^{\circ}\text{C}$) e pH: 7,0 ($\pm 0,05/ 25^{\circ}\text{C}$).

As avaliações de CH_4 e N_2O foram realizadas no dia seguinte de cada drenagem. Após a coleta referente ao último momento de drenagem – 12 dias após o rolo-faca (DARF) –, as avaliações seguiram semanalmente, por três semanas (correspondentes à 19, 26 e 33 DARF), a fim de observar a emissão após a aplicação de todos tratamentos. As avaliações foram realizadas com sistema composto por uma base e uma câmara, conforme metodologia da câmara estática fechada (Mosier, 1989). As dimensões das câmaras quadradas em aço galvanizado eram de 0,2 m de altura e 0,4 x 0,4 m de base.

Durante as coletas, cada câmara foi encaixada à calha da base metálica, e logo água foi adicionada na calha para selar a câmara, evitando trocas gasosas com o exterior. Antes das coletas, realizou-se a circulação do ar em intervalo de 30 segundos para homogeneização da atmosfera interna. As amostras foram coletadas com seringas de polipropileno de 20 mL, em quatro intervalos de tempo após a colocação da câmara sobre a base: 0, 15, 30 e 45 minutos. Após cada coleta, as amostras foram transferidas para tubos de vidro (exteiners) e analisadas por cromatografia gasosa (Shimadzu GC – 2014 modelo Greenhouse).

Os parâmetros avaliados foram submetidos ao teste das pressuposições do modelo matemático (normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias). A análise da variância foi realizada através do teste F ($p < 0.05$). As médias das variáveis relacionadas à água quando significativas foram submetidas à análise de regressão polinomial. Para variáveis onde se incluiu o tratamento com colheita no seco junto aos tratamentos de momentos de drenagem, utilizou-se teste de Scott-Knott ($p < 0.05$) para realizar análise estatística.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A concentração de sólidos suspensos totais apresentou diferença em ambas entressafras, com elevada concentração na drenagem realizada logo após a passagem do rolo-faca (zero dias).

Na entressafra 2018, houve redução de 95% em relação aos demais momentos de drenagem (Figura 3A) enquanto que para a segunda entressafra a redução foi de 93% (Figura 3B). Nos experimentos conduzidos, a lâmina d'água era de 0,10 m, isso resulta na drenagem de 1.000 m³ ha⁻¹ de água, onde na drenagem ao zero dias, foram liberados 2.000 e 1.300 kg ha⁻¹ de sólidos totais, no primeiro e segundo ano, respectivamente. Nas demais épocas, 80 kg ha⁻¹ de sólidos totais foram perdidos via água de drenagem. Durante a passagem do rolo-faca, com presença de lâmina d'água ocorre movimentação das partículas de solo, e a drenagem realizada logo após esse processo não possibilita tempo necessário para decantação dessas mesmas, elevando o teor de sólidos suspensos. Kondoh et al. (2019), observaram que sem canal de decantação, os teores aumentaram de 54 para 2.700 mg L⁻¹, o que corresponde a 54 e 2.700 kg ha⁻¹ de sólidos perdidos pela água de drenagem.

A condutividade elétrica da água em ambas entressafras apresentou diferença significativa entre as datas de drenagem, sendo que na entressafra 2018 tem-se elevação até a drenagem aos 9 dias e pequena queda aos 12 dias (Figura 3C). Na segunda entressafra, tem-se crescente aumento até a última drenagem (Figura 3D). Shah e Joshi (2017) citam que a condutividade elétrica é a capacidade que o meio tem de conduzir eletricidade, estando relacionada à quantidade de sais dissolvidos sob a forma de íons e sendo utilizada para classificar a água de irrigação. Nesse sentido, a condutividade segue a mesma tendência da concentração de potássio, sendo influenciada pelo teor desse sal (Figura 4A e 4B).

Para o pH, houve diferença significativa em ambas entressafras, oscilando entre 6 e 7 (Figura 3E) em 2018 e 7 e 8 em 2019 (Figura 3F). A oscilação que se observa possivelmente seja decorrente da variação de dissolução de matéria orgânica e oscilações de temperatura e radiação solar. Há redução nos valores de pH com aumento da temperatura da água (Fia et al., 2014). Na entressafra 2018, os menores valores de pH ficam em torno de 6 e são observados

com temperatura de 24 e 25°C. Na segunda entressafra, o menor valor observado é de 7,2 onde a temperatura foi de 24°C.

Na primeira entressafra, houve elevação de 47% no teor de potássio na água até a drenagem realizada aos 9 DARF com redução para a drenagem aos 12 DARF (Figura 4A). Na entressafra 2019, se observou aumento de 60% na última drenagem (Figura 4B). Massoni et al. (2013b) avaliando ciclagem de nutrientes em função do manejo pós-colheita do arroz irrigado, observaram que a liberação do K do tecido vegetal foi extremamente rápida, 90% do K contido no resíduo vegetal foi liberado até os 41 dias após a colheita. Diante disso, observou-se queda no teor deste sal possivelmente pelo intervalo entre a colheita e coleta realizada na drenagem aos 12 dias, a qual foi de 45 dias. Para a segunda entressafra, não se observa queda pois o intervalo foi de apenas 23 dias, onde a maior parte do potássio ainda estava sendo liberada da palha.

O potássio no interior da planta está presente na forma iônica, o que possibilita que o mesmo seja extraído de resíduos vegetais apenas com a umidade do solo, não necessitando de interferência da atividade microbiana, pois este nutriente não é metabolizado dentro da planta e forma complexos fracos (Li et al., 2014). Além disso, em torno de 70% do tecido vegetal de distintas espécies tem a presença de potássio solúvel em água, facilitando sua lixiviação (Giacomini et al., 2003).

Para a concentração de fósforo solúvel, em ambas entressafras não houve diferença significativa, e os valores foram extremamente baixos (Figura 4C e 4D), possivelmente relacionados ao processo de adsorção com óxidos e hidróxidos de Fe e Al. Com o alagamento do solo, após consumo do oxigênio molecular, microrganismos anaeróbios utilizam compostos oxidados do solo como receptores de elétrons. Com essas reações de oxirredução, os valores do pH são alterados ocasionando aumento na disponibilidade de elementos como Fe e Mn

(Ponnamperuma, 1972), e o P devido a adsorção na superfície desses óxidos, tem sua dinâmica modificada, podendo ser liberado para a solução do solo (Teixeira et al., 2018).

No entanto, essa concentração liberada não é suficiente para se observar altos teores na lâmina d'água. Além disso, aproximadamente 22,5% a 59,4% do P liberado do resíduo vegetal ocorre entre a 5^a e a 23^a semana após incorporação (Yadvinder-Singh et al., 2010). Considerando que as drenagens foram realizadas em período menor que duas semanas o teor de P liberado ainda era baixo.

Para as avaliações de nitrato (Figura 5A e 5B) e amônio (Figura 5C e 5D) na água de drenagem, não se observa diferença entre os tratamentos nas duas entressafras. Tais resultados podem ser explicados pela última aplicação de nitrogênio a qual foi realizada no estágio fenológico R₀ do arroz irrigado, onde o intervalo entre essa aplicação e as coletas foi superior a 60 dias. Após esse período já não havia nitrogênio disponível devido a absorção pelas plantas e às perdas por desnitrificação e volatilização.

Com o alagamento do solo a nitrificação é reduzida e há elevação no potencial de desnitrificação. O baixo teor de NO₃⁻ está relacionado à alteração da atividade microbiana, e a falta de oxigênio cessa o processo de nitrificação por microrganismos aeróbicos obrigatórios. Nesse sentido, o NO₃⁻ é o primeiro composto oxidado utilizado como acceptor final de elétrons por microrganismos anaeróbios e facultativos na respiração celular, sendo transformado em N₂O e posteriormente N₂. Além das perdas, parte do N aplicado pode ser imobilizada pela flora bacteriana (Ponnamperuma, 1972).

Além da baixa concentração de nitrogênio mineral no solo, a palha de arroz também é caracterizada por baixos teores de N, estando em torno de 0,95% (Sun et al., 2019). Somado a isso, o período de coleta das amostras foi de no máximo 12 dias após passagem do rolo-faca, tempo insuficiente para ocorrer a imobilização pelo resíduo vegetal do arroz. O ambiente

anaeróbico restringe a população microbiana a poucas espécies, o que diminui a decomposição e a liberação do nitrogênio (Massoni et al., 2013b).

Todas essas alterações em ambiente anaeróbico e que dependem diretamente do manejo, interferem no comportamento dos microrganismos e na dinâmica dos elementos no solo e como consequência, impactam no ambiente atmosférico pela emissão de gases de efeito estufa. Nesse contexto, a presença de bactérias metanogênicas as quais são anaeróbicas e utilizam o C como acceptor final de elétrons resulta na emissão de metano (CH_4), bem como o processo de nitrificação e desnitrificação ocasiona a emissão de óxido nitroso (N_2O).

A presença de lâmina d'água reduz os níveis de O_2 resultando na redução do potencial redox (Eh) a níveis favoráveis emissão de CH_4 . Após a inundação, Islam et al. (2018) observaram que o início da produção de CH_4 ocorreu quando o potencial redox (Eh) do solo estava em -127 mV, e 20 dias após o alagamento, este obteve máxima redução até -255 mV, com expressiva emissão de CH_4 . Nesse sentido, durante as duas entressafras tem-se maior emissão onde há presença de lâmina em relação a colheita realizada no seco. Na presença de água, o maior fluxo de CH_4 observado foi de 15 e 4 $\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ para 2018 e 2019, respectivamente, já no tratamento sem lâmina, os valores ficaram próximos de zero. Esses resultados corroboram com dados de Balaine et al. (2019), os quais observaram fluxo diário de CH_4 de 8 e 6 $\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ em área alagada e valores tendendo a zero sem presença de lâmina d'água.

Conforme os tratamentos foram sendo aplicados e as lâminas retiradas, houve redução do fluxo no respectivo tratamento, estabilizando a partir dos 12 DARF no primeiro ano (Figura 6A), no entanto no segundo ano não se observa essa mesma resposta, pois há oscilações no fluxo devido a precipitações (Figura 6B). Em ambas entressafras após a última drenagem aos 12 dias, houve precipitação de aproximadamente 100 mm (Figura 1A e 1B), entretanto no primeiro ano, o intervalo entre a chuva e a coleta aos 19 DARF foi de 6 dias, enquanto que no

segundo ano, esse intervalo foi de apenas 3 dias. Somado a isso, registrou-se precipitação de 23 mm no último ano, resultando em maior fluxo e menor intervalo com ausência de água no tratamento com drenagem aos 12 dias.

As máximas emissões diárias de CH_4 do presente estudo, foram observadas no tratamento o qual a palha foi incorporada e a lâmina d'água permaneceu por maior período (12 dias). Para o primeiro ano, esse pico foi observado aos 3 DARF, já para o segundo, a maior elevação foi ao zero dias após o rolo-faca. Os picos observados em ambos anos coincidem com a maior temperatura e onde a palha foi incorporada com rolo-faca. Durante a entressafra, os fatores mais determinantes para emissão de CH_4 são temperatura, altura de lâmina e manejo da palha (Martínez et al., 2018). Segundo Das e Adhya (2012) condições de umidade e temperaturas mais elevadas proporcionam ambiente favorável para que a metanogênese seja maximizada pela maior adaptação da população metanogênica ao ambiente.

As emissões acumuladas de CH_4 foram maiores nas drenagens realizadas aos 9 e 12 dias em ambos os anos, e os fluxos iniciais foram responsáveis pela maior parte das emissões. Em 2018 o total foi de 150 e 170 kg ha^{-1} e em 2019, de 100 e 130 kg ha^{-1} para os 9 e 12 dias, respectivamente. A emissão total desses dois tratamentos, em ambos anos, foi 75% mais elevada em relação à colheita realizada com solo seco (Figura 6C e 6D). Em diferentes manejos da palha, onde há presença de lâmina d'água é o que mais contribui para emissão total de CH_4 (Sander et al., 2018). O maior contato da palha com o solo incorpora matéria orgânica e estimula atividade microbiana hidrolítica sob condições anaeróbicas, resultando no acúmulo de produtos oriundos da fermentação aumentando a metanogênese na camada anóxica (Martínez et al., 2018), e conseqüentemente a emissão.

Em relação à dinâmica de emissão de N_2O , os maiores picos foram observados após os 12 dias do uso do rolo-faca, coincidindo com as precipitações durante o período de coletas. As máximas emissões foram observadas no tratamento com drenagem aos zero dias para 2018 com

3,68 g ha⁻¹ dia⁻¹ (Figura 7A) e aos 3 dias em 2019 com 10,7 g ha⁻¹ dia⁻¹ (Figura 7B). Sander et al. (2018), registraram maiores fluxos em áreas com ciclos sucessivos de umedecimento e secagem em relação à presença de lâmina, chegando a 154,8 g ha⁻¹ dia⁻¹.

O N₂O é produzido pelos processos de nitrificação e desnitrificação, onde a contribuição desta última é a mais importante (MKHABELA et al., 2008). A desnitrificação microbiana é provavelmente maior em solos bem drenados e que formam NO₃⁻ ativamente, tornando-se parcialmente anaeróbicos após precipitações ou após a adição de fontes orgânicas de C (Passianoto et al., 2003). Nesse sentido, o aumento do contato da palha com o solo e a disponibilização de N lábil, associados às precipitações, podem ter sido responsáveis pelos picos observados.

Em relação à emissão total de N₂O, os tratamentos com menor período de permanência de lâmina juntamente com o de colheita no seco, foram os responsáveis pelo maior acúmulo. No primeiro ano, os maiores valores foram de 0,32 e 0,23 kg ha⁻¹ pelas drenagens em zero e 3 dias (Figura 7C), respectivamente, ficando 85% mais alto que os tratamentos com menor emissão (6, 9 e 12 DAFR). Para o segundo ano, as máximas foram de 0,14 e 0,19 kg ha⁻¹ para drenagens de zero e 3 dias (Figura 7D), respectivamente, sendo 83% maior que os de menor emissão (6, 9 e 12 DAFR).

Se o N₂O formado puder se difundir em um poro aerado, ele será emitido para a atmosfera em vez de ser convertido em N₂. No entanto, quando o N₂O é produzido abaixo da superfície de um solo saturado, ele fica mais propenso a ser reduzido a N₂ do que a escapar para a atmosfera. As emissões de N₂O ocorrem na maioria dos casos em que o espaço poroso ocupado por água é inferior a 90%. Sob essas condições, mais poros do solo aerados podem ser encontrados para que mais N₂O seja emitido antes de ser reduzido (Sander et al., 2018).

O maior PAGp observado foi de 4.000 kg CO₂ equiv. ha⁻¹, na drenagem realizada aos 12 dias após o rolo-faca, tendo maior contribuição do metano com variação de 82% a 99%.

Balaine et al. (2019) observaram maior PAGp em manejo com lâmina em relação a áreas não alagadas, chegando a 11.300 kg CO₂ equiv. ha⁻¹ no período de cultivo do arroz. Diante disso, em sistema de arroz irrigado, esforços para reduzir PAGp devem ser primeiramente focados no metano ao invés do óxido nitroso, tanto na entressafra como na safra.

O manejo pós-colheita juntamente com características edáficas como temperatura e umidade do solo (Nakajima et al., 2016), interferem diretamente na decomposição da palha do arroz, sendo que o aumento do contato do resíduo com o solo favorece a liberação de C e N lábil (Hoang et al., 2019), facilitando a decomposição pela população microbiana.

Nesse sentido, se observa maior decomposição onde houve incorporação com rolo-faca, pois a massa seca remanescente (MSR) ao fim do período de avaliação, teve redução de 15% no primeiro ano (Figura 7E) e 6% no segundo (Figura 7F), em relação à colheita no seco sem nenhum preparo. Botta et al. (2015) observaram que a utilização de rolo-faca reduziu em 54,5% a palha remanescente em período de 210 dias em relação à área sem intervenções. No processo de degradação, a liberação de C e N é descrita em uma fase inicial rápida, seguida de outra lenta, as quais estão relacionadas a composição bioquímica do material. A fase inicial é caracterizada pela degradação de compostos presentes em compartimento lábil, os quais são mais facilmente mineralizáveis. Na fase posterior ocorre decomposição nos compostos em compartimento recalcitrante, mais difíceis de serem mineralizados (Giacomini et al., 2003).

Para os tratamentos com drenagem aos 9 e 12 dias, não se observa essa fase inicial rápida, pois além de maior período com lâmina d'água, em 60 DARF, o acumulado de precipitação foi de 345 e 201 mm no primeiro e segundo ano, respectivamente, o que colaborou para que permanecessem em ambiente anaeróbico, reduzindo a atividade microbiana. Apesar do maior contato da palha com o solo facilitar a liberação de C e N, dependendo das variáveis meteorológicas, esse manejo pode reduzir a degradação. Ao decorrer das avaliações, percebe-se que a precipitação influenciou diretamente na degradação, pois nos períodos com grande

volume de chuva, o tratamento com palha acomodada sobre a superfície dificulta a drenagem e a perda de água. No entanto, observa-se que onde há redução no volume, aliada a oscilação de temperatura, a palha beneficiou a decomposição mantendo a umidade e evitando grande amplitude térmica.

É importante considerar que, pode haver variação nos parâmetros avaliados neste experimento, de acordo com clima, solo e local. Além disso, para melhores recomendações em relação à pós-colheita, ainda devem ser realizados estudos relacionados a plantas de cobertura e semeadura direta nessas áreas de terras baixas, visando reduzir a mobilização do solo na entressafra.

CONCLUSÕES

A colheita realizada em solo seco reduz o potencial de aquecimento global parcial e diminui a perda de solo e nutrientes da lavoura. Não havendo possibilidade de colher no seco, a incorporação da palha com rolo-faca em presença de lâmina d'água, acelera a decomposição de resíduos vegetais.

A retirada da água três dias após a passagem do rolo-faca, em área de Planossolo, reduz a perda de potássio e partículas de solo via água de drenagem. A manutenção da lâmina d'água por um período superior a nove dias aumenta a emissão de CH₄ e o potencial de aquecimento global parcial.

REFERÊNCIAS

- Balaine, N., Carrijo, D. R., Adviento-Borbe, M. A. e Linquist, B. (2019). Greenhouse Gases from Irrigated Rice Systems under Varying Severity of Alternate-Wetting and Drying Irrigation. *Soil Science Society of America Journal*, 83, 1533-1541. <https://doi.org/10.2136/sssaj2019.04.0113>
- Botta G.F., Tolón-becerra A., Lastra-bravo, X., Hidalgo, R., Rivero, D. e Agnes, D. (2015). Alternatives for handling rice (*Oryza sativa* L.) straw to favor its decomposition in direct sowing systems and their incidence on soil compaction. *Geoderma*, 239–240, 213–222. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.10.021>
- Climate-Data, 2019. Clima. Disponível em: <https://en.climate-data.org> Acesso em: 07 de novembro de 2019.
- Das S. e Adhya, T. K. (2012). Dynamics of methanogenesis and methanotrophy in tropical paddy soils as influenced by elevated CO₂ and temperature interaction. *Soil Biology & Biochemistry*, 47, 36-45. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.11.020>
- Fia R., Tadeu, H. C., Menezes, J. P. C. de, Fia, F. R. L. e Oliveira, L. F. C. de. (2015). Qualidade da água de um ecossistema lótico urbano. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 20, 267 – 275. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v20n1.p267-275>
- Giacomini S. J., Aita, C., Hübner, A. P., Lunkes, A., Guidini, E. e Amaral, E. B. do. (2003). Liberação de fósforo e potássio durante decomposição de resíduos culturais em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38, 1097-1104. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2003000900011>
- Hoang, T. T. H., Do, D. T., Tran, T. T. G., Ho, T. D. e Rehman, H. U. (2019). Incorporation of rice straw mitigates CH₄ and N₂O emissions in water saving paddy fields of Central Vietnam, *Archives of Agronomy and Soil Science*, 65, 113-124, <https://doi.org/10.1080/03650340.2018.1487553>
- Hu, Q., Liu, T., Jiang, S., Cao, C., Li, C., Chen, B., e Liu, J. (2019). Combined Effects of Straw Returning and Chemical N Fertilization on Greenhouse Gas Emissions and Yield from Paddy Fields in Northwest Hubei Province, China. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. <https://doi.org/10.1007/s42729-019-00120-0>
- Islam, S. F., Groenigen, J. W. V., Jensen, L. S., Sander, B. O. e Neergaard, A. de. (2018). The effective mitigation of greenhouse gas emissions from rice paddies without compromising yield by early-season drainage. *Science of the Total Environment*, 612, 1329-1339. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.022>
- Jumadi, O., Hartono, H., Masniawati, A., Iriany, R. N., Makkulawu, A. T. e Inubushi, K. (2019). Emissions of nitrous oxide and methane from rice field after granulated urea application with nitrification inhibitors and zeolite under different water managements. *Paddy and Water Environment*, 17, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s10333-019-00724-3>
- Kondoh, T., Nagasaka, Y., Kato, A., Shindo, H., Kato, M., Saito, M., Fujiwara, K., Yamamoto, S. e Yaji, Y. (2019). Reduction of nitrogen, phosphorus, and suspended solids effluent loads from paddy fields by transplanting into retained ponding water using a GNSS-controlled rice

transplanter. *Paddy and Water Environment*, 17, 221–230. <https://doi.org/10.1007/s10333-019-00714-5>.

Li, J., Lu, J., Li, X., Ren, T., Cong, R. e Zhou, L. (2014). Dynamics of Potassium Release and Adsorption on Rice Straw Residue. *PLoS One*, 9, 1-9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0090440>

Martínez-eixarch, M., Alcaraz, C., Viñas, M., Noguerol, J., Aranda, X., Prenafeta-boldú, F. X., Vega, J. A. S. la, Català, M. del M. e Ibáñez, C. (2018). Neglecting the fallow season can significantly underestimate annual methane emissions in Mediterranean rice fields. *PLoS One*, 13, 1-23. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198081>

Massoni, P.F.S, Marchesan, E., Grohs, M., Roso, R., Coelho, L. L., Machado, S. L. O., Teló, G. M. e Dal Col' Lúcio, A. (2013a) Influência de manejos pós-colheita do arroz irrigado sobre o banco de sementes de arroz-vermelho. *Planta daninha*, 31, 89-98. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582013000100010>.

Massoni P. F. S., Marchesan E., Grohs M., Silva L. S. da e Roso R. (2013b). Nutrientes do solo influenciados por diferentes manejos da palha após a colheita do arroz irrigado. *Revista Ciência Agronômica*, 44, 205-214. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902013000200001>

Mosier, A. R. (1989). Chamber and isotopic techniques. In: Andrea, M.O., Schimel, D.S (eds.). Exchange of trace gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere. Report of the Dahlem Workshop. John Wiley and Sons, Berlin, Germany, p. 175-187.

Nakajima, M., Cheng, W., Tang, S., Hori, Y., Yaginuma, E., Hattori, S., Hanayama, S., Tawarayama, K. e Xu, X. (2016). Modeling aerobic decomposition of rice straw during the off-rice season in an Andisol paddy soil in a cold temperate region of Japan: Effects of soil temperature and moisture. *Soil Science and Plant Nutrition*, 62, 90-98. <https://doi.org/10.1080/00380768.2015.1121116>

Passianoto, C.C., Ahrens, T., Feigl, B. J., Steudler, P. A., Carmo, J. B. do e Melillo, J. M. (2003). Emissions of CO₂, N₂O, and NO in conventional and no-till management practices in Rondônia, Brazil. *Biology and Fertility of Soils*, 38, 200-205. <https://doi.org/10.1007/s00374-003-0653-y>

Ponnamperuma, F.N. (1972). The chemistry of submerged soils. *Advances in Agronomy*, 24, 29-96. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60633-1](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60633-1)

Sander, B. O., Samson, M., Sanchez, P. B., Valencia, K. P., Demafelix, E. A. M. e Buresh, R. J. (2018). Contribution of fallow periods between rice crops to seasonal GHG emissions: effect of water and tillage management. *Soil Science and Plant Nutrition*, 64, 200-209. <https://doi.org/10.1080/00380768.2018.1440937>

Santos, H.G., Jacomine, P.K.T., Anjos, L.H.C. dos, Oliveira, V.A. de, Lumberras, J.F. de, Coelho, M.R., Almeida, J.A. de, Araujo Filho, J.C. de, Oliveira, J.B. de e Cunha, T.J. (2018). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 5.ed. Brasília: Embrapa.

Shah, K. A. e Joshi, G. S. (2017). Evaluation of water quality index for River Sabarmati, Gujarat, India. *Applied Water Science*, 7, 1349-1358. <https://doi.org/10.1007/s13201-015-0318-7>

Shreve, E. A. e Downs, A. C. (2005). Quality-Assurance Plan for the Analysis of Fluvial Sediment by the U.S. Geological Survey. Kentucky Water Science Center Sediment Laboratory: U.S. Geological Survey Open-File Report 2005-1230.

Sun, K., Cao, W., Hu, L. Y., Fu, W. Q., Gong, J. H., Kang, N., e Dai, C. C. (2019). Symbiotic fungal endophyte *Phomopsis liquidambari*-rice system promotes nitrogen transformation by influencing below-ground straw decomposition in paddy soil. *Journal of Applied Microbiology*, 126, 191-203. <https://doi.org/10.1111/jam.14111>

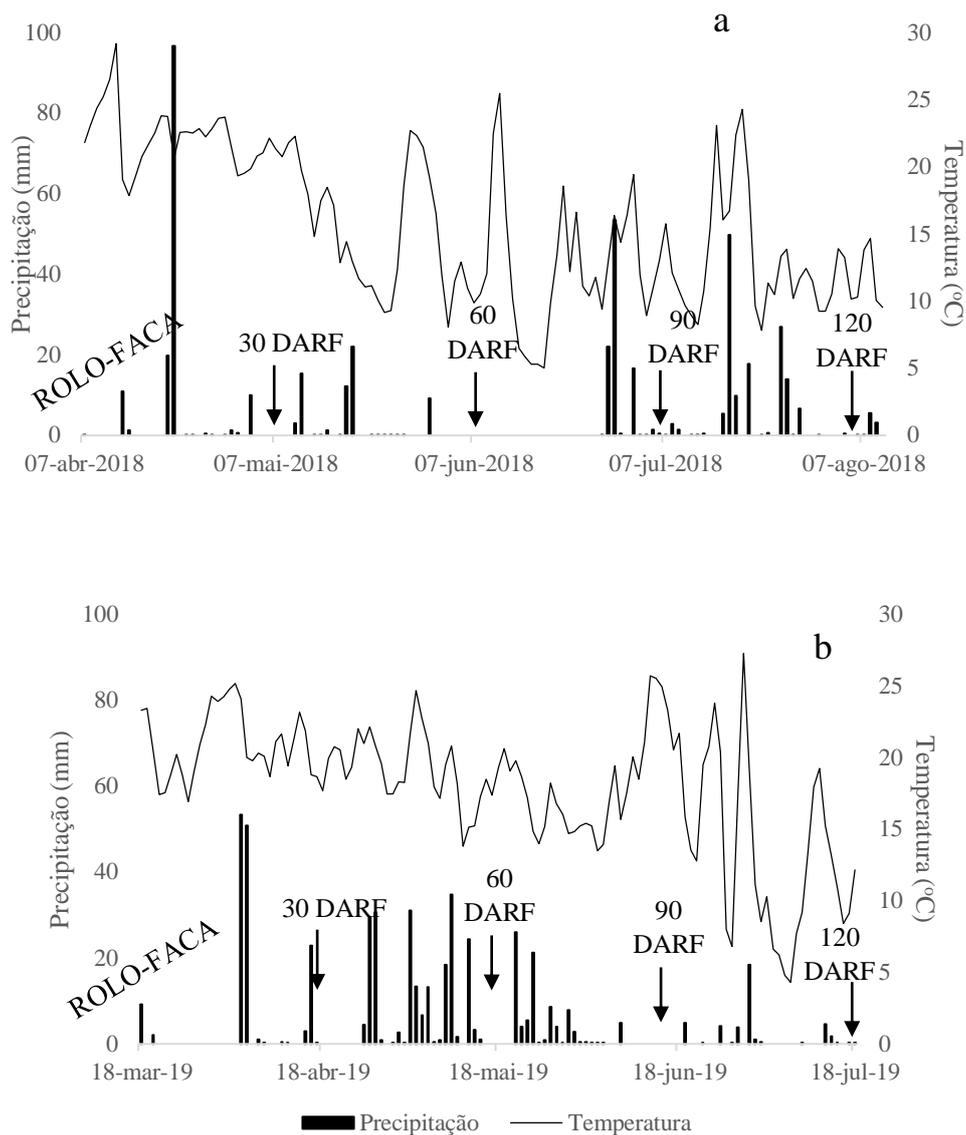
Tedesco, M.J., Volkweiss, S. J. e Bohnen, H. (1995). Análises de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS.

Teixeira, J. B. D. S., Sousa, R. O. D., e Vale, M. L. C. D. (2018). Phosphorus adsorption after drainage in two soil classes. *Revista Ceres*, 65, 196-203. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201865020012>

Xiao, M., Yu, S., She, D., Hu, X. e Chu, L. (2015). Nitrogen and phosphorus loss and optimal drainage time of paddy field under controlled drainage condition. *Arabian Journal Geoscience*, 8, 4411-4420. <https://doi.org/10.1007/s12517-014-1540-6>

Wu, X., Wang, W., Xie, X., Hou, H., e Yin, C. (2018). Response of N₂O emission to straw retention under two contrasting paddy water conditions: a field experiment over rice–rice-fallow rotation. *Paddy and Water Environment*, 16, 199-205.

Yadvinder-singh, Gupta, R. K., Jagmohan-singh, Gurpreet-singh, Gobinder-singh e Ladha, J. K. (2010). Placement effects on rice residue decomposition and nutrient dynamics on two soil types during wheat cropping in rice-wheat system in northwestern India. *Nutrient Cycling Agroecosystems*, 88, 471-480. <https://doi.org/10.1007/s10705-010-9370-8>



DARF: Dias após rolo-faca

Figura 2. Temperatura diária média do ar (°C) e precipitação pluvial (mm) durante o período de coletas de “mesh bags” (sacos de decomposição) nas entressafras 2018 (a) e 2019 (b).

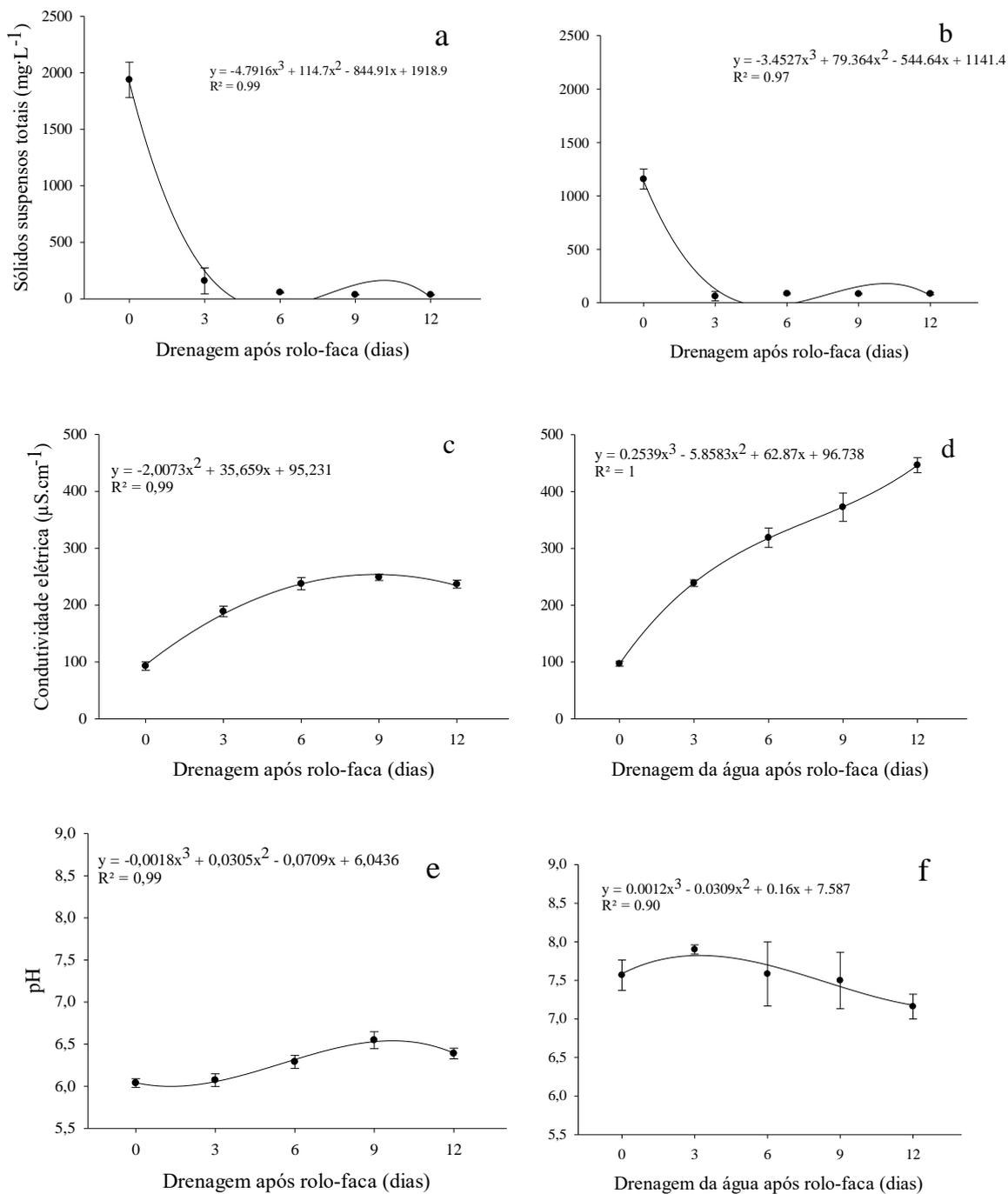


Figura 3. Concentração de sólidos suspensos totais (g L⁻¹) condutividade elétrica (μS·cm⁻¹) e pH da água de drenagem em função do manejo pós-colheita do arroz nas entressafas 2018 (a, c e e) e 2019 (b, d e f). Barras verticais representam o intervalo de confiança (p < 0.05).

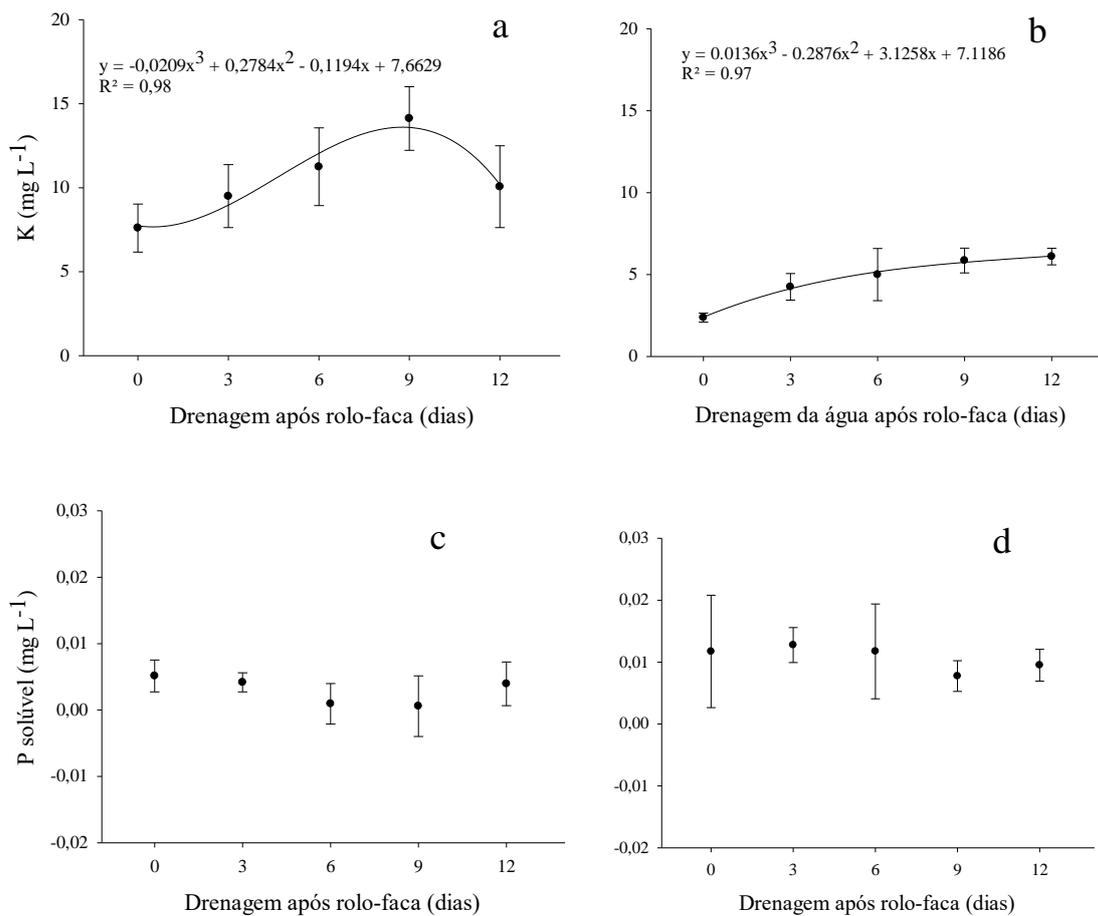


Figura 4. Teor de potássio (mg L^{-1}) e concentração de fósforo solúvel (mg L^{-1}) na água de drenagem em função do manejo pós-colheita do arroz nas entressafras 2018 (a e c) e 2019 (b e d). Barras verticais representam o intervalo de confiança ($p < 0.05$).

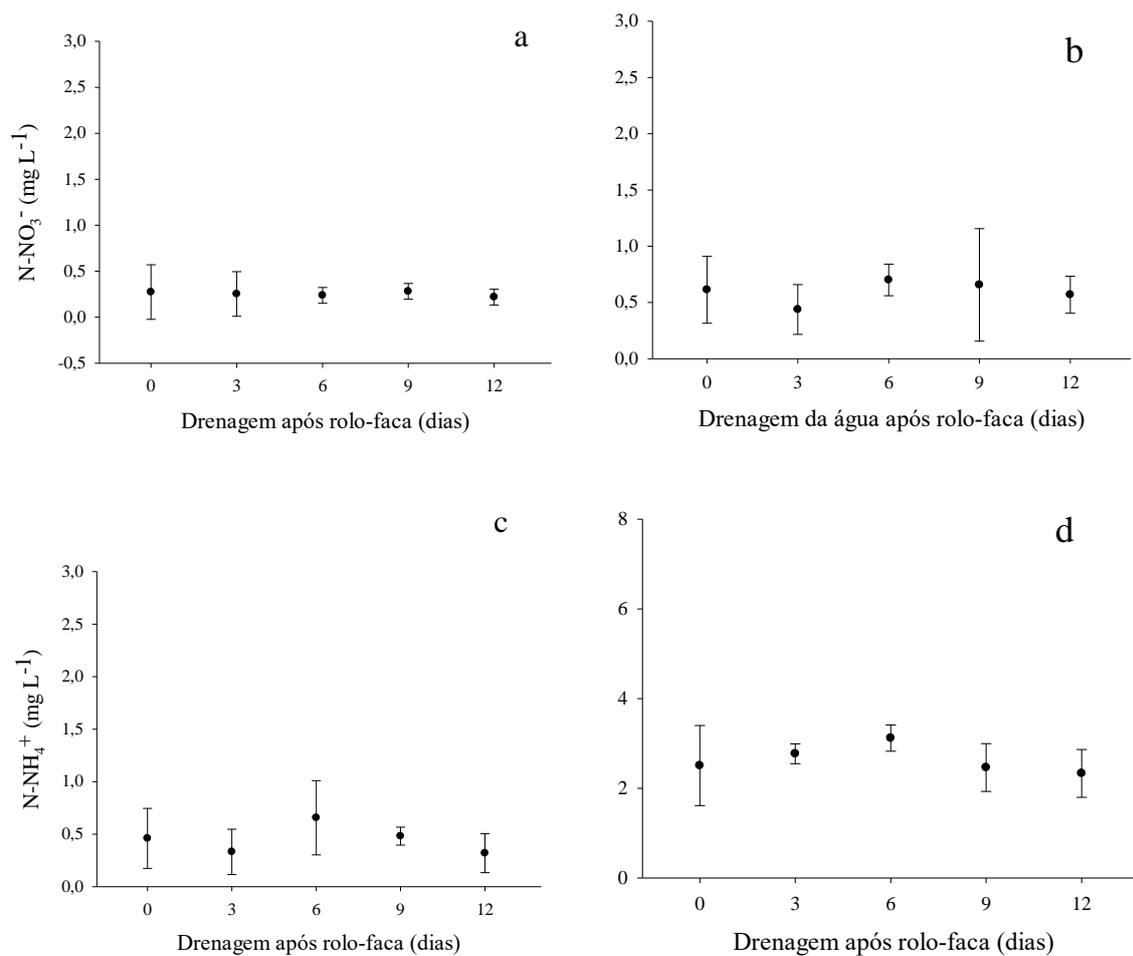


Figura 5. Teor de nitrato – N-NO₃⁻ (mg L⁻¹) e amônio – N-NH₄⁺ (mg L⁻¹) na água de drenagem em função do manejo pós-colheita do arroz nas entressafras 2018 (a e c) e 2019 (b e d). Barras verticais representam o intervalo de confiança (p < 0.05).

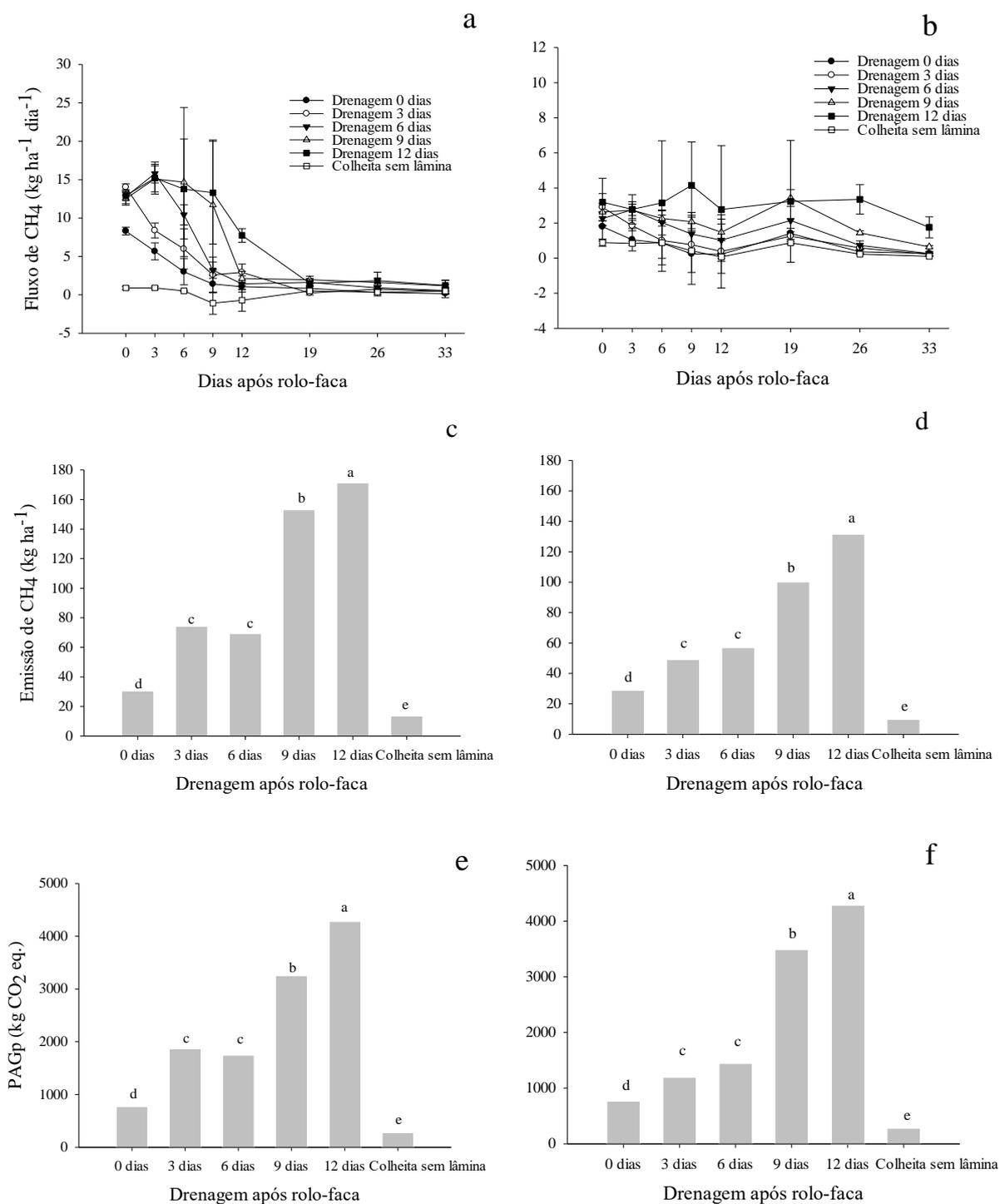


Figura 6. Fluxo diário de metano ($\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), acumulado total de metano – CH_4 (kg ha^{-1}) e potencial de aquecimento global parcial (PAGp) durante as entressafas 2018 (a, c e e) e 2019 (b, d e f) em função de diferentes manejos pós-colheita aplicados na palha do arroz.

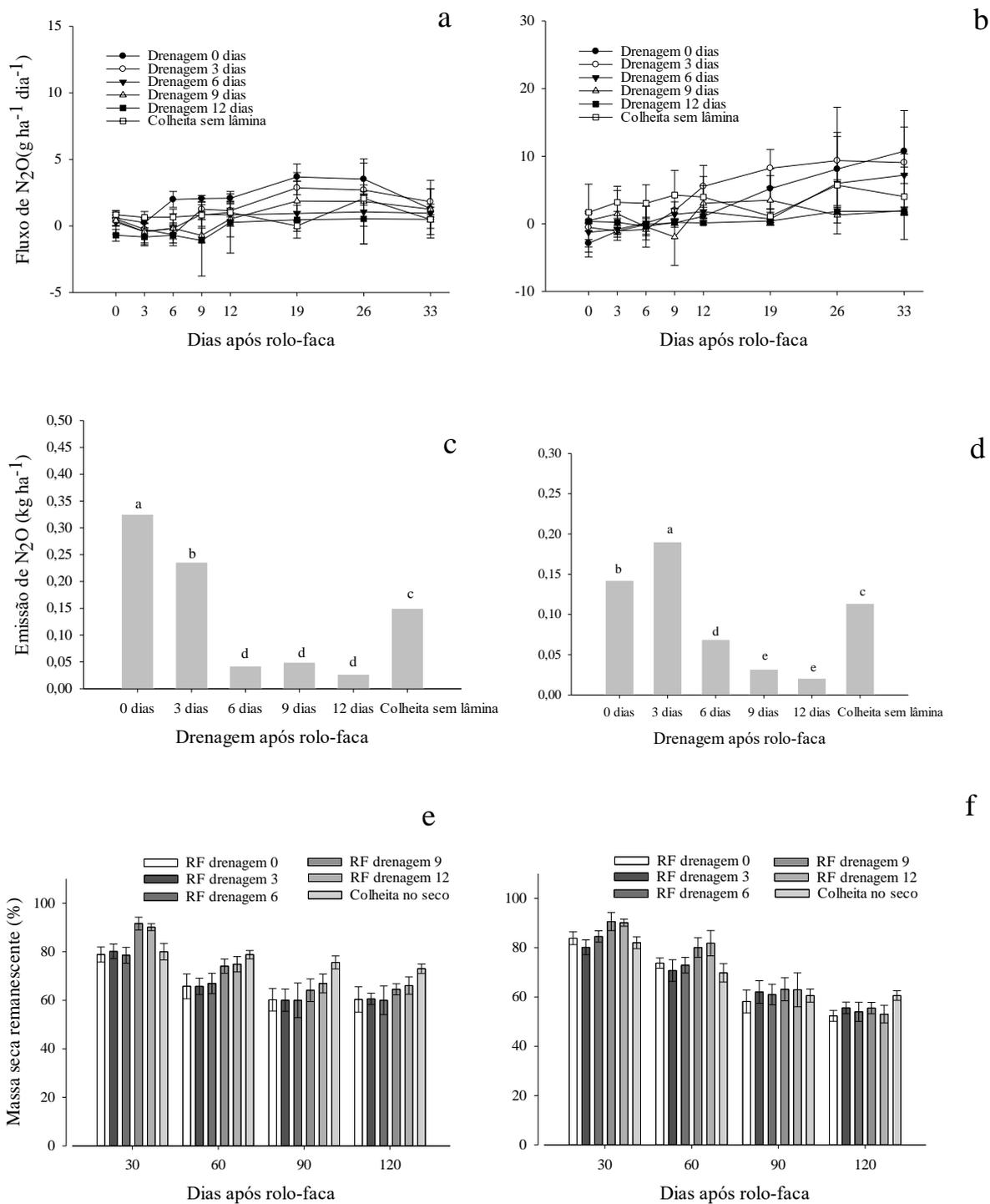


Figura 7. Fluxo diário de N_2O ($g\ ha^{-1}\ dia^{-1}$), acumulado total de óxido nitroso – N_2O ($kg\ ha^{-1}$) e massa seca remanescente nas entressafras 2018 (a, c e e) e 2019 (b, d e f) em função de diferentes manejos pós-colheita aplicados na palha do arroz.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados verificados no presente estudo apontam que a fim de reduzir volume de água utilizado, reduzir custos, facilitar preparo antecipado e semeadura do arroz em sucessão em época adequada, a supressão antecipada da irrigação realizada aos 14 dias após a antese, em planossolo, se mostra eficiente. Os principais parâmetros de qualidade fisiológica (vigor e germinação), como também qualidade industrial e rendimento de grãos, não foram prejudicados com a interrupção do fornecimento de água neste estágio fenológico.

As supressões realizadas antes desse período (floração e 7 dias após) ocasionaram danos às variáveis citadas, possivelmente pelo déficit hídrico, aliado às altas temperaturas durante a floração e fase inicial do enchimento de grãos, os quais se mostraram períodos mais sensíveis a este tipo de estresse. O estresse por alta temperatura ocasiona a formação de grãos gessados através do acondicionamento solto de amiloplastos. Além da quebra do grão que ocorre como resultado do desequilíbrio de umidade entre o centro e a superfície do grão, que é favorecido com grande amplitude térmica, criando um gradiente de umidade mais alto, ocasionado pela rápida adsorção e dessorção de umidade. Esses parâmetros interferem diretamente na rentabilidade ao produtor, visto que da qualidade industrial depende o valor de mercado do produto.

Visando também reduzir impactos ambientais e perdas da lavoura, as recomendações da pesquisa da cultura do arroz é de evitar a retirada da água, mas sim interromper o fornecimento de água. No entanto, ainda se observa no campo a prática de drenagem para realização da colheita. Diante disso, se observou que, em caso de drenagem, sua realização aos 14 dias após antese reduziria a perda de sólidos suspensos totais, potássio e nitrogênio via água de drenagem.

Nesse contexto, caso não haja possibilidade de colheita no seco, o rolo-faca auxilia no preparo pós-colheita, corrigindo rastros e acelerando a degradação da palha. Após a utilização deste equipamento, a água deve ser drenada, e os resultados mostraram que, com apenas 3 dias de decantação após o rolo-faca, reduziu em torno de 95% o teor de sólidos totais. Além disso, após a colheita, a liberação do potássio dos resíduos é extremamente rápida, assim, na drenagem aos três dias, a liberação ainda está em fase inicial e pouco potássio será liberado via água de drenagem.

Em relação à emissão de gases de efeito estufa, como a lâmina d'água favorece a emissão de CH₄ (gás que possui maior participação no potencial de aquecimento global), quanto

menor for o período de permanência da submersão do solo, menor acumulado de CH_4 e, conseqüentemente, menor potencial de aquecimento global. O N_2O , por ter uma dinâmica distinta, apresenta maior emissão na ausência de lâmina d'água, sendo favorecido por ciclos sucessivos de umedecimento e secagem, os quais são mais frequentes em ausência de submersão em relação à presença de lâmina.

O uso do rolo-faca favoreceu a decomposição da palha em relação ao tratamento em que a área foi colhida no seco e sem manejo da palha. O maior contato da resteva com o solo facilita a liberação de C e N para os microrganismos, no entanto em períodos de grandes acumulados de precipitações esse manejo é prejudicado, pois dificulta a perda de água.

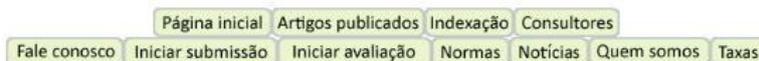
5 ANEXOS

Anexo A – Normas para a submissão do artigo I na revista Ciência Rural.



ISSN Eletrônico: 1678-4596

Português | English | Español



Normas para publicação

ESCOPO:

- CIÊNCIA RURAL** - Revista Científica do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria publica artigos científicos, revisões bibliográficas e notas referentes à área de Ciências Agrárias, que deverão ser destinados com exclusividade.
- Os **artigos científicos, revisões e notas** devem ser encaminhados via eletrônica e editados **preferencialmente em idioma Inglês**. Os encaminhados em Português poderão ser traduzidos após a 1ª rodada de avaliação para que ainda sejam revisados pelos consultores ad hoc e editor associado em rodada subsequente. Entretanto, caso **não traduzidos** nesta etapa e se **aprovados** para publicação, terão que ser **obrigatoriamente traduzidos para o Inglês** por empresas credenciadas pela Ciência Rural e obrigatoriamente terão que apresentar o certificado de tradução pelas mesmas para seguir tramitação na CR.

Empresas credenciadas:

- American Journal Experts (<http://www.journalexerts.com/>)
- Bioedit Scientific Editing (<http://www.bioedit.co.uk/>)
- BioMed Proofreading (<http://www.biomedproofreading.com>)
- Edanz (<http://www.edanzediting.com>)
- Editage (<http://www.editage.com.br/>) 10% discount for CR clients. Please inform Crural10 code.
- Enago (<http://www.enago.com.br/forjournal/>) Please inform CIRURAL for special rates.
- GlobalEdico (<http://www.gloaledico.com/>)
- JournalPrep (<http://www.journalprep.com>)
- Liberty Medical Communications (<http://libertymedcom.com/>)
- Proof-Reading-Service.com (<http://www.proof-reading-service.com/pt/>)
- Readytopub (<https://www.readytopub.com/home>)

LIMITE DE PÁGINAS:

Todas as linhas deverão ser numeradas e paginadas no lado inferior direito. O trabalho deverá ser digitado em tamanho A4 210 x 297mm com, no máximo, 25 linhas por página em espaço duplo, com margens superior, inferior, esquerda e direita em 2,5cm, fonte Times New Roman e tamanho 12. O máximo de páginas será **15 para artigo científico, 20 para revisão bibliográfica e 8 para nota, incluindo tabelas, gráficos e figuras**. Figuras, gráficos e tabelas devem ser disponibilizados ao final do texto e individualmente por página, sendo que não poderão ultrapassar as margens e **nem estar com apresentação paisagem**.

Tendo em vista o formato de publicação eletrônica estaremos considerando manuscritos com páginas adicionais além dos limites acima. No entanto, os trabalhos aprovados que possuírem páginas **excedentes** terão um custo adicional para a publicação ([vide taxa](#)).

ESTRUTURA:

- O **artigo científico** (Modelo [.doc](#), [.pdf](#)) deverá conter os seguintes tópicos: Título (Português e Inglês); Resumo; Palavras-chave; Abstract; Key words; Introdução com Revisão de Literatura; Material e Métodos; Resultados e Discussão; Conclusão; Referências e Declaração de conflito de interesses. Agradecimento(s) e Apresentação; Contribuição dos autores; Fontes de Aquisição; Informe Verbal; Comitê de Ética e Biossegurança devem aparecer antes das referências. **Pesquisa envolvendo seres humanos e animais obrigatoriamente devem apresentar parecer de aprovação de um comitê de ética institucional já na submissão**. Alternativamente, pode ser enviado um dos modelos ao lado ([Declaração Modelo Humano](#), [Declaração Modelo Animal](#)).

Anexo B – Normas para a submissão do artigo II na revista Bragantia.

12/07/2019

Bragantia - Instruções aos autores

BRAGANTIA

ISSN 0006-8705 *versão impressa*
ISSN 1678-4499 *versão online*

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

- [Objetivos e política editorial](#)
- [Preparação de originais](#)
- [Encaminhamento de trabalhos](#)
- [Custo para publicação](#)

Objetivos e política editorial

BRAGANTIA - revista de ciências agronômicas - é um periódico trimestral, editado pelo Instituto Agronômico, da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo.

BRAGANTIA tem por objetivo publicar trabalhos científicos originais em português, inglês e espanhol, que contribuam para o desenvolvimento das Ciências Agronômicas, nas áreas de Ciências Básicas (Botânica, Citogenética, Fisiologia Vegetal, Biotecnologia, Biologia Molecular e Fitoquímica), Melhoramento Genético Vegetal, Fitotecnia, Fitossanidade, Solos e Nutrição de Plantas, Tecnologia de Sementes e Fibras, Tecnologia de Pós-colheita, Irrigação, Engenharia Agrícola, Agrometeorologia e Metodologia e Técnicas Experimentais.

Os trabalhos enviados à **BRAGANTIA** devem ser inéditos e não podem ser publicados ou submetidos à publicação em outra revista simultaneamente. A revista publica artigos, notas científicas e trabalhos de revisão (a convite).

O conteúdo dos manuscritos submetidos à publicação em **BRAGANTIA** é de responsabilidade exclusiva de seu(s) autor(es).

Os trabalhos submetidos à publicação em **BRAGANTIA** são avaliados inicialmente pelo Comitê Editorial, o qual define se os mesmos se enquadram no escopo da **BRAGANTIA** e apresentam mérito para publicação. Trabalhos que não atendam às "Recomendações aos Autores" ou que necessitem de grande revisão serão prontamente recusados, mesmo que possuam mérito científico. Após essa fase, o trabalho é encaminhado para dois revisores especialistas na área de conhecimento, sendo os pareceres emitidos pelos revisores analisados pelo Comitê Editorial (Editor-associado e Editor-chefe). O parecer conclusivo é encaminhado aos autores, com as indicações de correções e a necessidade de submissão da nova forma (versão). Os autores devem apresentar juntamente com a nova forma do trabalho as justificativas caso discordem das correções e as respostas a possíveis indagações dos editores e revisores. A nova forma é em seguida confrontada pelo editor-associado com a versão original do trabalho. Uma vez aceito, o trabalho é encaminhado para revisão de referências, abstract e vernáculo. Após diagramação, o texto é submetido a correções finais pelos autores e pelo comitê editorial. O fluxo editorial poderá ser acompanhado pelo sistema de gerenciamento online Submission, a partir de 3 de agosto de 2009.

Preparação de originais

Os autores devem digitar no espaço "Comentários ao Editor" uma carta de encaminhamento, apresentando o trabalho e explicitando a principal contribuição do mesmo para o avanço do conhecimento na área de Ciências Agrárias. A carta de encaminhamento deve indicar que o trabalho não foi submetido para publicação em outro periódico.