

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

Maurício Limberger de Oliveira

**HERBICIDAS IMIDAZOLINONAS: FITOTOXICIDADE EM ARROZ
TOLERANTE, AZEVÉM NA ENTRESSAFRA E EFEITO DO RESÍDUO
EM SOJA**

Santa Maria, RS
2017

Maurício Limberger de Oliveira

**HERBICIDAS IMIDAZOLINONAS: FITOTOXICIDADE EM ARROZ TOLERANTE,
AZEVÉM NA ENTRESSAFRA E EFEITO DO RESÍDUO EM SOJA**

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
2017

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Oliveira, Maurício Limberger de
Herbicidas imidazolinonas: fitotoxicidade em arroz tolerante, azevém na entressafra e efeito do resíduo em soja / Maurício Limberger de Oliveira.- 2017.
66 p.; 30 cm

Orientador: Enio Marchesan
Coorientador: Sidinei José Lopes
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, RS, 2017

1. Oryza sativa 2. Glycine max 3. Imazapir 4. Imazapique 5. Persistência I. Marchesan, Enio II. Lopes, Sidinei José III. Título.

© 2017

Todos os direitos autorais reservados a Maurício Limberger de Oliveira. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

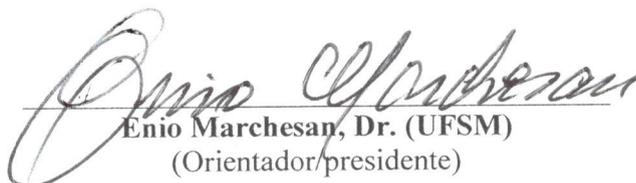
Endereço: Rua General Auto, n. 355, bairro Auxiliadora, Rio Pardo, RS. CEP: 96640-000
Fone (0xx)51 99679-0847; E-mail: mauriciodeoliveira8@hotmail.com

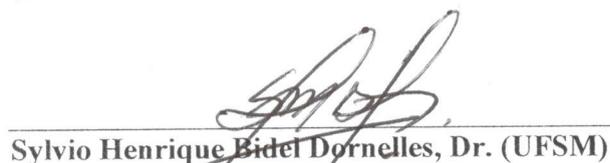
Maurício Limberger de Oliveira

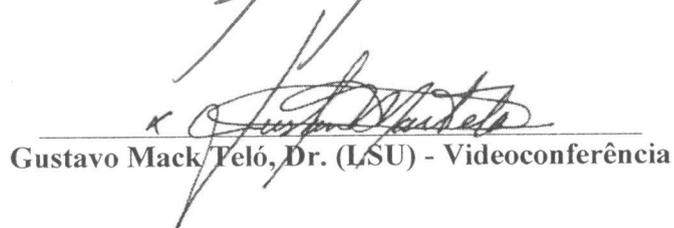
**HERBICIDAS IMIDAZOLINONAS: FITOTOXICIDADE EM ARROZ TOLERANTE,
AZEVÉM NA ENTRESSAFRA E EFEITO DO RESÍDUO EM SOJA**

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 22 de setembro de 2017:


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


Sylvio Henrique Bidet Dornelles, Dr. (UFSM)


Gustavo Mack Teló, Dr. (LSU) - Videoconferência

Santa Maria, RS
2017

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu pai Sérgio Roberto Figueiredo de Oliveira e minha mãe Márcia Teresinha Limberger de Oliveira, por acreditarem nos meus sonhos e estarem sempre ao meu lado em minhas escolhas.

AGRADECIMENTOS

À Deus pela vida, por me dar força e guiar meus passos.

Aos meus pais Sérgio Roberto e Márcia e à minha irmã Tayssa pela compreensão, apoio e por estarem sempre presentes durante esse período.

À minha namorada Juliane por todo o amor, companheirismo, compreensão e amizade ao longo dessa etapa.

Ao professor Enio Marchesan pela orientação, dedicação, amizade e principalmente pelos conhecimentos e valores a mim transmitidos que auxiliaram em meu crescimento pessoal e profissional.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade de realização do mestrado.

À Capes pela concessão da bolsa de estudos.

Aos colegas de pós-graduação Lucas Coelho, Bruno Aramburu, Silvana Fin, Guilherme Cassol, Mara Grohs, Elisa Gollo, Lillian de Oliveira, João Angelo Nunes e Gabriel Donato pela amizade, convivência, troca de experiências e auxílio na condução dos trabalhos.

Aos alunos de iniciação científica do Grupo de Pesquisa em Arroz Irrigado (GPai) Camille Soares, Alisson Fleck, Vinicius Trivisiol e Marcelo de Oliveira, e aos ex-alunos Ricardo de David, Isabel Werle, Roberto Schütz, Marília Ferreira, Guilherme Pozzobon, João Alberto Farenzena, Alexssandro Freitas, Rafael Milanese, Francisco Tonetto, Augusto Serafin, Vitória Pagliarin e Cristiano Fortuna pela amizade e auxílio na condução dos trabalhos de campo.

Aos estagiários Felipe Evaldt, Amanda Antonini, Fernando Renck e Gabriel Pellegrin pelo auxílio.

Aos ex-colegas de GPai Gustavo Teló, Gerson Sartori, Robson Giacomeli e Anelise Lencina pela amizade, ensinamentos e troca de experiências.

Ao Grupo de Pesquisa em Fisiologia de Plantas de Interesse Agrobiológico da UFSM, em especial à pesquisadora Júlia Farias pelo auxílio na realização dos trabalhos.

Ao professor André Ulguim pela disponibilidade e auxílio nas etapas desse trabalho.

À comissão examinadora pelas contribuições na elaboração da dissertação.

Aos colaboradores Ary Junior e João Colpo pela presteza.

Muito obrigado!

Se o dinheiro for sua esperança de independência, você jamais a terá. A única segurança verdadeira consiste numa reserva de sabedoria, de experiência e de competência.

(Henry Ford)

RESUMO

HERBICIDAS IMIDAZOLINONAS: FITOTOXICIDADE EM ARROZ TOLERANTE, AZEVÉM NA ENTRESSAFRA E EFEITO DO RESÍDUO EM SOJA

AUTOR: Maurício Limberger de Oliveira

ORIENTADOR: Enio Marchesan

O sistema Clearfield® de arroz foi desenvolvido como alternativa de controle de plantas daninhas para essa cultura, principalmente do arroz daninho. Atualmente existem diversas cultivares de arroz tolerantes aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas. As respostas das cultivares à esses herbicidas podem ser distintas em função da aplicação de elevadas doses e também devido ao estresse por temperatura baixa que pode ocorrer em épocas de semeadura antecipadas. Essas condições podem acarretar em fitotoxicidade e em perdas no rendimento de grãos da cultura. Além disso, as imidazolinonas caracterizam-se por apresentarem elevada persistência no solo, o que pode prejudicar a implantação de culturas em rotação ao arroz, como a soja. A fitorremediação e a drenagem da área no período de outono-inverno podem ser estratégias para reduzir a persistência desses herbicidas. Diante disso, os objetivos de estudo dessa dissertação foram de avaliar a fitotoxicidade de diferentes doses da mistura formulada dos herbicidas imazapir+imazapique, aplicados em pré e pós-emergência, em duas cultivares de arroz irrigado tolerantes (Artigo I), bem como avaliar a capacidade de fitorremediação do resíduo de imazapir+imazapique no solo por azevém, em duas condições de drenagem da área na entressafra, e o efeito sobre o crescimento da soja (Artigo II). Os experimentos foram conduzidos em campo entre os anos de 2015 e 2017, na área experimental de várzea da Universidade Federal de Santa Maria, em delineamento de blocos casualizados. No experimento do artigo I, os fatores estudados foram duas cultivares de arroz tolerantes (Guri INTA CL e IRGA 424 RI) e as doses da mistura formulada dos herbicidas imazapir+imazapique (525+175 g i.a. kg⁻¹) de 0, 140, 210, 280, 350 e 420 g p.c. ha⁻¹. No artigo II, os fatores foram o resíduo das doses dos herbicidas imazapir+imazapique (0, 210 e 420 g p.c. ha⁻¹), aplicados na safra 2015/16 no arroz irrigado, e a presença ou ausência de azevém na entressafra. Um dos experimentos do segundo artigo foi conduzido sob condição de drenagem deficiente na entressafra, e o outro sob drenagem eficiente. A fitotoxicidade máxima encontrada nas cultivares de arroz foi de 13%. As demais variáveis estudadas não foram influenciadas pelas doses dos herbicidas. A aplicação da mistura formulada dos herbicidas imazapir+imazapique, em solos com baixo teor de matéria orgânica e pH próximo a 6, causa baixa fitotoxicidade às cultivares de arroz tolerantes Guri INTA CL e IRGA 424 RI em até três vezes a dose recomendada, não influenciando seu rendimento de grãos. O resíduo no solo da aplicação de 420 g p.c. ha⁻¹ da mistura formulada dos herbicidas imazapir+imazapique, realizada 129 dias antes da semeadura, causa fitotoxicidade e redução na matéria seca do azevém em condição de drenagem deficiente na entressafra em áreas de arroz irrigado. A soja, quando semeada 359 dias após a aplicação, tem seu crescimento inicial de raiz e parte aérea prejudicados pelo resíduo das doses de 210 e 420 g p.c. ha⁻¹ em condição de drenagem deficiente na entressafra, independente do cultivo de azevém. No entanto, o rendimento de grãos não é afetado.

Palavras-chave: *Oryza sativa*. *Glycine max*. Imazapir. Imazapique. Persistência.

ABSTRACT

IMIDAZOLINONE HERBICIDES: PHYTOTOXICITY IN TOLERANT RICE, RYEGRASS IN THE OFF-SEASON, AND RESIDUE EFFECT ON SOYBEAN

AUTHOR: Maurício Limberger de Oliveira

ADVISOR: Enio Marchesan

The Clearfield[®] system of rice was developed as a control alternative of weeds in this crop, mainly weedy rice. Currently there are several rice varieties tolerant to herbicides of imidazolinones chemical group. The responses of the varieties to these herbicides may be different as a function of the application of high doses and due to the low temperature stress that can occur in anticipated seeding dates. These conditions may result in phytotoxicity and in grain yield losses. Furthermore, imidazolinones are characterized by presenting high persistence in soil, which may hamper the implantation of crops in rotation with rice, such as soybean. The phytoremediation and area drainage in the fall-winter period may be strategies to reduce the persistence of these herbicides. Therefore, the study objectives of this dissertation were to evaluate the phytotoxicity of different rates of the formulated mixture of the herbicides imazapyr+imazapic, applied in pre and post-emergence, in two tolerant rice varieties (Article I), as well as to evaluate the phytoremediation capacity of the residue of imazapyr+imazapic in the soil by ryegrass, in two drainage conditions of the area in the off-season, and the effect on soybean growth (Article II). The experiments were carried out on the field between the years of 2015 and 2017, in the lowland experimental area of the Universidade Federal de Santa Maria, Brazil, in a randomized complete block. In the article I experiment, the studied factors were two tolerant rice varieties (Guri INTA CL and IRGA 424 RI) and the rates of the formulated mixture of the herbicides imazapyr+imazapic (525+175 g a.i. kg⁻¹) of 0, 140, 210, 280, 350, and 420 g c.p. ha⁻¹. In the article II, the factors were the rates residue of herbicides imazapyr+imazapic (0, 210, and 420 g c.p. ha⁻¹), applied in 2015/16 crop season on the irrigated rice, and the presence or absence of ryegrass in the off-season. One of the experiments of the second article was carried out under deficient drainage condition in the off-season, and the other under efficient drainage. The maximum phytotoxicity found in rice varieties was 13%. The other variables studied were not influenced by herbicides rates. The application of the formulated mixture of the herbicides imazapyr+imazapic, in soils with low organic matter content and pH close to 6, causes low phytotoxicity to the tolerant rice varieties Guri INTA CL and IRGA 42 RI up to three times the recommended rate, not influencing their grain yield.. The residue in the soil of the application of 420 g c.p. ha⁻¹ of the formulated mixture of the herbicides imazapyr+imazapic, performed 129 days before seeding, causes phytotoxicity and dry mass reduction of ryegrass in deficient drainage condition in the off-season in irrigated rice areas. Soybean, when seeded 359 days after application, has its initial root and shoot growth hampered by rates residue of 210 and 420 g c.p. ha⁻¹ in the deficient drainage condition in the off-season, independent of ryegrass cultivation. However, grain yield is not affected.

Keywords: *Oryza sativa*. *Glycine max*. Imazapyr. Imazapic. Persistence.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

ARTIGO I

- Figura 1 - Temperatura média diária do solo, na camada de 0-0,05 m, durante o período inicial de cultivo do arroz irrigado nas safras 2015/16 (A) e 2016/17 (B) (Santa Maria-RS. 2017).....28
- Figura 2 - Fitotoxicidade visual aos 7 (A) e 14 (B) dias após a aplicação no estágio V₃ (DAA) na safra 2015/16 e 7 (C) e 14 (D) DAA na safra 2016/17 de diferentes doses da mistura formulada dos herbicidas imazapir+imazapique em arroz tolerante, e fitotoxicidade aos 7 (E) e 14 (F) DAA em duas cultivares de arroz tolerantes na safra 2016/17 (Santa Maria-RS. 2017).....29

ARTIGO II

- Figura 1 - Umidade média diária do solo ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$) nos experimentos com drenagem deficiente e drenagem eficiente, na camada de 0-0,05m, e precipitação pluvial diária (mm) entre os meses de abril e setembro de 2016.....49
- Figura 2 - Fitotoxicidade (%) e matéria seca ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) de azevém aos 20 e 158 dias após a emergência, respectivamente, em função de diferentes doses dos herbicidas imazapir+imazapique, aplicados 129 dias antes da semeadura, em experimento com drenagem deficiente (a e c) e com drenagem eficiente (b e d) na entressafra.....50
- Figura 3 - Fitotoxicidade (%) aos 20 dias após a emergência, matéria seca da parte aérea (MSPA) ($\text{g} \cdot \text{planta}^{-1}$) e estatura (cm) de plantas de soja, avaliadas no estágio V₃, em função de diferentes doses dos herbicidas imazapir+imazapique aplicados 359 dias antes da semeadura, e presença ou ausência de azevém na entressafra, em experimento com drenagem deficiente (a, c e e) e com drenagem eficiente (b, d e f) na entressafra.....51
- Figura 4 - Matéria seca da parte aérea (MSPA) ($\text{g} \cdot \text{planta}^{-1}$), matéria seca de nódulos ($\text{g} \cdot \text{planta}^{-1}$) e estatura (cm) de plantas de soja, avaliadas no estágio R₁, em função de diferentes doses dos herbicidas imazapir+imazapique aplicados 359 dias antes da semeadura, e presença ou ausência de azevém na entressafra, em experimento com drenagem deficiente (a, c e e) e com drenagem eficiente (b, d e f) na entressafra.....52
- Figura 5 - Número de pontas, comprimento total ($\text{cm} \cdot \text{planta}^{-1}$) e volume de raízes ($\text{cm}^3 \cdot \text{planta}^{-1}$), avaliados no estágio V₃, em função de diferentes doses dos herbicidas imazapir+imazapique, aplicados 359 dias antes da semeadura da soja, e presença ou ausência de azevém na entressafra, em experimento com drenagem deficiente (a, c e e) e com drenagem eficiente (b, d e f) na entressafra.....53
- Figura 6 - Número de pontas, comprimento total ($\text{cm} \cdot \text{planta}^{-1}$) e volume de raízes ($\text{cm}^3 \cdot \text{planta}^{-1}$), avaliados no estágio R₁, em função de diferentes doses dos herbicidas imazapir+imazapique, aplicados 359 dias antes da semeadura da soja, e presença ou ausência de azevém na entressafra, em experimento com drenagem deficiente (a, c e e) e com drenagem eficiente (b, d e f) na entressafra.....54

LISTA DE TABELAS

ARTIGO I

Tabela 1 - Número de colmos por metro quadrado, estatura de plantas, matéria seca da parte aérea (MSPA) e índice SPAD, aos 7 e 21 dias após a aplicação dos herbicidas no estágio V₃ (DAA), e rendimento de grãos (RG) de duas cultivares de arroz irrigado tolerantes a herbicidas imidazolinonas, safras 2015/16 e 2016/17 (Santa Maria-RS. 2017).....30

ARTIGO II

Tabela 1 - Estatura (cm) e matéria seca da parte aérea (MSPA) (g.planta⁻¹) no estágio R₁ e volume de raízes de soja (cm³.planta⁻¹) no estágio V₃ em experimento com drenagem deficiente na entressafra, e rendimento de grãos de soja (kg.ha⁻¹) em experimento com drenagem deficiente e com drenagem eficiente na entressafra, em função da presença ou ausência de azevém nesse mesmo período.....55

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A - Quadro para avaliação de fitotoxicidade.....	59
ANEXO B - Normas de submissão do Artigo I para a revista Ciência Rural.....	60
ANEXO C - Normas de submissão do Artigo II para a revista Bragantia.....	63

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 ARTIGO I - Influência de imazapir+imazapique sobre o desempenho agrônômico das cultivares de arroz tolerantes Guri INTA CL e IRGA 424 RI.....	16
3 ARTIGO II - Persistência de imazapir+imazapique em área de arroz irrigado e efeito sobre soja em função da drenagem e fitorremediação na entressafra.....	31
4 DISCUSSÃO.....	56
5 CONCLUSÕES.....	58
6 ANEXOS.....	59

1 INTRODUÇÃO

As plantas daninhas caracterizam-se como um dos principais entraves para o incremento da produtividade na cultura do arroz irrigado. Dentre elas, destacam-se o arroz daninho (*Oryza sativa*), o capim arroz (*Echinochloa* sp.) e ciperáceas (*Cyperus* sp.). Com objetivo de minimizar os prejuízos causados por essas invasoras, foi desenvolvido o sistema Clearfield[®], que introduziu cultivares tolerantes aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas no sistema de produção de arroz irrigado. Esses herbicidas são caracterizados por atuarem na inibição da enzima acetolactato sintase (ALS), responsável pela produção dos aminoácidos valina, leucina e isoleucina nas plantas. Dentre as moléculas mais utilizadas na cultura, destacam-se o imazetapir, o imazapir e o imazapique, que são registradas para aplicação individualmente (imazetapir) ou em misturas formuladas (imazetapir+imazapique e imazapir+imazapique).

No Brasil, a partir da introdução do sistema Clearfield[®] para o arroz irrigado, no ano de 2003, diversas cultivares foram desenvolvidas através de eventos de mutagênese, por meio do melhoramento genético convencional. A primeira cultivar utilizada em grande escala no estado do Rio Grande do Sul (RS) foi a IRGA 422 CL. Atualmente, as cultivares IRGA 424 RI e Guri INTA CL são as mais utilizadas, sendo que as duas representaram mais de 60% da área total de cultivo nesse estado na safra 2016/17.

Os mecanismos de tolerância dessas cultivares podem ser variáveis, podendo refletir em diferentes respostas das mesmas às aplicações das imidazolinonas. Dentre as duas cultivares mais utilizadas, a IRGA 424 RI é a mais recente e por consequência a que se tem menor conhecimento acerca da sua tolerância à esses herbicidas. Aliado à questão do material genético, o relato de casos de resistência de plantas daninhas à imidazolinonas tem levado ao aumento das doses de aplicação, o que pode resultar em fitotoxicidade e perdas no rendimento de grãos da cultura. Outro fator importante é a época de semeadura do arroz, pois em semeaduras próximas ao início da época recomendada, é comum a ocorrência de baixa temperatura do solo durante o período de emergência e crescimento inicial. Essa condição pode gerar estresse às plântulas de arroz e potencializar a fitotoxicidade inicial causada pelos herbicidas.

Além da utilização do sistema Clearfield[®], a rotação de culturas se faz importante como estratégia de controle de plantas daninhas na lavoura de arroz irrigado. Nesse sentido, a soja surge como alternativa para a introdução de herbicidas com diferentes mecanismos de ação no sistema de produção, além de proporcionar diversificação de renda em propriedades

tradicionalmente cultivadas com arroz irrigado. No entanto, os herbicidas do grupo químico das imidazolinonas apresentam elevada persistência no solo quando aplicados acima da dose recomendada. Essa prática pode comprometer o cultivo de soja na safra posterior ao cultivo de arroz tolerante, visto que essa cultura é sensível às moléculas de imazapir e imazapique.

A persistência de herbicidas imidazolinonas é dependente da sorção dos mesmos à matriz do solo, que por sua vez é influenciada pela temperatura e umidade, pH da solução, teor de matéria orgânica e textura do solo. Devido às condições naturais e antrópicas, as áreas de arroz irrigado do RS são caracterizadas por uma drenagem deficiente e por uma baixa oxigenação do solo no período de outono-inverno. Essa condição é determinante na persistência desses herbicidas, visto que a maioria das moléculas imidazolinonas são degradadas por microrganismos aeróbicos. Além disso, a alta solubilidade das mesmas em água faz com que estejam mais disponíveis para absorção pelas plantas em áreas com drenagem deficiente, em relação às áreas mantidas com drenagem eficiente ao longo da entressafra.

A utilização de espécies fitorremediadoras na entressafra é uma estratégia que visa a redução da persistência das imidazolinonas no solo. A fitorremediação consiste na utilização de plantas com capacidade de remover, imobilizar ou transformar contaminantes específicos. A literatura aponta para estudos onde se reduziu a persistência de picloram e sulfentrazone com o uso de espécies como *Brachiaria brizantha*, *Dolichos lablab*, *Canavalia ensiformis* e *Crotalaria juncea* anteriormente à cultura de interesse. Em áreas de arroz irrigado, o azevém destaca-se como uma cultura de entressafra potencial para fitorremediação de herbicidas imidazolinonas, em virtude de sua adaptabilidade a solos hidromórficos, seu baixo custo de implantação e devido à possibilidade de ser utilizada como fonte alternativa de renda na propriedade.

Diante do contexto apresentado, o objetivo desse trabalho foi de avaliar a fitotoxicidade de diferentes doses da mistura formulada dos herbicidas imazapir+imazapique, aplicados em pré e pós-emergência, em duas cultivares de arroz irrigado tolerantes (Artigo I), bem como avaliar a capacidade de fitorremediação do resíduo de imazapir+imazapique no solo por azevém, em duas condições de drenagem da área na entressafra, e o efeito sobre o crescimento da soja (Artigo II).

1 2 ARTIGO I

2 **Influência de imazapir+imazapique sobre o desempenho agronômico das cultivares de** 3 **arroz tolerantes Guri INTA CL e IRGA 424 RI**

4 5 **Influence of imazapyr+imazapic on the agronomic performance of the tolerant rice** 6 **varieties Guri INTA CL and IRGA 424 RI**

7 8 **RESUMO**

9 Cultivares de arroz irrigado do sistema Clearfield® podem apresentar diferentes níveis
10 de tolerância aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas. O objetivo do trabalho foi
11 avaliar a fitotoxicidade da mistura formulada dos herbicidas imazapir+imazapique, aplicados
12 em pré e pós-emergência, em duas cultivares de arroz irrigado tolerantes. O experimento foi
13 conduzido nas safras agrícolas de 2015/16 e 2016/17, na área didático-experimental de várzea
14 da Universidade Federal de Santa Maria. O delineamento utilizado foi de blocos casualizados,
15 em um fatorial 2x6 com cinco repetições. O fator A foi composto pelas cultivares tolerantes
16 Guri INTA CL e IRGA 424 RI, e o fator B pelas doses da mistura formulada dos herbicidas
17 imazapir+imazapique (525+175 g i.a. kg⁻¹) de 0, 140, 210, 280, 350 e 420 g p.c. ha⁻¹. Na
18 primeira safra observou-se fitotoxicidade visual máxima de 8,5%, enquanto que na segunda o
19 maior percentual encontrado foi de 13%. Os parâmetros número de colmos m⁻², estatura de
20 plantas, matéria seca da parte aérea, índice SPAD e rendimento de grãos não foram
21 influenciados pelas doses dos herbicidas em ambas as safras. A aplicação da mistura formulada
22 dos herbicidas imazapir+imazapique, em solos com baixo teor de matéria orgânica e pH
23 próximo a 6, causa baixa fitotoxicidade às cultivares de arroz tolerantes Guri INTA CL e IRGA
24 424 RI em até três vezes a dose recomendada, não influenciando seu rendimento de grãos.

25 **Palavras-chave:** *Oryza sativa*, imidazolinonas, fitotoxicidade, rendimento de grãos.

26 **ABSTRACT**

27 Irrigated rice varieties of the Clearfield® system may present different tolerance levels
28 to the herbicides of the imidazolinones chemical group. The objective of this research was to
29 evaluate the phytotoxicity of the formulated mixture of the herbicides imazapyr+imazapic,
30 applied in pre and post-emergence on two tolerant irrigated rice varieties. The experiment was
31 carried out in 2015/16 and 2016/17 crop seasons in the lowland didactic-experimental area of
32 the Universidade Federal de Santa Maria. The design used was a randomized complete block,
33 in a factorial 2x6 with five replications. The factor A was composed by the tolerant varieties
34 Guri INTA CL and IRGA 424 RI, and the factor B by doses of the formulated mixture of the
35 herbicides imazapyr+imazapic (525+175 g a.i. kg⁻¹): 0, 140, 210, 280, 350, and 420 g c.p. ha⁻¹.
36 In the first crop season, it was observed maximum visual phytotoxicity of 8.5% while in the
37 second crop season the highest percentage found was 13%. The parameters number of stems
38 m⁻², plant stature, shoot dry mass, SPAD index, and grain yield were not significantly
39 influenced by herbicide doses in both crop seasons. The application of the formulated mixture
40 of the herbicides imazapyr+imazapic, in soils with low organic matter content and pH close to
41 6, causes low phytotoxicity to the tolerant rice varieties Guri INTA CL and IRGA 42 RI up to
42 three times the recommended rate, not influencing their grain yield.

43 **Key words:** *Oryza sativa*, imidazolinones, phytotoxicity, grain yield.

44

45 **INTRODUÇÃO**

46 Diante da necessidade de alternativas para o controle químico do arroz daninho (*Oryza*
47 *sativa*) na cultura do arroz irrigado, foram desenvolvidas as cultivares tolerantes a herbicidas
48 imidazolinonas do sistema Clearfield® (SUDIANTO et al., 2013). Herbicidas pertencentes a
49 esse grupo químico agem na inibição da enzima acetolactato sintase (ALS), que atua na síntese

50 dos aminoácidos valina, leucina e isoleucina nas plantas. Dentre os herbicidas pertencentes a
51 esse grupo, pode ser citada a mistura formulada das moléculas imazapir e imazapique.

52 Os mecanismos de tolerância de plantas à imidazolinonas estão relacionados à
53 mutações onde há substituição de aminoácidos na estrutura da enzima ALS, conferindo redução
54 na sua sensibilidade a esses herbicidas (TAN et al., 2005). Na cultura do arroz irrigado, as
55 repostas aos diferentes herbicidas desse grupo, bem como à diferentes doses, são dependentes
56 do nível de tolerância da cultivar, o que pode gerar maiores ou menores injúrias às plantas
57 (AVILA et al., 2005; LEVY JUNIOR et al., 2006). Em função do constante crescimento da
58 resistência de plantas daninhas (NORSWORTHY et al., 2013), o aumento das doses aplicadas
59 desses herbicidas tem sido prática cada vez mais comum entre os produtores como tentativa de
60 minimizar esse problema.

61 Como exemplos de cultivares de arroz irrigado tolerantes a herbicidas imidazolinonas,
62 podem ser citadas a IRGA 424 RI e Guri INTA CL. Na safra 2016/17, essas cultivares foram
63 responsáveis por 64,3% da área total de cultivo de arroz no estado do Rio Grande do Sul, Brasil,
64 sendo que somente a primeira cultivar representou 43,9% da área (IRGA, 2017). Apesar de sua
65 grande expressividade na cadeia produtiva do arroz nesse estado, o conhecimento acerca do
66 nível de tolerância da IRGA 424 RI a herbicidas imidazolinonas é limitado em virtude de sua
67 recente colocação no mercado, diferentemente da Guri INTA CL que se encontra em utilização
68 há mais tempo.

69 Além da cultivar, as condições climáticas durante o estabelecimento inicial das plantas
70 de arroz podem potencializar a expressão de injúrias causadas por herbicidas imidazolinonas.
71 Em semeaduras antecipadas é comum a ocorrência de baixas temperaturas durante a
72 germinação e crescimento inicial, causando estresse às plântulas (SARTORI et al., 2014;
73 GROHS et al., 2016). Essa condição pode favorecer a fitotoxicidade, já que a aplicação ocorre
74 no período inicial do ciclo da cultura.

75 Diante desse contexto, a utilização de elevadas doses de herbicidas do grupo químico
76 das imidazolinonas em cultivares com tolerância ainda pouco conhecida, aliada à semeadura
77 antecipada, pode acarretar em prejuízos para o cultivo do arroz irrigado. Desta forma, esse
78 trabalho teve por objetivo avaliar a fitotoxicidade de diferentes doses da mistura formulada dos
79 herbicidas imazapir+imazapique, aplicados em pré e pós-emergência, em duas cultivares de
80 arroz irrigado tolerantes.

81

82 MATERIAL E MÉTODOS

83 O experimento foi conduzido em campo durante as safras agrícolas de 2015/16 e
84 2016/17, na área didático-experimental de várzea da Universidade Federal de Santa Maria
85 (UFSM). O clima da área é caracterizado, segundo a classificação de Köppen, como subtropical
86 úmido (Cfa), sem estação seca (ALVARES, 2013). O solo é classificado como Planossolo
87 Háptico Eutrófico arênico, com as seguintes características químicas na camada de 0 a 0,1 m:
88 pH água (1:1) = 5,8; CTC efetiva = 7,6 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; saturação de bases = 63,7%; saturação por
89 Al = 0; matéria orgânica = 2%; argila = 25%; P-Mehlich = 12,8 mg dm^{-3} ; K = 68 mg dm^{-3} ; Ca
90 = 5,3 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Mg = 2,2 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos
91 casualizados, em um fatorial 2x6, com cinco repetições. O fator A foi composto pelas cultivares
92 de arroz irrigado Guri INTA CL e IRGA 424 RI, tolerantes aos herbicidas do grupo químico
93 das imidazolinonas. O fator B foi composto por diferentes doses da mistura formulada dos
94 herbicidas imazapir+imazapique (525+175 g i.a. kg^{-1}), que foram de 0, 140, 210, 280, 350 e
95 420 g p.c. ha^{-1} . A dose de 140 g p.c. ha^{-1} corresponde à dose recomendada para a cultura do
96 arroz. As dimensões das unidades experimentais foram de 1,53x8 m (12,24 m^2).

97 Na safra 2015/16, a aplicação dos herbicidas ocorreu apenas em pós-emergência, no
98 estágio V₃ (COUNCE et al., 2000), antes do estabelecimento da lâmina de irrigação. Já na safra
99 2016/17, a aplicação pôde ser dividida em duas épocas devido à menor precipitação pluvial

100 durante a germinação das sementes em relação à safra anterior, permitindo a entrada na área.
101 Dessa forma, 50% da dose foi aplicada em pré-emergência (estádio S₃) e o restante aplicado no
102 estágio V₃. Nas duas safras foi acrescido à calda de aplicação o adjuvante Dash HC (0,5% v/v).
103 Utilizou-se um pulverizador costal pressurizado por CO₂ (pressão de 275 kPa), com auxílio de
104 uma barra com quatro pontas de pulverização tipo leque (modelo TeeJet XR110015), espaçadas
105 em 0,50 m, com taxa de aplicação de 125 L ha⁻¹. Nas unidades experimentais correspondentes
106 à dose zero, no estágio V₃, realizou-se a aplicação do herbicida cialofope butílico, na dose de
107 315 g i.a. ha⁻¹.

108 Na safra 2015/16, a semeadura foi realizada no dia 21 de outubro de 2015, em sistema
109 de semeadura direta, em área cultivada com soja na safra anterior e com azevém na entressafra.
110 O azevém foi dessecado com o herbicida glifosato, na dose de 1500 g e.a. ha⁻¹, 60 dias antes da
111 semeadura do arroz. A adubação de base utilizada foi de 14 kg ha⁻¹ de N, 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e
112 95 kg de K₂O. A adubação nitrogenada de cobertura foi de 120 kg ha⁻¹ de N, para ambas as
113 cultivares, sendo a aplicação dividida em 80 kg ha⁻¹ no estágio V₃ e 40 kg ha⁻¹ no estágio R₀. A
114 adubação potássica de cobertura foi de 30 kg ha⁻¹ de K₂O, aplicados no estágio V₃.

115 Na safra 2016/17, realizou-se a semeadura no dia 16 de setembro de 2016, em sistema
116 de cultivo mínimo, com gradagem e posterior aplainamento do solo, em área cultivada
117 anteriormente com arroz não tolerante a imidazolinonas e mantida em pousio durante a
118 entressafra. A adubação de base utilizada foi de 20 kg ha⁻¹ de N, 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 80 kg ha⁻¹
119 de K₂O. A adubação nitrogenada de cobertura foi de 150 kg ha⁻¹ de N, sendo aplicados 80 kg
120 ha⁻¹ no estágio V₃, 40 kg ha⁻¹ no estágio V₆ e 30 kg ha⁻¹ no estágio R₀. A adubação potássica de
121 cobertura foi de 40 kg ha⁻¹ de K₂O, aplicados no estágio V₃. Em ambas as safras, os demais
122 tratamentos culturais foram realizados conforme recomendações técnicas para a cultura (SOSBAI,
123 2014).

124 A temperatura do solo foi monitorada durante o período inicial do ciclo do arroz com
125 auxílio de sensores conectados a um datalogger modelo HOBO U30, marca Onset,
126 posicionados na camada de 0-0,05 m do solo. A temperatura do ar e a precipitação pluvial foram
127 obtidas através da estação meteorológica automática do 8º Disme/Inmet, localizada no
128 Departamento de Fitotecnia da UFSM. Aos 7 e 14 dias após a aplicação dos herbicidas no
129 estágio V₃ (DAA), foi avaliada a fitotoxicidade nas plantas de arroz, atribuindo-se percentuais
130 baseados na coloração, largura e crescimento da folha, onde zero representou ausência de
131 injúria e 100 morte das plantas (FRANS et al., 1986). Aos 7 e 21 DAA realizou-se a contagem
132 do número de colmos em uma área de 0,17 m² por unidade experimental, sendo os valores
133 posteriormente convertidos para colmos m⁻².

134 A estatura de plantas foi obtida através da coleta de 20 plantas em sequência na segunda
135 linha de semeadura, também aos 7 e 21 DAA, sendo mensuradas a partir do primeiro nó da base
136 do colmo até a extremidade da última folha expandida, com auxílio de uma régua. Essas
137 mesmas plantas foram secas em estufa de ventilação forçada a 65 °C para a estimativa da
138 matéria seca da parte aérea. Nesses mesmos dias, foi determinado o teor de clorofila através do
139 índice SPAD, em 10 plantas por unidade experimental, fazendo-se as medidas no terço inferior,
140 médio e superior da última folha expandida com auxílio de um clorofilômetro modelo SPAD
141 502 DL Meter, marca Minolta. A colheita foi realizada quando os grãos apresentaram grau de
142 umidade médio de 22%, em uma área útil de 4,08 m² por unidade experimental. Após a trilha,
143 limpeza e pesagem dos grãos com casca, os dados foram corrigidos para 13% de umidade e
144 convertidos para kg ha⁻¹.

145 Os parâmetros avaliados foram submetidos ao teste das pressuposições do modelo
146 matemático (normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias). A análise da variância
147 dos dados do experimento e da significância das médias do fator qualitativo (cultivares) foi
148 realizada através do teste F ($p < 0,05$). As médias do fator quantitativo (doses dos herbicidas),

149 quando significativas, foram submetidas à análise de regressão polinomial. Para os dados de
150 fitotoxicidade utilizou-se a transformação $\sqrt{(y_0+0,5)}$.

151

152 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

153 Na safra 2015/16, com a semeadura realizada no dia 21/10, as temperaturas médias
154 do solo e do ar foram de 21,7 e 20,4 °C, respectivamente, durante o período inicial de cultivo
155 do arroz (Figura 1A). Já na safra 2016/17, com a semeadura realizada mais cedo (16/09), esses
156 valores foram de 19,7 e 16,5°C (Figura 1B). A velocidade na emergência das plântulas de arroz
157 aumenta com a elevação da temperatura (SARTORI et al., 2014), sendo que a temperatura
158 ótima para germinação se encontra na faixa de 20 a 35 °C (YOSHIDA, 1981). Na segunda safra
159 transcorreram 20 dias entre a semeadura e a emergência das plântulas, possivelmente devido à
160 temperatura mais baixa e também à ausência de precipitações, sendo que foi necessária a
161 realização de uma irrigação para favorecer a emergência. Na segunda safra esse mesmo período
162 foi de nove dias.

163 Na safra 2015/16 houve significância apenas para as doses dos herbicidas nas
164 avaliações de fitotoxicidade, obtendo-se comportamento crescente do percentual em função do
165 aumento das mesmas (Figuras 2A e 2B). Aos 7 DAA observou-se um valor máximo de 7,5%
166 na maior dose aplicada, enquanto que aos 14 DAA houve um acréscimo de 1% para essa mesma
167 dose em relação à avaliação anterior. Na dose recomendada (140 g p.c. ha⁻¹), aos 7 DAA obteve-
168 se um percentual de 1,5%, e na avaliação seguinte já não se observava qualquer injúria.

169 Na safra 2016/17, além da significância para as doses, observou-se também diferença
170 entre as cultivares (Figuras 2E e 2F), não havendo interação entre os fatores. Nas avaliações
171 realizadas aos 7 e 14 DAA, a cultivar IRGA 424 RI apresentou percentual de fitotoxicidade
172 50% superior em relação à cultivar Guri INTA CL. LEVY JUNIOR et al. (2006) encontraram
173 até 78% de fitotoxicidade na cultivar tolerante CL 121, no estágio V₃-V₄, enquanto que na

174 cultivar CL 161 o valor máximo obtido foi de 13%, o que evidencia diferenças de tolerância
175 entre cultivares. No entanto, ressalta-se que no presente estudo os valores observados foram
176 baixos, sendo o percentual máximo obtido de 6,2%. Para o fator doses, o comportamento foi
177 semelhante à safra anterior (Figuras 2C e 2D), com valor máximo de 13% para a dose de 420 g
178 p.c. ha⁻¹ em ambas as avaliações. Esses resultados corroboram com MARCHESAN et al.
179 (2011), onde observou-se fitotoxicidade próxima a esse valor (17%) na cultivar tolerante IRGA
180 422 CL, com a aplicação em pré e pós-emergência da mistura formulada dos herbicidas
181 imazetapir+imazapique na dose de 75+25 g i.a. ha⁻¹.

182 Em ambas as safras, os percentuais de fitotoxicidade observados foram baixos, pouco
183 prejudiciais e recuperáveis pelas plantas, sendo que aos 21 dias após a aplicação dos herbicidas
184 já não se observava fitotoxicidade de nenhuma das doses aplicadas sobre as duas cultivares
185 estudadas. O número de colmos m⁻², estatura de plantas, matéria seca da parte aérea, índice
186 SPAD e rendimento de grãos não foram significativamente influenciados pelas doses dos
187 herbicidas, em ambas as cultivares para as duas safras estudadas (Tabela 1). Para essas
188 avaliações, houve diferença significativa apenas entre as cultivares, exceto para a matéria seca
189 da parte aérea aos 7 DAA na primeira safra e para número de colmos m⁻² aos 7 DAA e
190 rendimento de grãos na safra seguinte.

191 Cultivares de arroz tolerantes a imidazolinonas podem ter a capacidade de detoxificar
192 as moléculas dos herbicidas desse grupo químico e recuperarem-se de injúrias causadas pela
193 sua aplicação, contanto que as plantas estejam em condições ótimas para seu crescimento e
194 desenvolvimento (WEBSTER & MASSON, 2001). Sendo assim, o adequado manejo da cultura
195 como a aplicação de nitrogênio em cobertura em até cinco dias após a aplicação dos herbicidas
196 em pós-emergência, bem como o estabelecimento da lâmina de irrigação em sequência,
197 contribuem para amenizar os efeitos dos mesmos (AVILA et al., 2009). Sobre a questão da
198 recuperação, SOUSA et al. (2014) observaram que o aparato fotossintético da cultivar Puitá

199 INTA CL foi prejudicado pela aplicação das doses comerciais dos herbicidas
200 imazapir+imazapique e imazetapir+imazapique. No entanto, 30 dias após a aplicação já não se
201 observavam quaisquer danos ao metabolismo das plantas.

202 Apesar de não gerar danos severos para as duas cultivares de arroz tolerantes
203 estudadas, é importante ressaltar que herbicidas imidazolinonas possuem elevada persistência
204 no solo, sendo que sua sorção é mais elevada em solos com baixo pH e elevada matéria orgânica
205 (KRAEMER et al., 2009a). Dessa forma, a utilização de altas doses pode prejudicar a
206 implantação de culturas em sucessão e rotação ao arroz Clearfield®, como o azevém na
207 entressafra e arroz não tolerante na safra seguinte (KRAEMER et al., 2009b; BUNDT et al.,
208 2015). Portanto, recomenda-se que sejam utilizadas as doses registradas para a cultura.

209

210 **CONCLUSÃO**

211 A aplicação da mistura formulada dos herbicidas imazapir+imazapique, em solos com
212 baixo teor de matéria orgânica e pH próximo a 6, causa baixa fitotoxicidade às cultivares de
213 arroz tolerantes Guri INTA CL e IRGA 424 RI em até três vezes a dose recomendada, não
214 influenciando seu rendimento de grãos.

215

216 **REFERÊNCIAS**

217 ALVARES, C.A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische**
218 **Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013. Disponível em:
219 <http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares_etal_2014.pdf>. Acesso em: 6 mar. 2017.
220 doi: 10.1127/0941-2948/2013/0507.

221 AVILA, L. A. et al. Época de aplicação de nitrogênio e de início da irrigação na fitotoxicidade
222 causada pela aplicação de imidazolinonas em arroz tolerante. **Ciência Rural**, v.39, n.6, p.1647-
223 1652, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103->

- 224 84782009000600003&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 6 mar. 2017. doi:
225 10.1590/S0103-84782009005000118.
- 226 AVILA, L.A. et al. Assessment of acetolactate synthase (ALS) tolerance to imazethapyr in red
227 rice ecotypes (*Oryza spp.*) and imidazolinone tolerant/resistant rice (*Oryza sativa*) varieties.
228 **Pest Management Science**, v.61, p.171-178, 2005. Disponível em:
229 <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ps.966/abstract>>. Acesso em: 10 mar. 2017. doi:
230 10.1002/ps.966.
- 231 BUNDT, A.D.C. et al. Carryover of imazethapyr + imazapic on ryegrass and non-tolerant rice
232 as affected by thickness of soil profile. **Planta Daninha**, v.33, n.2, p.357-364, 2015. Disponível
233 em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582015000200357>.
234 Acesso em: 12 mar. 2017. doi: 10.1590/0100-83582015000200022.
- 235 COUNCE, P.A. et al. A uniform, objective and adaptive system for expressing rice
236 development. **Crop Science**, n.40, p.436-443, 2000. Disponível em:
237 <<https://dl.sciencesocieties.org/publications/cs/abstracts/40/2/436>>. Acesso em: 10 mar. 2017.
238 doi: 10.2135/cropsci2000.402436x.
- 239 FRANS, R. et al. Experimental design and techniques for measuring and analysing plant
240 responses to weed control practices: In: CAMPER, N. D. (Coord.). **Research methods in weed**
241 **science**. 3. ed. Las Cruces: USA Southern Weed Science Society, 1986. p.29-46.
- 242 GROHS, M. et al. Attenuation of low-temperature stress in rice seedlings. **Pesquisa**
243 **Agropecuária Tropical**, v.46, n.2, p.197-205, 2016. Disponível em:
244 <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-40632016000200197>.
245 Acesso em: 10 mar. 2017. doi: 10.1590/1983-40632016v4640436.
- 246 IRGA. **As 10 cultivares mais plantadas no Rio Grande do Sul – Safra 2016/17**.
247 Cachoeirinha: Política Setorial, 2017. Disponível em:

- 248 <http://www.irga.rs.gov.br/upload/20170321160530cultivares_rs_2016_17.pdf>. Acesso em:
249 24 mar. 2017.
- 250 KRAEMER, A.F. et al. Destino ambiental dos herbicidas do grupo das imidazolinonas –
251 revisão. **Planta Daninha**, v.27, n.3, p.629-639, 2009a. Disponível em: <
252 http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582009000300025>.
253 Acesso em: 15 mar. 2017. doi: 10.1590/S0100-83582009000300025.
- 254 KRAEMER, A.F. et al. Persistência dos herbicidas imazethapyr e imazapic em solo de várzea
255 sob diferentes sistemas de manejo. **Planta Daninha**, v.27, n.3, p.581-588, 2009b. Disponível
256 em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582009000300020>.
257 Acesso em: 15 mar. 2017. doi: 10.1590/S0100-83582009000300020.
- 258 LEVY JUNIOR et al. Imidazolinone-tolerant rice response to imazethapyr application. **Weed**
259 **Technology**, v.20, n.2, p.389-393, 2006. Disponível em:
260 <<http://www.bioone.org/doi/abs/10.1614/WT-05-118R.1>>. Acesso em: 10 mar. 2017. doi:
261 10.1614/WT-05-118R.1.
- 262 MARCHESAN, E. et al. Produtividade, fitotoxicidade e controle de arroz-vermelho na
263 sucessão de cultivo de arroz irrigado no Sistema CLEARFIELD®. **Ciência Rural**, v. 41, n.1,
264 p.17-24, 2011. Disponível em:
265 <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782011000100004>.
266 Acesso em: 10 mar. 2017. doi: 10.1590/S0103-84782011000100004.
- 267 NORSWORTHY, J.K. et al. Weed management practices and needs in Arkansas and
268 Mississippi rice. **Weed Technology**, v.27, n.3, p.623-630, 2013. Disponível em:
269 <<http://www.bioone.org/doi/pdf/10.1614/WT-D-12-00172.1>>. Acesso em: 25 maio 2017. doi:
270 10.1614/WT-D-12-00172.1.
- 271 SARTORI, G.M.S. et al. Germinação de arroz irrigado e de biótipos de arroz-vermelho
272 submetidas a diferentes temperaturas. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, n.2, p.319-126,

273 2014. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1806-](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1806-66902014000200013&lng=en&nrm=iso&tlng=pt)
274 66902014000200013&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 10 mar. 2017. doi:
275 10.1590/S1806-66902014000200013.

276 SOSBAI. **Arroz Irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil. Santa
277 Maria: Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado, 2014. 189p.

278 SOUSA, C.P. et al. Chlorophyll a fluorescence in rice plants exposed of herbicides of group
279 imidazolinone. **Planta Daninha**, v.32, n.1, p.141-150, 2014. Disponível em:
280 <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582014000100016>.
281 Acesso em: 15 mar. 2017. doi: 10.1590/S0100-83582014000100016.

282 SUDIANTO, E. et al. Clearfield® rice: Its development, success, and key challenges on
283 a global perspective. **Crop Protection**, v.49, p.40-51, 2013. Disponível em:
284 <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219413000495>>. Acesso em: 9 mar.
285 2017. doi: 10.1016/j.cropro.2013.02.013.

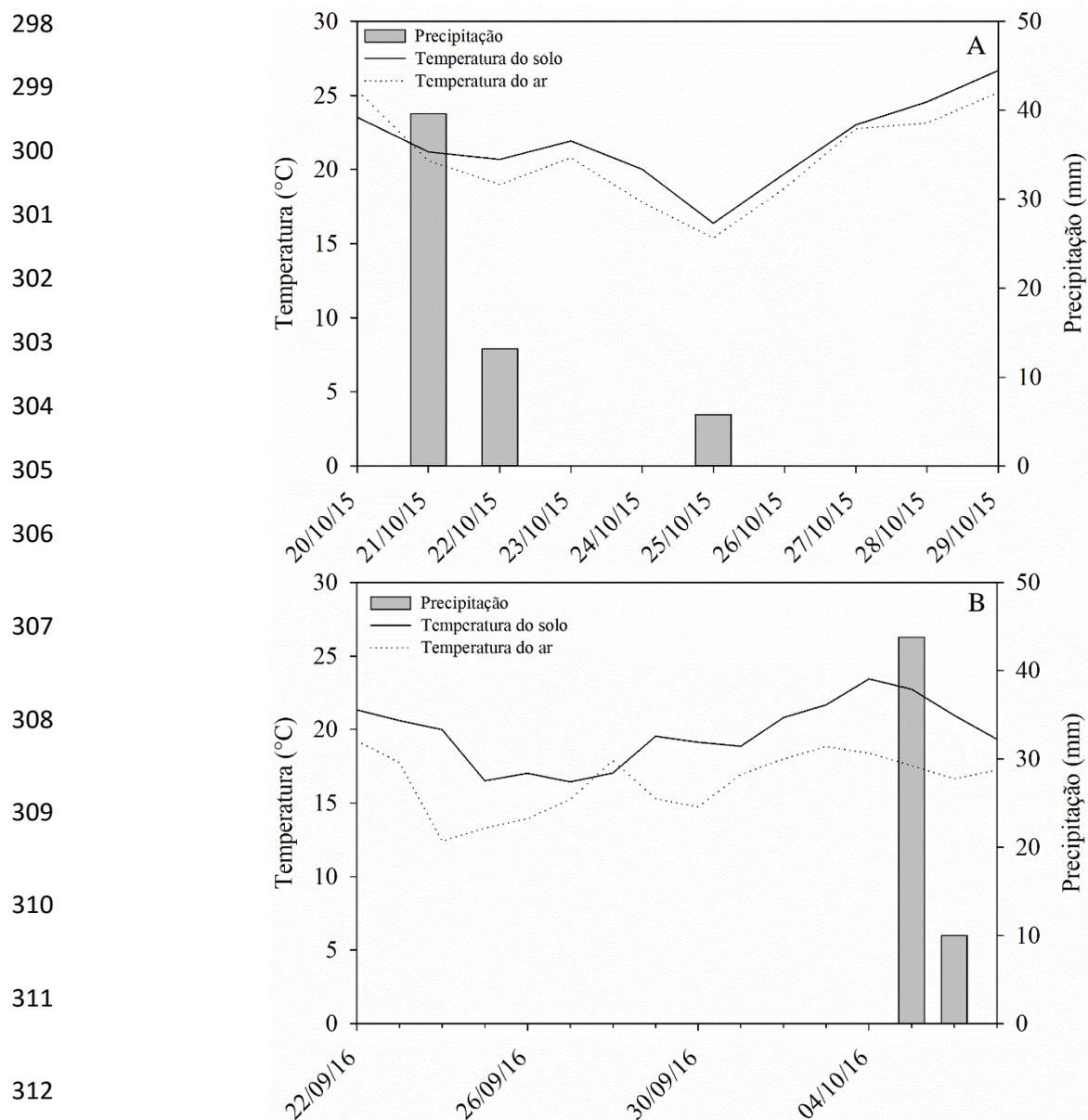
286 TAN, S. et al. Imidazolinone-tolerant crops: history, current status and future. **Pest**
287 **Management Science**, v.61, p.246-257, 2005. Disponível em:
288 <<https://pubag.nal.usda.gov/pubag/downloadPDF.xhtml?id=6812&content=PDF>>. Acesso
289 em: 9 mar. 2017. doi: 10.1002/ps.993.

290 WEBSTER, E.P.; MASSON, J.A. Acetolactate synthase-inhibiting herbicides on
291 imidazolinone-tolerant rice. **Weed Science**, v.49, p.652-657, 2001. Disponível em:
292 <<http://www.bioone.org/doi/full/10.1614/WS-D-15-00014.1>>. Acesso em: 3 fev. 2017. doi:
293 10.1614/WS-D-15-00014.1.

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

296

297



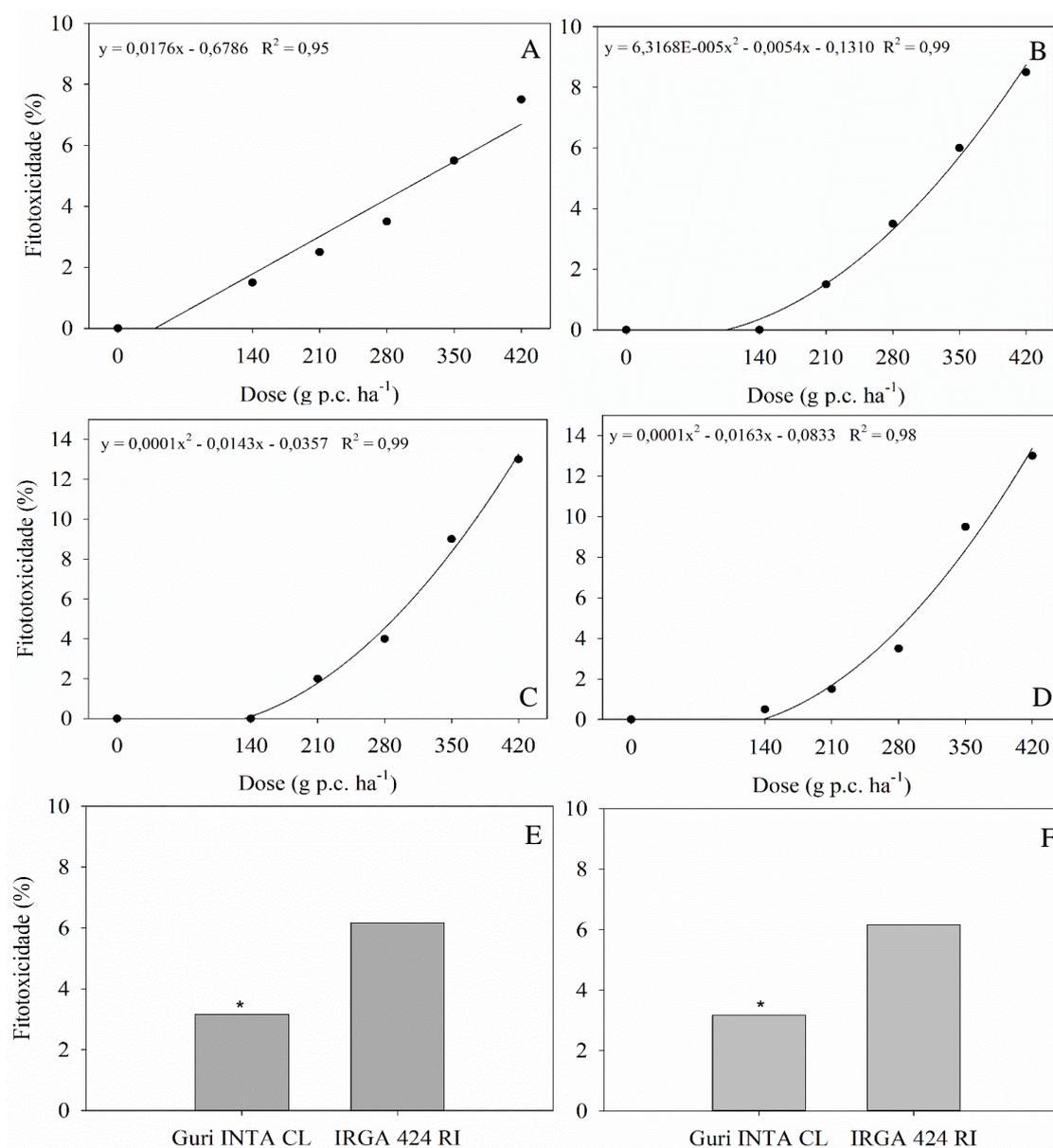
313 Figura 1 - Temperatura média diária do solo, na camada de 0-0,05 m, temperatura média diária
 314 do ar e precipitação pluvial durante o período inicial de cultivo do arroz irrigado nas safras
 315 2015/16 (A) e 2016/17 (B) (Santa Maria-RS. 2017).

316

317

318

319



320

321 Figura 2 - Fitotoxicidade aos 7 (A) e 14 (B) dias após a aplicação no estágio V₃ (DAA) na safra
 322 2015/16 e 7 (C) e 14 (D) DAA na safra 2016/17 de diferentes doses da mistura formulada dos
 323 herbicidas imazapir+imazapique em arroz tolerante, e fitotoxicidade aos 7 (E) e 14 (F) DAA
 324 em duas cultivares de arroz tolerantes na safra 2016/17 (Santa Maria-RS. 2017). *Médias
 325 diferem entre si pelo teste F (p<0,05).

326

327

328 Tabela 1 – Número de colmos por metro quadrado, estatura de plantas, matéria seca da parte
 329 aérea (MSPA) e índice SPAD, aos 7 e 21 dias após a aplicação dos herbicidas no estágio V₃
 330 (DAA), e rendimento de grãos (RG) de duas cultivares de arroz irrigado tolerantes a herbicidas
 331 imidazolinonas, safras 2015/16 e 2016/17 (Santa Maria-RS. 2017).

-----Safrá 2015/16-----									
Cultivar	Colmos m ⁻²		Estatura (cm)		MSPA (g planta ⁻¹)		Índice SPAD		RG (kg ha ⁻¹)
	7 DAA	21 DAA	7 DAA	21 DAA	7 DAA	21 DAA	7 DAA	21 DAA	
Guri INTA CL	488*	1049*	29,8*	45,5*	0,179 ^{ns}	1,274*	33,2*	37,2*	9378 *
IRGA 424 RI	557	1365	26,2	36,5	0,174	1,06	31,6	35,6	10022
Média	523	1207	28	41	0,177	1,167	32,4	36,4	9705
CV (%)	21,6	15,7	5,4	6,9	16,7	23,3	3,7	3,7	8,2
-----Safrá 2016/17-----									
Guri INTA CL	264 ^{ns}	840*	24,1*	41,1*	0,094*	0,706*	31,9*	36,5*	11327 ^{ns}
IRGA 424 RI	265	932	21	34,5	0,07	0,512	29,9	35,3	10978
Média	265	886	22,5	37,8	0,084	0,609	30,9	35,9	11153
CV (%)	21,2	15,1	6,6	4,1	20,4	23,7	2,6	5,5	10

332 *Médias diferem entre si na coluna pelo teste F (p<0,05). ^{ns} Não significativo pelo teste F.

333

334

335

336

337

338

339

340

341

342

343

344

1 3 ARTIGO II

2 **Persistência de imazapir+imazapique em área de arroz irrigado e efeito sobre soja** 3 **em função da drenagem e fitorremediação na entressafra**

4

5 **Resumo:** O resíduo de herbicidas imidazolinonas no solo pode ser prejudicial para o
6 cultivo de soja em rotação ao arroz Clearfield®. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi
7 de avaliar a capacidade de fitorremediação do resíduo de imazapir+imazapique no solo
8 por azevém, em duas condições de drenagem da área na entressafra, e o efeito sobre o
9 crescimento da soja. Conduziram-se dois experimentos entre os anos de 2016 e 2017, no
10 município de Santa Maria, RS, Brasil. Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados,
11 em um fatorial 3x2, sendo o primeiro fator o resíduo no solo das doses de 0, 210 e 420 g
12 p.c. ha⁻¹ da mistura formulada dos herbicidas imazapir+imazapique (525+175 g i.a. kg⁻¹)
13 aplicados no arroz na safra 2015/16, e o segundo fator a presença ou ausência do azevém
14 na entressafra. Um dos experimentos foi conduzido sob condição de drenagem deficiente
15 na entressafra, e o outro sob drenagem eficiente. O resíduo no solo da aplicação de 420 g
16 p.c. ha⁻¹ dos herbicidas imazapir+imazapique, realizada 129 dias antes da semeadura,
17 causa fitotoxicidade e redução na matéria seca do azevém em condição de drenagem
18 deficiente na entressafra em áreas de arroz irrigado. A soja, quando semeada 359 dias
19 após a aplicação, tem seu crescimento inicial de raiz e parte aérea prejudicados pelo
20 resíduo das doses de 210 e 420 g p.c. ha⁻¹ em condição de drenagem deficiente na
21 entressafra, independentemente do cultivo de azevém nesse mesmo período. No entanto,
22 o rendimento de grãos não é afetado.

23 Palavras-chave: *Lolium multiflorum*, *Glycine max*, imidazolinonas, resíduo

24

INTRODUÇÃO

25

26 O sistema Clearfield® tem sido amplamente utilizado em lavouras de arroz
27 irrigado com objetivo de controlar plantas daninhas de difícil controle, como o arroz
28 daninho e o capim arroz (Sudianto et al. 2013; Kraehmer et al. 2015). No entanto, o uso
29 contínuo de herbicidas do grupo químico das imidazolinonas tem levado ao surgimento
30 de casos de resistência, dificultando o manejo da lavoura.

31

A introdução da soja em áreas tradicionalmente cultivadas com arroz irrigado do
32 sistema Clearfield® é alternativa para reduzir os danos da ocorrência de plantas daninhas
33 resistentes nessas áreas de cultivo. Entretanto, as imidazolinonas possuem elevada
34 persistência no solo, o que pode comprometer o sucesso da introdução de culturas em
35 rotação ao arroz tolerante (Pinto et al. 2009a; Souza et al. 2016). A persistência desses
36 herbicidas é regulada por sua sorção, que por sua vez é influenciada pela temperatura e
37 umidade, pH da solução, teor de matéria orgânica e textura do solo (Kraemer et al. 2009b).
38 Da mesma forma, as características intrínsecas das moléculas imidazolinonas interferem
39 em sua persistência, pois enquanto o imazamox possui meia-vida de 9,8 dias, para
40 imazetapir esse período é estimado em 112 dias (Aichele e Penner 2005). Para imazapir,
41 esses valores variam entre 22 e 30 dias e para imazapic, entre 21 e 39 (Bajrai et al. 2017).

42

A umidade do solo tem fundamental importância sobre a persistência de
43 herbicidas imidazolinonas, pois influencia na degradação dos mesmos, uma vez que a
44 maioria das moléculas desse grupo são preferencialmente degradadas por
45 microrganismos aeróbicos (Kraemer et al. 2009b; Martini et al. 2011). Em azevém, o
46 maior grau umidade promoveu maior fitotoxicidade às plantas em solo com resíduo de
47 imazetapir+imazapique (Avila et al. 2010), comprovando o efeito dessa condição na
48 menor adsorção e degradação dos herbicidas no solo. A importância da umidade do solo

49 no contexto das áreas de produção de arroz irrigado está relacionada à drenagem
50 deficiente e baixa oxigenação do solo no período de outono-inverno, o que favorece a
51 maior persistência das imidazolinonas. Essa condição pode comprometer a introdução de
52 culturas em sucessão e rotação nessas áreas.

53 Técnicas de fitorremediação, onde se utilizam espécies com capacidade de
54 remover, imobilizar ou transformar contaminantes específicos, são importantes
55 ferramentas para a redução da persistência de herbicidas no solo. Alguns estudos apontam
56 para o uso de espécies como *Brachiaria brizantha* para fitorremediação de picloram
57 (Braga et al. 2016) e *Dolichos lablab*, *Canavalia ensiformis* e *Crotalaria juncea* para
58 sulfentrazone (Madalão et al. 2013). Em áreas de arroz irrigado com resíduo de
59 imidazolinonas, o azevém se destaca como cultura de entressafra potencial para
60 fitorremediação, em virtude de sua adaptabilidade a solos hidromórficos e por reduzir a
61 fitotoxicidade de imazetapir+imazapique em arroz não tolerante (Souto et al. 2015).

62 Diante do contexto, a utilização de fitorremediação durante a entressafra, bem
63 como o estudo da influência da umidade do solo sobre a dinâmica dos resíduos de
64 herbicidas imidazolinonas é necessário quando se busca a introdução de culturas em
65 rotação ao arroz do sistema Clearfield®, como a soja. Sendo assim, esse trabalho teve por
66 objetivo avaliar a capacidade de fitorremediação do resíduo de imazapir+imazapique no
67 solo por azevém, em duas condições de drenagem da área na entressafra, e o efeito sobre
68 o crescimento da soja.

69

70

MATERIAL E MÉTODOS

71 Foram conduzidos dois experimentos em campo, na entressafra de 2016 e safra
72 agrícola de 2016/17, no município de Santa Maria (29°43'S 53°43'W, 89 m de altitude),

73 no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. O solo da área experimental é classificado como
74 Planossolo Háplico Eutrófico arênico (Embrapa 2014b), com as seguintes características
75 químicas na camada de 0 a 0,1 m: pH água (1:1) = 5,8; CTC efetiva = 7,6 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$;
76 saturação de bases = 63,7%; saturação por Al = 0; matéria orgânica = 2%; argila = 25%;
77 P-Mehlich = 12,8 mg dm^{-3} ; K = 68 mg dm^{-3} ; Ca = 5,3 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Mg = 2,2 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.
78 O clima da área é caracterizado, segundo a classificação de Köppen, como subtropical
79 úmido (Cfa) (Alvares 2013).

80 O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em um
81 fatorial 3x2, com cinco repetições. O fator A foi composto pelo resíduo da mistura
82 formulada dos herbicidas imazapir+imazapique (525+175 g i.a. kg^{-1}) no solo, nas doses
83 de 0, 210 e 420 g p.c. ha^{-1} , aplicadas no arroz irrigado na safra 2015/16, sendo 50% da
84 dose aplicada em pré e o restante em pós-emergência da cultura. O fator B foi composto
85 pela presença ou ausência do azevém na entressafra. A vegetação espontânea nas
86 unidades experimentais sem azevém foi controlada ao longo da entressafra utilizando-se
87 o herbicida glifosato, na dose de 1500 g e.a. ha^{-1} . As dimensões das unidades
88 experimentais foram de 4x4 m (16 m^2).

89 Os experimentos foram conduzidos em duas áreas com condições de umidade do
90 solo distintas ao longo da entressafra, no entanto a aplicação dos herbicidas no arroz na
91 safra anterior ocorreu de forma semelhante. A partir da emergência do azevém, em uma
92 das áreas preconizou-se uma drenagem eficiente, com a construção de drenos
93 contornando o experimento, enquanto que na outra área foi mantida uma condição de
94 drenagem deficiente, com a umidade do solo acima de 70% da capacidade de campo.
95 Devido à baixa precipitação pluvial, foram necessárias quatro irrigações ao longo da
96 entressafra para que fosse mantida essa condição. A umidade do solo foi monitorada

97 através de sensores conectados a um datalogger modelo HOBO U30, marca Onset,
98 posicionados na camada de 0-0,05 m do solo. Os dados obtidos, juntamente com a
99 precipitação pluvial durante esse período, encontram-se na Figura 1.

100 A colheita do arroz na safra 2015/16 foi realizada em condição de solo seco, sem
101 necessidade de preparo posterior. O azevém foi semeado a lanço, na densidade de 30 kg
102 ha⁻¹, sobre a palha do arroz, no dia 24/03/16 (129 dias após a aplicação dos herbicidas).
103 Utilizou-se adubação nitrogenada de 30 kg ha⁻¹ aos 30 e 60 dias após a emergência. As
104 plantas foram dessecadas 158 dias após a emergência (59 dias antes da semeadura da
105 soja) com o herbicida glifosato, na dose de 1500 g e.a. ha⁻¹. A soja foi semeada no dia
106 08/11/16 (359 dias após a aplicação dos herbicidas), utilizando-se a cultivar BMX
107 Valente RR, na densidade de 28 sementes m⁻². A adubação de base utilizada foi de 21,5
108 kg ha⁻¹ de N, 86 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 86 kg ha⁻¹ de K₂O. Os demais tratamentos culturais foram
109 conduzidos conforme recomendações técnicas para a cultura (Embrapa 2014a).

110 A fitotoxicidade nos cultivos de azevém e soja foi avaliada aos 20 dias após a
111 emergência das plantas. Foram atribuídos percentuais de fitotoxicidade baseados na
112 coloração, largura e crescimento das folhas, onde zero representou ausência de injúria e
113 100 a morte das plantas (Frans et al. 1986). No dia da dessecação do azevém, foram
114 coletadas duas amostras de plantas de 0,25 m² em cada unidade experimental. As
115 amostras foram secas em estufa de ventilação forçada a 65 °C para a determinação da
116 matéria seca da parte aérea.

117 Nos estádios fenológicos V₃ e R₁ da soja (Fehr e Caviness 1977), coletou-se um
118 monolito de solo, na segunda linha de semeadura de cada unidade experimental, contendo
119 cinco plantas. Posteriormente, os monolitos foram lavados em água corrente para a
120 retirada das plantas sem danos às raízes, sendo desprezadas as plantas de cada

121 extremidade. As demais foram cortadas, separando-se a parte aérea das raízes. A estatura
122 das plantas foi mensurada a partir da base do caule até a inserção do último trifólio, com
123 auxílio de uma régua. Posteriormente, a parte aérea foi seca em estufa de circulação
124 forçada a 65 °C para a estimativa da matéria seca.

125 As raízes foram digitalizadas em escâner de alta resolução (Epson Expression
126 11000 XL), e as imagens obtidas foram processadas no software Winrhizo PRO, obtendo-
127 se o número de pontas, comprimento e volume de raízes por planta. No estágio R₁, os
128 nódulos foram separados das raízes e secos em estufa para a estimativa da matéria seca.
129 Ao final do ciclo da cultura da soja, foi realizada a colheita em uma área de 6 m² por
130 unidade experimental. Após a limpeza e pesagem dos grãos, os dados foram corrigidos
131 para 13% de umidade e convertidos para kg ha⁻¹.

132 As variáveis analisadas foram submetidas ao teste das pressuposições do modelo
133 matemático (normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias). A análise da
134 variância dos dados do experimento e da significância das médias do fator qualitativo
135 (presença ou ausência de azevém) foi realizada através do teste F (p<0,05). As médias do
136 fator quantitativo (resíduo das doses dos herbicidas), quando significativas, foram
137 submetidas à análise de regressão polinomial. Para os dados de fitotoxicidade no azevém
138 utilizou-se a transformação arco seno $\sqrt{[(y_0+0,5)/100]}$.

139

140

RESULTADOS E DISCUSSÃO

141 Houve comportamento linear crescente da fitotoxicidade no azevém em função
142 do aumento do resíduo dos herbicidas no solo, tanto no experimento com drenagem
143 deficiente (Figura 2a) como no experimento com drenagem eficiente (Figura 2b) na

144 entressafra. No primeiro, o percentual máximo encontrado foi de 17% na maior dose (420
145 g p.c. ha⁻¹), enquanto que no segundo o maior valor foi de 8%.

146 O efeito do resíduo dos herbicidas também foi constatado na matéria seca da parte
147 aérea, onde na condição de drenagem deficiente houve um decréscimo de cerca de 1400
148 kg ha⁻¹ na maior dose, em relação à dose zero (Figura 2c). No entanto, na dose de 210 g
149 p.c. ha⁻¹ não se observou diferença significativa em relação à essa mesma dose. Esses
150 resultados corroboram com os de Avila et al. (2010), onde a mistura formulada dos
151 herbicidas imazetapir+imazapique causou maior fitotoxicidade e menores resultados de
152 estatura e matéria seca do azevém em condição de maior umidade do solo. Pinto et al.
153 (2009b) também ressaltam que há redução linear na matéria seca dessa cultura em função
154 do aumento do resíduo das doses desses herbicidas, aplicados no arroz na safra anterior.
155 Segundo Bundt et al. (2015), a semeadura realizada 128 dias após a aplicação causa
156 redução da matéria seca de azevém, o que corrobora com o presente estudo, onde a cultura
157 foi semeada 129 dias após a aplicação. No experimento com drenagem eficiente não foi
158 constatada diferença significativa (Figura 2d).

159 Foi observada interação entre os fatores no experimento com drenagem deficiente
160 para a avaliação de fitotoxicidade na soja (Figura 3a). Os maiores percentuais,
161 independente do resíduo, foram observados onde havia azevém na entressafra, sendo que
162 o maior resíduo proporcionou valores de 32 e 40% de fitotoxicidade na área sem e com
163 azevém, respectivamente. No experimento com drenagem eficiente, apenas o resíduo das
164 doses foi significativo, sendo o valor máximo encontrado de 9% (Figura 3b).

165 Para as avaliações de matéria seca da parte aérea e estatura de plantas no estágio
166 V₃, na condição de drenagem deficiente houve redução linear nessas variáveis conforme
167 o aumento do resíduo dos herbicidas (Figuras 3c e 3e). Para a primeira avaliação, houve

168 interação entre os fatores, e a redução foi observada onde não havia azevém na
169 entressafra. Já para a estatura, apenas os resíduos das doses foram significativos, sendo
170 que os mesmos proporcionaram redução de cerca de 12% em relação à dose zero. Para a
171 cultura do milho, essa redução pode ser de até 62% quando a aplicação dos herbicidas
172 imazetapir+imazapique ocorre 360 dias antes da semeadura (Pinto et al. 2009a), e de 35%
173 em aplicação 1100 dias antes da semeadura (Sousa et al. 2012).

174 No experimento com drenagem eficiente na entressafra, apenas o fator azevém
175 apresentou significância nessas duas avaliações. Na área onde havia a cultura, houve
176 redução de aproximadamente 18% na matéria seca da parte aérea, em relação à área sem
177 azevém (Figura 3d). Já na estatura de plantas, a área com azevém apresentou os maiores
178 resultados (Figura 3f), possivelmente devido ao estiolamento que ocorreu no período
179 inicial de crescimento da soja em virtude da palha remanescente do azevém, a qual não
180 sofreu nenhum tipo de manejo que a colocasse em maior contato com o solo antes da
181 semeadura da soja.

182 No estágio R_1 , o comportamento da matéria seca da parte aérea e estatura de
183 plantas foi semelhante ao da avaliação em V_3 , com redução dessas variáveis em função
184 do aumento do resíduo dos herbicidas na condição de drenagem deficiente na entressafra
185 (Figuras 4a e 4e). Para o maior resíduo, observou-se redução de aproximadamente 38 e
186 16% para matéria seca e estatura, respectivamente, em relação à dose zero. O fator
187 azevém também foi significativo, no entanto não houve interação entre os fatores, sendo
188 que o mesmo reduziu a matéria seca e a estatura das plantas de soja (Tabela 1).

189 Houve interação entre os fatores para a matéria seca de nódulos no estágio R_1 , no
190 experimento com drenagem deficiente (Figura 4c). A área com azevém na entressafra
191 apresentou decréscimo nessa variável no maior resíduo dos herbicidas em relação ao

192 resíduo da dose de 210 g p.c. ha⁻¹. Em relação à condição de drenagem eficiente na
193 entressafra, não houve significância para os fatores nas variáveis matéria seca da parte
194 aérea e matéria seca de nódulos (Figuras 4b e 4d). Para estatura de plantas, a presença do
195 azevém resultou em redução nessa variável (Figura 4f).

196 Nas avaliações relacionadas ao sistema radicular das plantas de soja, o resíduo
197 dos herbicidas resultou em aumento do número de pontas de raízes na condição de
198 drenagem deficiente (Figura 5a). Esse aumento se deve possivelmente ao sintoma dos
199 herbicidas inibidores da ALS nas raízes conhecido como “escova de garrafa”. Segundo
200 Clay (2013), as plantas expressam esse sintoma a partir de 7 a 10 dias após a exposição
201 aos herbicidas, no entanto o efeito é temporário, não afetando o rendimento de grãos da
202 cultura. Já no experimento com drenagem eficiente, não foi observado efeito de nenhum
203 dos fatores sobre essa variável (Figura 5b).

204 Para o comprimento total de raízes, houve interação entre os fatores na condição
205 de drenagem deficiente. A presença do azevém na entressafra resultou em redução de
206 cerca de 23,5% nessa variável onde havia resíduo das doses dos herbicidas (Figura 5c).
207 Nesse mesmo ambiente, o volume de raízes foi reduzido em cerca de 28% nos resíduos
208 em relação à dose zero (Figura 5e). Da mesma forma, a presença do azevém na entressafra
209 reduziu em 20% o volume de raízes quando comparado à área sem a cultura (Tabela 1),
210 no entanto não houve interação entre os dois fatores. No experimento com drenagem
211 eficiente, não foi observada significância dos fatores para essas duas variáveis (Figuras
212 5d e 5f).

213 Nas avaliações de raízes realizadas no estágio R₁, não foi constatada significância
214 para nenhum dos fatores em todas as variáveis analisadas para ambos os experimentos
215 (Figura 6). Isso sugere que as plantas de soja tiveram capacidade de se recuperar das

216 injúrias causadas pelos resíduos dos herbicidas no sistema radicular ao longo de seu
217 crescimento e desenvolvimento. Dentre culturas como feijão, trigo e milho, a soja mostra-
218 se como a menos sensível ao resíduo no solo dos herbicidas imazapir+imazapique
219 (Ulbrich et al. 2005), o que possivelmente explica essa recuperação.

220 O rendimento de grãos de soja não foi influenciado pelo resíduo das doses dos
221 herbicidas, em ambos os experimentos (Tabela 1), o que reforça a capacidade de
222 recuperação das plantas quando expostas a essa condição. Resultados semelhantes são
223 encontrados em arroz irrigado não tolerante a imidazolinonas, onde apesar de os resíduos
224 de imazetapir e imazapique terem influência negativa sobre o estande de plantas,
225 perfilhamento e número de panículas, o rendimento de grãos não foi prejudicado
226 (Kraemer et al. 2009 a). No entanto, Marchesan et al. (2010) ressaltam em seu estudo que
227 o rendimento de grãos do arroz não foi afetado apenas após 705 dias decorrentes da
228 aplicação dos herbicidas, e que aos 371 dias ainda houve efeito sobre essa variável.

229 A presença do azevém na entressafra influenciou no rendimento de grãos no
230 experimento com drenagem eficiente, sendo que nessa condição houve redução de
231 aproximadamente 360 kg ha⁻¹ quando comparado à área onde não havia azevém. Essa
232 cultura teve influência sobre mais variáveis nesse estudo de forma isolada,
233 proporcionando resultados inferiores em relação à permanência da área sem cobertura
234 durante a entressafra. Uma das explicações para esse fato pode estar relacionada à
235 imobilização de nitrogênio. A decomposição da palha e liberação desse nutriente é
236 regulada pela relação C/N, portanto gramíneas, que possuem essa relação elevada, tendem
237 a imobilizar temporariamente o nitrogênio (Acosta et al. 2014). Além disso, existe a
238 possibilidade de liberação de compostos de efeito alelopático pelo azevém, que segundo

239 Nóbrega et al. (2009) reduzem a emergência de plântulas e a massa fresca de hypocótilos
240 de soja.

241 O azevém também induziu resultados inferiores em interação com o resíduo dos
242 herbicidas para as variáveis fitotoxicidade, comprimento total de raízes no estágio V₃ e
243 matéria seca de nódulos no estágio R₁, o que sugere que essa espécie não seja a mais
244 indicada como fitorremediadora desses herbicidas para o cultivo de soja em rotação ao
245 arroz Clearfield®. Possivelmente a manutenção de uma maior umidade do solo ao longo
246 da safra promovida pela palha do azevém, aliada à maior umidade durante a entressafra
247 na condição de drenagem deficiente, tenha proporcionado maior solubilização e menor
248 degradação dos resíduos desses herbicidas, visto que os mesmos são preferencialmente
249 degradados por microrganismos aeróbicos (Martini et al. 2011).

250 A diferença no grau de umidade do solo entre os dois experimentos ao longo da
251 entressafra foi determinante no comportamento das culturas (Figura 1). O efeito do
252 resíduo das doses dos herbicidas foi mais acentuado, tanto no azevém como na soja, no
253 experimento com drenagem deficiente. Provavelmente houve menor degradação desses
254 herbicidas nessa condição em virtude da menor oxigenação do solo e conseqüentemente
255 menor atividade de microrganismos aeróbicos. No entanto, cabe ressaltar que para
256 imazapir a degradação em solo sob condições de anaerobiose é maior (Wang et al. 2006),
257 o que sugere que no presente estudo o herbicida com maior contribuição para
258 fitotoxicidade no azevém e na soja foi o imazapique. Além disso, a condição de drenagem
259 eficiente pode ter proporcionado maior ascensão dos herbicidas no solo juntamente com
260 a água, de camadas mais profundas para camadas superficiais, onde há maior atividade
261 microbiana, o que pode ter resultado em maior degradação. Firmino et al. (2008a)

262 identificaram comportamento ascendente do herbicida imazapir no solo, atribuído à
263 evaporação que gerou movimento da água por capilaridade no perfil.

264 A alta solubilidade em água de herbicidas imidazolinonas também pode ter
265 contribuído para uma maior disponibilidade de imazapir e imazapique na condição de
266 drenagem deficiente, aliada ao baixo teor de argila e matéria orgânica do solo, além do
267 pH de 5,8 na camada de 0 a 0,1 m que proporcionaram baixa sorção dos mesmos à matriz
268 do solo. A sorção de imazapir está diretamente relacionada com a matéria orgânica, argila
269 e presença de óxidos de ferro no solo, sendo o pH pouco relacionado à essa característica
270 (Firmino et al. 2008b). Segundo estudo de Aichele e Penner (2005), foi encontrado maior
271 percentual de imazamox, imazetapir e imazaquin em solução do solo com pH 7 em
272 relação à uma solução com pH 5, o que reforça a relação inversa entre pH e sorção de
273 alguns herbicidas imidazolinonas.

274 Em áreas de arroz irrigado onde se utilizam herbicidas do grupo químico das
275 imidazolinonas, recomenda-se que seja realizada a drenagem do solo ao longo da
276 entressafra, de forma a estimular a degradação dos resíduos e minimizar os danos em
277 culturas sucessoras ao arroz tolerante, como o azevém na entressafra e a soja na safra
278 seguinte. Da mesma forma, a escolha de materiais genéticos que possuam maior
279 tolerância ao déficit e ao excesso hídrico também se faz importante, de forma a reduzir
280 estresses às plantas que podem potencializar a fitotoxicidade dos herbicidas.

281

282

CONCLUSÕES

283 O resíduo no solo da aplicação de 420 g p.c. ha⁻¹ da mistura formulada dos
284 herbicidas imazapir+imazapique, realizada 129 dias antes da semeadura, causa

285 fitotoxicidade e redução na matéria seca do azevém em condição de drenagem deficiente
286 na entressafra em áreas de arroz irrigado.

287 A soja, quando semeada 359 dias após a aplicação, tem seu crescimento inicial de
288 raiz e parte aérea prejudicados pelo resíduo das doses de 210 e 420 g p.c. ha⁻¹ em condição
289 de drenagem deficiente na entressafra, independentemente do cultivo de azevém nesse
290 mesmo período. No entanto, o rendimento de grãos não é afetado.

291

292

293

294

295

296

297

298

299

300

301

302

303

304

305

306

307

308

REFERÊNCIAS

309

310 Acosta, J. A. A., Amado, T. J. C., Silva, L. S., Santin, A., e Weber, M. A. (2014).
311 Decomposição da fitomassa de plantas de cobertura e liberação de nitrogênio em função
312 da quantidade de resíduo aportada ao solo sob sistema plantio direto. *Ciência Rural*, 44,
313 801-809. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782014005000002>.

314 Aichele, T. M. e Penner, D. (2005). Adsorption, desorption, and degradation of
315 imidazolinones in soil. *Weed Technology*, 19, 154-159. [https://doi.org/10.1614/WT-04-](https://doi.org/10.1614/WT-04-057R)
316 057R.

317 Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. M., e Sparovek, G. (2013).
318 Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22, 711-728.
319 <https://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

320 Avila, L. A., Marchezan, M., François, T., Cezimbra, D. M., Souto, K. M., e Refatti, J. P.
321 (2010). Toxicidade da mistura formulada e imazethapyr e imazapic sobre o azevém em
322 função do teor de umidade do solo. *Planta Daninha*, 28, 1041-1046.
323 <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582010000500012>.

324 Bajrai, F. S. M., Ismail, B. S., Mardiana-Jansar, K., e Omar, R. (2017). Persistence of
325 Imazapic and Imazapyr in Paddy Soil and Water. *International Journal of Advances in*
326 *Agricultural and Environmental Engineering*, 4, 12-15.
327 <https://doi.org/10.15242/IJAAEE.EAP117210>.

328 Braga, R. R., Santos, J. B., Zanuncioc, J. C., Bibiano, C. S., Ferreira, E. A., Oliveira, M.
329 C., Silva, D. V., e Serrão, J. E. (2016). Effect of growing *Brachiaria brizantha* in
330 phytoremediation of picloram under different pH environments. *Ecological Engineering*,
331 94, 102-106. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.05.050>.

- 332 Bundt, A. D. C., Avila, L. A., Agostinetto, D., Nohatto, M. A., e Vargas, H. C. (2015).
333 Carryover of imazethapyr+imazapic on ryegrass and non-tolerant rice as affected by
334 thickness of soil profile. *Planta Daninha*, 33, 357-364. [http://dx.doi.org/10.1590/0100-](http://dx.doi.org/10.1590/0100-83582015000200022)
335 [83582015000200022](http://dx.doi.org/10.1590/0100-83582015000200022).
- 336 Clay, S. A. (2013). Soybean herbicide injury. In Clay, D. E., Carlson, C. G., Clay, S. A.,
337 Wagner, L., Deneke, D., e Hay, C. (Eds.), *iGrow soybean: best management practices for*
338 *soybean production* (p. 1-12). Brookings: SDSU Extension.
- 339 Embrapa (2014a). Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em
340 Santa Catarina, safras 2014/2015 e 2015/2016. Passo Fundo: Embrapa Clima Temperado.
- 341 Embrapa (2014b). Sistema brasileiro de classificação de solos. 4. ed. Brasília: Embrapa.
- 342 Fehr, W. R. e Caviness, C. E. (1977). *Stages of soybean development*. Ames: Iowa State
343 University of Science and Technology.
- 344 Firmino, L. E., Santos, L. D. T., Ferreira, L. R., Ferreira, F. A., e Quirino, A. L. S. (2008a).
345 Movimento do herbicida imazapyr no perfil de solos tropicais. *Planta Daninha*, 26, 223-
346 230. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582008000100023>.
- 347 Firmino, L. E., Tuffi Santos, L. D., Ferreira, F. A., Ferreira, L. R., e Tiburcio, R. A. S.
348 (2008b). Sorção do imazapyr em solos com diferentes texturas. *Planta Daninha*, 26, 395-
349 402. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582008000200016>.
- 350 Frans, R., Talbot, R., Marx, D., e Crowley, H. (1986). Experimental design and
351 techniques for measuring and analyzing plant responses to weed control practices. In
352 Camper, N. D. (Ed.), *Research Methods in Weed Science* (p. 29-46). Champaign:
353 Southern Weed Science Society.

- 354 Kraehmer, H., Jabran, K., Mennan, H., e Chauhan, B. S. (2016). Global distribution of
355 rice weeds – a review. *Crop Protection*, 80, 73-86.
356 <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.10.027>.
- 357 Kraemer, A. F., Marchesan, E., Avila, L. A., Machado, S. L. O, Grohs, M., Massoni, P.
358 F. S., e Sartori, G. M. S. (2009a). Persistência dos herbicidas imazethapyr e imazapic em
359 solo de várzea sob diferentes sistemas de manejo. *Planta Daninha*, 27, 581-588.
360 <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582009000300020>.
- 361 Kraemer, A. F., Marchesan, E., Avila, L. A., Machado, S. L. O, e Grohs, M. (2009b).
362 Destino ambiental dos herbicidas do grupo das imidazolinonas – revisão. *Planta Daninha*,
363 27, 629-639. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582009000300025>.
- 364 Madalão, J. C., Pires, F. R., Cargnelutti Filho, A., Nascimento, A. F., Chagas, K., Araújo,
365 R. S., Procópio, S. O., e Bonomo, R. (2013). Suscetibilidade de espécies de plantas com
366 potencial de fitorremediação do herbicida sulfentrazone. *Revista Ceres*, 60, 111-121.
367 <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2013000100016>.
- 368 Marchesan, E., Santos, F. M., Grohs, M., Avila, L. A., Machado, S. L. O, Senseman, S.
369 A., Massoni, P. F. S., e Sartori, G. M. S. (2010). Carryover of imazethapyr and imazapic
370 to nontolerant rice. *Weed Technology*, 24, 6-10. <https://doi.org/10.1614/WT-08-153.1>.
- 371 Martini, L. F. D, Avila, L. A., Souto, K. M., Cassol, G. V., Refatti, J. P., Marchesan, E.,
372 e Barros, C. A. P. (2011). Lixiviação de imazethapyr+imazapic em função do manejo de
373 irrigação do arroz. *Planta Daninha*, 29, 185-193. [http://dx.doi.org/10.1590/S0100-](http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582011000100021)
374 [83582011000100021](http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582011000100021).
- 375 Nóbrega, L. H. P., Lima, G. P., Martins, G. I., e Meneghetti, A. M. (2009). Germinação
376 de sementes e crescimento de plântulas de soja (*Glycine max* L. Merrill) sob cobertura

377 vegetal. Acta Scientiarum. Agronomy, 31, 461-465.
378 <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v31i3.320>.

379 Pinto, J. J. O., Noldin, J. A., Machado, A., Pinho, C. F., Rosenthal, M. D., Donida, A.,
380 Galon, L., e Durigan, M. (2009a). Milho (*Zea mays*) como espécie bioindicadora da
381 atividade residual de (imazethapyr+imazapic). Planta Daninha, 27, 1005-1014.
382 <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582009000500014>.

383 Pinto, J. J. O, Noldin, J. A., Rosenthal, M. D., Pinho, C. F., Rossi, F., Machado, A., Piveta,
384 L., e Galon, L. (2009b). Atividade residual de (imazethapyr+imazapic) sobre azevém
385 anual (*Lolium multiflorum*), semeado em sucessão ao arroz irrigado, sistema Clearfield®.
386 Planta Daninha, 27, 609-619. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582009000300023>.

387 Sousa, C. P., Bacarin, M. A., e Pinto, J. J. O. (2012). Crescimento de espécies
388 bioindicadoras do residual do herbicida (imazethapyr+imazapic), semeadas em rotação
389 com arroz Clearfield®. Planta Daninha, 30, 105-111. [http://dx.doi.org/10.1590/S0100-](http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582012000100012)
390 [83582012000100012](http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582012000100012).

391 Souto, K. M., Avila, L. A., Cassol, G. V., Machado, S. L. O., e Marchesan, E. (2015).
392 Phytoremediation of lowland soil contaminated with a formulated mixture of imazethapyr
393 and imazapic. Revista Ciência Agronômica, 46, 185-192.
394 <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902015000100022>.

395 Souza, M. F., Neto, M. D. C., Marinho M. I., Saraiva, D. T., Faria, A. T., Silva, A. A., e
396 Silva, D. V. (2016). Persistence of imidazolinones in soils under a Clearfield system of
397 rice cultivation. Planta Daninha, 34, 589-596. [http://dx.doi.org/10.1590/s0100-](http://dx.doi.org/10.1590/s0100-83582016340300020)
398 [83582016340300020](http://dx.doi.org/10.1590/s0100-83582016340300020).

399 Sudianto, E., Beng-Kah, S., Ting-Xiang, N., Saldain, N. E., Scott, R. C., e Burgos, N. R.
400 (2013). Clearfield rice: its development, success, and key challenges on a global
401 perspective. *Crop Protection*, 49, 40-51. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2013.10.001>.

402 Ulbrich, A. V., Souza, R. P., e Shaner, D. (2005). Persistence and carryover of imazapic
403 and imazapyr in Brazilian cropping systems. *Weed Technology*, 19, 986-991.
404 <https://doi.org/10.1614/WT-04-208R2.1>.

405 Wang, X., Wang, H., Fan, D. (2006). Degradation and metabolism of imazapyr in soils
406 under aerobic and anaerobic conditions. *International Journal of Environmental*
407 *Analytical Chemistry*, 86, 541-551. <http://dx.doi.org/10.1080/03067310500410730>.

408

409

410

411

412

413

414

415

416

417

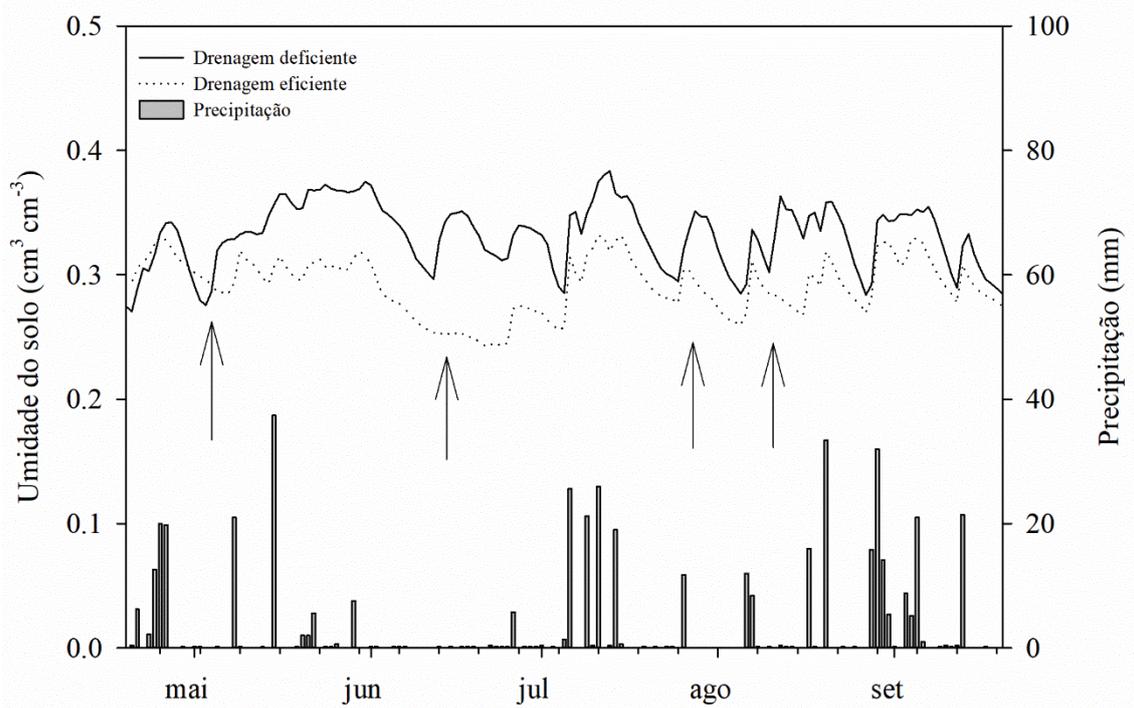
418

419

420

421

422



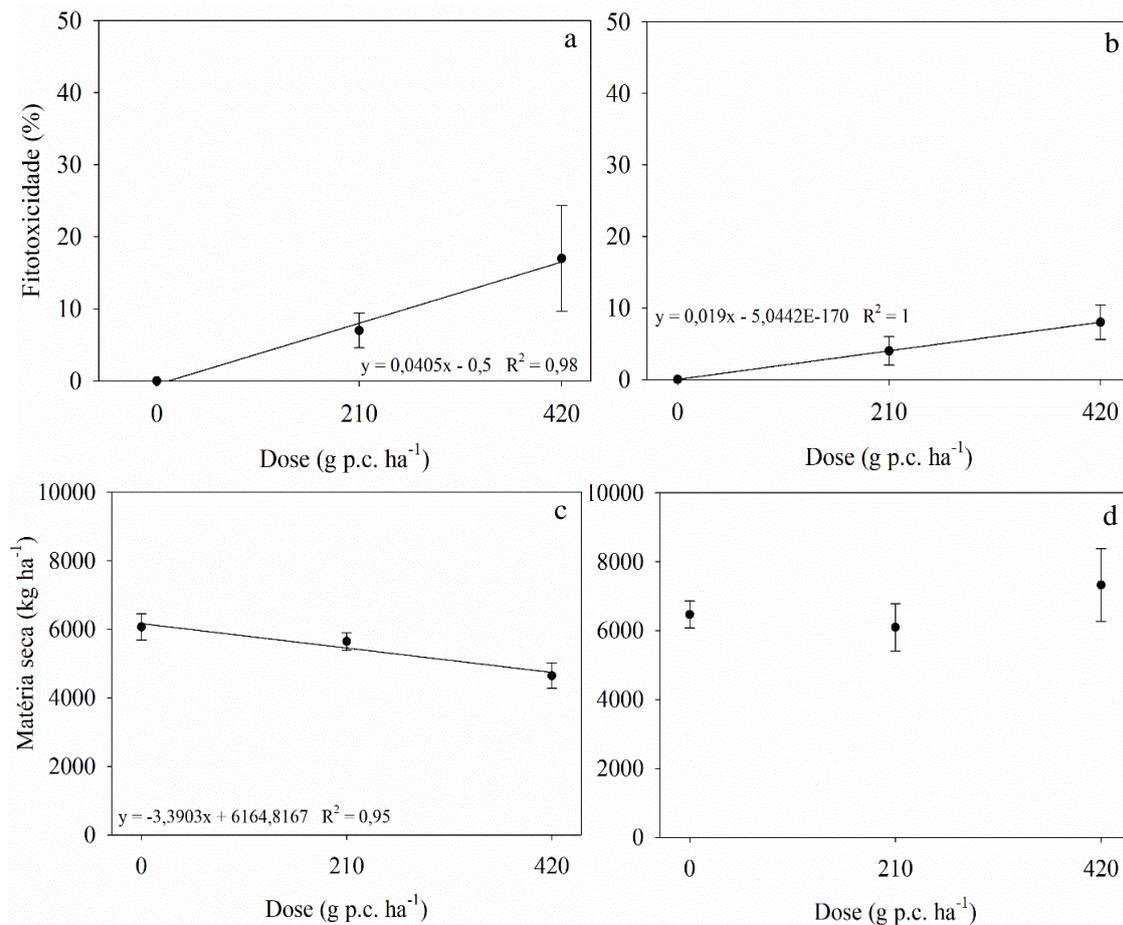
423

424 Figura 1. Umidade média diária do solo ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) nos experimentos com drenagem
 425 deficiente e drenagem eficiente, na camada de 0-0,1 m, e precipitação pluvial diária (mm)
 426 entre os meses de abril e setembro de 2016. Setas indicam os momentos de irrigação no
 427 experimento com drenagem deficiente.

428

429

430



431 Figura 2. Fitotoxicidade (%) e matéria seca (kg.ha⁻¹) de azevém aos 20 e 158 dias após a
 432 emergência, respectivamente, em função de diferentes doses dos herbicidas
 433 imazapir+imazapique, aplicados 129 dias antes da semeadura, em experimento com
 434 drenagem deficiente (a e c) e com drenagem eficiente (b e d) na entressafra.

435

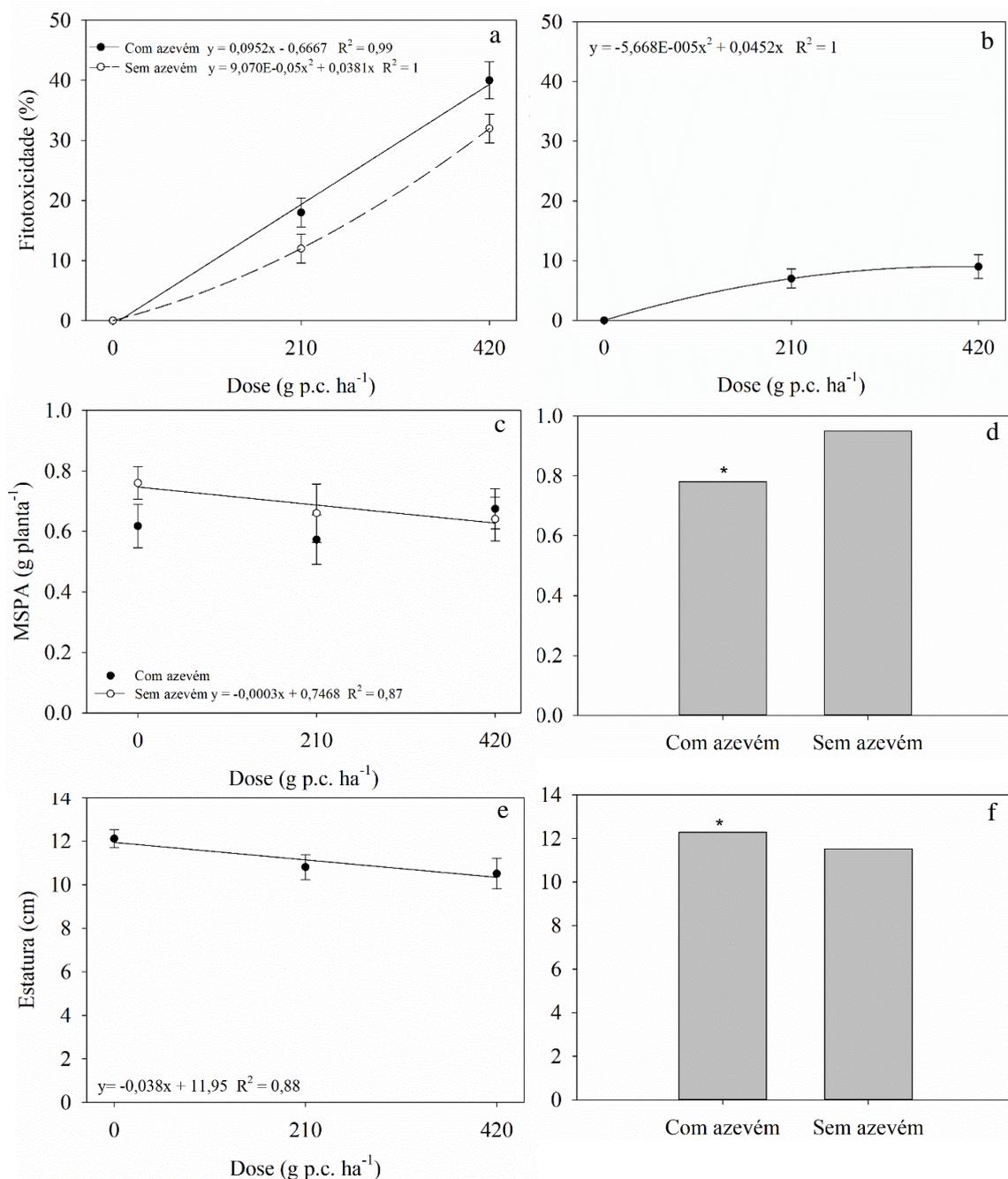
436

437

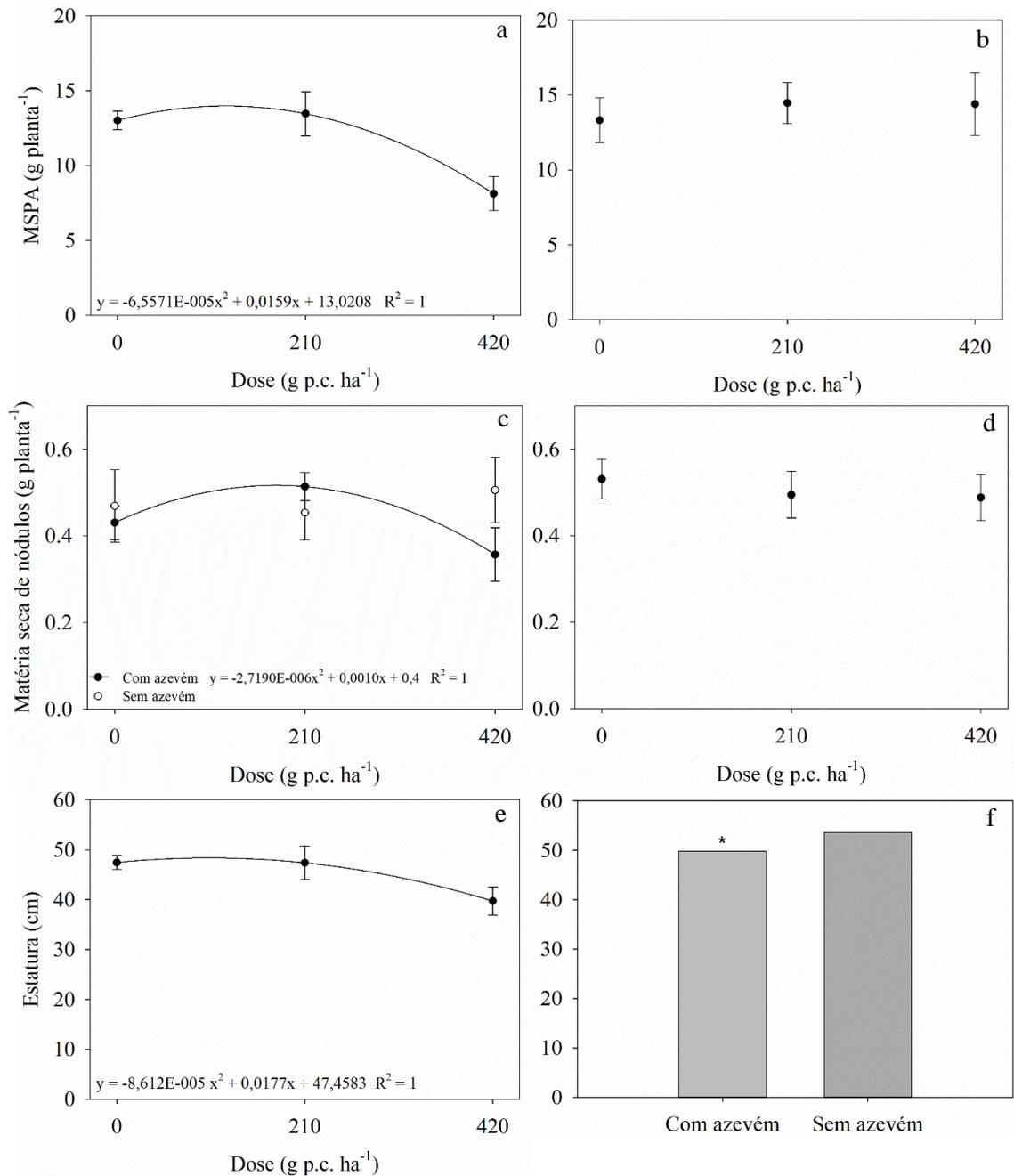
438

439

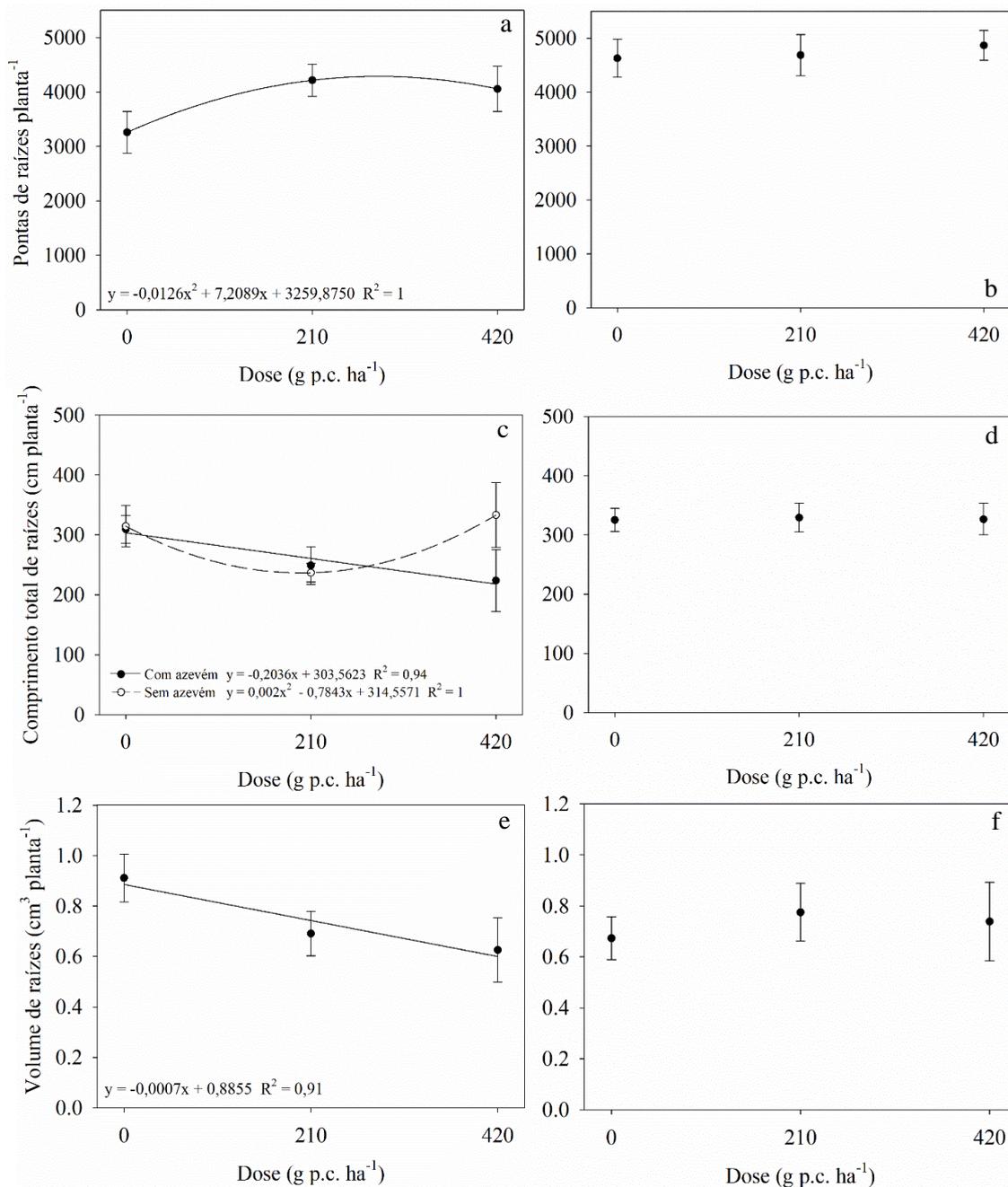
440



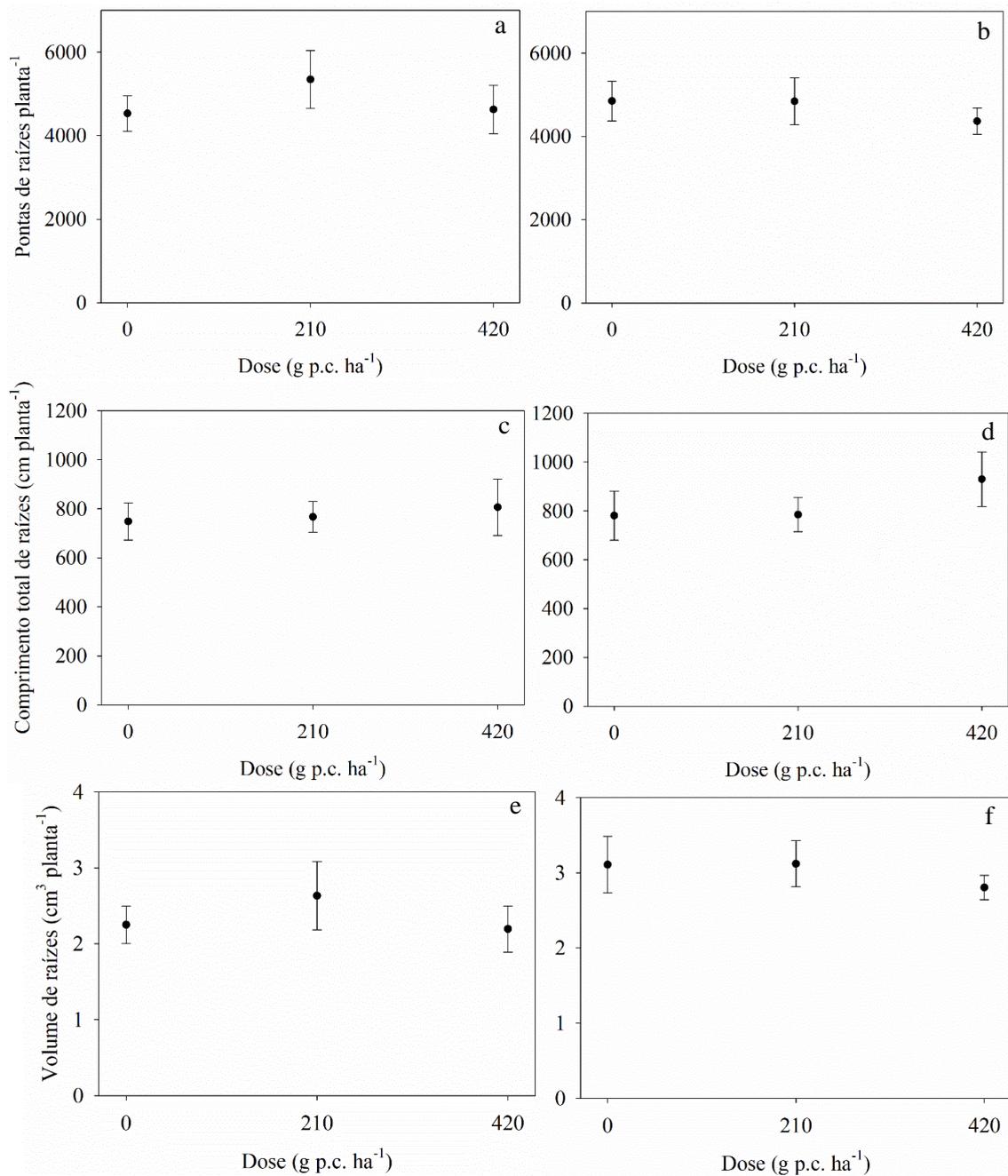
441 Figura 3. Fitotoxicidade (%) aos 20 dias após a emergência, matéria seca da parte aérea
 442 (MSPA) (g.planta⁻¹) e estatura (cm) de plantas de soja, avaliadas no estágio V₃, em função
 443 de diferentes doses dos herbicidas imazapir+imazapique aplicados 359 dias antes da
 444 semeadura, e presença ou ausência de azevém na entressafra, em experimento com
 445 drenagem deficiente (a, c e e) e com drenagem eficiente (b, d e f) na entressafra. * Médias
 446 diferem entre si pelo teste F (p<0,05).



447 Figura 4. Matéria seca da parte aérea (MSPA) (g.planta⁻¹), matéria seca de nódulos
 448 (g.planta⁻¹) e estatura (cm) de plantas de soja, avaliadas no estágio R₁, em função de
 449 diferentes doses dos herbicidas imazapir+imazapique aplicados 359 dias antes da
 450 semeadura, e presença ou ausência de azevém na entressafra, em experimento com
 451 drenagem deficiente (a, c e e) e com drenagem eficiente (b, d e f) na entressafra. * Médias
 452 diferem entre si pelo teste F (p<0,05).



453 Figura 5. Número de pontas, comprimento total (cm.planta⁻¹) e volume de raízes
 454 (cm³.planta⁻¹), avaliados no estágio V₃, em função de diferentes doses dos herbicidas
 455 imazapir+imazapique, aplicados 359 dias antes da semeadura da soja, e presença ou
 456 ausência de azevém na entressafra, em experimento com drenagem deficiente (a, c e e) e
 457 com drenagem eficiente (b, d e f) na entressafra.



458 Figura 6. Número de pontas, comprimento total (cm.planta⁻¹) e volume de raízes
 459 (cm³.planta⁻¹), avaliados no estágio R₁, em função de diferentes doses dos herbicidas
 460 imazapir+imazapique, aplicados 359 dias antes da semeadura da soja, e presença ou
 461 ausência de azevém na entressafra, em experimento com drenagem deficiente (a, c e e) e
 462 com drenagem eficiente (b, d e f) na entressafra.

463

464 Tabela 1. Estatura (cm) e matéria seca da parte aérea (MSPA) (g.planta⁻¹) no estágio R₁
 465 e volume de raízes de soja (cm³.planta⁻¹) no estágio V₃ em experimento com drenagem
 466 deficiente na entressafra, e rendimento de grãos de soja (kg.ha⁻¹) em experimento com
 467 drenagem deficiente e com drenagem eficiente na entressafra, em função da presença ou
 468 ausência de azevém nesse mesmo período.

	Estatura (cm) R ₁	MSPA (g.planta ⁻¹) R ₁	Volume de raízes (cm ³ .planta ⁻¹) V ₃
Drenagem deficiente			
Com azevém	43,5*	10,4*	0,66*
Sem azevém	46,2	12,6	0,82
Média	44,8	11,5	0,74
CV (%)	7,6	11,8	21
Rendimento de grãos (kg.ha ⁻¹)			
	Drenagem deficiente		Drenagem eficiente
Com azevém	3733 ^{ns}		3406*
Sem azevém	3869		3765
Média	3800		3585
CV (%)	6,2		9,3

469 * Médias diferem entre si na coluna pelo teste F (P<0,05). ^{ns} Não significativo pelo teste

470 F.

4 DISCUSSÃO

O sistema Clearfield® é de fundamental importância para a produção de arroz irrigado no sul do Brasil, pois tem proporcionado o controle de plantas daninhas na lavoura de arroz, como o arroz daninho, capim-arroz e ciperáceas, desde a sua introdução no sistema de produção no Brasil, no ano de 2003. O surgimento de plantas daninhas resistentes tem induzido à elevação das doses de aplicação desses herbicidas por parte dos produtores, o que pode levar ao surgimento de fitotoxicidade nas plantas de arroz e prejuízos para o rendimento de grãos da cultura. Entretanto, no presente estudo, utilizando-se as cultivares de arroz mais semeadas no estado no Rio Grande do Sul (Guri INTA CL e IRGA 424 RI), a fitotoxicidade proporcionada pela mistura formulada dos herbicidas imazapir+imazapique, aplicada em até três vezes a dose registrada para a cultura, foi baixa. Mesmo com a semeadura realizada em setembro, período onde a ocorrência de estresse por temperatura baixa do ar e do solo é comum em plântulas de arroz e que poderia potencializar o efeito dos herbicidas, aliado à ausência de precipitações que contribuiu para o atraso da emergência, a fitotoxicidade não ultrapassou 13%. Esse percentual representa um dano facilmente recuperável pelas plantas ao longo de seu ciclo.

As demais variáveis estudadas, inclusive o rendimento de grãos, não foram influenciadas pelas doses dos herbicidas, para ambas as cultivares nos dois anos de condução do experimento. Isso demonstra que as plantas de arroz, sob condições adequadas para seu crescimento e desenvolvimento, possuem a capacidade de recuperar-se de danos leves causados pela aplicação de herbicidas durante a sua fase vegetativa. Nesse sentido, é importante salientar práticas de manejo como a correta adubação nitrogenada e a irrigação da lavoura, de modo a minimizar os estresses e proporcionar condições de recuperação para as plantas.

No entanto, a utilização de elevadas doses desses herbicidas implica em alta persistência no solo. A disponibilidade das imidazolinonas é regulada pela sorção das moléculas à matriz do solo, que por sua vez é influenciada pelas propriedades químicas e físicas do mesmo. Segundo a literatura, solos com baixo pH e elevado teor de matéria orgânica proporcionam elevada sorção desses herbicidas. Além disso, a umidade do solo também é importante, pois determinará a intensidade de degradação microbiana dessas moléculas. Como demonstram os resultados do presente trabalho, áreas de arroz irrigado com drenagem deficiente no período de outono-inverno proporcionam maiores danos ao crescimento inicial de raízes e da parte aérea da soja, quando há presença de resíduo de imazapir+imazapique no solo. Dessa forma, a adoção de práticas de drenagem da área durante a entressafra é necessária com objetivo de se reduzir a

persistência desses herbicidas e proporcionar a introdução de culturas não tolerantes em rotação com o arroz irrigado, como a soja.

Além da drenagem, a introdução de práticas de fitorremediação durante a entressafra é uma alternativa para reduzir a persistência de imazapir+imazapique. Nesse trabalho utilizou-se o azevém como possível planta fitorremediadora em virtude de sua adaptabilidade à solos hidromórficos, característica que dificulta a utilização de outras espécies com essa capacidade nesses ambientes. Além disso, o azevém possui baixo custo de implantação e possibilita diversificação de renda na propriedade por introduzir uma cultura em um período onde poucas espécies com finalidade comercial podem ser cultivadas. Entretanto, observou-se que essa gramínea não atendeu às expectativas desejadas. Em interação com as doses dos herbicidas, foram observados resultados inferiores onde havia sido cultivada essa espécie na entressafra. Possivelmente a maior manutenção da umidade do solo pela palha durante o cultivo da soja, aliada à maior umidade durante a entressafra na condição de drenagem deficiente, proporcionou menor degradação dos herbicidas e tornou-os mais disponíveis para absorção pelas plantas.

Efeitos isolados do azevém também foram detectados na soja, principalmente na condição de drenagem eficiente durante a entressafra. Possivelmente a alta relação C/N da palha tenha resultado em imobilização temporária do nitrogênio, o que influenciou negativamente as plantas de soja e refletiu no rendimento de grãos. Associado a isso, tem-se a liberação de possíveis compostos de efeito alelopático pelo azevém, o que também pode ter exercido influência sobre a cultura.

O azevém também foi prejudicado pelo resíduo de imazapir+imazapique na condição de drenagem deficiente, com redução significativa em sua matéria seca, o que reforça a questão da drenagem da área como estratégia de redução da persistência desses herbicidas no solo. Diante disso, ressalta-se que mais estudos são necessários visando viabilizar a utilização de espécies com capacidade de fitorremediação de imidazolinonas em áreas de arroz irrigado.

Por fim, observou-se que, independentemente do cultivo de azevém, o rendimento de grãos da soja não foi prejudicado pelo resíduo das imidazolinonas, o que indica que as plantas tiveram estresse inicial mas apresentaram recuperação ao longo de seu crescimento e desenvolvimento. Entretanto, é importante ressaltar que em áreas com resíduo no solo maior que o apresentado nesse estudo também pode haver danos ao rendimento de grãos, principalmente onde não se realiza um eficiente manejo de drenagem ao longo da entressafra. Sendo assim, recomenda-se que sempre seja utilizada a dose de registro dos herbicidas para a cultura do arroz, de modo a evitar elevado resíduo no solo.

A drenagem da área na entressafra destaca-se como a principal forma de redução da disponibilidade de imidazolinonas para culturas em rotação e sucessão com o arroz irrigado, sendo prioridade quando também levado em consideração técnicas de fitorremediação. Além disso, a escolha de cultivares de soja também é importante, pois materiais mais adaptados ao ambiente de cultivo de arroz irrigado tendem a sofrer menos estresse tanto pelo excesso como pela deficiência hídrica, condições comuns nesses ambientes, o que auxilia na recuperação das plantas quando expostas ao resíduo dos herbicidas imazapir+imazapique.

5 CONCLUSÕES

A aplicação da mistura formulada dos herbicidas imazapir+imazapique, em solos com baixo teor de matéria orgânica e pH próximo a 6, causa baixa fitotoxicidade às cultivares de arroz tolerantes Guri INTA CL e IRGA 424 RI em até três vezes a dose recomendada, não influenciando seu rendimento de grãos.

O resíduo no solo da aplicação de 420 g p.c. ha⁻¹ da mistura formulada dos herbicidas imazapir+imazapique, realizada 129 dias antes da semeadura, causa fitotoxicidade e redução na matéria seca do azevém em condição de drenagem deficiente na entressafra em áreas de arroz irrigado.

A soja, quando semeada 359 dias após a aplicação, tem seu crescimento inicial de raiz e parte aérea prejudicados pelo resíduo dos herbicidas em condição de drenagem deficiente na entressafra, independentemente do cultivo de azevém nesse mesmo período. No entanto, o rendimento de grãos não é afetado.

6 ANEXOS

ANEXO A – Quadro para avaliação de fitotoxicidade.

Sistema de 0 a 100 para controle e fitotoxicidade (adaptado de Frans et al., 1986)

Inicialmente incluir em uma das principais categorias:

Sem efeito	Efeito leve	Efeito moderado	Efeito severo	Efeito total
------------	-------------	-----------------	---------------	--------------

Depois, enquadrar nas subdivisões da categoria escolhida:

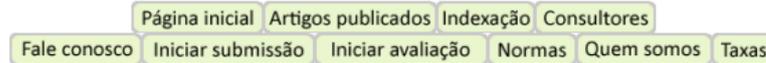
Percentual	Descrição das categorias principais	Descrição detalhada de controle	Descrição detalhada de fitotoxicidade na cultura
0	Sem efeito	Sem controle	Sem injúria ou redução
10		Controle muito pobre	Leve descoloração ou atrofia
20	Efeito leve	Controle pobre	Alguma descoloração ou atrofia, ou perda por atrofia
30		Controle de pobre a deficiente	Injúria mais pronunciada, mas não duradoura
40		Controle deficiente	Injúria moderada, mas normalmente com recuperação
50	Efeito moderado	Controle deficiente a moderado	Injúria mais duradoura, recuperação duvidosa
60		Controle moderado	Injúria duradoura, sem recuperação
70		Controle algo inferior ao satisfatório	Injúria pesada, redução de estande
80	Efeito severo	Controle de satisfatório a bom	Cultura próximo da destruição - poucas plantas sobreviventes
90		Controle muito bom a excelente	Raramente restam algumas plantas
100	Efeito total	Destruição completa	Destruição completa da cultura

ANEXO B – Normas de submissão do Artigo I para a revista Ciência Rural



ISSN Eletrônico: 1678-4596

Português | English | Es



Normas para publicação

1. 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.

2. 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 Express (<http://www.journalexpress.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.globaledico.com/>)
- JournalPrep (<http://www.journalprep.com>)
- Paulo Boschcov (paulo@bridgetextos.com.br, bridge.textecn@gmail.com)
- Proof-Reading-Service.com (<http://www.proof-reading-service.com/pt/>)

As despesas de tradução serão por conta dos autores. 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 possuem páginas além do estipulado terão um custo adicional para a publicação ([vide taxa](#)).

3. 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 e Referências; Agradecimento(s) e Apresentação; 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](#)).

4. A revisão bibliográfica (Modelo [.doc](#), [.pdf](#)) **deverá conter os seguintes tópicos:** Título (Português e Inglês); Resumo; Palavras-chave; Abstract; Key words; Introdução; Desenvolvimento; Conclusão; e Referências. Agradecimento(s) e Apresentação; Fontes de Aquisição e 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](#)).

5. A nota (Modelo [.doc](#), [.pdf](#)) **deverá conter os seguintes tópicos:** Título (Português e Inglês); Resumo; Palavras-chave; Abstract; Key words; Texto (sem subdivisão, porém com introdução; metodologia; resultados e discussão e conclusão; podendo conter tabelas ou figuras); Referências. Agradecimento(s) e Apresentação; Fontes de Aquisição e 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](#)).

6. O preenchimento do campo "cover letter" deve apresentar, obrigatoriamente, as seguintes informações em inglês, **exceto** para artigos **submetidos em português** (lembrando que preferencialmente os artigos devem ser submetidos em inglês).

- a) What is the major scientific accomplishment of your study?
- b) The question your research answers?
- c) Your major experimental results and overall findings?
- d) The most important conclusions that can be drawn from your research?
- e) Any other details that will encourage the editor to send your manuscript for review?

Para maiores informações acesse o seguinte [tutorial](#).

7. Não serão fornecidas separatas. Os artigos encontram-se disponíveis no formato pdf no endereço eletrônico da revista www.scielo.br/cr.

8. Descrever o título em português e inglês (caso o artigo seja em português) - inglês e português (caso o artigo seja em inglês). Somente a primeira letra do título do artigo deve ser maiúscula exceto no caso de nomes próprios. Evitar abreviaturas e nomes científicos no título. O nome científico só deve ser empregado quando estritamente necessário. Esses devem aparecer nas palavras-chave, resumo e demais seções quando necessários.

9. As citações dos autores, no texto, deverão ser feitas com letras maiúsculas seguidas do ano de publicação, conforme exemplos: Esses resultados estão de acordo com os reportados por MILLER & KIPLINGER (1966) e LEE et al. (1996), como uma má formação congênita (MOULTON, 1978).
10. Nesse [link](#) é disponibilizado o **arquivo de estilo** para uso com o software **EndNote** (o EndNote é um software de gerenciamento de referências, usado para gerenciar bibliografias ao escrever ensaios e artigos).
11. As Referências deverão ser efetuadas no estilo ABNT (NBR 6023/2000) conforme normas próprias da revista.
- 11.1. Citação de livro:
JENNINGS, P.B. **The practice of large animal surgery**. Philadelphia : Saunders, 1985. 2v.
- TOKARNIA, C.H. et al. (Mais de dois autores) **Plantas tóxicas da Amazônia a bovinos e outros herbívoros**. Manaus : INPA, 1979. 95p.
- 11.2. Capítulo de livro com autoria:
GORBAMAN, A. A comparative pathology of thyroid. In: HAZARD, J.B.; SMITH, D.E. **The thyroid**. Baltimore : Williams & Wilkins, 1964. Cap.2, p.32-48.
- 11.3. Capítulo de livro sem autoria:
COCHRAN, W.C. The estimation of sample size. In: _____. **Sampling techniques**. 3.ed. New York : John Willey, 1977. Cap.4, p.72-90.
TURNER, A.S.; McILWRAITH, C.W. Fluidoterapia. In: _____. **Técnicas cirúrgicas em animais de grande porte**. São Paulo : Roca, 1985. p.29-40.
- 11.4. Artigo completo:
O autor deverá acrescentar a url para o artigo referenciado e o número de identificação DOI (Digital Object Identifiers), conforme exemplos abaixo:
- MEWIS, I.; ULRICHS, CH. Action of amorphous diatomaceous earth against different stages of the stored product pests *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae), *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae), *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) and *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Stored Product Research**, Amsterdam (Cidade opcional), v.37, p.153-164, 2001. Available from: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0022-474X\(00\)00016-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-474X(00)00016-3)>. Accessed: Mar. 18, 2002. doi: 10.1016/S0022-474X(00)00016-3.
- PINTO JUNIOR, A.R. et al (Mais de 2 autores). Response of *Sitophilus oryzae* (L.), *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) and *Oryzaephilus surinamensis* (L.) to different concentrations of diatomaceous earth in bulk stored wheat. **Ciência Rural**, Santa Maria (Cidade opcional), v. 38, n. 8, p.2103-2108, nov. 2008. Available from: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782008000800002&lng=pt&nrm=iso>. Accessed: Mar. 18, 2009. doi: 10.1590/S0103-84782008000800002.
- SENA, D. A. et al. Vigor tests to evaluate the physiological quality of corn seeds cv. 'Sertanejo'. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 47, n. 3, e20150705, 2017. Available from: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782017000300151&lng=pt&nrm=iso>. Accessed: Mar. 18, 2017. Epub 15-Dez-2016. doi: 10.1590/0103-8478cr20150705 (Artigo publicado eletronicamente).
- 11.5. Resumos:
RIZZARDI, M.A.; MILGIORANÇA, M.E. Avaliação de cultivares do ensaio nacional de girassol, Passo Fundo, RS, 1991/92. In: JORNADA DE PESQUISA DA UFSM, 1., 1992, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria : Pró-reitoria de Pós-graduação e Pesquisa, 1992. V.1. 420p. p.236. (OBS.: tentar evitar esse tipo de citação).
- 11.6. Tese, dissertação:
COSTA, J.M.B. **Estudo comparativo de algumas características digestivas entre bovinos (Charolês) e bubalinos (Jafarabad)**. 1986. 132f. Monografia/Dissertação/Tese (Especialização/ Mestrado/Doutorado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria. (OBS.: tentar evitar esse tipo de citação).
- 11.7. Boletim:
ROGIK, F.A. **Indústria da lactose**. São Paulo : Departamento de Produção Animal, 1942. 20p. (Boletim Técnico, 20). (OBS.: tentar evitar esse tipo de citação).
- 11.8. Informação verbal:
Identificada no próprio texto logo após a informação, através da expressão entre parênteses. Exemplo: ... são achados descritos por Vieira (1991 - Informe verbal). Ao final do texto, antes das Referências Bibliográficas, citar o endereço completo do autor (incluir E-mail), e/ou local, evento, data e tipo de apresentação na qual foi emitida a informação.
- 11.9. Documentos eletrônicos:
MATERA, J.M. **Afeções cirúrgicas da coluna vertebral: análise sobre as possibilidades do tratamento cirúrgico**. São Paulo : Departamento de Cirurgia, FMVZ-USP, 1997. 1 CD. (OBS.: tentar evitar esse tipo de citação).
- GRIFON, D.M. Arthroscopic diagnosis of elbow displasia. In: WORLD SMALL ANIMAL VETERINARY CONGRESS, 31., 2006, Prague, Czech Republic. **Proceedings...** Prague: WSAVA, 2006. p.630-636. Online. Available from: <<http://www.ivis.org/proceedings/wsava/2006/lecture22/Griffon1.pdf?LA=1>>. Accessed: Mar. 18, 2005 (OBS.: tentar evitar esse tipo de citação).
- UFRGS. **Transgênicos**. Zero Hora Digital, Porto Alegre, 23 mar. 2000. Especiais. Online. Available from: <<http://www.zh.com.br/especial/index.htm>>. Accessed: Mar. 18, 2001(OBS.: tentar evitar esse tipo de citação).
- ONGPHIPHADHANAKUL, B. Prevention of postmenopausal bone loss by low and conventional doses of calcitriol or conjugated equine estrogen. **Maturitas**, (Ireland), v.34, n.2, p.179-184, Feb 15, 2000. Obtido via base de dados MEDLINE. 1994-2000. Online. Available from: <<http://www.Medscape.com/server-java/MedlineSearchForm>>. Accessed: Mar. 18, 2007.
- MARCHIONATTI, A.; PIPPI, N.L. Análise comparativa entre duas técnicas de recuperação de úlcera de córnea não infectada em nível de estroma médio. In: SEMINARIO LATINOAMERICANO DE CIRURGIA VETERINÁRIA, 3., 1997, Corrientes, Argentina. **Anais...** Corrientes : Facultad de Ciencias Veterinarias - UNNE, 1997. Disquete. 1 disquete de 31/2. Para uso em PC. (OBS.: tentar evitar esse tipo de citação).
12. Desenhos, gráficos e fotografias serão denominados figuras e terão o número de ordem em algarismos arábicos. A revista não usa a denominação quadro. As figuras devem ser disponibilizadas individualmente por página. Os desenhos figuras e gráficos (com largura de no máximo 16cm) devem ser feitos em editor gráfico sempre em qualidade máxima com pelo menos 300 dpi em extensão .tiff. As tabelas devem conter a palavra tabela, seguida do número de ordem em algarismo arábico e não devem exceder uma lauda.
13. Os conceitos e afirmações contidos nos artigos serão de inteira responsabilidade do(s) autor(es).
14. Será obrigatório o cadastro de todos autores nos metadados de submissão. O artigo não tramitará enquanto o referido item não for atendido. Excepcionalmente, mediante consulta prévia para a Comissão Editorial outro expediente poderá ser utilizado.
15. Lista de verificação (Checklist [.doc](#), [.pdf](#)).
16. Os artigos serão publicados em ordem de aprovação.

17. Os artigos não aprovados serão arquivados havendo, no entanto, o encaminhamento de uma justificativa pelo indeferimento.
18. Em caso de dúvida, consultar artigos de fascículos já publicados antes de dirigir-se à Comissão Editorial.
19. Todos os artigos encaminhados devem pagar a taxa de tramitação. Artigos reencaminhados (**com decisão de Reject and Resubmit**) deverão pagar a taxa de tramitação novamente. Artigos arquivados por **decorso de prazo** não terão a taxa de tramitação reembolsada.
20. Todos os artigos submetidos passarão por um processo de verificação de plágio usando o programa "Cross Check".

Ministério da
Ciência e TecnologiaMinistério
da Educação

Ciência Rural
Universidade Federal de Santa Maria - Centro de Ciências Rurais
Prédio 42, Sala 3104 97105-900 - Santa Maria, RS, Brasil
E-mail: cienciarural@mail.ufsm.br
Fone/Fax: (55) 32208698
Fax: (55) 32208695

ANEXO C - Normas de submissão do Artigo II para a revista Bragantia

BRAGANTIA

ISSN 1678-4499 online version

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

- [Scope and editorial policy](#)
- [Preparation of manuscripts](#)
- [Submission of original papers](#)
- [Publication costs](#)

Scope and editorial policy

Only manuscripts written in English will be considered for publication. **BRAGANTIA** publishes original scientific papers in English on Agricultural Sciences. The following areas are accepted: Basic Area (Botany, Cytogenetics, Plant Physiology, Biotechnology, Molecular Biology and Phytochemistry); Crop Breeding; Crop Production; Crop Protection; Soil and Plant Nutrition; Seed and Fiber Technology; Postharvest Technology; Irrigation; and Agrometeorology.

The papers submitted to **BRAGANTIA** must be original and not simultaneously submitted to other Journals. This Journal publishes articles, scientific notes or short communications and review papers under request. The manuscript must be in agreement with the Bragantia standards described in the **Preparation of manuscripts**.

The content of manuscript submitted to Bragantia is exclusive responsibility of author (s).

The papers submitted to the analysis of the Editorial Committee, after registration, are directed to an Associate-Editor to indicate two specialist reviewers in the area of knowledge of the paper. The opinions emitted by those reviewers are analyzed by the Associate-Editor who emits the conclusive opinion on behalf of the Editorial Committee. The revisions, together with the conclusive opinion, are directed to the authors for corrections, justifications and preparation of the new form. After that, the new version is confronted with the original version of the paper by the Associated-Editor for approval. Once accept, the paper is directed for references, abstract and vernacular revisions. After the final layout format, the text is submitted for the final corrections by the authors and by the editorial committee, being soon afterwards made available on-line in the **BRAGANTIA** Journal homepage. Finally, the final form is directed to the [SciELO](#).

BRAGANTIA is an open access journal published under the CC-BY license.

The manuscripts should be submitted on link described at **Submission of original papers**

Preparation of manuscripts

Authors should type in the "Comments to the Editor" a cover letter presenting the work and explaining the main contribution to the Agricultural Sciences. The letter should indicate that the work was not submitted for publication elsewhere.

Articles and reviews should not exceed 25 double-spaced pages (A4 paper with margins of 3 cm, font Times New Roman size 12, pages and lines numbered sequentially), including tables and figures. The Research Notes should not exceed 12 pages, including tables and figures.

The text should be typed into the Word (Microsoft) program and double-spaced. The main divisions of the text (Introduction, Methods, Results and Discussion and Conclusions) should be in uppercase and bold. Scientific notes do not have divisions.

The title of the manuscript must reflect the content of the work and should not have subtitles, abbreviations, formulas or equations and symbols. The scientific name must be indicated in the title only if the species is unknown.

The names of the authors and co-authors should be included in the online system in the same order they appear in the final work. Please, do not indicate the authorship of the work in the text of the manuscript.

The abstract must have the goal of the research clearly and concisely, the methods briefly and the most relevant results and conclusions. The abstract should not exceed 250 words with short sentences with complete connection with each other. It must not contain references.

The key words should not repeat title words and should include the scientific name of species. Words must be separated by a comma and begin with small letters, **including the first term**. The authors should present from 3 to 6 terms, considering that a term may be composed of two or more words.

The Introduction should have no more than two pages. It should include the rationale for conducting the work, placing the importance of the scientific problem. The information contained in the Introduction should be sufficient to clearly establish the hypothesis of the research. The authors should cite recent studies published in scientific journals, but the citation of classical works is accepted. In the last paragraph of the Introduction, the authors must submit a scientific hypothesis and the objective of the study, the same as the summary.

Material and Methods should present a description of the experimental conditions and methods used so that there is enough information to repeat the work. Formulas, expressions, or mathematical equations should be initiated to the left of the page. Include references to statistical analysis and report about the transformation of the data. Indication of statistical significance should be as follows: $p < 0.01$ or $p > 0.05$ ("p" in lower case).

In Results and Discussion, the authors should present the research results and discuss them in order to relate the variables examined to the objectives of the study. The mere comparison of results with the data presented by other authors did not characterize the discussion of them. The authors should avoid excessive speculation and the data should not be presented both in tables and figures.

The Conclusion must answer the question addressed in the research, confirming or not the hypothesis of the work, according to the objectives. The authors should be aware that the conclusion is not a summary of the main results.

Only the strictly necessary references for the understanding of the article should be cited, we recommend around 25 references to articles and scientific notes. The list of references should begin on a new page.

Citations in the text should always be followed by their year of publication. When two authors are cited, indicate them by the surnames separated by an ampersand "and"; For more than two authors, indicate the first author by the surname followed by the expression "et al."; if more than one article of the same author(s) in the same year is cited, distinguish them by using lowercase letters; e.g., Huber (1981) or (Huber 1981); Steel and Torrie (1980) or (Steel

and Torrie, 1980); Haag et al. (1992) or (Haag et al. 1992); and Haag et al. (1992 a, b).

The following citations will not be accepted: theses, dissertations, personal communications, unpublished reports, and papers published in conference annals.

References are standardized according to the models mentioned below. They should be in alphabetical order of authors and, within this order, in chronological order of works; in the case of two or more authors, separate them by commas and an the word "and between the second last and last authors; indicate the name of all authors, do not use the expression "et al."; titles of journals should be written in full; include only the works cited in the text, tables and/or figures as follows:

a) Journals

Rais, D. S., Sato, M. E., and Silva, M. Z. (2013). Detecção e monitoramento da resistência do tripes *Frankliniella occidentalis* ao inseticida espinosade. *Bragantia*, 72, 35-40. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052013005000018>.

b) Books and book chapters

Miranda, J. C. C. (2008). Cerrado: micorriza arbuscular, ocorrência e manejo. Planaltina: Embrapa.

Borém, A. and Miranda, G.V. (2009). Melhoramento de Plantas. Viçosa: Editora da UFV.

Huber, D. M. (1981). The role of nutrients and chemicals. In M. J. C. Asher, and P. J. Shipton (Eds.), *Biology and control of take-all* (p. 317-341). London: Academic Press.

When absolutely necessary to the understanding of the work, tables and figures should be shown in the text. The table or figure and its respective caption should be self-explanatory. The titles of tables and figures should be clear and complete and include the name (common or scientific) of the species and the dependent variables. **Figures should appear at the end of the text.** We considered figures: graphs, drawings, maps and photographs used to illustrate the text. For composite figures, each graph should be marked with the inscription " (a)" in lowercase.

Tables should not have vertical lines and, as the figures, should be placed after the listing of references Figures and tables must be accompanied by its caption, with the units following the International System of Units and positioned at the top of the columns in the tables. The magnitudes, in case of compound units, should be separated by centered dot and an indication of the denominators must be rated in superscript. Examples: ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\text{ s}^{-1}$), [$\text{mg}(\text{g}\cdot\text{MS})^{-1}$].

IMPORTANT RECOMMENDATIONS:

- In case of work involving tillage, the history of the area should be informed.
- Not to mention the lab, department, center or university where the research was conducted.
- Work related to the chemical control of pests and diseases (with natural and synthetic) and studies involving micro-propagation and tissue culture will not be considered for publication in *Bragantia*. In the case of plant growth regulators, biostimulant and other chemicals, the work must necessarily establish a well-founded hypothesis, and the chemical agent must be used to test the hypothesis and answer the question raised in the article.
- Authors should consult recent issue of *Bragantia* to the layout of tables and figures.
- In the online submission of work, the names of the author and co-authors must be entered into the System in the same order they appear in the final work. Do not indicate the authorship of the work in the text of the manuscript.
- Failure to standards will require the return of work.

Submission of original papers

Submissions are conducted electronically:
(<http://mc04.manuscriptcentral.com/brag-scielo>)

Publication costs

The publication fee is R\$ 50.00 per diagrammed page (final format of the journal). This fee is charged only for those manuscripts that publication has been accepted. All other process (e.g. submissions and manuscript evaluations) are free from charges.

Contact

BRAGANTIA

Avenida Barão de Itapura, 1481
13020-902 - Campinas / SP - Brasil
Phone: +55 19 2137-0653
E-mail: revbrag@iac.gov.br

[\[Home\]](#) [\[About this journal\]](#) [\[Editorial board\]](#) [\[Subscription\]](#)



All the content of the journal, except where otherwise noted, is licensed under a [Creative Commons License](#)

Avenida Barão de Itapura, 1481
13020-902 Campinas SP - Brasil
Tel.: +55 19 2137-0653



bragantia@iac.sp.gov.br