

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade



Dissertação

Práticas agrícolas visando reduzir a infestação de plantas daninhas em áreas cultivadas com arroz irrigado

Francisco de Assis Pujol Goulart

Pelotas, 2019

Francisco de Assis Pujol Goulart

Práticas agrícolas visando reduzir a infestação de plantas daninhas em áreas cultivadas com arroz irrigado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Fitossanidade (área do conhecimento: Herbologia).

Orientador: Dr. André Andres

Coorientador: Dr. Dirceu Agostinetto

Pelotas, 2019

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

G694p Goulart, Francisco de Assis Pujol

Práticas agrícolas visando reduzir a infestação de plantas daninhas em áreas cultivadas com arroz irrigado / Francisco de Assis Pujol Goulart ; André Andres, orientador ; Dirceu Agostinetto, coorientador. — Pelotas, 2019.

120 f.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2019.

1. Fluxo de emergência. 2. Sistema de cultivo. 3. Lâmina de irrigação. 4. Banco de sementes. I. Andres, André, orient. II. Agostinetto, Dirceu, coorient. III. Título.

CDD : 633.18

Banca examinadora:

Eng. Agr. Dr. Carlos Eduardo Schaedler

Eng. Agr. Dr. Aldo Merotto Junior

Eng. Agr. Dr. Dirceu Agostinetto
(Coorientador)

Eng. Agr. Dr. André Andres
(Orientador)

Aos meus pais Francisco e Rosângela.

As minhas irmãs Irma e Patrícia.

Aos meus sobrinhos Alice e Pedro.

Aos meus amigos (as).

OFEREÇO E DEDICO

"Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível."

Charles Chaplin

Agradecimentos

Primeiramente aos meus pais, Francisco e Rosângela, as minhas irmãs Irma e Patrícia, a minha sobrinha/afilhada Alice e o meu sobrinho Pedro que está vindo, aos meus cunhados Charles e Thiago, por todo o apoio, compreensão e carinho, sem o qual não chegaria até aqui.

À Universidade Federal do Pampa, onde realizei minha graduação e parte de minha formação pessoal, em especial ao professor Dr. Carlos Schaedler, pelos ensinamentos e incentivo.

Ao programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da Universidade Federal de Pelotas – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), pela oportunidade de realização do curso e aos professores que contribuíram para minha formação profissional e pessoal.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, pela disponibilidade do material e área para a condução dos experimentos.

Ao meu orientador professor Dr. André Andres por todo o apoio, conhecimento compartilhado e amizade.

Ao professor Dr. Dirceu Agostinetto por todo o apoio na coorientação, incentivo, confiança, conhecimento compartilhado e amizade.

Ao professor Dr. André Ulguim pela colaboração na condução do experimento, junto ao IRGA- Cachoeirinha e a Tiago Cereza pelo auxílio na condução do estudo.

Aos pós-doutorandos Dr. Fábio Schreiber e Dra. Elisa Lemes por toda a colaboração na condução dos estudos.

Aos meus colegas, em especial da pós-graduação, Renan Zandoná e Maicon Schmitz pela amizade e toda a ajuda do início ao fim do mestrado, além da colaboração nesta dissertação.

Aos meus colegas e amigos da pós-graduação:
Alcimar Mazon, Andrés Vargas, Andressa Pitol, Cristiano Piasecki, Daniela Tessaro, Edna Souza, Jéssica Garcia, Joanei Cechin, Jonas Henckes, Juliano Gazola, Laís Perboni, Matheus Martins, Queli Ruchel, pela amizade, apoio e auxílio na condução e execução dos experimentos.

Aos bolsistas e estagiários da EMBRAPA: Cédric Benetti, Francisco Maciel, Ihan Rebhan, Ivana Moisinho, João Behenck, Kemili Prestes, Leandro Peraça, Mariane Camponogara, William Ceolin pela amizade, incentivo, momentos de convívio e auxílio na execução dos experimentos.

Aos bolsistas e estagiários do Centro de Herbologia: Alessandro Neutzling, Angélica Cruz, Jonathan Torchelsen, José Silva, Marlon Teixeira, Roberto Neto, Silvio Raphaelli, João Goebel, Kevin Weissshahn, Richard Quevedo, Túlio Dahmer, Vinicius Barbosa pela amizade, incentivo, momentos de convívio e auxílio na execução dos experimentos.

À todos, meu muito obrigado!

Resumo

Goulart, Francisco de Assis Pujol. **Práticas agrícolas visando reduzir a infestação de plantas daninhas em áreas cultivadas com arroz irrigado**. 2019. 120f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

O manejo de plantas daninhas no arroz irrigado é realizado principalmente pela utilização de herbicidas, em pré e pós-emergência, porém há necessidade de desenvolver e empregar o manejo integrado de plantas daninhas. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de práticas de cultivo sobre o controle de plantas daninhas. Assim, quatro estudos foram conduzidos, sendo: 1) avaliar o fluxo de emergência de *Echinochloa* sp. em diferentes épocas de semeadura do arroz irrigado; 2) determinar o efeito da associação de sistemas de cultivo do arroz e herbicidas pré-emergentes no controle de *Echinochloa* sp.; 3) avaliar o controle de *Aeschynomene* sp. e *Echinochloa* sp. em função da altura da lâmina de irrigação do arroz, associado com herbicidas utilizados na tecnologia CL ou não e, 4) avaliar o efeito da rotação de culturas e manejo de preparo do solo adotado sobre o banco de sementes de *Urochloa plantaginea* e *Echinochloa* sp. em terras baixas. Os resultados demonstraram que, o fluxo de emergência de *Echinochloa* sp. é dependente de temperatura e umidade, com maior fluxo de emergência de *Echinochloa* sp. na semeadura de Outubro em relação a semeadura de Novembro semeadura. Além disso, o comportamento de emergência de *Echinochloa* sp., em ambas as épocas, é caracterizado por elevada emergência inicial, seguido por padrão mais gradual. O fluxo de emergência de *Echinochloa* sp. ajustou-se ao modelo hidrotérmico nas duas épocas de semeadura, devido à sua capacidade para prever possíveis pausas de emergência causadas pela baixa umidade do solo, o que é importante para reduzir o erro em condições adversas. Para o sistema de cultivo em resteva e pousio, os herbicidas foram seletivos para a cultura do arroz e, os melhores controles de *Echinochloa* sp. foram observados para os herbicidas pré-emergentes clomazone e quinclorac, onde observou-se a menor população de *Echinochloa* sp. no início da irrigação por inundação e, os quais não diferiram em produtividade da testemunha capinada. Referente ao manejo da altura da lâmina de irrigação, o incremento da lâmina de 4 para 12 cm de altura ou a ausência de lâmina de irrigação (solo saturado), auxiliou no controle de plantas daninhas, para ambos os manejos herbicidas (tecnologia CL ou não), sendo os melhores controles de *Echinochloa* sp. e *Aeschynomene* sp. para o primeiro manejo herbicida. O banco de sementes viáveis no solo de *Echinochloa* sp. e *Urochloa plantaginea* não apresentou diferença quando comparado o monocultivo de arroz e soja ou o monocultivo de

arroz sob o manejo de preparo do solo convencional ou sistema de semeadura direta, para os dois anos estudados. No entanto, quando introduzida a cultura do sorgo forrageiro (em monocultivo ou rotação com a soja), o banco de sementes viáveis de *Echinochloa* sp. e *Urochloa plantaginea* no solo foi incrementado, principalmente na camada superficial em sistema de semeadura direta e mais profundas no preparo convencional.

Palavras-chave: Fluxo de emergência; sistema de cultivo; lâmina de irrigação; banco de sementes.

Abstract

Goulart, Francisco de Assis Pujol. **Agricultural practices aimed at reducing weed infestation in areas cultivated with irrigated rice.** 2019. 120f. Master of Science - Graduate Program in Plant Protection. Federal University of Pelotas, Pelotas.

Weed management in irrigated rice is mainly performed by the use of herbicides, in pre and post emergence, but in this crop there is a need to develop and employ integrated weed management. In this sense, the objective of this work was to evaluate the effect of cultivation practices on weed control. Thus, four studies were conducted: 1) evaluating the emergence flow of *Echinochloa* sp. at different sowing times of irrigated rice; 2) evaluating the effect of the association of rice cultivation systems and pre-emergence herbicides on *Echinochloa* sp. control; 3) to evaluate the control of *Aeschynomene* sp. and *Echinochloa* sp. as a function of the flood depth, associated with herbicides used in CL technology or not and, 4) to evaluate the effect of crop rotation and soil management adopted on the seed bank of *Urochloa plantaginea* and *Echinochloa* sp. on the lowlands. The results showed that the emergence flow of *Echinochloa* sp. is dependent on temperature and humidity, with a higher emergence flow of *Echinochloa* sp. in the first sowing season. In addition, the emergence behavior of rice *Echinochloa* sp. in both seasons is characterized by high initial emergence, followed by a more gradual pattern. The emergence flow of *Echinochloa* sp. better fitted to the hydrothermal model, due to its ability to predict possible emergency pauses caused by low soil moisture, which is important to reduce the error in adverse conditions. The herbicides were selective for the rice crop and the best controls of *Echinochloa* sp. were observed for the pre-emergent herbicides clomazone and quinclorac, where the lowest *Echinochloa* sp. at the beginning of flood irrigation, and which did not differ in productivity of the weed control. Concerning the management of the flood depth, the increase of the water from 4 to 12 cm in height or the absence of irrigation (saturated soil), aided in the control of weeds, for both herbicide management (CL technology or not), being the best controls of *Echinochloa* sp. and *Aeschynomene* sp. for the first herbicide management. The viable seed bank in rice and *Urochloa plantaginea* soil did not present difference when compared to rice and soybean monoculture or rice monoculture under conventional tillage management or direct seeding system.

However, when the sorghum crop was introduced (in monoculture or soybean rotation), the viable seed bank of *Echinochloa* sp. and *Urochloa plantaginea* in the soil was increased, mainly in the superficial layer in a direct seeding system and deeper in conventional tillage.

Keywords: Emergency flow; cultivation system; flood depth; seed bank.

Lista de figuras

- Figura 1- Curvas cumulativas de germinação para as diferentes temperaturas (10,0; 15,0; 20,0; 25,0; 30,0; 35,0; 40,0; 45,0) em função do tempo em dias, para a primeira (A) e segunda (B) repetição do experimento. As linhas foram ajustadas ao modelo de Weibull para cada série de dados. FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2019.....37
- Figura 2- Linha de regressão ajustada aos resultados $1/T_{50}$, nas faixas de temperatura sub-ótima e supra-ótima em resposta a diferentes temperaturas. Símbolos são observações e as linhas são as regressões lineares ajustadas. FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2019.....39
- Figura 3- Curvas cumulativas de germinação para os diferentes potenciais hídricos (0,0; 0,05; 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,9 MPa) em função do tempo em dias. As linhas foram ajustadas ao modelo de weibull para cada série de dados. FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2019.....40
- Figura 4- Linha de regressão ajustada aos resultados $1/T_{50}$ nos diferentes potenciais hídricos (MPa). Símbolos são observações e a linha é a regressão linear ajustada. FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2019.....41
- Figura 5- Estimativa da quantidade de sementes de capim-arroz por m^{-2} a 0-5 cm de profundidade presentes no banco de sementes das estações experimentais da EMBRAPA e do IRGA. Capão do Leão /RS, 2019...43
- Figura 6- Distribuição do número de plântulas emergidas de capim-arroz diariamente ao longo das duas estações de crescimento, 2017/18 e 2018/19. EMBRAPA, Capão do Leão/ RS, 2019.....44

- Figura 7- Dados climáticos observados na área experimental durante a realização do experimento: Temperatura média diária do ar e precipitação para 2017 e 2018. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.....45
- Figura 8- Potencial hídrico do solo (MPa) diário observados na área experimental durante a realização do experimento: Linha contínua e pontilhada referem-se ao potencial hídrico de 2017 e 2018, respectivamente. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.....46
- Figura 9- Modelo de tempo térmico para a emergência de capim-arroz em diferentes épocas de semeadura (A e B – outubro; C e D - novembro) em Capão do Leão - RS nas estações de cultivo de 2017/18 e 2018/19. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.....47
- Figura 10- Modelo de tempo hidrotérmico para a emergência de capim-arroz em diferentes épocas de semeadura (A e B – outubro; C e D - novembro) em Capão do Leão - RS nas estações de cultivo de 2017/18 e 2018/19. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.....48
- Figura 11- Temperatura média diária (°C) e precipitação diária (mm), durante os meses de condução do experimento na safra 2017/18. Fonte: Estação meteorológica da EMBRAPA, Clima Temperado – Capão do Leão (31° 52' 00" S; 52° 21' 24" O).....63
- Figura 12- Temperatura média diária (°C) e precipitação diária (mm), durante os meses de condução do experimento na safra 2018/19. Fonte: Estação meteorológica da EMBRAPA, Clima Temperado – Capão do Leão (31° 52' 00" S; 52° 21' 24" O).....64

Lista de tabelas

- Tabela 1- Parâmetros estimados (a, T_{50} , b, c) da função de weibull ajustada a dados de temperaturas constantes de 15,0; 20,0; 25,0; 30,0; 35,0 e 40,0°C. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS. 2019.....38
- Tabela 2- Parâmetros estimados (a, T_{50} , b, c) da função weibull ajustada aos dados de potenciais hídricos. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2019.....40
- Tabela 3- Parâmetros estimados (a, T_{50} , b, c) da função de weibull ajustada ao modelo de tempo térmico. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.....47
- Tabela 4- Parâmetros estimados (a, T_{50} , b, c) da função de Weibull ajustada aos dados de tempo hidrotérmico. EMBRAPA, Capão do Leão/RS. 2019..48
- Tabela 5- Controle percentual de capim-arroz em função da interação do uso de herbicidas pré-emergentes em sistemas de cultivo de arroz irrigado avaliados aos 10, 20 e 28 dias após a emergência da cultura do arroz irrigado (DAE), durante a safra 2017/18. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.....59
- Tabela 6- Controle percentual de capim-arroz em função da interação do uso de herbicidas pré-emergentes em sistemas de cultivo de arroz irrigado, avaliados aos 07, 14 e 21 dias após a emergência da cultura do arroz irrigado (DAE), durante a safra 2018/19. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.....61
- Tabela 7- Acúmulo de massa seca de azevém e massa seca total (kg ha^{-1}), antecedendo o preparo de solo das áreas para o cultivo do arroz, nas safras 2017/18 e 2018/19. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.....61

- Tabela 8- Fitotoxicidade (%) à cultivar de arroz irrigado BRS A701 CL, em função da aplicação de herbicidas em pré-emergência, avaliados aos 10, 20 e 28 dias após a emergência da cultura do arroz irrigado (DAE), durante a safra 2017/18. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.....65
- Tabela 9- Fitotoxicidade (%) à cultivar de arroz irrigado BRS A701 CL, em função da aplicação de herbicidas em pré-emergência, avaliados aos 07; 14 e 21 dias após a emergência da cultura do arroz irrigado (DAE), durante a safra 2018/19. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.....66
- Tabela 10- População de capim-arroz (m^{-2}) em função do uso de herbicidas pré-emergentes, avaliados no início da irrigação por inundação (28 e 22 dias após a emergência da cultura, para as safras 2017/18 e 2018/19, respectivamente). EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.....67
- Tabela 11- Número de colmos de arroz produtivos (m^{-1}) à cultivar de arroz irrigado BRS A701 CL, em função do uso de herbicidas pré-emergentes em sistemas de cultivo de arroz irrigado, avaliados em pré-colheita, durante a safra 2017/18. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.....68
- Tabela 12- Estatura final de plantas de arroz (cm); número de grãos cheios por panícula (NGCP), número total de grãos por panícula (NTGP), à cultivar de arroz irrigado BRS A701 CL, em função em função de sistemas de manejo, durante a safra 2017/18. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.....69
- Tabela 13- Número de grãos cheios por panícula (NGCP), número total de grãos por panícula (NTGP) e peso de mil grãos (PMG) em gramas, produtividade ($kg\ ha^{-1}$), à cultivar de arroz irrigado BRS A701 CL, em função do uso de herbicidas pré-emergentes, durante a safra 2017/18. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.....70
- Tabela 14- Mecanismo de ação, nome comercial, ingrediente ativo e dose dos herbicidas ($g\ i.a.\ ha^{-1}$) utilizados em pré e pós-emergência, nos dois anos de cultivo, para o controle de capim-arroz e angiquinho. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.....75
- Tabela 15- Condições meteorológicas no momento das aplicações dos tratamentos herbicidas aplicados em pré e pós-emergência nos dois anos de cultivo. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.....77

- Tabela 16- Controle (%) de capim-arroz em função do uso de herbicidas aplicados em pré e pós-emergência na cultura do arroz irrigado, avaliados aos 10; 20; 30 dias após aplicação dos herbicidas (DAH) e na pré-colheita, durante a safra 2017/18. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.....79
- Tabela 17- Controle (%) de angiquinho em função do uso de herbicidas aplicados em pré e pós-emergência na cultura do arroz irrigado, avaliado aos 10 dias após aplicação dos herbicidas (DAH) durante a safra 2017/18. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.....80
- Tabela 18- Controle (%) de angiquinho em função da interação entre o uso de herbicidas aplicados em pré e pós-emergência na cultura do arroz irrigado, submetido a níveis de lâminas de irrigação, avaliado aos 20 e 30 dias após a aplicação dos herbicidas (DAH) e em pré-colheita, durante a safra 2017/18. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.....81
- Tabela 19- Fitotoxicidade (%) à cultivar de arroz irrigado BRS Pampa CL em função da aplicação de herbicidas em pré e pós-emergência, avaliados aos 10;20 e 30 dias após aplicação dos herbicidas (DAH), durante a safra 2017/2018. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.....82
- Tabela 20- População de angiquinho e capim arroz (m^{-2}), em função da aplicação de herbicidas em pré e pós-emergência, avaliados aos 30; 45; 60 e 75 dias após aplicação dos herbicidas (DAH), durante a safra 2017/18. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.....83
- Tabela 21- Estatura de plantas de arroz (cm) em função de níveis de lâminas de irrigação, avaliados aos 30 dias após a aplicação dos herbicidas, durante a safra 2017/18. EMBRAPA, Capão do Leão/RS. 2019.....85
- Tabela 22- Número de colmos (m^{-1}) e estatura (cm) final de plantas de arroz, em função da interação entre o uso de herbicidas aplicados em pré e pós-emergência e níveis de lâminas de irrigação, durante a safra 2017/18. Colmos avaliados aos 30 dias após aplicação dos herbicidas e estatura em pré-colheita. EMBRAPA, Capão do Leão/RS. 2019.....85
- Tabela 23- Número de colmos produtivos de arroz (m^{-1}) em função da aplicação de herbicidas aplicados em pré e pós-emergência, contabilizados em pré-colheita do arroz, durante a safra 2017/18. EMBRAPA, Capão do Leão/RS. 2019.....86

Tabela 24- Peso de mil grãos (PMG) (g) e produtividade de arroz (kg ha ⁻¹) em função da aplicação de herbicidas em pré e pós-emergência, durante a safra 2017/18. EMBRAPA, Capão do Leão/RS. 2019.....	87
Tabela 25- Controle (%) de capim-arroz em função da interação entre o uso de herbicidas aplicados em pré e pós-emergência na cultura do arroz irrigado, submetido a níveis de lâminas de irrigação, avaliados aos 10; 20 e 30 dias após a aplicação dos herbicidas (DAH), durante a safra 2018/19. EMBRAPA, Capão do Leão/RS. 2019.....	88
Tabela 26- Fitotoxicidade (%) à cultivar de arroz irrigado BRS A701 CL e população de capim-arroz (m ⁻²), avaliados aos 10 e 30 dias após aplicação dos herbicidas (DAH), respectivamente, em função da aplicação de herbicidas em pré e pós-emergência, durante a safra 2018/19. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.....	89
Tabela 27- Estatura de plantas de arroz (cm) em função de níveis de lâminas de irrigação, avaliados aos 30 dias após a aplicação dos herbicidas, durante a safra 2018/19. EMBRAPA, Capão do Leão/RS. 2018.....	90
Tabela 28- Número de colmos de arroz (m ⁻¹), em função da aplicação de herbicidas em pré e pós-emergência, avaliados aos 30 dias após aplicação dos herbicidas (DAH), durante a safra 2018/19. EMBRAPA, Capão do Leão/RS. 2019.....	90
Tabela 29- Tratamentos com seus respectivos manejos de preparo de solo e rotação de culturas. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.....	95
Tabela 30- Contrastes das densidades de sementes viáveis de capim-arroz (m ⁻²) em função de rotação de culturas e manejo de preparo do solo. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.....	97
Tabela 31- Contrastes das densidades de sementes viáveis de papuã (m ²) em função de rotação de culturas e manejo de preparo do solo. EMBRAPA, Capão do Leão – RS, 2019.....	99
Tabela 32- Densidade de sementes viáveis de capim-arroz e papuã (m ⁻²), em função de rotação de culturas e manejo de preparo do solo, avaliados em diferentes profundidades de coletas (0-5 e 5-10 cm). EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.....	100

Sumário

1. INTRODUÇÃO	20
2. CAPÍTULO I – Modelagem do fluxo de emergência de capim-arroz em sistemas de arroz irrigado	28
2.1 Introdução	28
2.2 Material e Métodos	30
2.3 Resultados e Discussão	36
2.4 Conclusões	51
3. CAPÍTULO II – Sistemas de cultivo de arroz irrigado e a eficiência de herbicidas pré-emergentes no controle de capim-arroz	52
3.1 Introdução	52
3.2 Material e Métodos	54
3.3 Resultados e Discussão	57
3.4 Conclusões	71
4. CAPÍTULO III – Níveis de lâmina de irrigação e manejo de herbicidas no controle de capim-arroz e angiquinho no arroz irrigado	72
4.1 Introdução	72
4.2 Material e Métodos	74
4.3 Resultados e Discussão	78
4.4 Conclusões	91
5. CAPÍTULO IV – Interferência da rotação de culturas e do preparo do solo sobre o banco de sementes de plantas daninhas em terras baixas	92
5.1 Introdução	92
5.2 Material e Métodos	93

5.3 Resultados e Discussão	96
5.4 Conclusões	101
6. CONCLUSÕES	103
7. REFERÊNCIAS.....	104
Vita.....	118

1. Introdução

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma Liliopsida, com rota fotossintética C3, pertencente à família Poaceae, o qual possui cerca de 20 espécies conhecidas (KISSMANN, 1999), sendo o continente asiático seu centro de origem. O arroz é cultivado e consumido em todos os continentes, situando-se entre os cereais mais produzidos, por fazer parte da dieta básica de aproximadamente metade da população mundial, devido a sua composição rica em carboidratos, proteínas, sais minerais e vitaminas (NASCIMENTO et al., 2016). Atualmente o Brasil é o nono maior produtor mundial deste grão, sendo o maior, quando desconsiderado os países do continente asiático (CONAB, 2019). O Rio Grande do Sul (RS) é o Estado com maior produção no país, onde dos 5,4 milhões de hectares de terras baixas, 1,1 milhões hectares são cultivados com arroz anualmente, sendo que os restantes 4,4 milhões de hectares permanecem em pousio sob sistema de integração lavoura pecuária, de forma extensiva, com 30% de campo nativo (SOSBAI, 2018).

No Estado, com o avanço em pesquisas, a produtividade média do arroz apresentou incremento de 33% para a safra 2017/18 em relação à safra 2004/05. Segundo estimativa da Conab (2019) foram produzidos 7,8 t ha⁻¹ na safra 2017/18, sendo este associado à adoção de novas tecnologias, melhoramento genético e aperfeiçoamento do manejo de cultivo. Porém, esta produtividade ainda está aquém do potencial produtivo encontrado nos centros de pesquisas e produtores que utilizam elevado nível tecnológico, pois o manejo inadequado interfere na produtividade da cultura.

Dentre os fatores bióticos que reduzem a produtividade do arroz, as plantas daninhas são consideradas as mais limitantes (AGOSTINETTO et al., 2008). Os prejuízos causados pela presença de plantas daninhas nas áreas cultivadas são reflexos da competição por recursos limitantes do nicho, no espaço e tempo,

liberação de compostos alelopáticos ou por serem hospedeiros de insetos e doenças (VASCONCELOS et al., 2012), além de dificultarem a operação de colheita e depreciar o produto colhido.

O controle de plantas daninhas é obrigatório para atingir altos patamares de produtividade de grãos na cultura do arroz, o que comumente é efetuado pelo uso de herbicidas (AGOSTINETTO et al., 2008). No entanto, dispor somente do manejo químico para o controle de plantas daninhas, mesmo que efetivo, além de causar a evolução de resistência de plantas daninhas a herbicidas, reduz a eficiência das tecnologias disponíveis atualmente. O exemplo mais impactante disso é a tecnologia Clearfield® (CL), desenvolvida especialmente para o controle de arroz-daninho, mas que após quatro anos de adoção por parte do setor produtivo, houve seleção de biótipos da espécie resistentes aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas no Brasil (HEAP, 2019). Estima-se que esta tecnologia é empregada em mais de 80% da área cultivada (IRGA, 2019) e mais de 50% das áreas com arroz no Estado do RS estejam infestadas com arroz-daninho resistente aos herbicidas inibidores da acetolactato sintase (ALS) (MENEZES et al., 2009).

As principais plantas daninhas encontradas nas áreas de cultivo de arroz irrigado são o arroz-daninho (*Oryza sativa* L.) e capim-arroz (*Echinochloa* sp.) (AGOSTINETTO et al., 2001; KALSING et al., 2017). O capim-arroz embora não pertença ao gênero do arroz cultivado, a espécie está amplamente distribuída em todas as regiões produtoras do grão, em elevada infestação (ANDRES et al., 2007). Esta planta daninha é altamente competitiva com arroz, devido a sua adaptação a ambientes alagados, grande produção de sementes, crescimento rápido e mecanismo fotossintético C4 (MARAMBE; AMARASINGHE, 2002).

Os prejuízos causados pelo capim-arroz, variam em função da cultivar utilizada e o intervalo entre aplicação dos herbicidas em pós-emergência e o início da irrigação por inundação, onde uma planta por metro quadrado pode reduzir 5 a 22% a produtividade do arroz (GALON et al., 2007; AGOSTINETTO et al., 2008). Além dos danos diretos relacionados à produção, no Brasil, biótipos de capim-arroz elevam os custos de produção por apresentam resistência as auxinas sintéticas e, resistência múltipla a herbicidas: inibidores da ALS e quinclorac; e ALS, quinclorac e cyahalofop-buthyl (inibidor da ACCase) (HEAP, 2019). Assim é dificultado o manejo desta espécie devido à limitada disponibilidade de herbicidas pós-emergentes

eficientes para o controle de capim-arroz, pois inviabilizou a utilização dos principais mecanismos de ação herbicidas.

O angiquinho (*Aeschynomene* sp.) é outra espécie daninha que apresenta importância na cultura do arroz, pois esta planta mesmo sendo dicotiledônea infesta aproximadamente 30% da área cultivada no Estado do RS (FERREIRA, 2007). A presença desta espécie, também diminui a eficiência na operação de colheita por obstruir o sistema de alimentação da trilha das máquinas colhedoras (FERREIRA, 2007), normalmente exigindo a parada da colheita para a limpeza dos equipamentos. Este problema está relacionado às características morfológicas da espécie, a qual apresenta caule espesso e parte aérea vigorosa, onde as folhas quando esmagadas tornam-se pegajosas, originando deste modo a obstrução do material colhido para o sistema de trilha e aumento do teor de impureza.

Outra espécie daninha importante na cultura do arroz é o papuã (*Urochloa plantaginea*), infestante principalmente nas áreas com lâmina de irrigação desuniforme e/ou com maior declividade (GALON et al., 2014b). Esta espécie assim como o capim-arroz possui alta habilidade competitiva e rota metabólica do tipo C4, que permite dominar o ambiente logo após a emergência da cultura em condições quentes e úmidas (KHATOUNIAN et al., 2016). Dependendo quase exclusivamente do uso de herbicidas para o manejo destas espécies daninhas, embora eficiente, é complexo, devido à evolução de biótipos resistentes, diminuição de novas moléculas herbicidas disponíveis no mercado e expansão da agricultura orgânica (ZANDONÁ et al., 2018). Deste modo, o manejo integrado de plantas daninhas deve ser empregado, conciliando técnicas de cultivo e manejo químico, para diminuir o nível de dano causado à cultura (SILVA et al., 2008).

A maior limitação para o uso do manejo integrado é a falta de conhecimento sobre a ecofisiologia das espécies daninhas (SADEGHLOO; ASGHARI; GHADERIFAR, 2013). Assim, o desenvolvimento de modelos de emergência de plantas daninhas torna-se crucial para o aprimoramento de estratégias de manejo de plantas daninhas (ZANDONÁ et al., 2018), pois o época e o tempo de germinação das sementes de plantas daninhas estão relacionados ao sucesso de qualquer espécie no agroecossistema (KOGER; REDDY; POSTON, 2004), e com a capacidade competitiva com seus vizinhos (FORCELLA et al., 2000). Entretanto, a germinação das sementes pode ser afetada por vários fatores, desde intrínsecos como o estágio de maturação, dormência e longevidade (MARTINS et al., 2000) e/ou ambientais,

como a disponibilidade de água, temperatura, luz, oxigênio, pH, salinidade do solo e profundidade de enterrio (CHACHALIS; REDDY, 2000; CHAUHAN; GILL; PRESTON, 2006).

Todos estes fatores têm o potencial de influenciar o comportamento de sementes de plantas daninhas, mas cada espécie exige requisitos específicos quanto à disponibilidade de água, temperatura e luz para a ocorrência dos processos germinativos. A falta de algum desses fatores pode fazer com que a germinação ocorra de forma lenta e em menor escala, ou ainda, induzir à dormência (CANOSSA et al., 2008). Contudo, temperatura e luz são consideradas os sinais ambientais que regulam a germinação, distribuição das espécies e interações ecológicas (CHAUHAN; JOHNSON, 2008; GUAN et al., 2009; ALI et al., 2013), quando a umidade do solo é suficiente para a embebição da semente, pois a água faz parte das estruturas moleculares como proteínas e ácidos nucléicos, bem como de lipídeos e carboidratos (GUIMARÃES; DIAS; LOUREIRO, 2008). Assim, pode-se considerar que a água é a principal responsável pela restrição, muitas vezes, do crescimento e desenvolvimento de espécies vegetais (TAIZ et al., 2017).

A temperatura afeta tanto a porcentagem, quanto a velocidade de germinação das sementes (ALBUQUERQUE; GUIMARÃES, 2007), estando relacionada com as reações bioquímicas necessárias para o início do processo germinativo (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). As sementes respondem a temperatura dentro de uma faixa que está relacionada à região de origem geográfica da espécie (ANDRADE et al., 2000). Nesta faixa, existe a temperatura ótima, na qual ocorre máxima germinação em menor intervalo de tempo e a máxima e mínima, sendo estas, variável entre as espécies.

A luz é outro fator fundamental para a germinação das sementes, envolvida na superação de dormência, regulação do crescimento e desenvolvimento de plântulas. É necessária para a germinação de muitas espécies de plantas daninhas (CANOSSA et al., 2008), sendo essa resposta denominada de fotoblastismo.

Para amenizar a intensidade destes fluxos de emergência de plantas daninhas, técnica de cultivo como o pousio, está sendo amplamente adotada por parte de agricultores no RS (SOSBAI, 2018). O pousio refere-se à ausência de cultivo por um ou mais anos, e apresenta como vantagem a redução do banco de sementes de plantas daninhas (MARCHESAN et al., 2003). Para que isso ocorra, durante o período da estação de crescimento de primavera/verão, as plantas

daninhas na área devem ser manejadas de tal forma que não ocorra à proliferação das mesmas, evitando o reabastecimento do banco de sementes e conseqüentemente nova incidência de plantas daninhas na próxima estação de cultivo.

O sistema de cultivo arroz-pousio é o mais utilizado. Estima-se que 57% da área cultivada com arroz são preparadas antecipadamente devido a adoção do pousio. Isso porque, este sistema apresenta maior praticidade para o preparo antecipado do solo, não estando limitado ao preparo no período entre safras, como ocorre nas áreas de plantio sobre a resteva do arroz (SOSBAI, 2018). O sistema de cultivo sobre resteva do arroz tende a incrementar a incidência de plantas daninhas, em vista que, as plantas escapes, ou seja, as que não foram eficientemente controladas, irão produzir mais sementes para a perpetuação da espécie.

Para melhorar o controle de plantas daninhas em ambos os sistemas, o uso de herbicidas pré-emergentes vem sendo empregados pelos agricultores. A atividade residual desta classe de herbicidas, com ação residual no solo possibilita inibir a germinação de plantas daninhas sensíveis e resistentes a herbicidas pós-emergentes (PINTO et al., 2008). A ação dos herbicidas pré-emergentes apresenta efeito similar ao apresentado pela lâmina de irrigação do arroz no controle de plantas daninhas. No entanto, a extensão deste período é dependente do herbicida empregado, dose, tipo de solo, espécie e nível de infestação (ANDRES; MACHADO, 2004).

O arroz irrigado é a cultura que mais consome água durante a sua produção, pois exige água para a saturação do solo, manutenção da lâmina e, reposição da água perdida por escoamento, percolação e evapotranspiração (BARTZ, 2017), mas possibilita maiores expectativas de produtividade em relação ao cultivo do cereal em sequeiro. Para a safra 2018/19 foi estimada 2,4 t ha⁻¹ para o cultivo de sequeiro, e 7,2 t ha⁻¹ para o cultivo irrigado (CONAB, 2019). Esta maior produtividade está associada à disponibilidade de água para a cultura e aos efeitos da lâmina de irrigação no manejo de plantas daninhas

A presença da lâmina de água diminui o oxigênio no solo e inibe o início da germinação de sementes de plantas daninhas. Atualmente, a manipulação da altura da lâmina de irrigação está relacionada ao estágio de desenvolvimento da cultura do arroz que, no início do ciclo necessita de lâminas menores para expressar seu potencial de afilhamento e, lâminas maiores no período de florescimento com o

objetivo de obter o efeito de termoregulação, amenizando problemas relacionados a temperaturas amenas (SOSBAI, 2018). No entanto, estudos relatam que o acréscimo na altura da lâmina de água de dois para 10 cm reduz a germinação de biótipos de arroz-daninho, podendo até inibir a germinação dos mesmos (GHOSH et al., 2017). No entanto, o incremento da lâmina pode favorecer a germinação de outras espécies, principalmente as aquáticas, como *Heteranthera callifolia* (KENT; JOHNSON, 2001). Evidenciando deste modo que, somente o manejo da altura da lâmina de irrigação não é o suficiente para o controle de plantas daninhas, necessitando outras práticas de cultivo.

A rotação de culturas é a prática que reduz a infestação de plantas daninhas, pois possibilita manejar a área com diferentes herbicidas e práticas culturais que não são possíveis na cultura do arroz (AGOSTINETTO et al., 2001). No Estado do RS a rotação com soja em áreas orizícolas vem crescendo, onde 215.000 ha foram cultivados neste sistema de rotação na última safra (IRGA, 2019). Então, a adoção de ferramentas que suprimam espécies daninhas, pode acarretar em menor banco de sementes no solo, como consequência disso, menor fluxo de emergência de plantas daninhas na próxima safra de cultivo (HU et al., 2017).

O termo banco de sementes pode ser definido como indicativo das reservas de sementes viáveis no solo em profundidade e na sua superfície, potencialmente capazes de repor as plantas adultas anuais, as quais morreram naturalmente ou não e plantas perenes, suscetíveis à morte por doença, distúrbio ou consumo por animais (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007). Em primeiro momento, as sementes desempenham papel ecologicamente positivo, apoiando a vida silvestre em níveis tróficos elevados, onde algumas espécies de plantas fornecem abrigo e alimento a ampla variedade de animais, incluindo invertebrados, pequenos mamíferos e aves, formando assim a base da biodiversidade (MARSHALL et al., 2003). Por outro lado, o banco de sementes de plantas daninhas está relacionado a infestações de lavouras em diferentes fluxos de emergência. Assim, a determinação do banco de sementes, para fins agrícolas está voltada o conhecimento do mesmo para estabelecer estratégias eficientes de manejo de plantas daninhas.

A compreensão dos efeitos causados pela sequência de culturas sobre o banco de sementes de plantas daninhas no solo é necessária para melhorar as estratégias de manejo. Sabe-se que a rotação de culturas tem impacto considerável

sobre a germinação e retorno das sementes de plantas daninhas para o banco de sementes (BOHAN et al., 2011).

A longevidade do banco de sementes no solo está relacionada ao manejo adotado pós-colheita da cultura (profundidade de enterrio), bem como, a dormência das sementes. A dormência é a falha de germinação de sementes viáveis durante o período de condições ambientais adequadas para a germinação, que mais tarde ocorreria à germinação quando a dormência for superada (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007). Várias estratégias de manejo estão sendo desenvolvidas para reduzir a competição de plantas daninhas com as culturas, sendo sugerido que o manejo do banco de sementes de plantas daninhas deve ser realizado para aumentar a mortalidade ou estimular a germinação das sementes (SWANTON e BOOTH, 2004).

O sistema de preparo do solo associado à rotação de culturas afeta a dinâmica populacional de plantas daninhas, tanto no número de plantas emergidas quanto na quantidade de sementes presentes no banco de sementes (DAVIS; RENNER; GROSS, 2005). Em terras baixas o sistema de preparo convencional de arroz irrigado com uma aração, duas gradagens e posterior nivelamento e montagem das taipas (MUNARETO et al., 2010), tende a distribuir as sementes no perfil do solo. Para o sistema de semeadura direta, sem revolvimento do solo, tende a manter as sementes nas camadas superiores do solo (REFSELL e HARTZLER, 2009). Assim, a utilização do sistema de semeadura direta, associada à rotação de culturas em terras baixas pode influenciar a infestação de plantas e alterar as espécies predominantes (THEISEN et al., 2017). Estudos que avaliem essas características são necessários para entender possíveis alterações na flora e associar a eficiência de herbicidas para implementar corretamente o manejo integrado de plantas daninhas.

As hipóteses deste trabalho foram que o incremento da temperatura do solo em condições adequadas de umidade proporciona maior fluxo de emergência de capim-arroz; o manejo insatisfatório de plantas daninhas durante o pousio reduz a eficiência de herbicidas pré-emergentes; o incremento da lâmina de irrigação auxilia no controle de plantas daninhas e a eficiência de herbicidas; a rotação de culturas independente do sistema de preparo do solo reduz o banco de sementes de plantas daninhas, sendo que o preparo do solo distribui as sementes no perfil.

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivos: determinar os parâmetros de temperaturas e umidade limiaries para a germinação, o banco de sementes de plantas daninhas e realizar a modelagem do fluxo de emergência de capim-arroz em diferentes épocas de semeadura do arroz irrigado; avaliar a seletividade e eficiência de herbicidas pré-emergentes no controle de capim-arroz nos sistemas de cultivo em pousio e resteva na cultura do arroz irrigado; avaliar a eficiência de herbicidas pré e pós-emergentes das tecnologias CL e ou não (convencional), submetidos a diferentes lâminas de irrigação na cultura do arroz irrigado, para o controle de capim-arroz e o angiquinho; avaliar a dinâmica do banco de sementes viáveis de capim-arroz e papuã em terras baixas, em virtude da rotação de culturas e do manejo de solo empregado.

2 CAPÍTULO I – Modelagem do fluxo de emergência de capim-arroz em sistemas de arroz irrigado.

2.1 Introdução

O fluxo de emergência de plantas é definido como a dinâmica de emergência do banco de sementes para determinada espécie, em relação ao tempo, sob influência das condições ambientais que as mesmas se encontram, atreladas ao manejo do solo e a utilização de herbicidas (ZANDONÁ et al., 2018). Assim, diferentes fluxos de emergência são observados ao longo do desenvolvimento das culturas e causando impactos sobre a produtividade dos cultivos.

Muitos esforços têm sido feitos para prever a emergência de plantas daninhas como meio para minimizar o impacto da competição das mesmas na cultura e minimizar o uso de herbicidas (HOLST; RASMUSSEN; BASTIAANS, 2007). Entende-se que, a eficiência das operações de manejo de plantas daninhas é dependente da sua temporização correta, de acordo com a dinâmica da emergência durante o estabelecimento da cultura (MASIN et al., 2011). Essa consciência induziu o crescente interesse no desenvolvimento de modelos que podem simular a emergência de plantas daninhas, para adoção precisa do seu manejo integrado (LODDO et al., 2017).

Vários modelos foram criados para simular a emergência de plantas daninhas nas culturas, como no milho (DORADO et al., 2009; MASIN et al., 2012), soja (WERLE et al., 2014; MASIN et al., 2014) e cereais de inverno (ROYO-ESNAL et al., 2010; GARCÍA et al., 2013; IZQUIERDO et al., 2013; ROYO-ESNAL et al., 2015). No entanto, para a cultura do arroz poucos modelos foram desenvolvidos

(LUNDY et al., 2014). Estes modelos são frequentemente baseados nos conceitos de tempo térmico (TT) e/ou hidrotérmico (TH) (BRADFORD, 2002; DORADO et al., 2009; WERLE et al., 2014) e requerem a estimativa de parâmetros biológicos, como temperatura base (T_b) e potencial hídrico base (Ψ_b) para a germinação.

O uso de TT e TH nos modelos de emergência tornou-se bem-sucedido com a constatação que a emergência pode ser representada por uma simples curva cumulativa sigmoideal (gompertz; weibull), ou funções logísticas nas quais os TT/TH servem como variável independente (BROWN; MAYER, 1988; FORCELA et al., 2000). No entanto, o modelo não faz distinção de dormência, germinação e crescimento pré-emergência e o processo de modelagem é iniciado em uma data fixa, independentemente de práticas de cultivo (COLBACH et al., 2005).

As espécies poaceae, em especial as do gênero *Echinochloa* sp. (capim-arroz), são usualmente as primeiras plantas a emergir e crescer com a cultura do arroz irrigado no início da estação de crescimento (GITSOPOULOS; FROUD-WILLIAMS, 2004). Esta espécie é considerada a principal planta daninha de ocorrência em lavouras de arroz no Sul do Brasil. Isso porque, apresenta elevada ocorrência e infestação nas áreas de produção orizícolas, se destacando pela elevada habilidade competitiva e dificuldades de controle e por apresentar características morfofisiológicas semelhantes à cultura do arroz irrigado. Além disso, apresenta biótipos com resistência cruzada e múltipla a vários herbicidas recomendados para seu controle (HEAP, 2019).

O conhecimento sobre o padrão de emergência de capim-arroz na cultura do arroz irrigado é importante para a elaboração de estratégias de manejo, para reduzir as perdas de produtividade e minimizar a pressão de seleção de herbicidas, auxiliando na redução da evolução da resistência. Além disso, baseado nos modelos de emergência, os agricultores podem selecionar o melhor momento de controle mecânico ou químico em diferentes épocas de semeadura (MASIN et al., 2011; CHANTRE et al., 2012). Como a época de semeadura é baseada seguindo o zoneamento agrícola de risco climático para cada região, a semeadura do arroz ocorre de forma escalonada e tende a ser influenciada por diferentes fluxos de emergência de plantas daninhas.

Para a realização da modelagem, estudos em laboratório são essenciais para desenvolver os parâmetros limiares de temperatura e umidade (WERLE et al., 2014; ROYO-ESNAL et al., 2015). Além disso, monitorar as condições ambientais e

a emergência de capim-arroz a campo em diferentes locais é essencial para a precisão do modelo de emergência de capim-arroz no Sul do Brasil. Diante disso, a hipótese deste trabalho infere que o aumento da temperatura do ambiente incrementa o fluxo de emergência de capim-arroz em condições ideais de umidade do solo. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi determinar os parâmetros de temperaturas e umidade limiares para a germinação, o banco de sementes de plantas daninhas e realizar a modelagem do fluxo de emergência de capim-arroz em diferentes épocas de semeadura do arroz irrigado.

2.2 Material e Métodos

Foram realizados experimentos de germinação, banco de sementes e fluxo de emergência de capim-arroz. Os estudos de germinação foram realizados no laboratório de Análises de Sementes, pertencente à Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas (FAEM/UFPel) no ano de 2018. Os estudos de banco de sementes e fluxo de emergência foram realizados na área Estação Experimental Terras Baixas, da EMBRAPA Clima Temperado, no município do Capão do Leão – RS (31° 48' 49" S e 52° 28' 02" O). O solo da área está classificado como Planossolo Háplico (EMBRAPA, 2013).

Os dados de fluxo de emergência foram validados na Estação Experimental do Arroz (EEA), do Instituto Rio-Grandense do Arroz (IRGA), em Cachoeirinha - RS, situada nas coordenadas geográficas 29° 57' 1.25" S e 51° 7' 22.81" O em solo classificado como Gleissolo Háplico Distrófico típico (EMBRAPA, 2013). O experimento a campo para o fluxo de emergência foi conduzido nas safras 2017/18 e 2018/19 e, a validação na safra 2017/18.

2.2.1 Testes de Germinação

As sementes foram coletadas de março a abril de 2017 a partir de populações espontâneas da área experimental da EMBRAPA Clima Temperado. A região apresenta o clima temperado úmido com verão quente, relatado na classe Cfa de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger atualizado por Peel; Finlayson; McMahon (2007). A temperatura média anual é de 18,0 °C, sendo que janeiro é o mês mais quente (média mensal de temperatura mínima e máxima de

17,9 e 29,1°C, respectivamente) e em julho o mais frio (média de temperaturas mínima e máxima mensais de 7,6 e 18,0°C, respectivamente). Precipitação anual tem cerca de 1378 mm, com o mês de novembro o mais seco, período de semeadura e estabelecimento da cultura do arroz.

Um único lote de sementes maduras foi coletado de várias plantas, a fim de obter amostra representativa da variabilidade da intrapopulação. As sementes foram coletadas e deixadas para secar a temperatura ambiente, durante 30 dias e depois armazenada em sacos de papel à temperatura de 20°C em câmara fria até o início dos testes de germinação. Como baixos percentuais de germinação foram obtidos em testes preliminares de germinação (dados não apresentados), pré-tratamentos de condicionamento específicos de sementes foram realizados para superar a dormência e promover a germinação. A dormência das sementes de capim-arroz foi superada pelo armazenamento em temperatura de $\pm -5,0^{\circ}\text{C}$ por 48 horas.

Visando a obtenção dos parâmetros necessários (temperatura base e potencial hídrico base) para a predição modelo foram realizados dois experimentos, ambos em delineamento experimental completamente casualizado, com quatro repetições. O primeiro experimento foi realizado para determinar as temperaturas limiares, onde os tratamentos foram compostos por oito temperaturas constantes (10; 15; 20; 25; 30; 35; 40 e 45°C), sendo repetido o experimento duas vezes. O segundo experimento foi realizado, após determinar a temperatura ótima, utilizando como tratamentos 10 potenciais hídricos (0; -0,05; -0,1; -0,2; -0,4; -0,6; -0,9; -1,2; -1,5 e -2,0 megapascal (MPa)).

Para o preparo dos potenciais hídricos foi utilizado polietileno glicol 8000 (PEG) em diferentes concentrações para formar as soluções, de acordo com Hardegree e Emmerich (1994). Este composto foi usado porque ele não causa interferência com relação ao efeito salino sobre os fenômenos biológicos envolvidos nos processos de germinação e alongação da parte aérea e radicular, além de não ser fitotóxico, não atravessar o sistema de membranas e não ser metabolizado pelas sementes nos processos de germinação e de alongação da radícula e parte aérea (HARDEGREE; EMMERICH, 1994).

Para cada tratamento, 200 sementes foram semeadas em quatro sub amostras de 50 sementes de forma manual, em papel mata borrão previamente umedecido com água destilada (experimento de temperatura) ou solução de PEG (experimento de potencial hídrico), na proporção de 2,5 vezes a massa dos papéis

secos e acondicionados em caixas gerbox. Em seguida foram acondicionadas a câmara de germinação em cada temperatura estável e fotoperíodo de 8 horas dia e 16 horas noite. Sementes germinadas foram contadas e removidas diariamente, sendo consideradas germinada as sementes que apresentavam extensão radicular igual ou superior a 2 mm (DURAN; TORTOSA, 1985). Os testes foram considerados concluídos quando nenhuma germinação adicional ocorreu por cinco dias.

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade (teste de Shapiro Wilk) e homocedasticidade (teste de Hartley), posteriormente foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$). Sendo constatada significância estatística, foi procedida a análise de regressão por meio de scripts do software R (R Core Team, 2012).

A partir do número de sementes germinadas nas diferentes temperaturas e potenciais hídricos foi possível determinar as taxas de germinação cumulativa. Para cada temperatura e potencial hídrico a função logística de weibull foi ajustada:

$$y = a \left[1 - e^{-\left(x - T_{50} + \frac{\ln 2}{b}\right)^c} \right]$$

onde: y é a porcentagem de germinação; x é o tempo expresso em dias; a , b , c e T_{50} são constantes derivadas empiricamente: a , é a porcentagem máxima de emergência registrada; b é a taxa de aumento; c é um parâmetro de forma; e, T_{50} é o tempo necessário para obter 50% de emergência.

O tempo necessário para a germinação de metade do total de sementes germinadas (T_{50}) foi calculado para cada temperatura e potencial hídrico. Assim, para determinar a temperatura base, ótima e máxima, a taxa de germinação foi estimada em $1/T_{50}$ e duas regressões lineares independentes (sub e supra-ótima) foram geradas, com as taxas de germinação das quatro repetições em função da temperatura de incubação (DUMUR; PILBEAM; CRAIGON, 1990). A temperatura base (T_b) e a máxima (T_{max}) foram estimadas como o intercepto da linha de regressão com a abscissa (eixo da temperatura). Já, a temperatura ótima (T_o) foi calculada da interceptação dessas duas linhas de regressão (DUMUR; PILBEAM; CRAIGON, 1990), usando os interceptos e a inclinação dessas duas equações de regressões:

$$T_o = (a_2 - a_1) / (b_1 - b_2)$$

O potencial hídrico base (Ψ_b) foi calculado plotando a taxa de 50% de germinação estimada em $1/T_{50}$ para cada potencial hídrico. O Ψ_b foi determinado pela interseção da linha de regressão com a abscissa (DAHALL; BRADFORD, 1994). Para obter os limiares de temperatura (T_b , T_o , T_{max}) e o Ψ_b representativos da população, o procedimento estatístico de bootstrap foi adotado para calcular os intervalos de confiança. A melhor estimativa foi aquela que apresentou o menor desvio dos resíduos (LODDO et al., 2017). Esses valores de T_b , T_o , T_{max} e Ψ_b estimados, foram utilizados para calcular o tempo térmico (TT) e tempo hidrotérmico (TH), para cada combinação de temperatura e potencial hídrico no campo.

2.2.2 Determinação do Banco de Sementes

O estudo sobre banco de sementes foi realizado em casa de vegetação e laboratório entre outubro de 2017 e abril de 2018. Para isso, foi organizado gride de amostragem de solo, sendo coletado o solo na camada de zero a cinco centímetros. Utilizou-se trado calador com dimensões de 5,0 cm altura por 5,0 cm de diâmetro ($98,17 \text{ cm}^3$). A faixa de coleta corresponde à camada em que ocorre mais de 90% da emergência de plantas daninhas em solos cultivados (MONQUERO; CHRISTOFFOLETI, 2005).

As amostras coletadas no campo foram colocadas em sacos plásticos, identificadas e transportadas para casa de vegetação pertencente ao CEHERB/FAEM/UFPel. Em seguida, organizaram-se as amostras em bandejas plásticas, numeradas e separadas conforme a localização georreferenciada.

A quantificação do banco de sementes foi realizada utilizando-se o método de contagem direta de plântulas emergidas em casa de vegetação, segundo a metodologia proposta por Roberts e Nielson (1981). As amostras foram avaliadas diariamente e quando o fluxo de emergência estabilizava, o solo era revolvido, proporcionando novo fluxo. A cada fluxo as plântulas eram identificadas com literatura especializada (LORENZI, 2014), registradas e posteriormente descartadas.

Após a contagem direta da emergência, as amostras de solo foram passadas por conjunto de peneiras de 8, 10 e 30 mesh, para resgatar as sementes remanescentes do banco. Após esta passagem as amostras foram avaliadas em estereoscópio de luz para extrair as sementes remanescentes. As sementes remanescentes foram submetidas à análise de viabilidade das sementes duras

através do teste de tetrazólio (2,3,5-trifenil-cloreto-de-tetrazólio) a 1,0%, considerando-se viáveis aquelas sementes que apresentaram cor rosa ou carmim (BRASIL, 2009). Para isso, as sementes foram colocadas em água destilada por 24 horas, cortadas e colocadas na solução de tetrazólio em recipiente de vidro transparente, fechado com papel alumínio para evitar a entrada de luz por 24 horas, a temperatura de $\pm 30^{\circ}\text{C}$ (BRASIL, 2009).

Os dados obtidos da densidade do banco de sementes foram transformados para metro quadrado na profundidade de coleta até 5 cm e demonstrados em gráficos de barras.

2.2.3 Modelagem do Fluxo de Emergência

O fluxo de emergência de plantas daninhas foi realizado a campo durante duas épocas e em dois anos de cultivo (2017/18 e 2018/19). As épocas corresponderam ao período em que é recomendado realizar a semeadura do arroz, para a região Sul do Estado do Rio Grande do Sul, conforme o zoneamento agrícola (MAPA, 2019). Assim, a primeira época foi instalada no dia 26 de outubro e a segunda época dia 26 novembro de 2017/18; e no dia 16 de outubro e a segunda época dia 16 novembro de 2018/19. As épocas de contagem referem-se à semeadura do arroz realizada em época intermediária e tardia.

Em cada época a emergência de capim-arroz foi monitorada em duas áreas distintas, ou seja, na presença e ausência (pousio) da semeadura da cultura do arroz irrigado. Todas as épocas foram previamente dessecadas, aos 15 e 0 (zero) dias antes do início de cada período de contagem, com o herbicida glyphosate ($1.440 \text{ g e.a. ha}^{-1}$) e paraquat ($300 \text{ g i.a. ha}^{-1}$), respectivamente (AGROFIT, 2019). Para isso, utilizou-se pulverizador costal, equipado com barra de dois metros de largura, com quatro pontas modelo Magnojet com indução de ar 110.015 de jato plano, espaçadas a 0,50 m, com vazão média de 120 L ha^{-1} de calda, altura de 0,50 m em relação ao solo e velocidade média de deslocamento de $3,6 \text{ km h}^{-1}$.

A semeadura do arroz foi realizada com semeadora de parcelas composta de nove linhas de semeadura, espaçadas 0,17 m entre si. A cultivar utilizada foi a Irga 424 RI, na densidade de 100 kg ha^{-1} . Foram semeadas duas faixas de 10 m de comprimento para cada época de semeadura. A fertilidade da área foi realizada pela adubação 350 kg ha^{-1} em base de N-P-K na formulação (05-20-30).

Realizou-se o monitoramento da emergência três vezes por semana (segunda, quarta e sexta-feira), a partir da sementeira para cada época estudada, até o arroz atingir o estágio de desenvolvimento V4 (COUNCE; KEISLING; MITCHELL, 2000). Em cada área, na presença e ausência da sementeira da cultura do arroz irrigado, quatro repetições, previamente demarcadas, de 0,25 m² foram utilizadas para a contagem da emergência de capim-arroz. As plantas foram consideradas emergidas quando apresentaram no mínimo um centímetro de parte aérea emitida acima do solo, sendo identificadas de acordo com literatura especializada (LORENZI, 2014), contabilizadas a totalidade de plantas em todas as avaliações.

Medições diárias de temperatura do solo e do ambiente foram realizadas na área experimental, durante quatro meses, com a utilização de data logger (modelo HOBO[®] UA 001-64). A umidade do solo foi determinada na profundidade de zero a cinco centímetros, com a coleta de trado calador durante a realização de cada época de contagem. A transformação dos dados de porcentagem de umidade para potencial hídrico do solo, seguiu a equação média de retenção de água no solo proposta por Concenço et al. (2016), realizada na área do estudo.

Os dados de emergência foram convertidos de contagens semanais para emergência cumulativa, com base na emergência total de plântulas emergidas. Da mesma forma, os dados de temperatura e umidade foram utilizados para determinar o tempo hidrotérmico TH, de acordo com equação sugerida por Gummerson (1986):

$$TH = \sum (\theta H \times \theta T)$$

na qual: $\theta H = 1$, quando $\Psi > \Psi_b$; caso contrário $\theta H = 0$; e $\theta T = T - T_b$ quando $T > T_b$, caso contrário $\theta T = 0$; Ψ é o potencial médio diário da água na camada do solo; Ψ_b é o potencial de água base para emergência de plântulas; T é a temperatura média diária do solo na profundidade aferida e T_b é a temperatura de base para a emergência das plântulas (MARTINSON et al., 2007; ROYO-ESNAL et al., 2010). Com esta fórmula, o TH somente é acumulado quando as condições Ψ e T foram superiores a Ψ_b e T_b . Já, a relação entre a emergência cumulativa foi descrita pelo modelo weibull:

$$y = a \left[1 - e^{-\left(x - T_{50} + \frac{b \ln \frac{1}{c}}{b}\right)^c} \right]$$

onde: y é a porcentagem de emergência; x é o tempo expresso como TT ou TH; a , é a porcentagem máxima de emergência registrada; b é a taxa de aumento; c é parâmetro de forma; e , T_{50} é o TT ou TH necessário para obter 50% de emergência.

O modelo desenvolvido foi validado com dados de emergência a campo obtidos na estação experimental do arroz no IRGA em Cachoeirinha-RS, os valores reais da emergência e os valores estimados pelo modelo foram analisados pelo quadrado médio do erro (RMSEP) e pelo critério de informação de Akaike (AIC) (CHANTRE et al., 2012; ROYO-ESNAL et al., 2015):

$$RMSEP = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}$$

no qual: P_i representa a porcentagem cumulativa prevista de emergência; O_i é a porcentagem cumulativa efetiva de emergência; e, n é o número de observações (MAYER; BUTLER, 1993; ROMAN; MURPHY; SWANTON, 2000).

$$AIC = \log(RMSEP^2) + \frac{2m^d}{N}$$

onde: m é o número de parâmetros do modelo; N é o número de observações; e, d é constante definida pelo usuário (QI; ZHANG, 2001). O RMSE e AIC fornecem uma medida da diferença típica entre os valores previstos e os reais em unidades de porcentagem de concentração de plântulas, assim os menores valores de RMSE e AIC permitem o ajuste satisfatório aos dados (CHANTRE et al., 2012; ROYO-ESNAL et al., 2015).

2.3 Resultados e Discussões

A apresentação dos resultados e discussões de cada experimento está descritos abaixo, adotando-se a sequência apresentada nos materiais e métodos.

2.3.1 Testes de Germinação

Os resultados dos testes de homocedasticidade e normalidade para os estudos de germinação, tanto de temperatura como potencial hídrico, revelaram não ser necessária a transformação dos dados. De acordo com os resultados da análise de variância, ambos os fatores temperatura e potencial hídrico influenciam na germinação de capim-arroz.

Entre os diferentes níveis de temperatura testados, a germinação das sementes foi nula nas temperaturas constantes de 10,0 e 45,0°C em ambos os experimentos (Figura 1). Para as demais temperaturas foi observado aumento no na germinação de capim-arroz e os dados se ajustam ao modelo sigmoidal de weibull de quatro parâmetros (Figura 1; Tabela 1). Os valores de R^2 variaram entre 0,98 e 0,99 e o RMSEP foram de 7,5; 2,7; 3,9; 4,1 e 7,8 para as constantes de 20,0; 25,0; 30,0; 35,0 e 40,0, respectivamente, indicando ajuste satisfatório dos dados ao modelo. Salienta-se que a porcentagem de germinação aumentou notadamente a partir da temperatura de 20,0°C; e, período de latência da germinação foi observado na germinação de capim-arroz.

As maiores porcentagens de germinação ocorreram nos primeiros sete dias de avaliação dos experimentos nas temperaturas de 25,0 e 30,0°C, no primeiro e segundo experimento, respectivamente (Figura 1). Entretanto, o menor tempo para 50% da germinação (T_{50}) foi observado na temperatura de 30,0°C em ambos os experimentos (Figura 1; Tabela 1). Dessa forma, a tendência é a redução na taxa de germinação (aumento do intervalo de tempo de germinação) com temperaturas acima ou abaixo de 30,0°C. Resultados semelhantes foram encontrados em populações de capim-arroz na França, que apresentaram germinação na faixa de temperatura entre 8,0 a 35,0°C e as porcentagens de germinação máximas mantiveram-se muito semelhantes nas temperaturas de 25 e 30°C (GUILLEMIN et al., 2013).

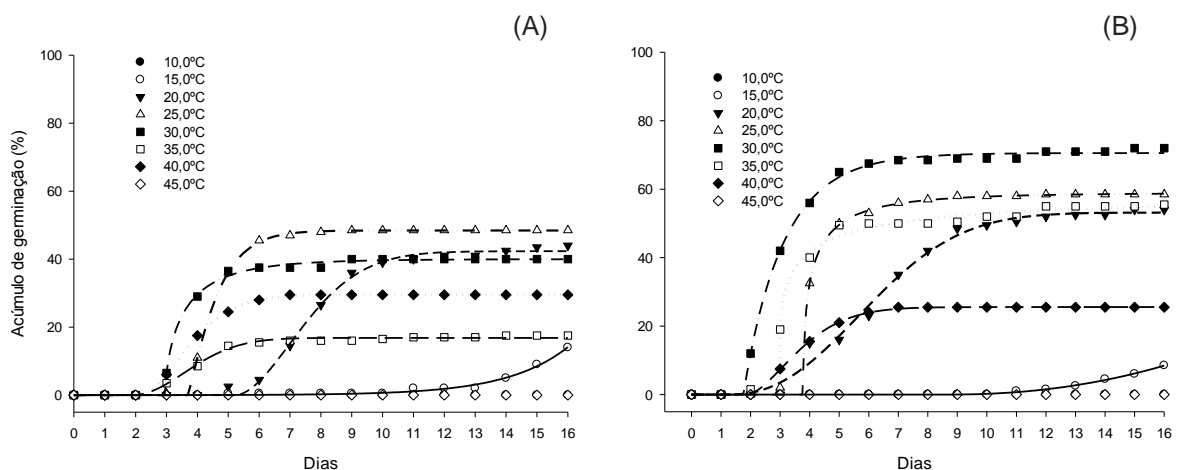


Figura 1 - Curvas cumulativas de germinação para as diferentes temperaturas (10,0; 15,0; 20,0; 25,0; 30,0; 35,0; 40,0; 45,0°C) em função do tempo em dias, para a primeira (A) e segunda (B) repetição do experimento. As linhas foram ajustadas ao modelo de Weibull para cada série de dados. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2019.

As temperaturas cardeais para a germinação de capim-arroz foram calculadas usando as regressões lineares aplicadas ao inverso do tempo para 50% de germinação ($1/T_{50}$) (Figura 2). Assim, utilizando os parâmetros das equações obtidas da reta na faixa sub-ótima e supra-ótima a temperatura base foi estimada em $11,53^{\circ}\text{C}\pm 0,03$, ótima $30,65^{\circ}\text{C}\pm 0,04$ e a máxima em $45,61^{\circ}\text{C}\pm 0,05$. Resultado de T_b similar foi relatado por Martinkova; Honek; Lukas (2006), onde encontraram limiar de $11,7^{\circ}\text{C}$ para esta espécie. Porém, em estudo realizado por Guillemain et al. (2013) a T_b e T_o de germinação da espécie foi constatada em 8,0 e $25,0^{\circ}\text{C}$, respectivamente. Diferentes T_b foram relatadas também em populações de *Echinochloa crus-galli* L. ($10,0^{\circ}\text{C}$) presentes em Minnesota (FORCELLA, 1998) e Califórnia ($13,0^{\circ}\text{C}$) (STEINMAUS; PRATHER; HOLT, 2000).

Tabela 1- Parâmetros estimados (a, T_{50} , b, c) da função de weibull ajustada a dados de temperaturas constantes de 15,0; 20,0; 25,0; 30,0; 35,0 e $40,0^{\circ}\text{C}$. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2019.

Experimento 1									
Temp.	a		T_{50}		b		c		R^2
15,0°C	3943,27	ns	26,46	$\pm 0,25$	862,68	ns	431,06	ns	0,98
20,0°C	42,37	$\pm 0,54^1$	7,50	$\pm 0,07$	2,79	$\pm 0,45$	1,78	$\pm 0,37$	0,99
25,0°C	48,44	$\pm 0,09$	4,42	$\pm 0,06$	1,01	$\pm 0,06$	1,17	$\pm 0,08$	0,99
30,0°C	39,99	$\pm 0,33$	3,34	$\pm 0,06$	0,67	$\pm 0,09$	0,66	$\pm 0,09$	0,99
35,0°C	29,54	$\pm 0,04$	3,75	$\pm 0,01$	1,86	$\pm 0,07$	1,56	$\pm 0,07$	0,99
40,0°C	16,83	$\pm 0,19$	3,89	$\pm 0,09$	2,41	$\pm 0,71$	1,98	$\pm 0,68$	0,99
Experimento 2									
15,0°C	1554,38	ns	76,83	$\pm 0,18$	80,70	ns	2,18	ns	0,99
20,0°C	53,18	$\pm 1,08$	6,06	$\pm 0,15$	5,68	$\pm 1,40$	2,33	$\pm 0,72$	0,99
25,0°C	58,92	$\pm 0,53$	3,94	$\pm 0,03$	0,34	$\pm 0,12$	0,48	$\pm 0,10$	0,99
30,0°C	70,58	$\pm 0,39$	2,69	$\pm 0,04$	1,37	$\pm 0,10$	0,97	$\pm 0,09$	0,99
35,0°C	57,92	$\pm 4,62$	3,13	$\pm 0,05$	0,49	$\pm 0,13$	0,34	$\pm 0,13$	0,99
40,0°C	25,56	$\pm 0,06$	3,63	$\pm 0,02$	2,17	$\pm 0,07$	1,59	$\pm 0,06$	0,99

^{ns} Os parâmetros não são significativo; ¹ Valores representam os erros padrões.

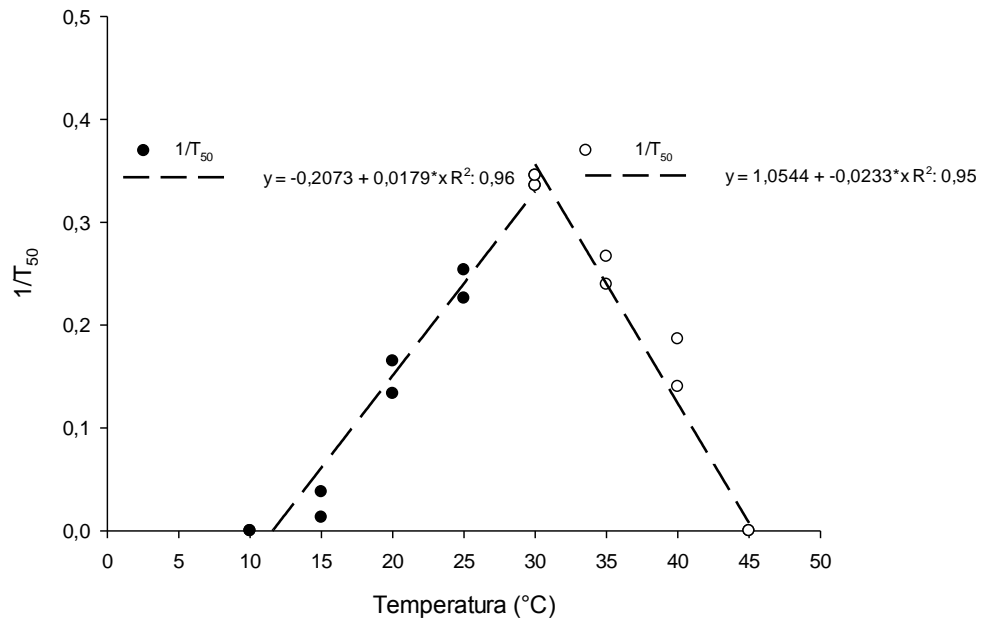


Figura 2-Linha de regressão ajustada aos resultados $1/T_{50}$, nas faixas de temperatura sub-ótima e supra-ótima em resposta a diferentes temperaturas. Símbolos são observações e as linhas são as regressões lineares ajustadas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2019.

Diferentes respostas de temperaturas base e ótimas encontradas entre o experimento e os dados de literatura, são oriundas possivelmente da adaptação às condições ambientais e agronômicas de cada local, como relatado para interpolações de *Conyza canadensis* L. e *Datura stramonium* L. (LODDO et al., 2014; TOZZI et al., 2014). Além disso, algumas pesquisas sugerem que o efeito da temperatura sobre a germinação de capim-arroz é também variável em função da idade das sementes (BASTIANI et al., 2015), o que pode estar relacionado com a dormência das mesmas. De fato, os requisitos de temperatura para a germinação variam com o nível de dormência (BENECH-ARNOLD et al., 2000) e, portanto, poderia influenciar a temperatura base estimada para a germinação. No entanto, estes efeitos podem variar entre espécies, pois a temperatura base estimada para a germinação de *Ambrosia artemisiifolia* (GUILLEMIN et al., 2013) e *Alopecurus myosuroides* (COLBACH et al., 2002), não diferiram.

No experimento de potencial hídrico (Ψ), observou-se que a porcentagem final de germinação foi diminuindo com a redução do potencial hídrico (Figura 3; Tabela 2). As curvas cumulativas de germinação foram ajustadas a função de weibull, obtendo-se R^2 maior que 0,87 e RMSEP variando de 1,3; 1,8; 3,9; 4,1; 4,8 e

7,8, para os potenciais hídricos de 0; -0,05; -0,1; -0,2; -0,4 e -0,6 MPa, respectivamente, indicando ajuste satisfatório dos dados ao modelo.

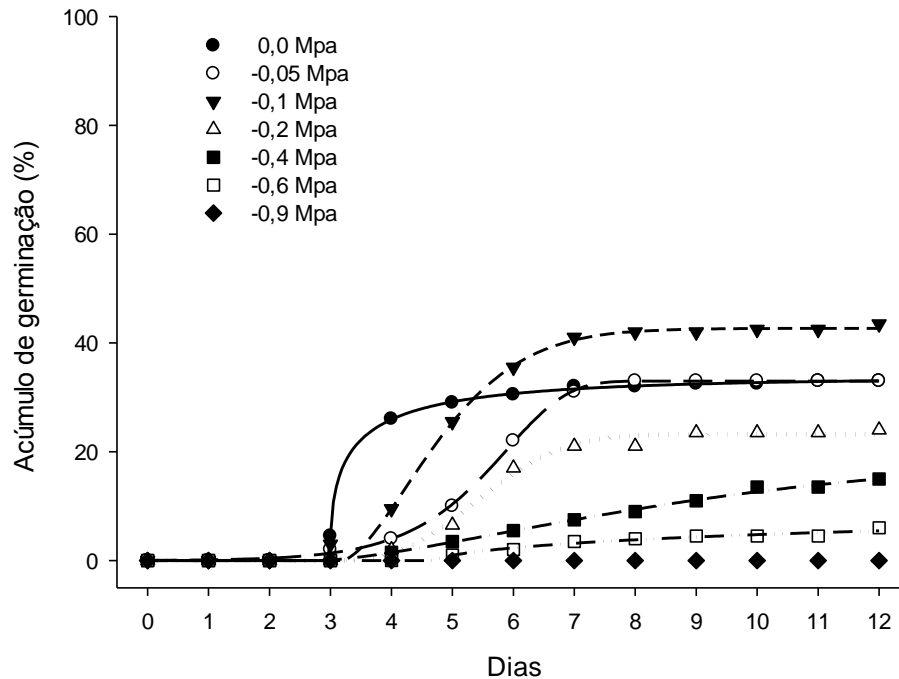


Figura 3- Curvas cumulativas de germinação para os diferentes potenciais hídricos (0,0; 0,05; 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,9 MPa) em função do tempo em dias. As linhas foram ajustadas ao modelo de weibull para cada série de dados. FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2019.

Tabela 2- Parâmetros estimados (a, T_{50} , b, c) da função de weibull ajustada aos dados de potenciais hídricos. FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2019.

Potencial	a	T_{50}	b	c	R^2
0,0 MPa	33,69 ($\pm 4,75$)	3,19 ($\pm 0,29$)	0,43 ($\pm 0,40$)	0,46 ($\pm 0,52$)	0,87
-0,05 MPa	32,97 ($\pm 1,08$)	5,58 ($\pm 0,18$)	35,15 ($\pm 36,9$)	36,26 ($\pm 38,8$)	0,90
-0,1 MPa	42,70 ($\pm 0,54$)	4,72 ($\pm 0,07$)	1,94 ($\pm 0,48$)	1,61 ($\pm 0,47$)	0,99
-0,2 MPa	23,19 ($\pm 0,43$)	5,57 ($\pm 0,09$)	2,73 ($\pm 1,01$)	2,58 ($\pm 1,15$)	0,99
-0,4 MPa	18,99 ($\pm 3,09$)	8,05 ($\pm 0,91$)	6,75 ($\pm 1,14$)	1,45 ($\pm 0,29$)	0,99
-0,6 MPa	9,66 ($\pm 0,68$)	10,16 ($\pm 0,90$)	9,69 ($\pm 1,04$)	0,63 ($\pm 0,64$)	0,99

Valores entre parênteses representam os erros padrões.

Entre os diferentes níveis de potencial testados, observou-se que as maiores percentagens de germinação nos três primeiros níveis (0,0; -0,05 e -0,1 MPa) e redução acentuada na germinação de sementes causada pelo decréscimo dos níveis de potencial hídrico das soluções a partir de -0,4 MPa (Figura 3). Esses resultados corroboram com experimento realizado em casa de vegetação, que demonstraram a emergência similar de capim-arroz até o potencial hídrico de -0,1 MPa e reduzida a partir de -0,3 MPa (CONCENÇO et al., 2007).

A redução acentuada da germinação das sementes em maiores concentrações de PEG 8000 ($>-0,4$ MPa) (Figura 3) pode ser atribuída a redução da quantidade de água absorvida pelas sementes em função do menor potencial osmótico disponível no meio. Isso impede a reidratação e inibe a capacidade de síntese e a atividade das enzimas hidrolíticas necessárias para a germinação e afetar a expansão celular (MARCOS FILHO, 2015).

A taxa de germinação diminuiu linearmente com a redução do potencial hídrico (Figura 4). Assim, o potencial hídrico base (Ψ_b) para o capim-arroz foi estimado em $-0,95 \pm 0,05$ MPa. Resultado similar ($-0,97$ Mpa) foi relatado para a espécie na Itália (MASIN et al., 2010). Porém, potencial hídrico inferior ($-1,19$ MPa) foi observado em populações de *Echinochloa crus-galli* L. na França (GUILLEMIN et al., 2013). Este resultado de Ψ_b observado é similar ao descrito para a maioria das espécies de plantas daninhas relatados na literatura (GARDARIN et al., 2010; GUILLEMIN et al., 2013; WERLE et al., 2014).

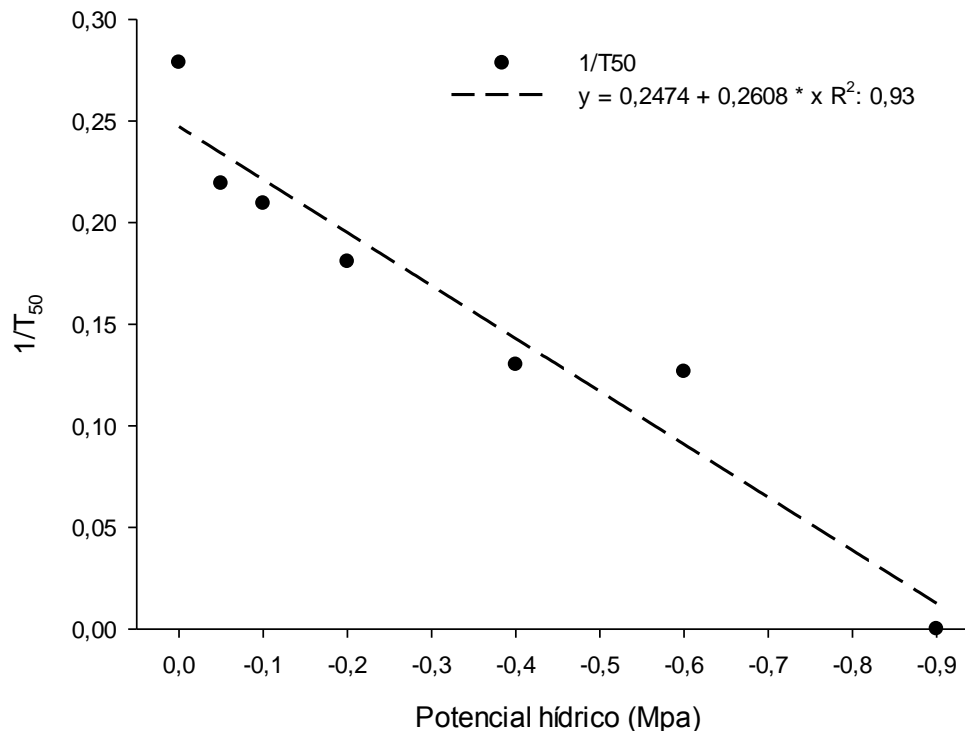


Figura 4-Linha de regressão ajustada aos resultados $1/T_{50}$ nos diferentes potenciais hídricos (MPa). Símbolos são observações e a linha é a regressão linear ajustada. FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2019.

A temperatura base e o potencial de água base para a germinação são dois parâmetros fundamentais para o desenvolvimento de modelos de germinação e

emergência de plantas daninhas (ROMAN et al., 1999; GRUNDY et al., 2000; COLBACH et al., 2006). Ambos são importantes para prever a variabilidade entre anos em tempo de germinação (GUILLEMIN et al., 2013). Além disso, esses limiares determinam a velocidade com que as sementes germinam através de seus efeitos no tempo hidrotérmico (GARDARIN; DÜRR; COLBACH, 2011).

Os resultados obtidos de temperaturas base, ótima e máxima para a germinação de capim-arroz são 11,53; 30,65 e 45,61°C, respectivamente. Adicionalmente, o potencial hídrico base para emergência de capim-arroz (-0,95 MPa). A partir disso, pode-se ajustar os dados de fluxo de emergência de capim-arroz aos modelos, com os resultados com o biótipo encontrado no local do estudo.

2.3.2 Determinação do Banco de Sementes

A análise da composição no banco de sementes viáveis de capim-arroz no solo, nos primeiros cinco cm de profundidade das áreas estudadas, indicou que o número de sementes é 91,6% maior na área experimental da EMBRAPA em relação à área do IRGA (Figura 5). Entretanto, os valores apresentados não representam o potencial de infestação imediato das áreas, pois representam sementes provenientes da contagem direta do fluxo de emergência e contabilizam também as sementes dormentes que apresentam capacidade de germinação (KUVA et al., 2008). Então, o grau de infestação de plantas daninhas relacionadas ao banco de sementes vai depender da época de semeadura das culturas (ZANDONÁ; AGOSTINETTO; RUCHEL, 2018).

Os dados do levantamento de banco de sementes do solo mostram que a presença de sementes de capim-arroz é dinâmica. Corroborando com isso, trabalho realizado em 12 municípios do Arkansas/EUA, relatam média no banco de 6.000 sementes de capim-arroz m⁻², com valor variando até 215.000 sementes m⁻² (BAGAVATHIANNAN et al., 2011). A elevada variabilidade entre os resultados neste tipo de estudo é normalmente alta devido à relativa desuniformidade de distribuição de sementes no solo (CARMONA, 1995) e é influenciada pelas práticas culturais e sistemas de manejo, associadas à taxa de perdas (predação, senescência e emigração) e condições ambientais da área avaliada.

O maior banco de sementes de capim-arroz observado na estação de pesquisa da EMBRAPA, não corresponde de maneira isolada que, haverá o maior

fluxo de emergência na estação de crescimento. No entanto, espera-se que, sob condições ideais para germinação e, dependendo do manejo adotado, nesta situação ocorra maior infestação de capim-arroz.

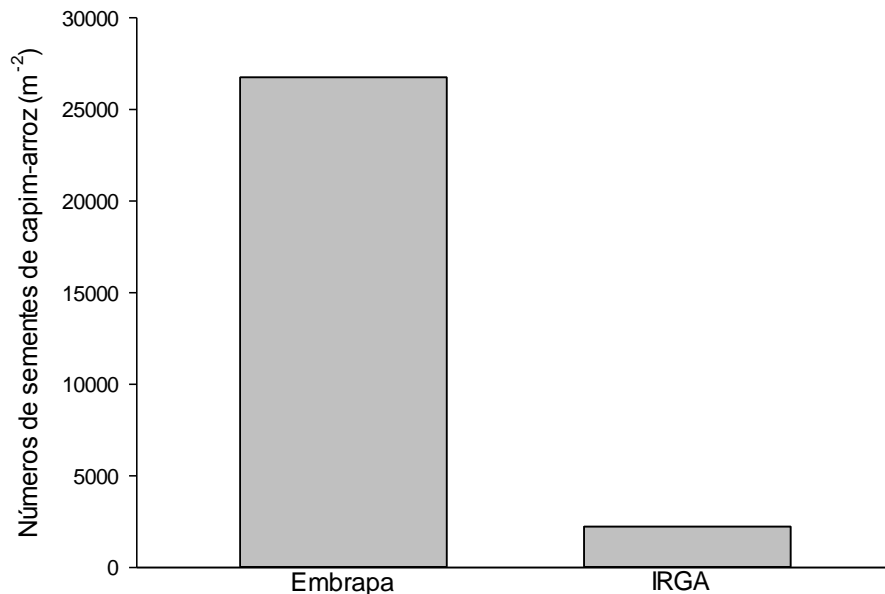


Figura 5- Estimativa da quantidade de sementes de capim-arroz por m⁻² a 0-5 cm de profundidade presentes no banco de sementes das estações experimentais da EMBRAPA e do IRGA. Capão do Leão /RS, 2019.

2.3.3 Modelagem do Fluxo de Emergência

Houve alteração no número de plântulas de capim-arroz que emergiram entre as épocas e os anos em que foi realizado o monitoramento da emergência (Figura 6). Entretanto, nos dois anos, os maiores fluxos de emergência de capim-arroz ocorreram na primeira época de semeadura, sendo esses 46,5 e 65,0% superior ao monitoramento realizado a partir da segunda quinzena de novembro, ao ano de 2017 e 2018, respectivamente. Observou-se que, os maiores valores de emergências diárias de capim-arroz tendem a ocorrer logo após a semeadura da cultura, com maiores taxas de emergência nos primeiros 10 dias. Isso também foi observado com plantas daninhas em cereais de inverno em condições de umidade do solo adequada, onde 90% de emergência é alcançada entre 15 e 45 dias após a semeadura (FERNÁNDEZ-QUINTANILLA et al., 2000). Cabe ressaltar que a semeadura realizada em outubro é mais propensa a apenas um fluxo contínuo de

emergência de capim-arroz, enquanto que a semeadura no final de novembro pode ser influenciada por mais de um fluxo de emergência.

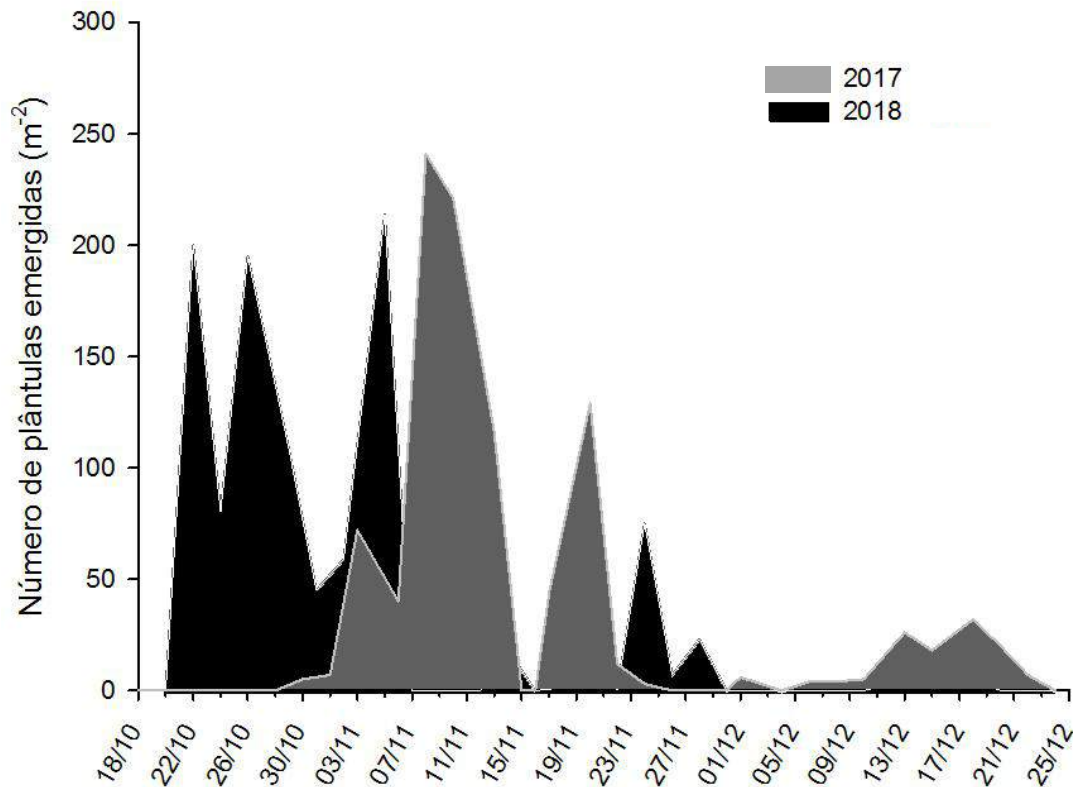


Figura 6- Distribuição do número de plântulas emergidas de capim-arroz diariamente ao longo das duas estações de crescimento, 2017/18 e 2018/19. EMBRAPA, Capão do Leão/ RS, 2019.

Diferentes fluxos de emergência de plantas daninhas entre épocas de semeadura e anos são relatados para várias espécies de plantas daninhas em diferentes culturas como cereais de inverno (IZQUIERDO et al., 2013), soja e milho (MASIN et al., 2014) e soja (ZANDONÁ; AGOSTINETTO; RUCHEL., 2018). Entretanto, é difícil apontar com exatidão as causas da redução ou aumento do número de emergência de capim-arroz em cada fluxo de emergência, pois vários fatores podem estar envolvidos. Entre os principais aspectos, destacam-se as condições meteorológicas durante as épocas e anos (Figura 7), o não revolvimento do solo e as condições de dormência, que certamente podem ter interferido no surgimento e estabelecimento das plantas daninhas.

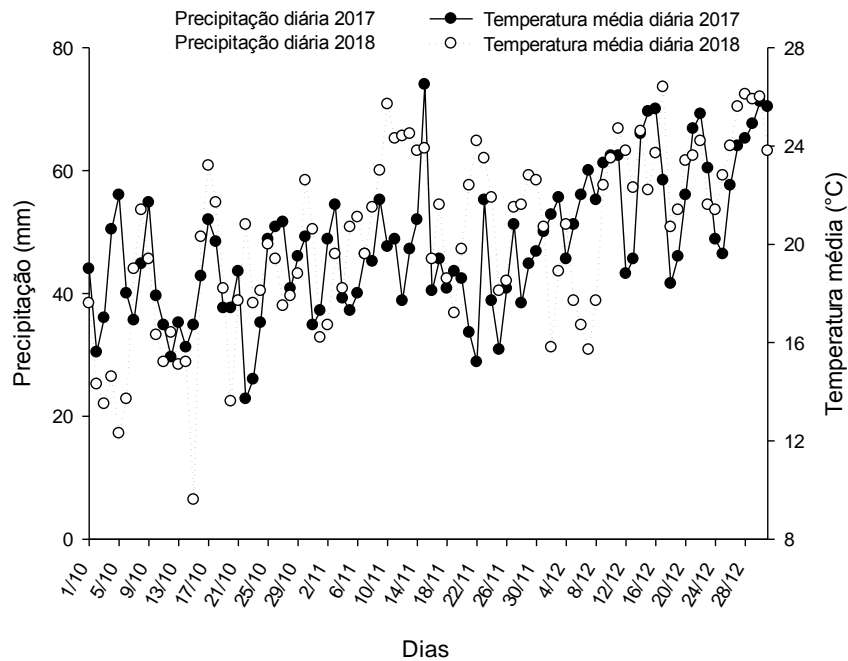


Figura 7-Dados climáticos observados na área experimental durante a realização do experimento: Temperatura média diária do ar e precipitação para 2017 e 2018. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.

As duas épocas diferiram consideravelmente em termos de precipitação, mas não em temperatura (Figura 7). Em ambos os anos as maiores precipitações ocorreram no mês de outubro, porém antes das épocas de semeadura 20 e 16 de outubro de 2017 e 2018, respectivamente. No ano de 2017 a precipitação foi similar em ambas as épocas de semeadura, com acúmulo de 57,6 e 50,3 mm na primeira e segunda época, respectivamente. Já, no segundo ano, houve acúmulo de apenas 29,9 mm na primeira época, enquanto que, na segunda houve acumulado de 89,2 mm, distribuídos ao longo do período. Assim, a diferença em volume de precipitação é mais acentuada no segundo ano de avaliação, mas em ambos os anos temos problemas de distribuição de chuvas nos três últimos meses, já que os dias chuvosos são escassos nesse período.

O volume acumulado de água é baixo considerando a demanda da cultura. Aliado a isso, a má distribuição da precipitação, tendem a proporcionar diferenças no potencial hídrico do solo (Figura 8). Observou-se, elevação do potencial hídrico do solo logo após as precipitações, onde, acúmulos maiores com baixa frequência tendem a manter o potencial hídrico por curto período de tempo, enquanto que chuvas bem distribuídas tendem a manter o potencial hídrico do solo favorável a emergência de plantas daninhas por mais tempo.

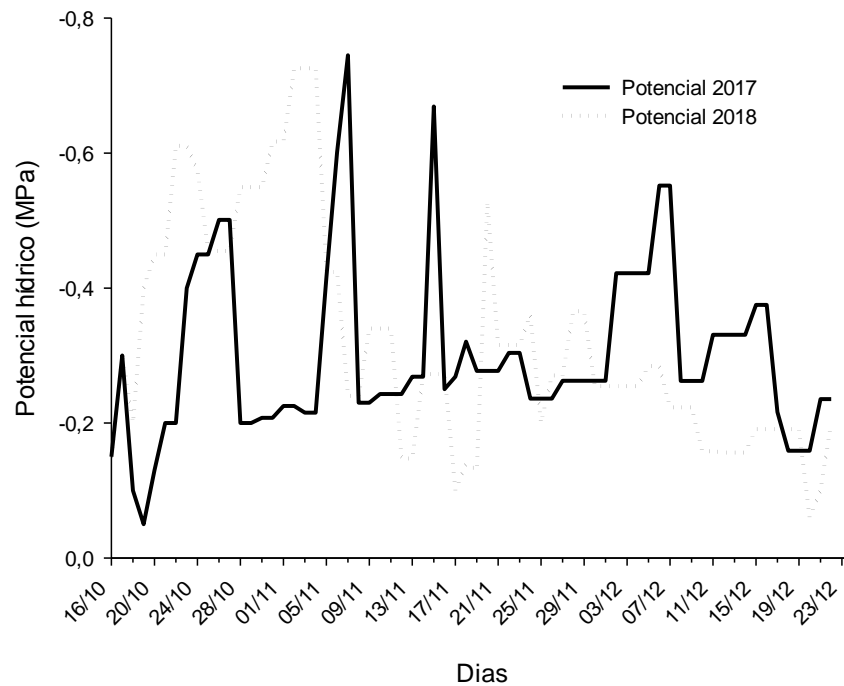


Figura 8- Potencial hídrico do solo (MPa) diário observados na área experimental durante a realização do experimento: Linha contínua e pontilhada referem-se ao potencial hídrico de 2017 e 2018, respectivamente. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.

Essa variabilidade na precipitação ao longo dos anos é altamente desejável para o desenvolvimento de modelos baseados no microclima da região (ROYO-ESNAL et al., 2015). Assim, em função das características dos fluxos de emergência de capim-arroz, associado à variabilidade ambiental possibilitou o desenvolvimento do modelo de emergência baseado no tempo térmico (TT) e tempo hidrotérmico (TH). Usando apenas os parâmetros de temperatura base (T_b), o modelo descreveu a emergência de capim-arroz somente na primeira época de semeadura (Figura 9; Tabela 3). Porém, quando é incluído o potencial hídrico base (Ψ_b), o modelo descreveu a emergência de capim-arroz em ambas as épocas de semeadura (Figura 10; Tabela 4). A precisão do modelo de TH é maior e se ajusta em ambas as épocas em função do potencial hídrico influenciar também no acúmulo de temperatura e não apenas a T_b , pois ambos os modelos iniciaram a acumulação de temperatura no momento da semeadura da cultura.

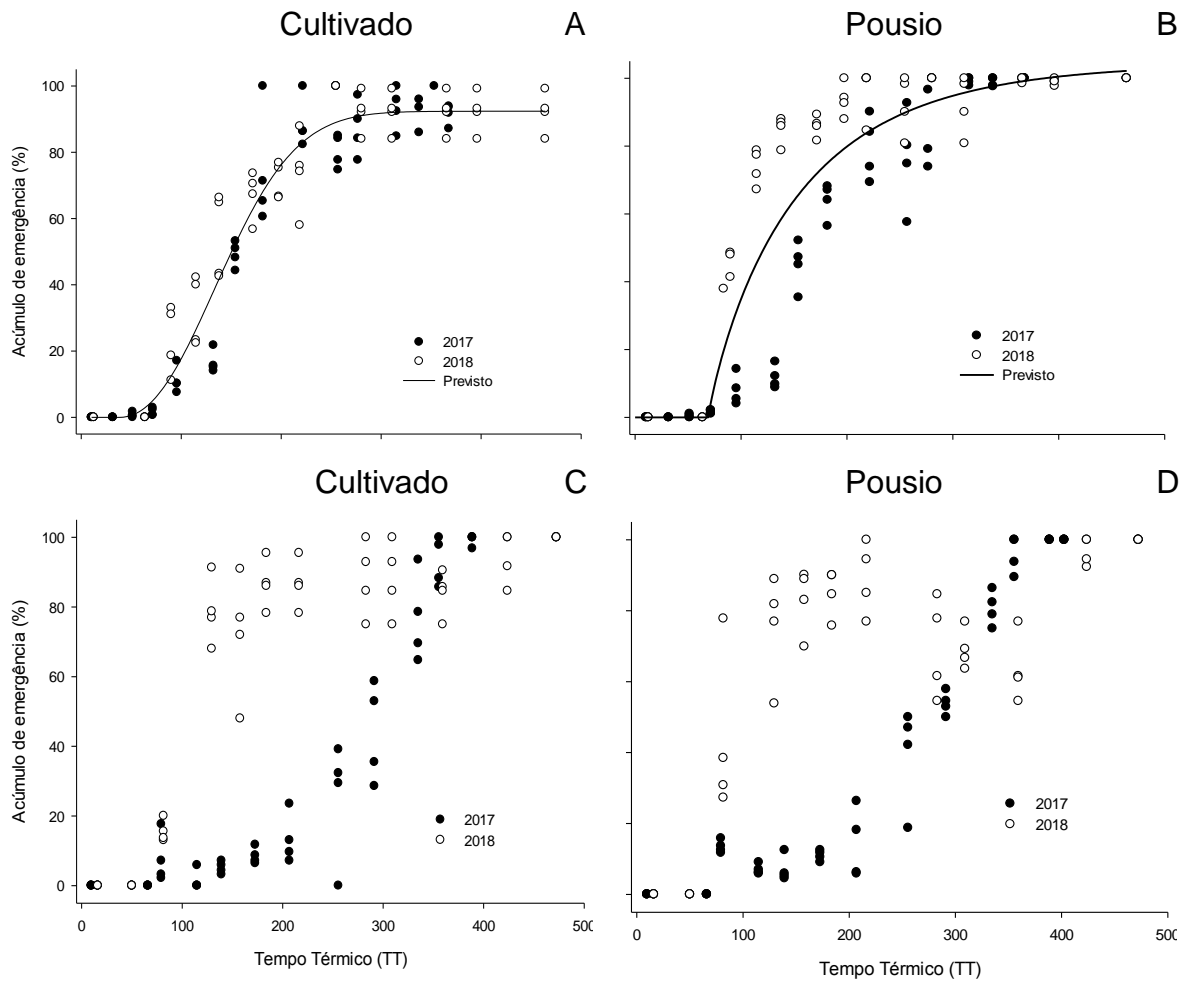


Figura 9- Modelo de tempo térmico para a emergência de capim-arroz em diferentes épocas de semeadura (A e B – outubro; C e D - novembro) em Capão do Leão - RS nas estações de cultivo de 2017/18 e 2018/19. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.

Tabela 3- Parâmetros estimados (a, T₅₀, b, c) da função de weibull ajustada ao modelo de tempo térmico. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.

Mod	a	T ₅₀	b	c	R ²
A	92,36 ±1,7 ¹	144,50 ±3,3	127,16 ±26,1	2,22 ±0,6	0,95
B	104,44 ±7,9	125,79 ±8,3	86,02 ±15,7	0,88 ±0,2	0,85
C	575,08	2642,95	4417,44	0,68	0,63
D	547,30	2681,33	4539,96	0,67	0,62

* O modelo é significativo; ^{ns} Modelo não significativo; ¹ Valores representam os erros padrões.

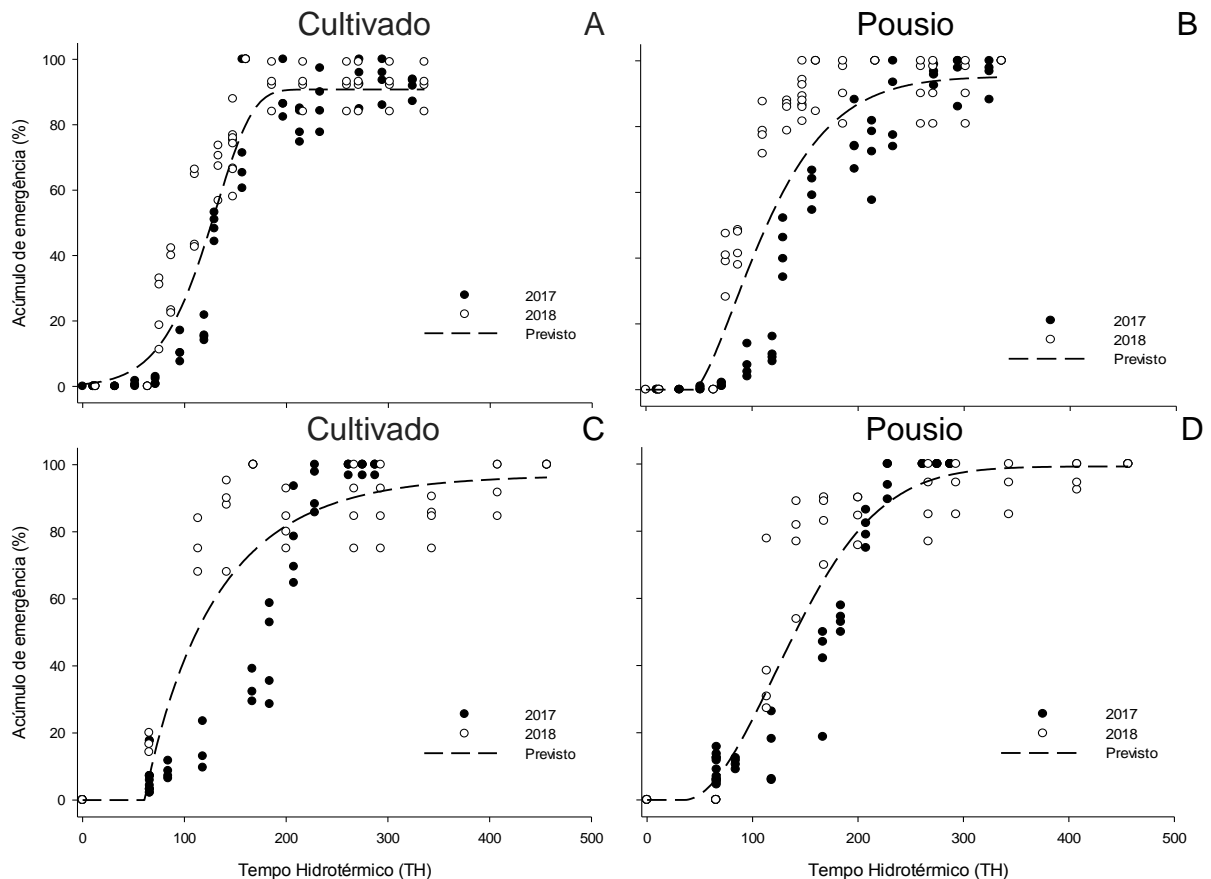


Figura 10- Modelo de tempo hidrotérmico para a emergência de capim-arroz em diferentes épocas de semeadura (A e B – outubro; C e D - novembro) em Capão do Leão - RS nas estações de cultivo de 2017/18 e 2018/19. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.

Tabela 4- Parâmetros estimados (a, T₅₀, b, c) da função de Weibull ajustada aos dados de tempo hidrotérmico. EMBRAPA, Capão do Leão/RS. 2019.

Mod.	a	T ₅₀	b	c	R ²
A	90,34 (±2,03)	115,91 (±2,81)	128,33 (±74,41)	3,50 (±2,43)	0,95
B	95,24 (±4,31)	110,56 (±5,23)	83,98 (±22,41)	1,45 (±0,59)	0,89
C	96,91 (±6,66)	109,47 (±8,85)	71,54 (±14,29)	0,93 (±0,31)	0,81
D	99,26 (±2,86)	140,03 (±4,74)	127,72 (±22,48)	1,91 (±0,51)	0,93

* O modelo é significativo; Valores entre parênteses representam os erros padrões.

Corroborando com os resultados dessa pesquisa Lundy et al. (2014), também observaram que o modelo de TT foi preciso o suficiente para prever a emergência de capim-arroz em diferentes regiões dos Estados Unidos da América. Entretanto, Werle et al. (2014), ressalta que o modelo de TT é adequado para descrever a emergência de capim-arroz e mais 16 espécies de planta daninha que emergem na primavera e no verão, quando em condições normais de umidade do solo. Uma das vantagens do modelo de TT em relação ao TH é que os parâmetros

de temperatura do solo são facilmente acessíveis, tornando este tipo de modelo prático e útil para os agricultores (MASIN et al., 2010; LUNDY et al., 2014).

Os modelos TH melhoraram a precisão das previsões do modelo TT, em locais onde ocorrem períodos de déficit hídrico (LEGUIZAMON et al., 2005), mas a influência pode ocorrer para algumas espécies mesmo em condições adequadas de disponibilidade de água no solo (WERLE et al., 2014). O modelo de TH também foi mais preciso que o de TT para a emergência de capim-arroz em diferentes regiões da Itália (MASIN et al., 2010) ou para outras espécies como relatado para *Lolium rigidum* (IZQUERDO et al., 2013), *Avena sterilis* (LEGUIZAMÓN et al., 2005), *Conyza bonariensis* (ZAMBRANO-NAVEA; BASTIDA; GONZALEZ-ANDUJAR, 2013).

O modelo de emergência (função de weibull) calculado usando dados climáticos de 2017 e 2018 permite identificar os períodos potenciais de emergência da espécie para as duas épocas de semeadura com base no TH. Em ambas as épocas, a emergência foi caracterizada por elevada emergência inicial, seguido por padrão mais gradual (Figura 10). Assim, a emergência cumulativa de capim-arroz seguiu a típica curva sigmoideal, resultantes da distribuição normal de emergência das plântulas sobre o tempo hidrotérmico.

Observando o modelo verifica-se que no início do ciclo de desenvolvimento da cultura, a emergência de capim-arroz foi maior (Figura 9 e 10). Essa tendência é relatada para várias espécies de plantas daninhas, tanto liliopsidas, como magnoliopsidas (ZANDONÁ et al., 2016), e geralmente garante o sucesso no estabelecimento e na perpetuação da espécie (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007). Esse crescimento linear é verificado principalmente em áreas de baixa infestação (SILVA et al., 2009), pois sabe-se que, com o desenvolvimento da cultura ou da emergência de plantas daninhas, esta tende a se estabelecer ou diminuir em função da capacidade de suporte do ambiente e/ou pela capacidade inata de auto desbaste em áreas com recursos e condições limitantes (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007).

Echinochloa crus-galli tem sido relatada com base nos modelos termiais e hidrotermais de emergência, como uma espécie que emerge em épocas intermediárias de semeadura (DORADO et al., 2009; WERLE et al., 2014), apenas em densidade relativamente baixas (de 6 a 88 plântulas m⁻²) e por longo período em áreas de sequeiro (DORADO et al., 2009). Entretanto, em áreas de terras baixas o

fluxo de emergência de capim-arroz foi mais rápido e em período de tempo menor, com acúmulo médio de infestação de 665,5 e 83,5 m⁻², na primeira e segunda época de semeadura, aos 22 dias após a semeadura, respectivamente, o que caracteriza sua maior importância nessas áreas. Além disso, diferentes fluxos de emergência durante esse período foram observados. Essa desuniformidade no fluxo de emergência é característica inerente das plantas daninhas, em função dos tipos e condições de dormência de cada espécie (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007). Além das condições ambientais, como luz, temperatura e umidade do solo.

O modelo de emergência de capim-arroz parece ser robusto o suficiente para ser utilizado como ferramenta no manejo de plantas daninhas. No trabalho atual o modelo descreve a emergência de capim-arroz no campo não em quantidade, mas a proporção de emergência que ocorre em vários tempos hidrotermais.

Em extensas áreas é difícil realizar o monitoramento periódico, sendo assim, com base nesse modelo, é possível monitorar o fluxo de emergência de plantas daninhas, através de informações meteorológicas de estações de levantamentos de dados. Essas informações podem ser utilizadas para georreferenciar áreas e confeccionar mapas mais rapidamente, que podem colaborar na tomada de decisão de aplicar herbicidas com precisão, quando e onde o nível de dano econômico será alcançado (SANTI et al., 2014). Além disso, como vários modelos já existem para prever a emergência de plantas daninhas, estes podem ser usados em conjunto para auxiliar na escolha de opções de gerenciamento (BATLLA et al., 2009; ONOFRI et al., 2011; BODDY; BRADFORD; FIXCHER, 2012).

O benefício de usar TH em vez de TT é devido à sua capacidade para prever possíveis pausas de emergência causadas pela baixa umidade do solo, o que é importante para reduzir o erro na prática, ou seja, quando o modelo de emergência está sendo aplicado (MASIN et al., 2014). Neste caso, o modelo de TH evita aplicações precoces de herbicidas na lavoura, permitindo o melhor momento de controle de plantas daninhas. Por exemplo, se o agricultor decide controlar plantas daninhas com herbicida pós-emergente é necessário esperar até que a maioria das plantas tenham emergido, mas que não ultrapassem o estágio de controle. Com base nisso, o produtor poderá decidir realizar a aplicação do herbicida quando a emergência cumulativa atingir 70 a 80% avaliando os estádios de desenvolvimento de plantas daninhas.

2. 4. Conclusões

As temperaturas base, ótima e máxima para capim-arroz são 11,53; 30,65 e 45,61°C, respectivamente.

O potencial hídrico base para emergência de capim-arroz é de -0,95 MPa.

O modelo de tempo hidrotérmico é adequado para estimar à emergência de capim-arroz em ambas as épocas de semeadura e serve como ferramenta para a tomada de decisão sobre o uso de medidas de controle em função das condições ambientais.

3 CAPÍTULO II – Sistemas de cultivo de arroz irrigado e a eficiência de herbicidas pré-emergentes no controle de capim-arroz.

3.1 Introdução

O cultivo de arroz irrigado no Rio Grande do Sul (RS) representa aproximadamente 67% da produção brasileira (CONAB, 2019). Isso decorre da tecnologia utilizada e da extensa área de solo de terras baixas, a qual proporciona buscar maior capacidade produtiva deste cereal sob o sistema de irrigação por inundação. Entretanto, o monocultivo desta cultura em terras baixas em função da dificuldade de introduzir outras espécies para rotação de culturas, devido às condições de solo hidromórfico (ROCHA et al., 2017), tem intensificado o uso de herbicidas para controle de gramíneas em arroz irrigado. Exigindo busca por combinações de estratégias para o manejo de plantas daninhas neste ambiente.

As principais espécies que competem com a cultura por recursos limitantes do nicho, especialmente luz e nutrientes, no espaço e tempo, são o arroz-daninho e capim-arroz. Estas espécies estão amplamente disseminadas nas áreas de cultivo, com elevada infestação e possuem similaridade morfofisiológica com a cultura, dificultando o seu manejo (CHAUHAN, 2012).

O cultivo na resteva se refere ao monocultivo do arroz sob resíduos da safra anterior, o que limita as opções de controle de plantas daninhas principalmente após a evolução de biótipos de arroz-daninho e capim-arroz, os quais apresentam resistência a herbicidas inibidores da acetolactato sintase (ALS) (HEAP, 2019). Por outro lado, o pousio se refere à ausência de cultivo na área por um ou mais anos. Assim, o sistema de pousio possibilita manejar as plantas daninhas de formas distintas daquelas utilizadas durante o cultivo do arroz. Este sistema difere do

sistema de cultivo sobre resteva pela praticidade que o produtor encontra para o preparo de solo antecipado da área (durante o verão), não se restringindo somente ao período entressafras.

Dentre os dois sistemas de cultivo do arroz (resteva ou pousio), o pousio, quando bem manejado, permite reduzir o banco de sementes de plantas daninhas no solo, onde resultados reportam redução de sementes de arroz-daninho em 80% no primeiro ano de pousio, nas camadas superficiais do solo, reduzindo assim infestações futuras (ÁVILA et al., 2000). Salienta-se que a técnica de pousio é utilizada principalmente para amenizar os problemas oriundos da infestação de arroz-daninho (MARCHESAN et al., 2003), sendo limitadas as informações sobre os efeitos em capim-arroz, que é considerada a espécie mais comum presente nesse sistema (WIDDERICK et al., 2013).

Para reduzir futuras infestações, a rotação de culturas é importante estratégia, pois permite o uso de herbicidas eficientes com diferentes mecanismos de ação, que conseqüentemente reduzem o reabastecimento do banco de sementes do solo (AGOSTINETTO et al., 2001). Por outro lado, caso a rotação de culturas não for possível, o uso de herbicidas pré-emergentes pode ser a alternativa para reduzir a infestação e/ou diminuir a viabilidade do banco de sementes das áreas ou a utilização de herbicidas pós-emergentes para reduzir a realimentação do banco de sementes.

A adoção do controle químico, embora almeja-se o manejo integrado de plantas daninhas, ainda é o mais utilizado em arroz irrigado, devido ao baixo custo e praticidade quando comparado a outros métodos de controle (AGOSTINETTO et al., 2011). Entretanto, com a evolução de plantas daninhas resistentes a herbicidas pós-emergentes e as perspectivas desanimadoras quanto à descoberta de novos modos de ação (DUKE et al., 2012), o controle de plantas daninhas na cultura do arroz, poderia ser realizado pela associação destes herbicidas, no entanto, antagonismo entre associações pode limitar as opções de manejo (MATZENBACHER et al., 2015).

Diante dessa situação, o uso de herbicidas pré-emergentes é uma ferramenta importante para minimizar o efeito negativo da competição do capim-arroz com o cultivo de arroz irrigado. Estes apresentam efeito residual no solo, que favorece o estabelecimento da cultura na ausência ou menor presença de plantas

daninhas, reduzindo a competição inicial e proporcionando incremento de 25% no controle, em relação à aplicação isolada em pós-emergência (CHAUHAN, 2012).

O comportamento e a eficiência de herbicidas com ação no solo, como os pré-emergentes, depende de diversos fatores. Dentre eles, a quantidade de resíduo de palha na superfície do solo, onde herbicidas com maior lipofilicidade tendem a permanecer retidos no material orgânico, especialmente produtos com elevado coeficiente de partição octanol:água (Kow) (CORREIA; CAMILO; SANTOS, 2013). Outro fator importante é a solubilidade em água, uma vez que, após atingirem o solo, eles precisam ser solubilizados na solução do solo para serem absorvidos pelas plantas daninhas (AHMED; CHAUHAN, 2015). Assim, em solos idênticos, mas com diferença na quantidade de material orgânico e conteúdo de umidade, os herbicidas podem apresentar comportamento diferenciado, devido às características físico-químicas peculiares de cada produto/formulação.

Estudos que englobem a eficiência de herbicidas pré-emergentes para o controle de capim-arroz e a seletividade destes sobre a cultura, em sistemas de cultivo de arroz em terras baixas, se fazem necessário no aprimoramento de práticas de manejo. Nesse sentido, o objetivo do trabalho foi avaliar a seletividade e eficiência de herbicidas pré-emergentes no controle de capim-arroz nos sistemas de cultivo em pousio e resteva na cultura do arroz irrigado.

3. 2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido em condições de campo durante os anos agrícolas de 2017/18 e 2018/19, na área experimental pertencente a EMBRAPA Clima Temperado, estação de pesquisa em terras baixas, no município do Capão do Leão – RS, situada nas coordenadas geográficas 31° 48' 49" S; 52° 28' 02" O. O solo da área experimental pertence à unidade de mapeamento de Pelotas, sendo classificado como Planossolo Háplico (EMBRAPA, 2013).

Nas duas safras, o experimento foi conduzido sob delineamento de blocos ao acaso, sendo os tratamentos arranjados em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por dois sistemas de cultivo (pousio e sucessão de arroz/resteva). Enquanto as sub-parcelas, corresponderam a sete herbicidas pré-emergentes: T1- testemunha Capinada com capina (sete; 14; 21; 28; 35 dias após a emergência); T2- testemunha sem controle de capim-arroz; T3-

imazapyr+imazapic (73,5 g + 24,5 g i.a. ha⁻¹, respectivamente), inibidores da acetolactato sintase (ALS); T4- clomazone (360 g i.a. ha⁻¹), inibidor da doxp; T5- pendimethalin (1400 g i.a. ha⁻¹), inibidor da tubulina; T6- oxadiazon (1000 g i.a. ha⁻¹), inibidor da protox; e, T7 - quinclorac (375 g i.a. ha⁻¹), inibidor da parede celular.

Os sistemas de manejo, para a área de pousio foi mantida sem nenhum trato cultural durante a estação de cultivo anterior e, a área de sucessão de arroz, foi semeada com a cultivar BRS A701 CL e conduzida seguindo as recomendações técnicas para a cultura na região (SOSBAI, 2018). No período de entressafra, para os dois anos do experimento, após a colheita da área do tratamento com cultivo de arroz, ambas as áreas (pousio e resteva) foram dessecadas com glyphosate (1080 g e.a. ha⁻¹). Posteriormente, ambas semeadas com azevém, cultivar BRS Ponteio, na densidade de 30 kg ha⁻¹. Para os dois sistemas de cultivo, em ambas as safras, para a fertilidade do solo foi distribuído 70 kg ha⁻¹ de fertilizante NPK (05-25-25), seguido da aplicação em cobertura de nitrogênio, na forma de ureia (100 kg ha⁻¹), 25 dias após a emergência do azevém.

Para determinar a massa seca de azevém e demais plantas infestantes na área (massa seca total), previamente a dessecação para semeadura do arroz, foram coletadas quatro amostras, em 0,25 m², onde foi separado o azevém do restante do material. As plantas foram coletadas rentes a superfície do solo, dispostas em sacos de papel e acondicionada em estufa de circulação forçada a 60°C, até atingir a massa final constante. O acúmulo de massa seca de azevém e massa seca total foram transformadas e expressas em kg ha⁻¹.

O preparo do solo para a semeadura do arroz foi realizado dia 15/10/17 e 08/10/18, dez dias após a dessecação do azevém da totalidade da área, sendo realizado novamente gradagem e posterior nivelamento no dia da semeadura. As unidades experimentais foram compostas por parcelas com área total de 6,12 m², com nove linhas de semeadura, espaçadas 0,17 m entre si, por quatro metros de comprimento.

A semeadura foi efetuada no dia 26 de outubro de 2017 e 01 de novembro de 2018, para o ano I e ano II de condução do experimento, respectivamente, utilizando a cultivar BRS A701 CL na densidade de 100 kg ha⁻¹. A fertilidade da área foi realizada pela adubação de base com 350 kg ha⁻¹ (05-20-30). Em cobertura foi aplicado 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N) na forma de ureia, parcelado em dois estádios, 70 kg ha⁻¹, com as plantas entre V3/V4 (antes do início da irrigação por inundação)

e, 30 kg ha⁻¹ antecedendo a diferenciação da panícula do arroz (COUNCE; KEISLING; MITCHELL, 2000).

Os herbicidas pré-emergentes foram aplicados quatro e sete dias após a semeadura da cultura, para o primeiro e segundo ano de cultivo, respectivamente. Antes da aplicação dos herbicidas, ambas as áreas foram dessecadas com glyphosate (1080 g e.a. ha⁻¹), para controlar as plantas daninhas já estabelecidas. Os herbicidas pré-emergentes bem como as dessecações e aplicação dos herbicidas pós-emergentes, foram aplicados com de pulverizador costal pressurizado a CO₂, equipado com quatro pontas do tipo leque 110.015, espaçadas 0,5 m entre si, e vazão de 120 L ha⁻¹.

Por motivos de deficiência hídrica no estabelecimento da cultura, no primeiro ano de cultivo foi efetuada a irrigação da área 10 dias após a semeadura, sendo inundada a totalidade da área e a partir do momento em que houve a saturação total do solo por água, a mesma foi rapidamente drenada. Aos 30 dias após a emergência da cultura (DAE), iniciou-se a irrigação por inundação. No segundo ano de cultivo a irrigação por inundação ocorreu a partir dos 22 DAE. Apesar dos diferentes DAE, em ambas as safras, a cultura se encontrava no estágio de desenvolvimento V3/V4, quando realizou-se a irrigação por inundação. Um dia antes da irrigação foi pulverizado em área total (exceto testemunha infestada) o herbicida cyhalofop-butyl (360 g i.a. ha⁻¹), adicionado de óleo vegetal (2 L ha⁻¹), a fim de controlar escapes de plantas de capim-arroz do herbicida pré-emergente. Durante o estágio vegetativo da cultura foram eliminadas, de forma manual, as ciperáceas (*Cyperus* sp.) e angiquinho (*Aeschynomene* sp.) infestantes na área.

As variáveis avaliadas foram controle de capim-arroz e fitotoxicidade no arroz aos 10, 20 e 28 DAE, para o primeiro ano de cultivo; e, sete, 14 e 21 DAE, para o segundo ano de cultivo. Para isso, foram atribuídas notas percentuais variando entre 0 e 100%, onde 0% representa a ausência de controle de capim-arroz e fitotoxicidade à cultura e 100% a morte de plantas (FRANS; CROWLEY, 1986). Antecedendo o início da irrigação por inundação, foi contabilizado o número de plantas de capim-arroz por metro quadrado (m²), através da contagem direta, em dois quadros (0,25 m²) por parcela, onde os valores foram transformados e apresentados em população de capim-arroz por metro quadrado.

Analisou-se o número de colmos de arroz por metro, pela contagem direta de duas amostras de um metro por parcela e da estatura final de plantas de plantas

(cm), aferido 10 plantas por unidade de observação, com a folha bandeira totalmente expandida. O número de grãos cheios (NGCP), total de grãos por panículas (NTGP) foram obtidos pela contagem em 10 panículas coletadas aleatoriamente na parcela. Por ocasião da colheita, somente para o primeiro ano de cultivo, realizou-se a avaliação de produtividade em Kg ha^{-1} , peso de mil grãos (PMG) em gramas e NGCP e NTGP. A produtividade de cada tratamento foi avaliada pela colheita manual seguida de trilha das plantas presentes na área centrais de cada parcela ($3,4 \text{ m}^2$), sendo posteriormente as amostras submetidas à limpeza, pesadas em balança analítica e o peso final corrigido para 13% de umidade. O peso de mil grãos foi realizado pela média de oito amostragens de 100 grãos, pesadas em balança de precisão, após secagem das amostras a 13% de umidade.

Os dados obtidos foram analisados quanto à sua homogeneidade (teste de Hartley) e normalidade (teste de Shapiro-Wilk), atendendo estes requisitos, foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$). Os dados das duas safras não foram analisados de forma conjunta, uma vez que os períodos de avaliações foram distintos. Quando significativas, as médias de sistemas de cultivo foram comparadas pelo teste t e as médias de herbicidas pelo teste de Duncan, ambos a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$). As análises foram realizadas no software R (R Core Team, 2012).

3. 3 Resultados e Discussões

Os testes de normalidade e homocedasticidade revelaram não ser necessária à transformação dos dados. A análise de variância demonstrou que houve interação entre os fatores sistemas de cultivo e herbicidas pré-emergentes para as variáveis controle de capim-arroz nas três épocas avaliadas, para as duas safras estudadas e para número de colmos produtivos 2017/18 (Tabela 5, 6 e 11). Para as variáveis: fitotoxicidade nas duas primeiras avaliações (10 e 20 DAE), na safra 2017/18 e para as três avaliações (sete, 14 e 21 DAE), na safra 2018/19; população de capim-arroz por m^2 (2017/18; 2018/19); NGCP; NTGP; PMG; estatura final de plantas de arroz; e, produtividade foi observada apenas efeito simples para o fator herbicida (Tabela 8, 9, 10, 11 e 13). Para estatura final de plantas de arroz, NGCP e NTGP, foi observado somente o efeito isolado do sistema de cultivo (Tabela 12).

Ao comparar os herbicidas em função dos sistemas de cultivo, observou-se efeitos distintos no controle de capim-arroz (Tabela 5). O herbicida quinclorac não diferiu entre os sistemas estudados, durante as três épocas de avaliações. Por outro lado, o herbicida clomazone apresentou controle superior no cultivo na resteva aos 10 DAE, enquanto pendimethalin demonstrou efeito inverso, com melhor controle de capim-arroz no sistema de pousio independente da época avaliada. O mesmo efeito do pendimethalin foi observado para oxadiazon aos 28 DAE e para imazapyr+imazapic aos 20 e 28 DAE.

Comparando o efeito dos sistemas de cultivo no segundo ano, observou-se que os herbicidas imazapyr+imazapic, clomazone e quinclorac, não diferiram entre os sistemas (Tabela 6). No entanto, o pendimethalin na primeira e última avaliação, bem como oxadiazon em todas as épocas avaliadas, diferiu quanto ao controle de capim-arroz, sendo sempre o menor controle observado no sistema de cultivo em resteva.

Para o primeiro ano de cultivo (2017/18), aos 10 DAE, no sistema de cultivo na resteva do arroz, observou-se que os herbicidas clomazone e quinclorac proporcionaram os melhores resultados de controle de capim-arroz, sendo próximos a 90% (Tabela 5). Por outro lado, o menor controle foi observado para os tratamentos com pendimethalin e imazapyr+imazapic. No sistema de cultivo pousio, não houve diferença entre os herbicidas testados aos 10 DAE, somente entre os herbicidas e as testemunhas capinada e infestada. Para a avaliação aos 20 DAE, os resultados para o sistema de cultivo na resteva são similares aos 10 DAE, onde o clomazone e quinclorac apresentaram as melhores porcentagens de controle de capim-arroz (Tabela 5). Entretanto, no sistema de cultivo em pousio, os tratamentos superiores foram clomazone, oxadiazon e imazapyr+imazapic, já o menor controle de capim-arroz foi observado com pendimethalin. Na última avaliação, aos 28 DAE clomazone foi superior em ambos os sistemas de manejo, enquanto imazapyr+imazapic apresentou efeito similar somente no sistema de manejo de pousio.

Para o segundo ano (2018/19), também se observou que os herbicidas clomazone e quinclorac apresentaram os maiores percentuais de controle de capim-arroz, em todas as épocas de avaliação no sistema de cultivo em resteva (Tabela 6). Já para o sistema no pousio, o quinclorac foi superior em todas as avaliações, não diferindo do clomazone aos 21 DAE. Por outro lado, o herbicida pendimethalin

apresentou os menores valores de controle de capim-arroz em todas as avaliações, em ambos os sistemas de cultivo estudado. O herbicida oxadiazon, embora tenha demonstrado valores de controle de capim-arroz superiores ao pendimethalin, apresentou valores insatisfatórios de controle (abaixo de 70%). Já, o tratamento com imazapyr+imazapic apresentou valores intermediários de controle, variando entre 76 a 85% (Tabela 6).

Para evitar que ocorra o reabastecimento do banco de sementes, bem como menores infestações de plantas daninhas na próxima estação de cultivo, o pousio deve ser realizado de tal forma que, as técnicas de cultivo evitem a produção de novas sementes de plantas daninhas (CHAUHAN; JOHNSON, 2011a). Ademais, adotar somente a dessecação com glyphosate para o controle de capim-arroz durante o pousio, mais de 10 anos ininterruptos, selecionou mais de 70 populações de capim-arroz resistentes a este herbicida, na região de Austrália (WIDDERICK et al., 2013), evidenciando a necessidade de realizar o manejo integrado de plantas daninhas (manejo pós-colheita).

Tabela 5- Controle percentual de capim-arroz em função da interação do uso de herbicidas pré-emergentes em sistemas de cultivo de arroz irrigado avaliados aos 10, 20 e 28 dias após a emergência da cultura do arroz irrigado (DAE), durante a safra 2017/18. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.

Trat.	10 DAE		20 DAE		28 DAE	
	Resteva	Pousio	Resteva	Pousio	Resteva	Pousio
Capinada	100,0 a ^{1ns}	100,0 a	100,0 a ^{ns}	100,0 a	100,0 a ^{ns}	100,0 a
Infestada	0,0 e ^{ns}	0,0 c	0,0 e ^{ns}	0,0 e	0,0 e ^{ns}	0,0 d
Ima+Ima ²	65,0 d ^{ns}	82,0 b	56,0 d*	80,5 bc	68,0 cd*	86,2 b
Clomaz. ³	94,5 ab*	88,5 b	92,2 ab ^{ns}	89,5 b	91,7 b ^{ns}	89,2 b
Pend. ⁴	68,7 d*	82,5 b	57,7 d*	69,7 d	64,5 cd*	78,0 c
Oxadiazon	79,7 c ^{ns}	81,7 b	71,0 c ^{ns}	82,5 bc	62,5 d*	79,2 c
Quinclora	86,0 bc ^{ns}	85,7 b	85,5 b ^{ns}	77,0 cd	71,7 c ^{ns}	81,5 c
CV ⁵ (%)	9,77	8,46	9,23	9,50	8,07	3,78

¹ Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$) e presença de * na linha, difere entre os sistemas de cultivo, pelo teste t ($p \leq 0,05$); ^{ns} não significativo; ² Imazapyr+Imazapic; ³ Clomazone; ⁴ Pendimethalin; ⁵ coeficiente de variação.

A duração do pousio, além de manejá-lo de forma correta, está entre os fatores determinantes para o correto manejo de plantas daninhas. Dados na literatura sugerem que são necessários aproximadamente três anos de pousio, para reduzir o banco de sementes de arroz-daninho na camada de um centímetro da superfície do solo (ANDRES et al., 2001). Por outro lado, níveis de redução

próximos a 100% já foram verificados, no segundo ano de pousio (ÁVILA et al., 2000). Em virtude disso, é possível afirmar que o pousio conduzido de forma correta é eficaz para evitar o reabastecimento do banco de sementes, tornando possível reduzir os níveis de infestação, a partir do primeiro ano de pousio.

Valores de controle de plantas daninhas a partir 90% são necessários e considerados satisfatórios para evitar a competição entre plantas e diminuir as perdas de produtividade, assim como os problemas na colheita e beneficiamento (SOSBAI, 2018). Isso porque, os danos oriundos da competição entre plantas são caracterizados por alterar processos fisiológicos que proporcionam redução na fotossíntese e na alocação de recursos essenciais para a produção de grãos (MCKENZIE-GOPSILL et al., 2016). Considerando valores satisfatórios de controle, somente o herbicida clomazone foi eficiente em ambos os sistemas estudados, para o primeiro ano de cultivo. Já, para o segundo ano, o clomazone no sistema de cultivo em resteva e quinclorac em ambos os sistemas.

O herbicida imazapyr+imazapic, pertencente ao grupo químico das imidazolinonas, utilizado após a introdução de cultivares de arroz resistentes aos herbicidas inibidores da ALS através da mutação desta enzima (ÁVILA et al., 2005), acarretou na ampla utilização dessa tecnologia nas áreas de cultivo, visando principalmente o controle de arroz-daninho (*Oryza sativa* L.), aliado a seu amplo espectro de controle de plantas daninhas. Este herbicida pode ser aplicado em pré e/ou pós-emergência, mostrando resultados de controle em ambas as aplicações próximos a 100% (SOUZA, 2017; BONOW et al., 2018).

O herbicida clomazone é amplamente utilizado atualmente como ferramenta para o controle de espécies gramíneas, sendo considerado a base para o controle de capim-arroz em áreas de arroz (NORSWORTHY et al., 2014). No Brasil não há relatos de resistência a este herbicida, no entanto, na América do Norte há biótipos registrados com resistência a clomazone (HEAP, 2019). De forma semelhante ao imazapyr + imazapic, o herbicida quinclorac apresenta casos de biótipos capim-arroz com resistência a esse herbicida no Brasil e no Estado do RS (ANDRES et al., 2007a; HEAP, 2019) o que limita a sua utilização para o controle de capim-arroz. Entretanto, é uma alternativa para a rotação de modos de ação herbicidas na cultura do arroz, pois é inibidor da síntese de auxina e controla tanto espécies dicotiledôneas como gramíneas.

Tabela 6- Controle percentual de capim-arroz em função da interação do uso de herbicidas pré-emergentes em sistemas de cultivo de arroz irrigado, avaliados aos 07, 14 e 21 dias após a emergência da cultura do arroz irrigado (DAE), durante a safra 2018/19. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.

Trat.	07 DAE		14 DAE		21 DAE	
	Resteva	Pousio	Resteva	Pousio	Resteva	Pousio
Capina.	100,0 a ^{ns1}	100,0 a	100,0 a ^{ns}	100,0 a	100,0 a ^{ns}	100,0 a
Infestada	0,0 f ^{ns}	0,0 g	0,0 f ^{ns}	0,0 g	0,0 f ^{ns}	0,0 f
Ima+Ima ²	82,5 c ^{ns}	76,5 d	83,0 c ^{ns}	77,8 d	84,8 c ^{ns}	80,3 c
Clomaz. ³	89,8 b ^{ns}	83,5 c	90,5 b ^{ns}	85,0 c	91,8 b ^{ns}	85,5 bc
Pend. ⁴	37,8 e*	31,8 f	37,0 e ^{ns}	31,2 f	42,5 e*	30,8 e
Oxadia ⁵	63,2 d*	41,2 e	67,3 d*	42,8 e	65,5 d*	43,0 d
Quincl ⁶	89,3 b ^{ns}	89,0 b	90,5 b ^{ns}	90,5 b	92,0 b ^{ns}	89,5 b
CV ⁷ (%)	5,06	4,78	4,74	4,93	5,89	6,71

¹ Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$) e presença de * na linha, difere entre os sistemas de cultivo, pelo teste t ($p \leq 0,05$); ^{ns} não significativo; ² Imazapyr+Imazapic; ³ Clomazone; ⁴ Pendimethalin; ⁵ oxadiazon; ⁶ quinclorac; ⁷ coeficiente de variação.

Os demais herbicidas oxadiazon e pendimethalin não apresentam casos de capim-arroz com resistência no Brasil (HEAP, 2019). Embora estes herbicidas tenham apresentado baixos valores de controle de capim-arroz neste estudo, ainda são importantes ferramentas para o manejo de resistência, pois são alternativas para rotacionar mecanismo de ação. Além disso, quando utilizados em associação com outros herbicidas, auxiliam no incremento do espectro de controle de plantas daninhas. No caso do herbicida pendimethalin, o menor controle observado no sistema de pousio, principalmente no segundo ano, está atrelado à maior retenção do produto na palha. Isso porque, em ambos os anos de cultivo, a área em pousio proporcionou maior acúmulo de massa de azevém e massa seca total (Tabela 7).

Tabela 7- Acúmulo de massa seca de azevém e massa seca total (kg ha^{-1}), antecedendo o preparo de solo das áreas para o cultivo do arroz, nas safras 2017/18 e 2018/19. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.

Tratamento	Massa seca de azevém (kg ha^{-1})		Massa seca total (kg ha^{-1})	
	2017/18	2018/19	2017/18	2018/19
Resteva	1.784,90	1.540,00	2.486,20	1.925,70
Pousio	1.822,80	2.290,40	2.550,70	3.310,50

Os herbicidas que apresentam elevada lipofilicidade, ou seja, maior afinidade com lipídios, como o caso do pendimethalin e oxadiazon, permanecem retidos na palha, conseqüentemente, menor a disponibilidade na solução do solo, para que assim, seja absorvido e acarrete no controle das plantas daninhas

(CHAUHAN; ABUGHO, 2012). O que corrobora com os dados encontrados para variável controle de capim-arroz, onde o herbicida oxadiazon, para as três épocas de avaliação e pendimethalin para primeira e última avaliação, ambos durante a safra 2018/19, o controle no sistema de pousio (com maior acúmulo de palha) foi menos eficiente que no sistema de manejo com resteva (Tabela 6).

A eficiência de controle de plantas daninhas pelos herbicidas pré-emergentes é determinada por vários fatores como umidade do solo, composição física do solo, plantas daninhas presente na área tratada, doses de herbicidas e condições ambientais. Dentre os fatores citados, a umidade do solo é o fator mais importante, pois pode influenciar tanto na eficácia do herbicida quanto a fitotoxicidade na cultura, alterando a absorção, translocação ou metabolismo do herbicida (CHAUHAN; JOHNSON, 2011b).

A eficácia dos herbicidas que apresentam baixa solubilidade em água (pendimethalin e oxadiazon) e elevada sorção, a quantidade de herbicida disponível na solução do solo para realizar o controle de plantas é pequena. Então, com o maior acúmulo de palha, aliado aos baixos índices pluviométricos durante a condução do experimento, durante os dois anos (Figura 11 e 12), reduzem a eficiência destes herbicidas.

Observou-se que no segundo ano de cultivo, houve incremento de aproximadamente 72% na massa seca total da área em pousio em comparação à área de resteva (Tabela 7). Este incremento de palha na área do sistema em pousio, mesmo após as gradagens para o preparo do solo, acarretou em maior quantidade de palha na superfície do solo no momento da aplicação dos herbicidas. Além disso, o baixo índice pluviométrico durante este período reduziu a degradação da palha (Figura 12).

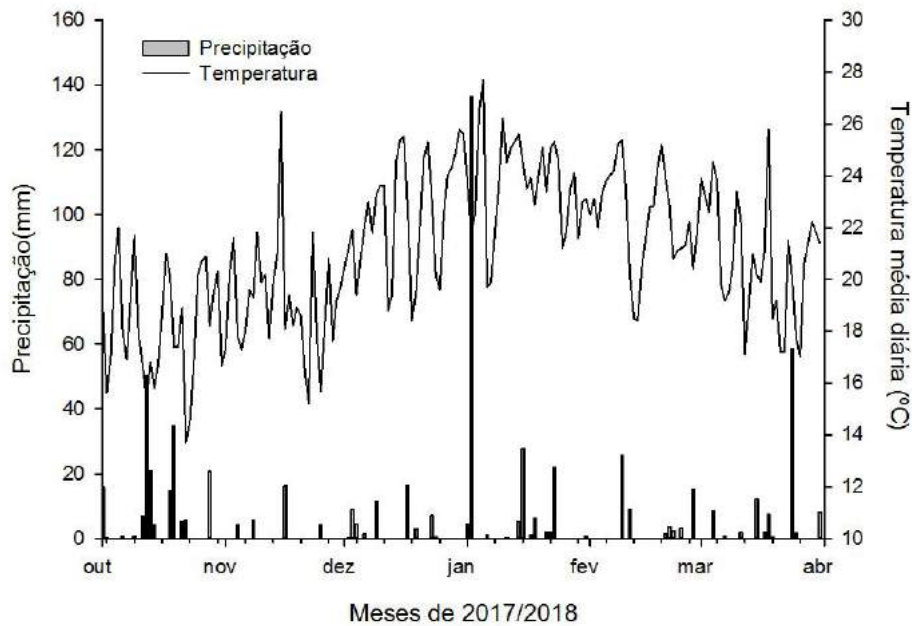


Figura 11- Temperatura média diária (°C) e precipitação diária (mm), durante os meses de condução do experimento na safra 2017/18. Fonte: Estação meteorológica da EMBRAPA, Clima Temperado – Capão do Leão (31° 52' 00" S; 52° 21' 24" O).

O controle de capim-arroz nos diferentes anos estudados mostrou comportamento inverso entre os sistemas de cultivo na resteva e pousio, na última época de avaliação. No primeiro ano de cultivo, a média de controle de capim-arroz dos herbicidas foi de 72% e 83%, para resteva e pousio, respectivamente (Tabela 5). Enquanto que, no segundo ano, a média foi de 75% e 66%, para resteva e pousio, respectivamente (Tabela 6). Isso passa principalmente, pelo manejo realizado na área durante o período pousio e infestação original da área.

Os herbicidas clomazone e quinclorac, embora tenham proporcionado elevado controle de capim-arroz, no decorrer das avaliações de controle foi possível observar que o uso do herbicida quinclorac permite a emergência de papuã (*Urochloa plantaginea*) e capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*), em ambos os sistemas (dados não apresentados). Este herbicida não apresenta efeito no controle destas espécies, o que poderia limitar seu uso em área com elevadas infestações e banco de sementes destas espécies. Por outro lado, o herbicida clomazone apresentou limitação no controle de ciperáceas e angiquinho, mesmo com controle eficiente de capim-arroz. Então, na escolha de um ou outro herbicida, além da eficiência de controle da planta daninhas dominante na área, sempre é necessário

levar em consideração o histórico da área e a população do banco de sementes da comunidade de plantas daninhas infestantes que, originaram as próximas plantas, para que o herbicida escolhido contemple controle satisfatório do maior número de plantas.

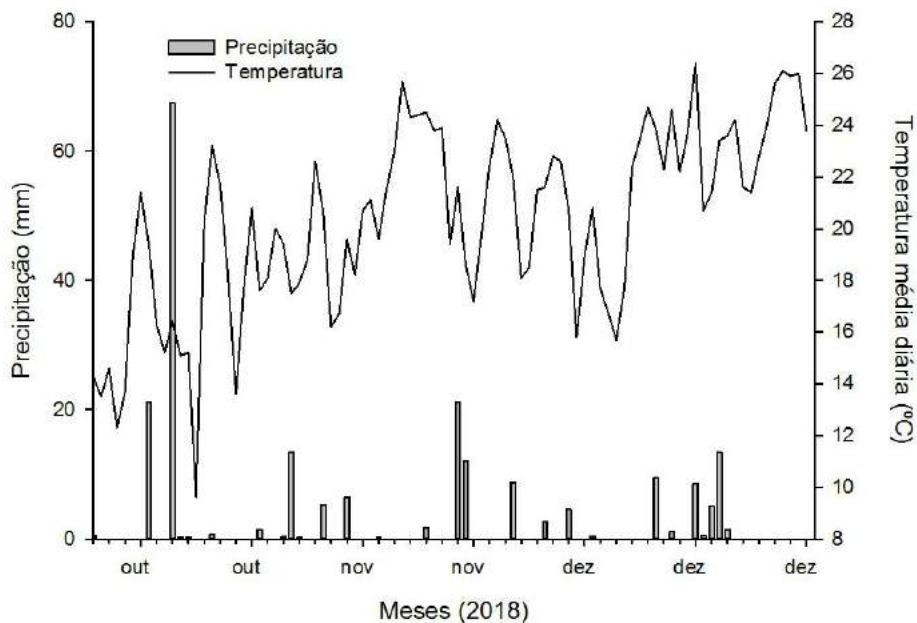


Figura 12- Temperatura média diária (°C) e precipitação diária (mm), durante os meses de condução do experimento na safra 2018/19. Fonte: Estação meteorológica da EMBRAPA, Clima Temperado – Capão do Leão (31° 52' 00" S; 52° 21' 24" O).

Para a variável fitotoxicidade, não se observou efeito do sistema de manejo, onde os herbicidas, no primeiro ano de cultivo, proporcionaram fitotoxicidade à cultura nas duas primeiras avaliações (10 e 20 DAE), sendo que para ambas as avaliações o herbicida clomazone apresentou as maiores injúrias à cultura (Tabela 8). Os demais tratamentos herbicidas não diferiram entre si aos 10 e 20 DAE, sendo que aos 28 DAE, todos os herbicidas apresentaram valores mínimos de fitotoxicidade, não diferindo das testemunhas sem aplicação.

Os dados de fitotoxicidade do segundo ano corroboram com o primeiro onde observou-se efeitos fitotóxicos nas três épocas de avaliação (07, 14 e 21 DAE), sendo que o clomazone acarretou a maior injúria em todas as avaliações (Tabela 9). Os herbicidas imazapyr+imazapic e quinclorac proporcionaram à menor fitotoxicidade na primeira avaliação e não diferiram das testemunhas sem aplicação aos 21 DAE. Na última avaliação, os herbicidas pendimethalin e oxadiazon ainda

apresentavam fitotoxicidade significativa em relação às testemunhas, no entanto, os valores eram muito aquém dos observados em relação às duas primeiras avaliações, além de serem menores em relação ao clomazone.

Tabela 8- Fitotoxicidade (%) à cultivar de arroz irrigado BRS A701 CL, em função da aplicação de herbicidas em pré-emergência, avaliados aos 10, 20 e 28 dias após a emergência da cultura do arroz irrigado (DAE), durante a safra 2017/18. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.

Tratamentos	10 DAE	20 DAE	28 DAE
Capinada	0,0 c ¹	0,0 c	0,0 ^{ns}
Infestada	0,0 c	0,0 c	0,0
Ima+Ima ²	13,0 b	3,5 b	0,5
Clomazone	27,4 a	14,6 a	1,7
Pendimethalin	13,0 b	3,5 b	0,7
Oxadiazon	14,7 b	5,1 b	0,9
Quinclorac	13,4 b	5,1 b	0,4
CV ³ (%)	28,79	46,54	196,10

¹ Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$); ² Imazapyr+Imazapic; ³ coeficiente de variação; ^{ns} não significativo.

Níveis elevados de fitotoxicidade podem causar na redução do estande de plantas, bem como, no decréscimo na produtividade, sendo que os sintomas variam em função da dose, cultivar, intensidade e duração da intoxicação (AHMED; CHAUHAN, 2015). Os valores percentuais de fitotoxicidade apresentaram redução entre a primeira e última época de avaliação, isso porque as plantas evoluíram com estratégias para amenizar os efeitos causados por herbicidas e reduzir sua fitotoxicidade (KAWAHIGASHI, 2009). Dentre os mecanismos de defesa da planta para desintoxicação dos herbicidas está à atividade das enzimas superóxido dismutase, ascorbato peroxidase e catalase, as quais eliminam as espécies reativas de oxigênio e evitam o efeito oxidativo que acarreta na destruição de membranas e componentes celulares (LANGARO et al., 2017).

Para amenizar esses danos é recomendado o uso de protetor de sementes (*safeners*), principalmente quando se utiliza doses elevadas de clomazone (HATZIOS; BURGOS, 2004). Inseticidas do grupo químico dos organofosforados, como dietholate, apresentam efeito protetor, uma vez que inibem a enzima citocromo P-450 mono-oxigenase, responsável pela transformação do clomazone em sua forma ativa, 5-ketoclomazone (SANCHOTENE et al., 2010; FERHATOGLU; BARRET, 2006). Assim, o herbicida clomazone é considerado um pré-herbicida, pois necessita ainda ser oxidado, para que assim, possa inibir a 1-desoxi-D-xilulose

5-fosfato sintase (DOXP), enzima chave para a síntese de isoprenoides plastidiais (COBB; READE, 2010).

Tabela 9- Fitotoxicidade (%) à cultivar de arroz irrigado BRS A701 CL, em função da aplicação de herbicidas em pré-emergência, avaliados aos 07; 14 e 21 dias após a emergência da cultura do arroz irrigado (DAE), durante a safra 2018/19. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.

Tratamentos	07 DAE	14 DAE	21 DAE
Capinada	0,0 e ¹	0,0 c	0,0 c
Infestada	0,0 e	0,0 c	0,0 c
Ima+Ima ²	5,2 d	3,6 b	0,7 c
Clomazone	15,5 a	10,1 a	4,1 a
Pendimethalin	8,0 b	4,4 b	2,2 b
Oxadiazon	7,4 bc	4,7 b	2,7 b
Quinclorac	6,1 cd	3,7 b	0,5 c
CV ³ (%)	23,03	35,89	57,53

¹ Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Duncan (p≤0,05); ² Imazapyr+Imazapic; ³ coeficiente de variação.

Os danos causados pela fitotoxicidade nas culturas, de modo geral, causam redução da estatura de plantas, uma vez que, a planta necessita dissipar o herbicida e/ou seus efeitos tóxicos, o qual pode refletir na produtividade da cultura (ZHANG et al., 2004). A temperatura é fator determinante para a superação dos efeitos de fitotoxicidade de herbicidas nas culturas, onde temperaturas amenas aumentam a fitotoxicidade, pela menor atividade do metabolismo das plantas (GALON et al., 2014a). A temperatura média diária, bem como a precipitação foram similares entre os dois anos estudados (Figura 11 e 12). Embora as temperaturas não tenham sido amenas a baixa precipitação acarretou em baixa umidade do solo.

O herbicida clomazone apresentou a maior redução da população de capim-arroz, sendo o único tratamento que não diferiu da testemunha capinada (Tabela 10), no primeiro ano de cultivo, corroborando com os elevados valores obtidos nas avaliações de controle. Para os demais herbicidas a população de capim-arroz foi similar, sendo que somente o herbicida quinclorac diferiu do clomazone, demonstrando incremento de 2,75 vezes na população de capim-arroz. A população de capim-arroz em áreas cultivadas com arroz está associada à utilização de herbicidas, doses e o intervalo entre aplicação e início da irrigação por inundação (ANDRES et al., 2007b). Para o pousio, as medidas de controle podem ser efetuadas ao longo de todo o período de verão, seja ele pela dessecação da área,

como com o preparo do solo, com o objetivo de evitar a produção de novas sementes para o banco de sementes.

Tabela 10- População de capim-arroz (m^2) em função do uso de herbicidas pré-emergentes, avaliados no início da irrigação por inundação (28 e 22 dias após a emergência da cultura, para as safras 2017/18 e 2018/19, respectivamente). EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.

Tratamentos	População de capim-arroz (m^2)	
	2017/18	2018/19
Capinada	0,0 d ¹	0,0 e
Infestada	183,5 a	370,2 a
Ima+Ima ²	32,0 bc	60,5 cd
Clomazone	16,0 cd	48,7 cde
Pendimethalin	36,0 bc	163,7 b
Oxadiazon	40,0 bc	98,2 c
Quinclorac	44,0 b	43,7 de
CV ³ (%)	48,24	43,96

¹ Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$) ² Imazapyr+Imazapic; ³coeficiente de variação.

Os herbicidas clomazone e quinclorac não diferiram da testemunha capinada para a variável população de capim-arroz no segundo ano de cultivo (Tabela 10). Por outro lado, pendimethalin apresentou a maior infestação de capim-arroz, neste mesmo ano. A baixa eficiência de controle do pendimethalin evidencia que seu desempenho é dependente de condições de umidade do solo para proporcionar o controle satisfatório, como supracitado, baixos índices pluviométricos foram observados no segundo ano (Figura 12). Estudos demonstram que a eficácia do pendimethalin é incrementada quando há a irrigação total da área seguido de rápida drenagem, o que permite a maior disponibilidade do herbicida na solução do solo, devido a maior umidade do solo (AHMED; CHAUHAN, 2015).

Para variável número de colmos produtivos, no sistema de cultivo sobre a resteva, todos os tratamentos herbicidas não diferiram entre si e da testemunha capinada, sendo superiores a testemunha infestada (Tabela 11). Estes dados corroboram com a literatura, onde a ausência de controle de capim-arroz influenciou de forma negativa o número de colmos do arroz (MARTINS et al., 2017). O mesmo foi observado para o sistema de manejo no pousio, onde o menor número de colmos foi observado na testemunha infestada. Entretanto, para os herbicidas imazapyr+imazapic e pendimethalin verificou-se redução no número de colmos.

Tabela 11- Número de colmos de arroz produtivos (m^{-1}) à cultivar de arroz irrigado BRS A701 CL, em função do uso de herbicidas pré-emergentes em sistemas de cultivo de arroz irrigado, avaliados em pré-colheita, durante a safra 2017/18. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.

Tratamentos	Colmos de arroz (m^{-1})		Estatura final (cm)
	Resteva	Pousio	
Capinada	87,50 a ^{1ns}	77,75 a	97,50 a
Infestada	37,75 b ^{ns}	34,00 c	69,25 b
Ima+Ima ²	96,25 aA	54,00 bB	84,25 a
Clomazone	83,50 a ^{ns}	72,00 ab	87,25 a
Pendimethalin	79,25 aA	53,33 bB	85,20 a
Oxadiazon	81,00 a ^{ns}	75,75 a	86,80 a
Quinclorac	83,75 a ^{ns}	73,50 ab	85,50 a
CV ³ (%)	14,81	19,52	5,97

¹ Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$) e letras maiúsculas distintas na linha, diferem entre si, pelo teste t ($p \leq 0,05$); ² Imazapyr+Imazapic; ³ coeficiente de variação; ^{ns} não significativo.

O número colmos de arroz, juntamente com o espaçamento entre linhas de semeadura, o número de plantas por metro e o hábito de crescimento das cultivares, são as características que definem o tempo e capacidade do fechamento do dossel para melhor aproveitamento da radiação solar. Deste modo, o arroz pode suprimir plantas pequenas de capim-arroz somente pelo sombreamento, além de reduzir novos fluxos de germinação da espécie (GIBSON et al., 2002). Entretanto, a redução de luminosidade para amenizar a presença de plantas daninhas não vem sendo explorada devido à presença da lâmina de água para irrigação da cultura. Imazapyr+imazapic e pendimethalin, também proporcionaram diferença entre os sistemas de cultivo, onde o número de colmos foram superiores no sistema de cultivo em resteva (Tabela 11).

A estatura final de plantas foi afetada negativamente somente na testemunha infestada (Tabela 11). A estatura de plantas é um dos descritores da competitividade da cultura, onde estatura maior significa maior habilidade de competição e, em caso de competição, as plantas de arroz devem crescer rapidamente e estabelecer o seu dossel acima das plantas daninhas, de forma a inibir o desenvolvimento das mesmas (DASS et al., 2017). O capim-arroz possui maior taxa de crescimento e melhor aproveitamento dos recursos do meio em função de apresentar rota fotossintética do tipo C4, o que garante vantagem competitiva com a cultura do arroz que possui via fotossintética C3 (CHAUHAN E JOHNSON, 2010).

Referente à estatura final de plantas de arroz, comparando os sistemas de cultivo, observou-se que o cultivo na resteva proporcionou maior estatura (Tabela 12). Isso pode ser atrelado ao menor estabelecimento de plantas de arroz (dados não apresentados) em função do resíduo de palha oriunda da cobertura de inverno no sistema de pousio, como supracitado. Embora verificado o menor número médio de colmos no pousio (63 colmos) em relação à resteva (78 colmos) (Tabela 11), a competição intraespecífica da cultura aumenta a estatura de plantas para o melhor aproveitamento de luz (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007).

O sistema de cultivo apresentou efeito sobre as variáveis NGCP e NTGP, onde o sistema de cultivo do pousio incrementou estas variáveis (Tabela 12). No mesmo sentido da estatura final de plantas, o maior número verificado para estas variáveis, no sistema de pousio pode estar relacionado ao menor número de colmos produtivos por área. Deste modo, com a elevada plasticidade fenotípica do arroz irrigado, a planta apresenta a capacidade de compensar o menor número de colmos por área, com o incremento no número de grãos por panícula e menor esterelidade de grãos. Além do PMG, sendo que este último não foi significativo neste estudo, para o fator sistema de cultivo.

Tabela 12- Estatura final de plantas de arroz (cm); número de grãos cheios por panícula (NGCP), número total de grãos por panícula (NTGP), à cultivar de arroz irrigado BRS A701 CL, em função em função de sistemas de manejo, durante a safra 2017/18. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.

Tratamentos	Estatura	NGCP	NTGP
Resteva	85,62 A ¹	74,81 B	100,53 B
Pousio	81,58 B	87,49 A	114,67 A
CV ² (%)	4,72	26,67	20,04

¹Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste t(p≤0,05);

²coeficiente de variação

Para o NGCP e NTGP em função do fator herbicida verificaram-se que os menores valores foram observados no tratamento com oxadiazon, o qual não diferiu da testemunha infestada, por outro lado, imazapyr+imazapic apresentou os melhores resultados, sendo similar a testemunha capinada (Tabela 13). Já, para a variável PMG não houve diferença entre os tratamentos herbicidas testados, exceto para a testemunha com infestada, na qual a presença de capim-arroz reduziu em 18,7% a massa de mil grãos sem relação à média dos demais tratamentos, podendo ser explicado pelo efeito da competição e alocação de recursos na planta.

Tabela 13- Número de grãos cheios por panícula (NGCP), número total de grãos por panícula (NTGP) e peso de mil grãos (PMG) em gramas, produtividade (kg ha^{-1}), à cultivar de arroz irrigado BRS A701 CL, em função do uso de herbicidas pré-emergentes, durante a safra 2017/18. Capão do Leão/RS, 2019.

Tratamentos	NGCP		NTGP		PMG		Produtividade	
Capinada	95,10	A ¹	121,55	A	25,98	A	6978,60	A
Infestada	51,94	C	75,13	C	21,46	B	766,10	C
Ima+Ima ²	100,89	A	129,10	A	25,85	A	5742,20	B
Clomazone	88,24	AB	115,85	AB	25,88	A	7129,40	A
Pend. ³	79,09	AB	107,16	AB	26,26	A	5009,70	B
Oxadiazon	69,31	BC	96,75	BC	26,20	A	5401,90	B
Quinclorac	83,50	AB	107,65	AB	26,99	A	6749,70	A
CV ⁴ (%)	27,50		21,93		4,34		14,72	

¹ Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$); ² Imazapyr + Imazapic; ³ pendimethalin; ⁴ coeficiente de variação.

A maior produtividade da cultura do arroz foi observada nos tratamentos com os herbicidas clomazone e quinclorac, sendo similares a testemunha capinada (Tabela 13). Dessa forma, mesmo a cultura apresentando fitotoxicidade decorrente da aplicação do herbicida clomazone, a mesma superou os sintomas de fitotoxicidade, evidenciando que a competição foi o principal fator de perda de produtividade. Além disso, a redução do número de colmos produtivos no sistema de cultivo pousio em relação à resteva não proporcionou diferença de produtividade entre os sistemas, isso pode ser explicado devido à plasticidade fenotípica da cultura do arroz, possibilitando maior produção por panículas em densidades menores de colmos comparativos a níveis mais elevados, compensando assim a produtividade (FRANCO et al., 2011).

O grau de competição entre plantas daninhas e culturas pode ser alterado devido aos períodos em que a comunidade está competindo por determinado recurso. Sabe-se que a concorrência estabelecida nas fases iniciais do ciclo da cultura provoca perdas na produtividade (AGOSTINETTO et al., 2014), pois neste momento a cultura é ainda concorrente fraco (DORADO et al., 2009). Esses fatores, juntamente com o período de convivência entre a cultura e as plantas daninhas, definem o nível de dano causado à cultura (SILVA et al., 2009). Os demais herbicidas testados não diferiram entre si, no entanto apresentaram produtividade superior à testemunha infestada.

A escolha do sistema de cultivo (resteva ou pousio) apresentou efeito sobre o controle de capim-arroz em terras baixas. Os sistemas apresentaram efeito distinto nos dois anos estudados. Porém, isso está relacionado ao nível de infestação

presente em cada área, sendo recomendado realizar este estudo de forma sequencial na mesma área. Os melhores controles com herbicidas, de modo geral, nos dois anos estudados foram observados nos pré-emergentes clomazone e quinclorac, os quais não diferiram em produtividade com a testemunha capinada.

3. 4 Conclusões

O sistema de cultivo de arroz sob resteva ou pousio não influencia a produtividade da cultura do arroz irrigado, sendo que a eficiência dos herbicidas pré-emergentes está associada ao nível de palha pelo manejo adotado em cada sistema de cultivo.

Todos os herbicidas testados (imazapyr+imazapic; clomazone; pendimethalin; oxadiazon; quinclorac) causam fitotoxicidade à cultivar BRS A701 CL, sendo o clomazone o mais fitotóxico.

O herbicida clomazone apresenta o melhor controle de capim-arroz em pré-emergência, em ambos os sistemas de cultivo, junto ao herbicida quinclorac.

4 CAPÍTULO III – Níveis de lâmina de irrigação e manejo de herbicidas no controle de capim-arroz e angiquinho no arroz irrigado.

4.1 Introdução

No Brasil, o arroz é cultivado em todo o país principalmente no sistema de irrigação por inundação, sendo uma das culturas que consomem o maior volume de água durante o seu desenvolvimento e gerando os maiores custos de produção. Em contrapartida, altas produtividades são obtidas nesse sistema de cultivo, pois a disponibilidade de água auxilia no manejo de plantas daninhas, o qual é o principal fator biótico limitante de produtividade da cultura (KAYA-ALTOP et al., 2019). Além disso, a inundação apresenta os benefícios de incorporação do nitrogênio ao solo, ajuste do pH do solo pelo processo de autocalagem e termorregulação (SOSBAI, 2018).

Na agricultura moderna, a missão é atingir altas produtividades e minimizar os custos e os impactos ambientais. Como o manejo de irrigação tem elevado consideravelmente os custos de produção ao agricultor e os recursos hídricos são preocupação iminente, há a necessidade de buscar a utilização razoável da água para irrigação na agricultura (CHAUHAN, 2013). O foco principal deve ser manter o equilíbrio entre a maior produtividade de grãos e manejo satisfatório de plantas daninhas. Em vista que, os prejuízos oriundos pela ausência de controle satisfatório de plantas daninhas podem ser superiores a 90% na cultura do arroz (ANDRES; MACHADO, 2004).

Os danos pela interação entre cultura e plantas daninhas são causados pela competição dos recursos limitantes como nutriente, luminosidade e dióxido de carbono e água (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007). O controle de plantas

daninhas no sistema de produção de arroz irrigado é desafio devido à diversidade e severidade das infestações. Além disso, este sistema não proporciona vantagem na emergência da cultura em relação às plantas daninhas, pois ambas emergem simultaneamente, pela ausência da lâmina de água (CHAUHAN, 2013). Isso porque, o intervalo entre semeadura e início da inundação da área, o solo permanece drenado para o bom estabelecimento da cultura.

Após o estabelecimento da irrigação, a altura da lâmina de água adotada varia de acordo com a necessidade imposta pelo período de desenvolvimento da cultura, bem como, do nivelamento do solo. As lâminas reduzidas, aproximadamente de 2,5 cm, suprem a necessidade da cultura para produtividades elevadas. No entanto, exigem o melhor nivelamento solo para que não ocorram falhas de irrigação (SOSBAI, 2018). De modo geral, no início do ciclo da cultura é desejável menor lâmina de irrigação para possibilitar maior afilamento e não induzir estatura elevada, para evitar o acamamento. A partir do início da floração, lâminas entre 5 a 10 cm, são necessárias para maior efeito de termoregulação (SOSBAI, 2018).

A manipulação da altura da lâmina de irrigação, também pode ser utilizada no manejo de plantas daninhas. Em estudo realizado em casa de vegetação, o incremento na altura da lâmina de irrigação de 0 para 10 cm, apresentou diferentes respostas na germinação de sementes de arroz-daninho (*Oryza sativa* L.), onde alguns biótipos tiveram a germinação reduzida e outros foram suprimidos com o incremento da lâmina (GOSH et al., 2017). Isto porque, é necessário oxigênio para as sementes germinarem e ocorrer o estabelecimento das plântulas. Por outro lado, em estudo realizado na Costa do Marfim, os autores evidenciaram que a emergência de plântulas de *Heteranthera callifolia* é favorecida pelo aumento da lâmina de irrigação e duração do alagamento (KENT; JOHNSON, 2001).

Vale salientar que o alagamento da área não serve como único fator no controle de plantas daninhas do arroz irrigado, pois algumas plantas, como o arroz-daninho, apresentam a capacidade de emergir em solos com lâmina de 10 cm de altura (GOSH et al., 2017), evidenciando a necessidade de realizar o manejo integrado de plantas daninhas. Com isso, o controle químico através do uso de herbicidas, método mais utilizado atualmente em cultivos de arroz, apresentam bons resultados no controle de plantas daninhas. Os herbicidas de ação em pré-emergência, possibilitam a supressão de plantas daninhas até o início da inundação (CONCENÇO et al., 2006) e incrementam o controle em 25% com relação a

tratamentos herbicidas somente em pós-emergência (CHAUHAN, 2012). Já, os pós-emergentes são normalmente aplicados momentos antes do início da irrigação, levando em consideração a diversidade de plantas daninhas na área, controlando mais de 90% das plantas daninhas.

Após a introdução de cultivares de arroz irrigado resistente a herbicidas inibidores da enzima ALS no Brasil, visando o controle de arroz-daninho, no ano de 2002, houve mudança nas estratégias de manejo de plantas daninhas em arroz, ocorrendo uma adoção intensiva a tecnologia Clearfield[®] (CL), mesmo em áreas com reduzida ou ausente infestação desta planta daninha. Atualmente, cultivares e/ou híbridos de arroz contendo a tecnologia CL estão presentes em área superior a 800 mil ha (IRGA, 2019), da área cultivada no Estado do Rio Grande do Sul. No entanto, devido ao uso intensivo desta tecnologia, ocorreu surgimento de plantas daninhas resistentes a herbicidas registrados para uso em arroz CL. Assim, algumas práticas culturais tem sido adotadas para minimizar o surgimento ou desenvolvimento de plantas daninhas resistentes a herbicidas ou colaborar para a eficiência de herbicidas no controle de plantas daninhas. A estratégia da rotação de mecanismos de ação herbicida e de alterações no manejo de água da lavoura tem sido estudada para amenizar o escape de plantas daninhas aos métodos de controle. Deste modo, estudos que relacionem níveis de lâmina de irrigação e uso de herbicidas de diferentes tecnologias são necessários para elucidar sua interação no controle de plantas daninhas.

A hipótese deste trabalho é que o incremento na lâmina de irrigação contribua na eficiência de herbicidas no controle de plantas daninhas no arroz irrigado. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de herbicidas pré e pós-emergentes, recomendados para o manejo de plantas daninhas em arroz com tecnologias CL e arroz sem esta tecnologia (convencional), submetidos a níveis de lâmina de irrigação na cultura do arroz irrigado, para o controle de capim-arroz e o angiquinho.

4. 2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido a campo, durante as safras de 2017/18 e 2018/19, na Estação Experimental Terras Baixas da EMBRAPA, no município do

Capão do Leão – RS, (31° 48' 49" S; 52° 28' 02" O). O solo da área está classificado como Planossolo Háplico (EMBRAPA, 2013).

O experimento foi realizado em delineamento experimental de cultivo em faixas, arranjado em parcelas subdivididas com quatro repetições. As parcelas foram compostas por quatro níveis de lâminas de irrigação (0; 4; 8 e 12 cm de altura) e as subparcelas foram constituídas de três tratamentos herbicidas que são utilizados na tecnologia Clearfield® e em cultivares convencionais (Tabela 14).

A cultura foi semeada em 11 de novembro de 2017 e 01 de novembro de 2018, sendo utilizada as cultivares BRS Pampa CL e BRS A701 CL para a primeira e segunda safra respectivamente, ambas semeadas na densidade de 100 kg ha⁻¹, com espaçamento entre linhas de 0,17 m. As datas de aplicações para o primeiro ano de cultivo foram dia 07 e 28 de dezembro de 2017, para pré e pós-emergência, respectivamente. No segundo ano de cultivo, as datas de aplicações para os pré e pós-emergente foram 10 de novembro e 02 de dezembro de 2018, respectivamente.

Tabela 14 - Mecanismo de ação, nome comercial, ingrediente ativo e dose dos herbicidas (g i.a. ha⁻¹) utilizados em pré e pós-emergência, nos dois anos de cultivo, para o controle de capim-arroz e angiquinho. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.

Tratamento	Mecanismo de ação	Nome comercial	Ingrediente ativo	Dose (g i.a. ha ⁻¹)
Clearfield				
Pré-emergência	Inib. da ALS	Kifix®	Imazapyr+Imazapic	73,5+24,5
Pós-emergência	Inib. da ALS	Kifix®	Imazapyr+Imazapic ¹	73,5+24,5
Convencional				
Pré-emergência	Inib. Carotenos	Gamit® 360	Clomazone	360
Pós-emergência	Mimet. de Auxina	Facet®	Quinclorac ²	375
Testemunha	-	-	-	-

¹ Adicionou-se: Dash® (0,5% v/v); ² adicionou-se: Dash® (1 L ha⁻¹).

A adubação foi realizada com a aplicação de 135, 60 e 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) respectivamente, divididos em adubação de base e cobertura. Na adubação de base foram utilizados 300 kg ha⁻¹ de adubo N-P-K na formulação 5-20-20. Já na adubação em cobertura foram aplicados 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N) na forma de ureia, parcelado em três estádios, 70 kg ha⁻¹ em V3/V4 (antes do início da irrigação por inundação) e duas aplicações de 25 kg ha⁻¹ aplicados entre V7/V8 e antecedendo a diferenciação do primórdio floral da cultura (COUNCE; KEISLING; MITCHELL, 2000).

Para a implementação do experimento, as áreas foram preparadas previamente no sistema convencional, com aração e duas gradagens e com posterior nivelamento. Para a adequada manipulação dos níveis de lâminas de irrigação, as faixas foram subdivididas por taipas, abrangendo três subparcelas. Cada subparcela era composta por nove linhas semeadas com arroz irrigado, com comprimento de 4 metros, deste modo, as dimensões de cada quadro de irrigação era de 3 x 12 m. Para determinar a altura da lâmina em cada quadro foi realizado o levantamento altimétrico da área, com equipamento de nível topográfico, sendo coletados cinco pontos por quadro para determinar o nível do terreno. Posteriormente a isso, no centro de cada quadro foi colocada uma estaca como ponto de referência de nível que representasse exatamente a altura média da lâmina. Após isso, iniciou-se a irrigação contínua da área, quando a cultura do arroz irrigado estava entre os estádios de desenvolvimento V3/V4 (COUNCE; KEISLING; MITCHELL, 2000) e instalado drenos nas taipas, quando a lâmina de água atingisse a extremidade superior da estaca.

Devido a problemas oriundos da estiagem na área, foi realizada a irrigação em área total, sendo que após inundação da totalidade da área, a mesma foi drenada, no dia 9 de dezembro de 2017. Além disso, ainda no primeiro ano de cultivo, no período compreendido entre 22 e 29 de janeiro de 2018, não foi possível realizar o manejo de irrigação, devido a problemas técnicos no sistema hidráulico utilizado na estação de bombeamento que fornecia água para o estudo.

As aplicações dos tratamentos foram efetuadas com pulverizador costal pressurizado com dióxido de carbono (CO_2), equipado com barra de quatro bicos, com pontas da série AXI 110.15 e espaçados 0,5 m entre si. A vazão adotada no primeiro ano de cultivo para as aplicações em pré e pós-emergência foram de 120L ha^{-1} . No segundo ano a vazão adotada foi de 150L ha^{-1} . As condições meteorológicas no momento das aplicações foram coletadas com termohigrômetro e são descritas na tabela 15.

As plantas daninhas que predominavam na área do primeiro ano eram capim-arroz e angiquinho, mas na área do segundo ano a infestação e distribuição de angiquinho não era uniforme, dessa maneira, somente o capim-arroz foi avaliado no segundo ano. Essa diferença de população de plantas daninhas é atribuída a necessidade de troca de áreas para a execução do experimento. No primeiro ano de cultivo, a área selecionada para a condução do experimento permaneceu em pousio

(ausência de cultivo) na safra anterior ao início da pesquisa (2016/17). Já, para o segundo ano de cultivo, o experimento foi conduzido sobre resteva de arroz (2017/18). No entanto, ambas as áreas possuíam histórico de capim-arroz e angiquinho, sem a presença de arroz-daninho (*Oryza sativa* L.). As plantas voluntárias de arroz que emergiram na área foram identificadas e eliminadas manualmente.

Tabela 15 - Condições meteorológicas no momento das aplicações dos tratamentos herbicidas aplicados em pré e pós-emergência nos dois anos de cultivo. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.

Aplicação	Vento (km h ⁻¹)	Umidade (%)	Temperatura (°C)
2017/2018			
Pré-emergência	9	76	21
Pós-emergência	3	82	24

2017/2018			
Pré-emergência	4	85	20
Pós-emergência	8	78	24

As variáveis avaliadas foram fitotoxicidade na cultura e controle de plantas daninhas, aos 10; 20 e 30 dias após a aplicação dos tratamentos herbicidas em pré e pós-emergência (DAH). Em cada avaliação foram atribuídas notas em escala percentuais, variando entre 0 a 100%, onde 0% significou ausência de toxicidade ou controle e 100% morte das plantas por dois avaliadores.

Para o acompanhamento da dinâmica populacional de plantas daninhas foram realizadas quatro contagens aos 30; 45; 60 e 75 DAH para determinar a população por metro quadrado. As contagens de angiquinho e capim-arroz foram efetuadas em dois locais previamente definidos, com um quadro de madeira com 0,25 m² (50 x 50 cm). Avaliou-se também aos 30 DAH e na pré-colheita a estatura de plantas (cm) e número de colmos (metro). A estatura do arroz foi aferida pela medição de 10 plantas aleatórias por parcelas e número de colmos, avaliados pela contagem direta de duas repetições de um metro por parcela, sendo realizadas as avaliações aos 30 DAH, nos dois anos de cultivo e em pré-colheita somente para o primeiro ano.

A avaliação dos componentes de rendimento e produtividade de grãos de cada tratamento foi realizada nas 7 linhas centrais por 3 metros (área útil de 3,4 m²). Para a produtividade, as amostras foram submetidas a limpeza prévia, pesadas em balança analítica e com peso final corrigido para 13% de umidade. O peso de mil

grãos (PMG) foi determinada através da média de oito amostragens de 100 grãos, pesadas em balança de precisão, após secagem das amostras a 13% de umidade. O número de grãos cheios (NGCP), total de grãos por panículas (NGTP), foram obtidos através da contagem de 10 panículas coletadas aleatoriamente na parcela, antecedendo a colheita.

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade (teste de Shapiro Wilk) e homocedasticidade (teste de Hartley) e submetidos à análise da variância ($p \leq 0,05$). Caso constatado significância, as médias dos tratamentos de lâminas e herbicidas foram comparadas pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). As médias das lâminas de irrigação foram analisadas pelo teste de Duncan pelo reduzido valor de graus de liberdade para o resíduo, onde o ajuste aos modelos matemáticos seria restrito a equação linear e exponencial de dois parâmetros.

4.3 Resultados e Discussões

A apresentação dos resultados e discussões dos experimentos estão descritos abaixo, adotando-se um experimento para cada ano de condução do estudo.

4.3.1 Ano I (2017/18)

Os testes de normalidade e homocedasticidade revelaram não ser necessária à transformação dos dados. A partir da análise de variância, constatou-se interação entre os níveis de lâmina de irrigação e herbicidas para as variáveis: controle de angiquinho aos 20; 30 DAH e em pré-colheita; número de colmos de arroz aos 30 DAH e estatura de plantas de arroz em pré-colheita (Tabela 18 e 22). Observou-se diferença significativa para o efeito isolado de herbicidas nas variáveis: controle de capim-arroz aos 10, 20 e 30 DAH e em pré-colheita; controle de angiquinho aos 10 DAH; fitotoxicidade na cultura aos 10; 20 e 30 DAH; população de angiquinho e capim-arroz aos 30; 45; 60 e 75 DAH; contagem de colmos produtivo na pré-colheita; peso de mil grãos e produtividade (Tabela 16; 17; 19; 20; 23; 24). Já o efeito isolado do fator de altura lâmina de irrigação foi observado somente para estatura de plantas de arroz aos 30 DAH (Tabela 21).

Para o controle de capim-arroz foi constatado os maiores níveis de eficiência no tratamento considerando a tecnologia CL, na combinação da mistura formulada (imazapyr + imazapic), aspergida em sequencial, pré e pós-emergência, em todas as épocas de avaliação, no primeiro ano de cultivo (Tabela 16). Já a aplicação em pré-emergente de clomazone com sequencial na pós-emergência de quinclorac, proporcionou controle próximo a 90% aos 10 e 20 DAH e a 100% aos 30 DAH, porém, na pré-colheita o efeito residual de controle foi reduzido em aproximadamente 20%, situando-se abaixo ao limite inferior aceitável de controle de plantas daninhas para a cultura (SOSBAI, 2018).

Tabela 16- Controle (%) de capim-arroz em função do uso de herbicidas aplicados em pré e pós-emergência na cultura do arroz irrigado, avaliados aos 10; 20; 30 dias após aplicação dos herbicidas (DAH) e na pré-colheita, durante a safra 2017/18. EMBRAPA, Capão do Leão/RS. 2019.

Tratamentos		Controle (%) de capim-arroz							
Pré	Pós	10 DAH		20 DAH		30 DAH		Pré-colheita	
Ima+Ima ¹	Ima+Ima	97,06	A*	99,12	A	99,37	A	91,37	A
Clomazone	Quinclorac	88,63	B	93,44	B	97,44	B	80,63	B
	Testemunha	0,00	C	0,00	C	0,00	C	0,00	C
CV (%) ²		6,51		3,31		2,65		2,27	

* Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$);¹ Imazapyr+Imazapic; ² Coeficiente de variação.

Elevados níveis de controle de capim-arroz aos 30 DAH, também são encontrados na literatura por imazapyr+imazapic, aos 28 DAT (BONOW et al., 2018) e quinclorac aos 14 DAH (MALIK; BURGOS; TALBERT, 2010), que corroboram com os encontrados neste trabalho. Este elevado controle ameniza os danos por competição, pois durante o período crítico de prevenção de interferência, em média 56 dias após a emergência para o arroz (SINGH; BHULLAR; CHAUHAN, 2015), a cultura permaneceu livre de competição, com os níveis de controle de capim-arroz supracitados. No entanto, a redução no controle de capim-arroz em pré-colheita, para o clomazone seguido por quinclorac, embora não acarretem em redução de produtividade do arroz por competição com o mesmo, permite o reabastecimento do banco de sementes de capim-arroz no solo, o que incrementará os níveis de infestação na próxima safra (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007), em vista que a espécie *Echinochloa crus-galli* é capaz de produzir até 39.000 sementes por planta, quando emerge junto ao arroz (BAGAVATHIANNAN et al., 2012).

O controle de angiquinho aos 10 DAH foi similar para ambos os tratamentos herbicidas, diferindo apenas do tratamento testemunha (Tabela 17). Isso também foi observado nas avaliações da interação no controle de angiquinho aos 20, 30 DAH e em pré-colheita, no tratamento solo saturado (0 cm), (Tabela 18). Porém, a partir do incremento da lâmina de irrigação, o tratamento com aplicação sequencial (PRE e POS) de imazapyr+imazapic foi superior ao tratamento com aplicação pré-emergente de clomazone seguido por aspersão em pós-emergente de quinclorac, nas demais lâminas de irrigação estudadas (4; 8 e 12 cm), em todas as épocas de avaliações.

Tabela 17- Controle (%) de angiquinho em função do uso de herbicidas aplicados em pré e pós-emergência na cultura do arroz irrigado, avaliado aos 10 dias após aplicação dos herbicidas (DAH) durante a safra 2017/18. EMBRAPA, Capão do Leão/RS. 2019.

Tratamentos		Controle (%) de angiquinho	
Pré-emergente	Pós-emergente	10 DAH	
Imazapyr+Imazapic	Imazapyr+Imazapic	98,44	A*
Clomazone	Quinclorac	97,50	A
Testemunha		0,00	B
CV ¹ (%)		11,76	

* Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$);¹ Coeficiente de variação.

Nas lâminas de irrigação de 4 e 8 cm, observa-se controle de angiquinho insatisfatório (abaixo de 80%), nas avaliações aos 20 e 30 DAH, para o tratamento com clomazone seguido por quinclorac (Tabela 18). Para o tratamento com aplicação sequencial de imazapyr+imazapic, também observou-se o menor controle na lâmina de 4 cm, mas mesmo assim o controle está próximo a 90%. Outros trabalhos também relataram controle similar aos observados nesse estudo, onde a aplicação de imazapyr+imazapic controlou 100% *Aeschynomene denticulata* aos 21 DAH em arroz irrigado por inundação e aspersão (HELGUEIRA et al., 2018). Deste modo, evidencia-se que o controle de angiquinho pelo herbicida imazapyr+imazapic, no primeiro ano, foi independente do nível da lâmina de irrigação.

O herbicida clomazone apresenta registro de controle de angiquinho, somente para a espécie *Aeschynomene rudis*, os demais herbicidas estudados nesse trabalho apresentam registro para as demais espécies *A. denticulata*, *A. indica* e *A. sensitiva* (AGROFIT, 2019), que são as predominantes no Estado do RS (FERREIRA, 2007). Embora o herbicida clomazone não apresente efeito satisfatório

de controle sobre as espécies de angiquinho, as mesmas são extremamente sensíveis ao herbicida quinclorac, o qual apresenta controle em pós-emergência próximo aos 100% (FLECK et al., 2008). Já, o herbicida imazapyr+imazapic apresenta controle satisfatório desta espécie, entretanto, em altos níveis de infestação, escapes de angiquinho são observados (CONCENÇO et al., 2017). Ainda segundo esses autores, o controle de angiquinho pela dose de 375 g ha⁻¹ de quinclorac é equivalente ao dobro da dose utilizada de imazapyr+imazapic aplicado em pré-emergência, mas, mesmo assim o controle não é de 100%. Evidenciando a necessidade da adoção de mais de um herbicida para o controle de angiquinho em condições de campo, independente do nível de infestação.

Tabela 18- Controle (%) de angiquinho em função da interação entre o uso de herbicidas aplicados em pré e pós-emergência na cultura do arroz irrigado, submetido a níveis de lâminas de irrigação, avaliado aos 20 e 30 dias após a aplicação dos herbicidas (DAH) e em pré-colheita, durante a safra 2017/18. EMBRAPA, Capão do Leão/RS. 2019.

Tratamento	20 DAH											
	Níveis de lâmina de irrigação											
	0 cm			4 cm			8 cm			12 cm		
T1	b	89,5	A*	b	88,7	Ab	a	96,2	A	a	96,2	A
T2	a	86,7	A	c	73,0	Bc	b	79,5	B	a	86,7	B
T3	ns	0,0	B		0,0	C		0,0	C		0,0	C
CV (%) ²	7,38											
30 DAH												
T1	a	94,2	A	b	88,5	Ab	a	97,0	A	a	97,5	A
T2	a	91,2	A	c	71,0	Bc	b	78,0	B	a	89,7	B
T3	ns	0,0	B		0,0	C		0,0	C		0,0	C
CV (%)	5,06											
Pré-colheita												
T1	ns	98,2	A		93,7	A		97,0	A		97,0	A
T2	a	96,0	A	b	86,5	B	b	86,2	B	b	88,2	B
T3	ns	0,0	B		0,0	C		0,0	C		0,0	C
CV (%)	4,39											

* Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na coluna e, minúsculas na linha, dentro de cada época de avaliação, diferem entre si, pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$); ¹ Imazapyr+Imazapic; ² coeficiente de variação referente a interação entre os fatores. T1: Sequencial de Imazapyr+Imazapic; T2: clomazone seguido de quinclorac; T3: Testemunha infestada.

A escolha de elevar a lâmina de irrigação de 4 para 12 cm, de modo geral, pode proporcionar incremento no controle de plantas daninhas e contribuir com o manejo de plantas daninhas em arroz irrigado. Devido à rápida evolução de plantas daninhas resistentes aos herbicidas ao redor do mundo (HEAP, 2019), e sabendo que apenas a rotação ou a associação de herbicidas com múltiplos modos de ação

não reduz ou impede a evolução da resistência, salienta-se que técnicas de cultivo são necessárias para o manejo integrado de plantas daninhas.

Para a variável fitotoxicidade, ambos os tratamentos herbicidas proporcionaram baixo efeito fitotóxicos à cultura, aos 10 DAH (Tabela 19). Assim, a fitotoxicidade diminuiu ao longo das avaliações e aos 30 DAH, no primeiro ano de cultivo, a aplicação de imazapyr+imazapic, de forma sequencial, não diferiu da testemunha sem aplicação de herbicidas. Dados na literatura demonstram que a aplicação de imazapyr+imazapic, independentemente da dose aplicada é seletivo para a cultura do arroz irrigado, apresentando baixos valores de fitotoxicidade e que algumas práticas de manejo contribuem para reduzir a intoxicação das plantas, como antecipar o início da inundação e aplicação de nitrogênio (GALON et al., 2012; ÁVILA et al., 2009).

Tabela 19- Fitotoxicidade (%) à cultivar de arroz irrigado BRS Pampa CL em função da aplicação de herbicidas em pré e pós-emergência, avaliados aos 10;20 e 30 dias após aplicação dos herbicidas (DAH), durante a safra 2017/2018. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.

Tratamentos		Fitotoxicidade (%)		
Pré	Pós	10 DAH	20 DAH	30 DAH
Ima+Ima ¹	Ima+Ima	1,80 B*	1,10 AB	0,40 B
Clomazone	Quinclorac	4,50 A	2,00 A	1,00 A
	Testemunha	0,00 C	0,00 B	0,00 B
CV (%) ²		79,11	120,81	136,06

* Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$); ¹Imazapyr+Imazapic; ² Coeficiente de variação.

Referente à contagem de plantas daninhas, observa-se que a aplicação sequencial de imazapyr+imazapic proporcionou a maior redução na população de angiquinho, para o primeiro ano de cultivo, não diferindo do tratamento convencional na avaliação aos 30 DAH (Tabela 20). Observa-se que, a população de angiquinho permaneceu constante nas três primeiras épocas de contagem, entretanto, houve acréscimo 56% na população aos 75 DAH, em relação a avaliação aos 30 DAH, para o tratamento com aplicação de clomazone seguido por quinclorac. O angiquinho apresenta a capacidade de germinar sob a presença de lâmina de água, embora em menor quantidade e diminuindo de acordo com o aumento da lâmina de irrigação (FERREIRA, 2007). Ainda segundo esse autor, para que ocorra a germinação sob lâmina de água, as sementes de angiquinho devem estar dispostas sob a superfície do solo.

A população de angiquinho observada no tratamento convencional (clomazone seguido por quinclorac) (Tabela 20), pode ser considerada elevada, pois a partir de 6 até 12 plantas de *A. rudis* a colheita mecanizada é considerada muito difícil (ADORYAN, 2004). Além disso, estudos demonstram que há redução de 1,4% de produtividade do arroz pela presença de uma única planta de *A. denticulata* m⁻² (FERREIRA, 2007), podendo atingir até 57% de redução na produtividade do arroz se não houver controle de angiquinho, com população variando entre 25 a 31 plantas m⁻² (ANDRES; THEISEN, 2009).

Tabela 20- População de angiquinho e capim arroz (m⁻²), em função da aplicação de herbicidas em pré e pós-emergência, avaliados aos 30; 45; 60 e 75 dias após aplicação dos herbicidas (DAH), durante a safra 2017/18. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.

Tratamentos		População de angiquinho (m ⁻²)			
Pré	Pós	30 DAH	45 DAH	60 DAH	75 DAH
Ima + Ima ¹	Ima + Ima	8,63 B*	2,60 C	1,10 C	0,56 C
Clomazone	Quinclorac	7,94 B	8,00 B	8,10 B	12,40 B
	Testemunha	98,25 A	81,00 A	82,40 A	81,25 A
CV (%) ²		42,90	17,79	26,26	18,65
		População de capim-arroz (m ⁻²)			
Ima + Ima	Ima + Ima	0,12 B	0,00 B	0,37 B	0,56 B
Clomazone	Quinclorac	1,18 B	0,00 B	0,87 B	1,68 B
	Testemunha	161,50 A	148,50 A	138,12 A	138,87 A
CV (%)		28,11	22,19	19,15	20,81

* Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Duncan (p ≤ 0,05); ¹ Imazapyr+Imazapic; ² Coeficiente de variação.

Para a contagem da população de capim-arroz, os tratamentos herbicidas não diferiram entre si, para a o primeiro ano de cultivo, em todas as épocas de contagem (Tabela 20). Esses dados corroboram com as elevadas notas de controle (%) de capim-arroz para ambos os tratamentos herbicidas. Os dados de populações do capim-arroz, se mantém constante com o decorrer das avaliações, mostrando que, até a avaliação aos 75 DAH, não houve a incidência de novos fluxos de infestação desta planta daninha.

Dados de literatura indicam que a presença de uma única planta de capim-arroz por metro quadrado, é o suficiente para reduzir de 5 a 22% a produtividade da cultura do arroz, sendo está dependente da cultivar e época de início da irrigação (AGOSTINETTO et al., 2007; GALON et al., 2007). Além disso, a convivência das plantas daninhas nas fases iniciais de estabelecimento da cultura provoca perdas significativas de produtividade (AGOSTINETTO et al., 2014), pois afetam a dinâmica

da competição, alterando o tamanho dos indivíduos e a sua capacidade de captação de recursos do meio (VIDAL et al., 2012). Assim, deve-se estabelecer a cultura livre de plantas daninhas para evitar tais perdas (ZANDONÁ et al., 2018).

As plantas daninhas levam vantagem na captura de energia luminosa uma vez que as culturas apresentam, em geral, menor velocidade inicial de crescimento da parte aérea (SEIBERT; PEARCE, 1993; VIDAL et al., 2012). Assim, a manipulação da altura da lâmina de irrigação pode contribuir para o manejo integrado de plantas daninhas, pois favorece o estabelecimento livre da presença de plantas daninhas e minimiza o fluxo de emergência de plantas daninhas, pela ausência de oxigênio no solo (SINGH; BHULLAR; CHAUHAN, 2015). Com isso, o aproveitamento da radiação solar é maior no início do ciclo de desenvolvimento da cultura, permitindo o crescimento e fechamento do dossel (ALMEIDA; MUNDSTOCK; SANGOI, 1998). Por outro lado, espécies de *Echinochloa* sp. tolerantes a inundação, foram relatadas exibindo maior atividade fotossintética, em relação ao arroz, sob condições de inundação (BOUHACHE; BAYER, 1993).

Referente à estatura de plantas, avaliada aos 30 DAH, houve diferença significativa entre as lâminas estudadas, sendo que, o incremento na altura da lâmina proporcionou o aumento desta variável (Tabela 21). A maior estatura de planta aumenta a habilidade competitiva, pois incrementa a massa seca total e torna a planta mais eficiente na competição por luz (AGOSTINETTO et al., 2001). Porém, o aumento na lâmina de irrigação diminuiu o número de colmos por m¹ (Tabela 22), indicando que há redistribuição inadequada de metabólitos pela planta que poderá reduzir a produtividade. Assim, entre herbicidas não houve diferença em relação ao número de colmos, exceto quando comparados com a testemunha. Então, além da lâmina de irrigação, a competição com plantas daninhas pode afetar o número de colmos. O menor afilhamento do arroz, em função do incremento da lâmina pode ser contornado com maior densidade de semeadura. Isso por causa da plasticidade fenotípica do arroz, onde a cultura apresenta a capacidade de emitir maior ou menor número de afilhos produtivos devido a sua população de plantas (SOUZA, 2017).

Os valores de número de colmos aos 30 DAH (Tabela 22) corroboram com os dados encontrados na literatura, onde o menor afilhamento é observado em lâminas maiores, bem como, a maior estatura (SOSBAI, 2018). Por este motivo, os agricultores tendem a manipular menores lâminas de irrigação no início do ciclo de desenvolvimento da cultura e aumentando a lâmina gradativamente, para que a

mesma apresenta o efeito termorregulador, durante os estádios reprodutivos, diminuindo assim, o número de grãos estéreis.

Tabela 21- Estatura de plantas de arroz (cm) em função de níveis de lâminas de irrigação, avaliados aos 30 dias após a aplicação dos herbicidas, durante a safra 2017/18. EMBRAPA, Capão do Leão/RS. 2019.

Tratamentos	Estatura de plantas de arroz (cm)
0 cm	54,63 B*
4 cm	54,75 B
8 cm	56,84 A
12 cm	57,38 A
CV (%) ¹	2,99

* Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$); ¹ Coeficiente de variação.

Tabela 22- Número de colmos (m^{-1}) e estatura (cm) final de plantas de arroz, em função da interação entre o uso de herbicidas aplicados em pré e pós-emergência e níveis de lâminas de irrigação, durante a safra 2017/18. Colmos avaliados aos 30 dias após aplicação dos herbicidas e estatura em pré-colheita. EMBRAPA, Capão do Leão/RS. 2019.

Tratamento	Colmos de arroz (m^{-1})									
	Níveis de lâmina de irrigação									
	0 cm		4 cm		8 cm		12 cm			
T1	a	241,2 A	a	218,0 A	ab	203,7 A	b	168,5 A		
T2	a	235,2 A	a	225,7 A	b	171,0 A	b	147,7 A		
T3	a	121,5 B	b	74,7 B	b	119,2 B	b	67,2 B		
CV (%) ²	15,65									
Estatura de plantas (cm)										
T1	c	91,8 B	b	98,3 A	b	99,5 A	a	102,1 A		
T2	b	94,8 A	b	96,6 A	a	101,4 A	a	102,3 A		
T3	a	0,0 C	a	0,0 B	a	0,0 B	a	0,0 B		
CV (%)	1,96									

* Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na coluna e, minúsculas na linha, diferem entre si, pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$); ¹ Imazapyr+Imazapic; ² Coeficiente de variação; ² coeficiente de variação referente a interação entre os fatores. T1: Sequencial de Imazapyr+Imazapic; T2: clomazone seguido de quinclorac; T3: Testemunha infestada.

O número reduzido de colmos de arroz contabilizados no tratamento testemunha, sem aplicação de herbicida (Tabela 22), pode ser explicado como efeito da competição, pois a cultura inicia a emissão de afilhos a partir da quarta folha com colar formado (SOSBAI, 2018). Nesse período, o capim-arroz está geralmente presente em uma densidade de plantas muito maior do que as plantas cultivadas (PARFITT et al., 2017). Além disso, ainda segundo esses autores, o arroz é mais propenso a superar as condições de estresse hídrico do que a competição com o capim-arroz.

Na avaliação em pré-colheita, a estatura final de plantas de arroz manteve o comportamento da avaliação aos 30 DAH, onde o aumento da lâmina incrementou está variável (Tabela 22). A estatura reduzida de plantas de arroz reduz o acamamento e conduz a um maior índice de colheita (AGOSTINETTO et al., 2001). Entretanto, o fator lâmina não foi significativo para a variável produtividade neste trabalho.

No tratamento sem aplicação de herbicidas, não houve avaliação de estatura das plantas de arroz, pois as mesmas foram suprimidas pela presença de plantas daninhas (Tabela 22), bem como, o número de colmos avaliados em pré-colheita (Tabela 23). Esta supressão nas plantas de arroz na avaliação em pré-colheita no tratamento testemunha é resultado da elevada população de plantas daninhas, principalmente de capim-arroz, o qual pode ocasionar prejuízos superiores a 90% na cultura do arroz, dependendo da infestação, período de convivência, cultivar e manejo de irrigação da cultura (PINTO et al., 2008). A elevada habilidade competitiva do capim-arroz é devido a sua similaridade com a cultura do arroz e por possuir a rota fotossintética C4, a qual garante vantagem no aproveitamento do carbono, em relação a plantas C3, como o arroz (CHAUHAN; JOHNSON, 2011a).

Tabela 23- Número de colmos produtivos de arroz (m^{-1}) em função da aplicação de herbicidas aplicados em pré e pós-emergência, contabilizados em pré-colheita do arroz, durante a safra 2017/18. EMBRAPA, Capão do Leão/RS. 2019.

Tratamentos		Número de colmos de arroz (m^{-1})
Pré	Pós	
Ima + Ima ¹	Ima + Ima	99,00 A*
Clomazone	Quinclorac	88,12 A
Testemunha		0,00 B
CV (%) ²		25,74

* Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$); ¹ Imazapyr+Imazapic; ² Coeficiente de variação.

Em relação à PMG e produtividade infere-se que as mesmas possam ter sofrido alterações, em função ao ataque de animais, principalmente devido o ataque de pássaros da espécie *Agelaius ruficapillus* (pássaro-preto; chupim). Entretanto, para o PMG e produtividade da cultura, o tratamento testemunha apresentou valores nulos, devido à ausência de plantas da cultura (Tabela 24), seguindo o encontrado para estatura final e colmos produtivos. Assim, o PMG só foi obtido nos tratamentos com aplicação de herbicidas, e esses não diferiram entre si. A ausência de diferença

no PMG e na produtividade entre os herbicidas está correlacionada com o elevado nível de controle obtido e a baixa fitotoxicidade de ambos os tratamentos ao longo do período avaliado.

Tabela 24- Peso de mil grãos (PMG) (g) e produtividade de arroz (kg ha^{-1}) em função da aplicação de herbicidas em pré e pós-emergência, durante a safra 2017/18. EMBRAPA, Capão do Leão/RS. 2019.

Tratamentos		PMG	Produtividade (kg ha^{-1})
Pré	Pós		
Ima + Ima ¹	Ima + Ima	21,30 A	5447,27 A
Clomazone	Quinclorac	22,70 A	5077,54 A
Testemunha		0,00 B	0,00 B
CV (%) ²		28,91	32,72

* Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$); ¹ Imazapyr+Imazapic; ² Coeficiente de variação.

4.3.1 Ano II (2018/19)

Os testes de normalidade e homocedasticidade revelaram não ser necessária à transformação dos dados. A partir da análise de variância, constatou-se interação entre os níveis de lâmina de irrigação e herbicidas para as variáveis: controle de capim-arroz aos 10; 20 e 30 DAH (Tabela 25). Para o fator isolado herbicidas as variáveis significativas foram: fitotoxicidade a cultura aos 10 DAH; população de capim-arroz aos 30 DAH; e colmos de arroz aos 30 DAH (Tabela 26 e 28). Para o fator lâminas somente estatura de plantas de arroz aos 30 DAH foi significativo (Tabela 27).

Para o controle de capim-arroz, no segundo ano de cultivo, de maneira similar ao primeiro ano de controle para angiquinho, na lâmina de 4 cm foi observado o menor controle, nas três épocas de avaliações (10; 20 e 30 DAH), para o tratamento com clomazone seguido por quinclorac (Tabela 25). Ainda nesta lâmina, a aplicação sequencial de imazapyr+imazapic foi superior ao tratamento convencional, apresentando valor de controle elevado. Nas demais lâminas estudadas não houve diferença significativa entre os tratamentos herbicidas, avaliados aos 30 DAH.

O controle de plantas daninhas obtido na ausência de lâmina de irrigação (0 cm), superior a lâmina de 4 cm é oposto ao encontrado na literatura, onde os trabalhos demonstram que o aumento da lâmina de 0 para 2 cm de profundidade, há

a redução da emergência em 85% do arroz-daninho (*Oryza sativa* L.) e 50% na emergência de capim-arroz (*Echinochloa glabrescens*) (CHAUHAN, 2012; OPEÑA; CHAUHAN; BALTAZAR, 2014). A redução na emergência de plantas daninhas em condições de inundação do solo pode ser resultado de vários fatores, dos quais incluem níveis reduzidos de oxigênio, acúmulo de CO₂ e produtos gasosos tóxicos de decomposição anaeróbica, além da presença de formas reduzidas de radicais e gases químicos, como metano, óxidos nitrosos e sulfetos (PONS, 1982). Embora sementes de algumas espécies possam germinar na ausência de oxigênio. Sabe-se que a maioria das sementes pode germinar com 15% de oxigênio e a germinação diminui em condições de hipóxia (BENVENUTI; MACCHIA, 1995).

Tabela 25- Controle (%) de capim-arroz em função da interação entre o uso de herbicidas aplicados em pré e pós-emergência na cultura do arroz irrigado, submetido a níveis de lâminas de irrigação, avaliados aos 10; 20 e 30 dias após a aplicação dos herbicidas (DAH), durante a safra 2018/19. EMBRAPA, Capão do Leão/RS. 2019.

Tratamento	10 DAH											
	Níveis de lâmina de irrigação											
	0 cm			4 cm			8 cm			12 cm		
T1	b	86,5	A	a	96,0	A	a	95,7	A	ab	92,2	A
T2	a	83,7	A	b	74,7	B	ab	77,2	B	a	83,7	B
T3	ns	0,0	B		0,0	C		0,0	C		0,0	C
CV (%) ²	7,52											

20 DAH												
T1	b	89,2	A	ab	95,0	A	a	98,0	A	b	90,2	A
T2	a	89,0	A	b	75,5	B	a	88,0	B	a	91,7	A
T3	ns	0,0	B		0,0	C		0,0	C		0,0	B
CV (%)	5,70											

30 DAH												
T1	ns	90,2	A		93,0	A		96,2	A		94,2	A
T2	a	88,7	A	b	77,2	B	a	91,0	A	a	89,7	A
T3	ns	0,0	B		0,0	C		0,0	B		0,0	B
CV (%)	6,67											

* Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na coluna e, minúsculas na linha, diferem entre si, pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$); ¹ Imazapyr+Imazapic; ² coeficiente de variação referente a interação entre os fatores. T1: Sequencial de Imazapyr+Imazapic; T2: clomazone seguido de quinclorac; T3: Testemunha infestada.

O início da irrigação por inundação está associado ao controle de plantas daninhas, pela eliminação do oxigênio disponível no solo e inibição do processo de germinação de sementes de plantas daninhas (CONCENÇO et al., 2006). Com isso, antecipar o início da inundação da área de cultivo contribui no controle das mesmas, sendo que o atraso no início da inundação em oito dias, não reduziu a

emergência e o crescimento de *E. glabrescens*, independentemente do aumento da profundidade da água até oito cm (OPEÑA; CHAUHAN; BALTAZAR, 2014).

Os trabalhos conduzidos para estudar o efeito da lâmina de irrigação sobre germinação e estabelecimento de plantas daninhas, de modo geral, são conduzidos em casa de vegetação, o que permite o melhor controle da altura da lâmina (GOSH et al., 2017). No entanto, em experimentos a campo, a manipulação da lâmina torna-se complexo, onde pode haver variações na altura estipulada para cada tratamento. Além disso, sabe-se que controle sobre a lâmina de irrigação é técnica de difícil realização por parte dos agricultores, o que restringe a capacidade do uso da manipulação da água para o manejo de controle de plantas daninhas (OPEÑA; CHAUHAN; BALTAZAR, 2014).

A fitotoxicidade à cultivar BRS A701 CL causada pelos herbicidas foi similar a encontrada no primeiro ano do estudo, com valores inferiores a 5% aos 10 DAH (Tabela 26), sendo superados completamente nos avaliações posteriores. Neste trabalho a inundação da área foi efetuada no dia posterior a aplicação dos tratamentos herbicidas. Neste sentido, com a irrigação precoce, há a solubilização do herbicida no solo, bem como a facilitação para a mobilidade do mesmo, assim contribuindo para os baixos níveis de intoxicação na cultura.

Tabela 26- Fitotoxicidade (%) à cultivar de arroz irrigado BRS A701 CL e população de capim-arroz (m²), avaliados aos 10 e 30 dias após aplicação dos herbicidas (DAH), respectivamente, em função da aplicação de herbicidas em pré e pós-emergência, durante a safra 2018/19. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.

Tratamentos		Fitotoxicidade (%)		População de Capim-arroz (m ²)	
Pré	Pós	10 DAH		30 DAH	
Ima + Ima ¹	Ima + Ima	2,18	B	3,31	B
Clomazone	Quinclorac	4,69	A	6,25	B
Testemunha		0,00	C	153,31	A
CV ² (%)		53,81		23,84	

* Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Duncan (p ≤ 0,05); ¹ I mazapyr+Imazapic; ² Coeficiente de variação.

No segundo ano de cultivo, a população de capim-arroz também não diferiu entre os tratamentos herbicidas na avaliação realizada aos 30 DAH (Tabela 26), como observado para esta variável no primeiro ano de cultivo. A baixa densidade de capim-arroz encontrada, colabora com os elevados valores de controle encontrados na última avaliação, aos 30 DAH

A estatura de plantas de arroz, avaliados aos 30 DAH, no segundo ano de cultivo, mostrou comportamento similar ao observado no primeiro ano. Onde o incremento da lâmina, incrementou a variável (Tabela 27). A manipulação da altura da lâmina de irrigação é ferramenta disponível para manejar a cultura e evitar possíveis problemas relacionados com acamamento da cultura na colheita (SOSBAI, 2018).

Tabela 27- Estatura de plantas de arroz (cm) em função de níveis de lâminas de irrigação, avaliados aos 30 dias após a aplicação dos herbicidas, durante a safra 2018/19. EMBRAPA, Capão do Leão/RS. 2018.

Tratamentos	Estatura de plantas de arroz (cm)
0 cm	56,33 C
4 cm	58,42 B
8 cm	66,33 A
12 cm	66,91 A
CV (%) ¹	2,87

* Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$); ¹ Coeficiente de variação.

O número de colmos de arroz não apresentou diferença estatística entre os tratamentos herbicida estudados, sendo ambos (tecnologia CL ou não), superior a testemunha infestada (Tabela 28). O maior afilamento da cultura permite melhor aproveitamento do nicho em que se encontra, com a dominância do ambiente, assim maior interceptação da energia luminosa. Isso auxilia no manejo integrado de plantas daninhas, evitando novos fluxos de emergência de plantas daninhas.

Tabela 28- Número de colmos de arroz (m^{-1}), em função da aplicação de herbicidas em pré e pós-emergência, avaliados aos 30 dias após aplicação dos herbicidas (DAH), durante a safra 2018/19. EMBRAPA, Capão do Leão/RS. 2019.

Tratamentos		Colmos (m^{-1})
Pré	Pós	
Ima + Ima ¹	Ima + Ima	173,37 A
Clomazone	Quinclorac	165,69 A
Testemunha		142,44 B
CV (%) ²		9,11

* Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$);¹ Imazapyr+Imazapic; ² Coeficiente de variação.

A opção por lâminas intermediárias, 4 e 8 cm, proporcionaram menores índices de controle de capim-arroz e angiquinho que o uso do solo saturado (sem lâmina) e 12 cm. Na comparação entre os sistemas de controle (CL e não-CL),

observou-se diferenças significativas entre as médias de controle para os dois sistemas de controle, com superioridade para a adoção do sistema Clearfield®.

4.4 Conclusões

A aplicação sequencial de imazapyr+imazapic ou clomazone seguido de quinclorac são seletivos para as cultivares BRS Pampa CL e BRS A701 CL.

O aumento da lâmina de irrigação de 4 para 8 e 12 cm de altura, incrementa a eficiência de herbicidas no controle de plantas daninhas no arroz irrigado.

A eficiência de controle de angiquinho por clomazone seguido de quinclorac é dependente da lâmina de irrigação e não dependente para o controle de capim-arroz.

A aplicação sequencial de imazapyr+imazapic é eficiente no controle de capim-arroz e angiquinho, independentemente da lâmina de irrigação.

A ausência de controle de capim-arroz e angiquinho reduzem em 100% a produtividade do arroz, independentemente da altura da lâmina de irrigação do arroz.

5 Capítulo IV – Interferência da rotação de culturas e do preparo do solo sobre o banco de sementes de plantas daninhas em terras baixas

5.1 Introdução

O banco de sementes pode ser definido como às reservas de sementes viáveis no solo, potencialmente capazes de repor plantas adultas, tanto anuais quanto perenes, que senescem por motivos diversos (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007), sendo a principal fonte de reinfestação de plantas daninhas em culturas agrícolas. A dinâmica do banco de sementes está relacionada à entrada e saída de diásporos no solo. O reabastecimento do banco depende da dispersão de áreas circunvizinhas (imigração) e da chuva de sementes, oriunda de plantas estabelecidas na área. Enquanto que, a saída ocorre pela germinação, senescência/deterioração, predação das sementes e dispersão (emigração) (SINGH; BHULLAR; CHAUHAN, 2015). Assim, conhecer o banco de sementes permite prever os níveis de infestações e escolher a melhor estratégia para amenizar os danos oriundos pela presença de plantas daninhas (CHAUHAN, 2012).

Várias práticas agronômicas influenciam a dinâmica do banco de sementes no solo, onde se destaca a rotação de culturas (HOSSEINI et al., 2014), o preparo do solo (HUANG; GRUBER; CLAUPEIN, 2018) e o uso de herbicidas (KLEEMANN; PRESTON; GILL, 2016) nos quais, isolados ou associados, podem ser utilizados como estratégias adicionais de controle, visando limitar o reabastecimento do banco de sementes.

Em terras baixas, no Estado do Rio Grande do Sul, quase a totalidade das áreas orizícolas são cultivadas sob monocultivo, em sistema de manejo

convencional de preparo do solo (gradagem e nivelamento) e cultivo mínimo (reaproveitamento de taipas) (SOSBAI, 2018). Devido a problemas relacionados com a presença de plantas daninhas, principalmente populações resistentes a herbicidas, a adoção da cultura da soja em terras baixas vem crescendo ao longo dos últimos anos, e colabora em reduzir o banco de sementes de plantas daninhas e minimizar os custos de produção (SOSBAI, 2018).

Em virtude dos diferentes tratamentos culturais utilizados, a sequência de culturas altera a dinâmica, composição e diversidade da comunidade infestante, onde o crescimento populacional de uma espécie em questão tende a ser favorecido em sistemas de cultivo idênticos e contínuos ao longo das gerações (FORTE et al., 2018). Assim, o monocultivo tende a favorecer determinadas espécies, especialmente aquelas que apresentem características morfofisiológicas similares a cultura (KOOCHIKI et al., 2009). Como exemplo disso, o banco de sementes de arroz-daninho, avaliado no decorrer de três anos, foi superior no cultivo contínuo de arroz irrigado em relação à rotação de culturas com milho, soja e sorgo, independente da sequência de culturas adotada em rotação (ANDRES et al., 2001).

A rotação de culturas é a alternativa mais adequada e econômica disponível para redução do banco de sementes de plantas daninhas no solo, podendo ser utilizada em diferentes condições de manejo (AGOSTINETTO et al., 2001), reduzindo a densidade de sementes no banco de sementes do solo e aumentando a diversidade de plantas em comparação ao cultivo de uma única espécie ao longo do tempo (LIEBMAN; DYCK, 1993). Ademais, rotação de culturas permite a adoção de diferentes práticas culturais oferecida pelo monocultivo, como a rotação de mecanismo de ação de herbicida, a época de semeadura e o tipo de manejo do solo utilizado (SIMARD; ROUANE; LEROUX, 2011).

O preparo do solo é outro fator determinante na densidade e diversidade de sementes do banco, alterando principalmente a distribuição vertical das sementes ao longo do perfil no solo. Sistemas de cultivo conservacionistas, que prezam pelo mínimo distúrbio do solo, estão se expandindo em várias partes do mundo. No entanto, esses sistemas somente são possíveis, devido a disponibilidade de herbicidas não seletivos e eficientes, pois esses produtos químicos tornam o preparo do solo desnecessário para fins de manejo de plantas daninhas (GIVENS et al., 2009).

A ausência de revolvimento do solo acarretou no acréscimo em cinco vezes no número total de sementes de capim-arroz na camada superficial do solo (0-5 cm), em relação ao sistema convencional de preparo do solo (MISHRA; SINGH, 2012). Por outro lado, não foram identificadas alterações na densidade do banco de sementes do solo de *Cyperus iria*, em função do preparo do solo, em até 20 cm de profundidade (MISHRA; SINGH, 2012).

Pouca importância é dada para esgotar/reduzir a densidade do banco de sementes do solo. Aliado a isso, resultados divergentes são encontrados na literatura e sugerem a necessidade de pesquisas para quantificar os efeitos do plantio direto sobre a persistência de sementes de plantas daninhas em sistemas baseados no cultivo de arroz irrigado e associados à rotação de culturas. A hipótese deste estudo é que a rotação de culturas em terras baixas reduz o banco de sementes de plantas daninhas no solo e a ausência de preparo do solo acarreta no acúmulo das sementes sobre a superfície. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar a dinâmica do banco de sementes viáveis de capim-arroz e papuã em terras baixas, em virtude da rotação de culturas e do manejo de solo empregado.

5. 2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido a campo, durante as safras de 2015/16; 2016/17 e 2017/18, na área experimental pertencente a EMBRAPA Clima Temperado, Estação Experimental Terras Baixas, no município do Capão do Leão – RS (31° 48' 49" S; 52° 28' 02" O). O solo está classificado como Planossolo Háplico (EMBRAPA, 2013).

Foram utilizadas as culturas de arroz, soja e sorgo, sob o manejo de preparo do solo convencional (SC) e sistema de semeadura direta (SSD) e cultivado em faixas (Tabela 29). Cada parcela apresentou dimensões de 12,5 x 20 m, totalizando 250 m². Neste estudo, as medições foram efetuadas com quatro repetições amostrais dentro de cada parcela. Ressalta-se que o desenho experimental inicial incluía todas as possíveis combinações entre os fatores culturas e manejo de solo, no entanto, por motivos técnicos durante a condução do estudo, parte dos tratamentos foram descartados.

A área possui o histórico de cultivo de dois anos consecutivos com arroz irrigado (BRS Sinuelo CL e Puitá INTA CL), nas safras 2013/14 e 2014/15,

respectivamente, antes do estabelecimento do experimento. Nestas duas safras foi adotado o sistema convencional, com preparo realizado através de duas gradagens, com posterior nivelamento da área.

A semeadura de todas as culturas foi no mês de novembro, em todos os anos. O espaçamento entre linhas de 0,5 m foi adotado para soja e sorgo, onde a densidade de semeadura para a cultivar de soja BMX 61i59 foi de 36 plantas por m², e para a cultivar de sorgo BRS 802 foi 44 sementes por m². O arroz foi semeado com espaçamento entre linhas de 0,17 m, na densidade de 100 kg ha⁻¹. As demais práticas culturais seguiram as recomendações técnicas para cada cultura na região.

Referente aos sistemas de manejo, dois dias antes da semeadura no sistema convencional, foi realizado o preparo do solo, com grade aradora e posterior nivelamento. Para a semeadura direta das culturas, houve dessecação da cobertura vegetal de inverno, composta principalmente por azevém, com glyphosate na dose de 1440 g e.a ha⁻¹, 30 dias antes e no dia da semeadura.

Tabela 29- Tratamentos com seus respectivos manejos de preparo de solo e rotação de culturas. EMBRAPA, Capão do Leão/RS, 2019.

Tratamento	Manejo	2015/16	2016/17	2017/18
1	direto	sorgo	sorgo	sorgo
2	direto	arroz	arroz	arroz
3	direto	sorgo	soja	sorgo
4	convencional	soja	soja	soja
5	convencional	arroz	arroz	arroz
6	convencional	soja	sorgo	soja

O manejo herbicida para cada cultura no decorrer dos três anos de condução do experimento foi composta pela aplicação de herbicida pré-emergente, no dia posterior a semeadura, em todos os anos de cultivo. Os herbicidas utilizados foram atrazine (2000 g i.a. ha⁻¹); imazapyr+imazapic (73,5+24,5 g i.a. ha⁻¹); e, S-metolachlor (1440 g i.a. ha⁻¹), para o sorgo, arroz Clearfield[®] e soja, respectivamente. Já, em pós-emergência a cultura do sorgo não recebeu nenhum tratamento herbicida. Na cultura do arroz em pós-emergência, no primeiro ano de cultivo, foi aplicado imazapyr+imazapic (73,5+24,5 g i.a. ha⁻¹) e, no segundo e terceiro ano, repetiu-se a aplicação do herbicida em pós-emergência com acréscimo de quinclorac (375 g i.a. ha⁻¹). A cultura da soja em todos os anos de cultivo recebeu duas aplicações de glyphosate (1080 g e.a. ha⁻¹), nos estádios V3 e V8.

Para determinar o banco de sementes de plantas daninhas no solo, coletas de amostras do solo foram realizadas ao 0 (zero) dias após a semeadura (DAS) das culturas, no terceiro ano de cultivo. As variáveis avaliadas foram a densidade de sementes viáveis de capim-arroz e papuã por m², nas camadas de 0-5 e 5-10 cm de profundidade. Para isso, foi organizado gride de amostragem de solo, sendo as coletas realizadas com trado calador com dimensões de 5,0 cm altura por 5,0 cm de diâmetro (98,17 cm⁻³). Em cada parcela foram efetuadas quatro sub-amostras de solo para compor a amostra composta, assim em cada tratamento foram realizadas 16 sub-amostragens. As amostras coletadas no campo foram colocadas em sacos plásticos, identificadas e transportadas para casa de vegetação pertencente ao CEHERB/FAEM/UFPel. Em seguida, organizaram-se cada amostra separadamente por bandeja plástica, a qual era numerada e separada conforme a localização. A quantificação do banco de sementes foi realizada utilizando-se o método de contagem direta de plântulas emergidas em casa de vegetação, seguindo a mesma metodologia apresentada no capítulo I.

Para corrigir as diferenças de densidades do solo, amostras de solo foram previamente coletadas para transformar os dados de densidade de sementes viáveis por m², de acordo com o proposto por Schener; Melander; Kudsk, (2016). Para permitir que, o volume de solo coletado em cada amostra do trado fosse igualmente representativo para cada manejo e camada de coleta de solo.

Os dados foram analisados quanto à normalidade (teste de Shapiro-wilk) e homocedasticidade (teste de Hartley), se atendidas às condições, submetidos à análise da variância ($p \leq 0,05$). Constatando-se significância estatística, as médias da combinação de sementes viáveis no solo foram comparadas por meio de contrastes ortogonais ($p \leq 0,05$) e, os das profundidades de coletas, pelo teste t ($p \leq 0,05$). Os contrastes testados foram:

C1 = Sorgo (SSD) x Arroz (SSD)

C2 = Sorgo (SSD) x Sorgo/Soja (SSD)

C3 = Arroz (SSD) x Arroz (SC)

C4 = Soja (SC) x Arroz (SC)

C5 = Soja (SC) x Soja/Sorgo (SC)

5. 3 Resultados e Discussões

Os resultados dos testes de normalidade e homocedasticidade revelaram não ser necessária a transformação dos dados, constatando-se significância estatística para todas as variáveis avaliadas. Verificou-se diferenças na densidade de sementes viáveis de capim-arroz no solo, na camada de 0-5 cm de profundidade, entre os contrastes sorgo e arroz, ambos em monocultivo (C1), sorgo em monocultivo e sorgo em rotação com soja (C2) (Tabela 30). Observou-se que em ambas as situações, o monocultivo do sorgo proporcionou o maior acúmulo de sementes de capim-arroz na camada amostrada.

Tabela 30- Contrastes das densidades de sementes viáveis de capim-arroz (m^{-2}) em função de rotação de culturas e manejo de preparo do solo. EMBRAPA, Capão do Leão – RS, 2019.

Contraste	Profundidade			
	0 – 5 cm		5 -10 cm	
C1	7002,82	x 1400,56*	1655,21	x 2291,83 ^{ns}
C2	7002,82	x 2928,45*	1655,21	x 2673,80 ^{ns}
C3	1400,56	x 1400,56 ^{ns}	2291,83	x 1273,24 ^{ns}
C4	1018,59	x 1400,56 ^{ns}	1400,56	x 1273,24 ^{ns}
C5	1018,59	x 2291,83 ^{ns}	1400,56	x 2164,50 ^{ns}

* significativo pelo teste t ($p \leq 0,05$); ^{ns} não significativo; D = plantio direto; C = plantio convencional. C1 = Sorgo (SSD) x Arroz (SSD); C2 = Sorgo (SSD) x Sorgo/Soja (SSD); C3 = Arroz (SSD) x Arroz (SC); C4 = Soja (SC) x Arroz (SC); C5 = Soja (SC) x Soja/Sorgo (SC).

A maior densidade de sementes de capim-arroz no tratamento com cultivo de sorgo pode ser explicada pela ausência de controle químico em pós-emergência. Aliado a isso, o estabelecimento da população de sorgo em solos de terras baixas é prejudicado pelo ambiente hipóxico, em áreas de difícil drenagem, embora seja mais tolerante ao enxarcamento que as culturas do milho e soja (ANDRES et al., 2009). Deste modo, a falha no fechamento do dossel reduz a interceptação na energia luminosa, disponibilizando maior incidência de luz, que associado a umidade, permite novos fluxos de emergência de plantas daninhas (FAHAD et al., 2015). No entanto, cabe ressaltar que esta cultura é importante ferramenta para a rotação de culturas, em terras baixas, devendo-se adotar melhores práticas de manejo para melhorar seu desempenho (ANDRES et al., 2009).

O banco de sementes de capim-arroz (para a profundidade de 0-5 cm), não apresentou diferença significativa nos demais contrastes estudados, entre arroz, em ambos os manejos do solo (C3), arroz e soja (C4) e soja comparado com soja em rotação com sorgo (C5) (Tabela 30), provavelmente porque esta espécie está adaptada ao sistema de cultivo do arroz (KISSMANN, 1999), bem como em áreas de

terras altas, com cultivo de sequeiros (WIDDERICK et al., 2013) e em áreas de rotação de culturas (WALKER et al., 2005). Além disso, o manejo de herbicidas nas áreas cultivadas com arroz e soja em pós-emergência, em monocultivo ou rotação favorecem o controle de capim-arroz interferindo assim no reabastecimento do banco de sementes. Neste sentido, a diminuição das sementes viáveis nessa camada ocorre em função do manejo eficiente das plantas de capim-arroz e a diminuição da entrada de novas sementes ao banco.

Para as sementes de capim-arroz na camada de 5-10 cm de profundidade não houveram diferenças significativa para os contrastes estudados (Tabela 30). A ausência de diferença entre os tratamentos pode ser atrelada ao curto período de avaliação deste estudo (duas safras). Estudos realizados com banco de sementes no solo, de modo geral, são avaliados com mais de três anos, alguns atingindo mais de 10 anos de pesquisa (SCHENER; MELANDER; KUDSK, 2016). Deste modo, torna-se difícil avaliar de forma conclusiva como é o comportamento e dinâmica das sementes no perfil do solo, em diferentes sistemas de cultivo e principalmente sobre o efeito de preparo do solo, uma vez que a distribuição de plantas daninhas é desuniforme nas áreas de cultivo (GALON et al., 2011; AGOSTINETTO et al., 2013). Porém, salienta-se que em alguns trabalhos essas diferenças já podem ser observadas a partir do segundo ano de cultivo (SCHENER; MELANDER; KUDSK, 2016), ocorrendo diferença, de modo geral, nas espécies que apresentam relativamente baixa longevidade do banco de sementes no solo.

O comportamento da densidade de sementes viáveis de papuã foi similar ao capim-arroz, onde observou-se que, o monocultivo de sorgo acarretou na maior densidade de sementes em relação ao monocultivo de arroz (C1), bem como em relação a rotação entre sorgo e soja (C2) (Tabela 31). Não houve diferença significativa entre o monocultivo de arroz em manejo de plantio direto e convencional (C3) e arroz e soja em manejo convencional (C4). Porém, ao comparar soja em monocultivo e rotação com sorgo observou-se que, tanto na camada de 0-5 como de 5-10 cm de profundidade, na rotação soja/sorgo houve maior ocorrência de sementes de papuã.

A baixa densidade de sementes de papuã no monocultivo do arroz em relação ao sorgo decorre do ambiente de cultivo do arroz. O papuã está amplamente disseminado em áreas orizícolas da Fronteira Oeste do Estado do RS, no entanto, ocorrem principalmente em taipas e pontos desuniformes na lâmina de irrigação do

arroz irrigado (GALON et al., 2014). Com isso, o efeito físico causado pela presença da lâmina de irrigação, associado à aplicação de herbicidas em pré e pós-emergência na cultura do arroz são eficientes ferramentas na redução do banco de sementes de papuã. Por outro lado, na cultura do sorgo há a produção de sementes de papuã mesmo a cultura apresentando alta habilidade competitiva, pois não houve a aplicação de herbicidas em pós-emergência e o efeito físico da lâmina de irrigação no controle de plantas daninhas.

Tabela 31- Contrastes das densidades de sementes viáveis de papuã (m^{-2}) em função de rotação de culturas e manejo de preparo do solo. EMBRAPA, Capão do Leão – RS, 2019.

Contraste	Profundidade					
	0 – 5 cm			5 -10 cm		
C1	20753,80	x	636,62 *	2419,15	x	1145,92 ^{ns}
C2	20753,80	x	2546,48*	2419,15	x	1909,86 ^{ns}
C3	636,62	x	763,94 ^{ns}	1145,92	x	636,62 ^{ns}
C4	2673,80	x	763,94 ^{ns}	1273,24	x	636,62 ^{ns}
C5	2673,80	x	16679,44*	1273,24	x	14132,96*

* significativo pelo teste t ($p \leq 0,05$); ^{ns} não significativo; D plantio direto; C plantio convencional. C1 = Sorgo (SSD) x Arroz (SSD); C2 = Sorgo (SSD) x Sorgo/Soja (SSD); C3 = Arroz (SSD) x Arroz (SC); C4 = Soja (SC) x Arroz (SC); C5 = Soja (SC) x Soja/Sorgo (SC).

A cultura da soja também apresenta dificuldade de estabelecimento em terras baixas, de modo similar ao sorgo, no entanto, as duas aplicações de glyphosate em pós-emergência reduzem a infestação de plantas daninhas. A redução do banco de sementes de plantas daninhas pela utilização de herbicidas é eficaz (MELLANDER et al., 2008), em vista que, o controle de plantas daninhas pode ser realizado de forma eficiente no momento do fechamento do dossel. Após isso, o sombreamento da cultura, impede novos fluxos de plantas daninhas.

O maior banco de sementes de papuã no solo na área de rotação soja/sorgo, em relação ao monocultivo da soja (C5) (Tabela 31), decorre provavelmente do ano com cultivo de sorgo. Isso porque, como supracitado, nesta área não foi aplicado nenhum tratamento herbicida em pós-emergência, associado a dificuldade de estabelecimento da cultura em terras baixas.

Comparando o banco de sementes das espécies daninhas nas diferentes camadas de solo, observou-se que não houve diferença estatística significativa para o capim-arroz em todos os tratamentos estudados (Tabela 32). Embora observou-se que, na área com monocultivo de sorgo no SSD, houve mais de quatro vezes o

acúmulo de sementes de capim-arroz na camada 0-5 em relação a camada de 5-10 cm, não houve diferença significativa. Isso pode ser atrelado à elevada variação entre as amostras coletadas, devido a desuniformidade características de banco de sementes no solo. Por outro lado, para o papuã, houve diferença na área com monocultivo de sorgo, no SSD (Tabela 32), sendo que, nos demais tratamentos não houve diferença.

O preparo do solo ocasiona diferentes fluxos de emergência em comparação ao sistema de semeadura direta (REID; VAN ACKER, 2005), reduzindo deste modo o banco de sementes do solo, pois estimula a germinação pela superação da dormência, principalmente das espécies que apresentam dormência física. Por outro lado, no plantio direto os diásporos de plantas daninhas permanecem presentes nas camadas superiores de solo, de onde são mais propensos a emergir e se estabelecer no campo (ARMENGOT et al., 2016), podendo aumentar a infestação de plantas daninhas, mas isso ocorre em áreas específicas e não é constante ao longo do tempo (VAKALI et al., 2011; LEGÈRE et al., 2013; ARMENGOT et al., 2015). Ambos os sistemas possuem características que influenciam o tempo e a população de plantas emergidas em cada fluxo, conseqüentemente o banco de sementes das mesmas.

Tabela 32- Densidade de sementes viáveis de capim-arroz e papuã (m^{-2}), em função de rotação de culturas e manejo de preparo do solo, avaliados em diferentes profundidades de coletas (0-5 e 5-10 cm). EMBRAPA, Capão do Leão – RS, 2019.

Cultura/Manejo	Capim-arroz			Papuã		
	(0-5 cm) x (5-10 cm)			(0-5 cm) x (5-10 cm)		
Sorgo/ Direto	7002,82	x	1655,21 ^{ns}	20753,80	x	2419,15*
Arroz/Direto	1400,56	x	2291,83 ^{ns}	636,62	x	1145,92 ^{ns}
Sorgo/soja/Direto	2928,45	x	2673,80 ^{ns}	2546,48	x	1909,86 ^{ns}
Soja/Convencional	1018,59	x	1400,56 ^{ns}	2673,80	x	1273,24 ^{ns}
Arroz/Convencional	1400,56	x	1273,24 ^{ns}	763,94	x	636,62 ^{ns}
Soja/Sorgo/Convecion.	2291,83	x	2164,50 ^{ns}	16679,44	x	14132,96 ^{ns}

* Comparando na linha, entre as profundidades de 0-5 e 5-10 é significativo pelo teste t ($p \leq 0,05$); ^{ns} não significativo.

O preparo convencional do solo homogeneiza a distribuição de sementes ao longo do perfil do solo, na camada em que a operação é efetuada. A distribuição das sementes no perfil do solo apresenta efeito direto na longevidade das mesmas, pois sementes dispostas sobre a camada superficial do solo são expostas a maiores

oscilações de temperatura e umidade do solo aliado ao efeito de microorganismos que realizam a deterioração de sementes (MAIN et al., 2006). Por outro lado, as sementes enterradas nas camadas mais profundas mantém a viabilidade por maior período (VARGAS et al., 2018) e somente serão capazes de germinar e emergir, após o efeito de novo distúrbio (CHAUHAN; GILL; PRESTON, 2006).

O manejo de plantio direto acarreta em maior acúmulo de sementes na camada superficial do solo, podendo causar elevadas densidade de sementes de espécies daninhas anuais, principalmente na família das poaceae, que irá gerar elevados índices de emergência nos próximos cultivos (SCHENER; MELANDER; KUDSK, 2016). Por outro lado, as sementes disposta sobre a superfície do solo tendem a deteriorar mais rapidamente, pois estão sujeitas a perdas de água, consequentemente deterioração (SINGH; BHULLAR; CHAUHAN, 2015).

A estratégia de manejo de plantas daninhas empregada na cultura do sorgo não apresentou desempenho satisfatório para reduzir o banco de sementes de capim-arroz ou papuã, seja quando empregada em monocultivo ou inserida na rotação com soja em terras baixas. Isto indica que técnicas adicionais devem ser adotados se esta cultura integrar um sistema de rotação de culturas em terras baixas. Já, as estratégias de controle de plantas daninhas, com o cultivo de arroz ou soja, por dois anos consecutivos, em monocultivo, não apresentaram efeitos significativos na densidade do banco de sementes de capim-arroz e papuã. Porém, em longo prazo, uma única estratégia poderá interferir negativamente no manejo de plantas daninhas. Relatos de literatura evidenciam que este é um dos pontos que podem favorecer o surgimento de plantas daninhas resistentes a herbicidas. Salienta-se que, não houve efeito do preparo do solo sobre a densidade do banco destas espécies em dois anos de cultivo, exceto para a cultura do sorgo, na qual houve o maior acúmulo de sementes na camada mais superficial do solo, no sistema de semeadura direta.

5.4 Conclusões

O monocultivo de sorgo em terras baixas incrementa o banco de sementes de capim-arroz e papuã.

O monocultivo de arroz ou soja em terras baixas, por dois anos, não influência o banco de sementes de capim-arroz e papuã.

Dois anos de cultivo não afeta a densidade do banco de sementes de capim-arroz entre as camadas de 0-5 e 5-10 cm, independentemente do sistema de cultivo empregado. O plantio direto associado ao monocultivo de sorgo incrementa a densidade do banco de sementes de papuã na camada de 0-5 cm.

6. Conclusões

O fluxo de emergência de capim-arroz é dependente de temperatura e umidade, com maior fluxo de emergência de capim-arroz na primeira época de semeadura. Além disso, o comportamento de emergência de capim-arroz em ambas as épocas, é caracterizado por elevada emergência inicial, seguido por padrão mais gradual. O fluxo de emergência de capim-arroz se ajustou ao modelo hidrotérmico, devido à sua capacidade para prever possíveis pausas de emergência causadas pela baixa umidade do solo, o que é importante para reduzir o erro em condições adversas

Os herbicidas pré-emergentes testados são seletivos para a cultura do arroz. Os herbicidas clomazone e quinclorac apresentam controle satisfatório de capim-arroz, independente do sistema de cultivo adotado. Os sistemas de cultivo em restava e pousio não apresentam efeito sobre o controle de capim-arroz e na produtividade do arroz.

A manipulação da altura da lâmina de irrigação do arroz apresenta efeito no controle de capim-arroz e angiquinho, sendo que o incremento de 4 para 12 cm de altura, proporciona maior controle das espécies. O sistema Clearfiled® apresenta melhores resultados de controle em relação a aplicação de clomazone seguido por quinclorac.

A cultura do sorgo apresenta desempenho insatisfatório, em monocultivo e rotação, na redução do banco de sementes de capim-arroz e papuã em terras baixas, devido à ausência de opções herbicidas para o controle destas espécies em pós-emergência da cultura. A soja e o arroz não diferem, de modo geral, o banco de sementes de capim-arroz e papuã em terras baixas, avaliados em dois anos de cultivo, devido a tecnologias herbicidas e técnicas de cultivo das culturas.

7. Referências

ADORYAN, M.L. **Efeitos de densidades de *Aeschynomene rudis* Benth e seu controle com herbicida ethoxysulfuron em duas épocas de aplicação na cultura do arroz (*Oryza sativa*) irrigado.** 2004. 80f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004.

AGOSTINETTO, D.; FLECK, N.G.; RIZZARDI, M.A.; MEROTTO JR, A.; VIDAL, R.A. Arroz vermelho: ecofisiologia e estratégias de controle. **Ciência Rural**, v. 31, p. 341-349, 2001.

AGOSTINETTO, D.; FONTANA, L.C.; VARGAS, L.; MARKUS, C.; OLIVEIRA, E. Habilidade competitiva relativa de milhã em convivência com arroz irrigado e soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, p. 1315-1322, 2013.

AGOSTINETTO, D.; FONTANA, L.C.; VARGAS, L.; PERBONI, L.T.; POLIDORO, E.; SILVA, B.M. Competition periods of crab grass with rice and soybean crops. **Planta Daninha**, v. 32, p. 31-38, 2014.

AGOSTINETTO, D.; GALON, L.; MORAES, P.V.D.; RIGOLI, R.P.; TIRONI, S.P.; PANOZZO, L.E. Competitividade relativa entre cultivares de arroz irrigado e biótipo de capim-Arroz (*Echinochloa* sp.). **Planta Daninha**, v. 26, p. 757-766, 2008.

AGOSTINETTO, D.; GALON, L.; MORAES P.V.D.; TIRONI S.; MAGRO, T.D.; VIGNOLO, G.K. Interferência de capim-arroz (*Echinochloa* sp.) na cultura do arroz irrigado (*Oryza sativa*) em função da época de irrigação. **Planta Daninha**, v. 25, p. 689-696, 2007.

AGOSTINETTO, D.; PANOZZO, L.E.; MORAES, P.V.D.; DAL MAGRO, T.; TAROUCO, C.P.; OLIVEIRA, C.; RUBIN, R. Épocas de aplicação de penoxsulam e de início da irrigação no arroz irrigado. **Planta Daninha**, v. 29, p. 405-412, 2011.

AGROFIT. **Sistema de agrotóxicos fitossanitários.** Disponível em: http://extranet.agricultura.gov.br/agrofitcons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 10 jan. 2019.

AHMED, S.; CHAUHAN, B.S. Efficacy and phytotoxicity of different rates of oxadiargyl and pendimethalin in dry-seeded rice (*Oryza sativa* L.) in Bangladesh. **Crop Protection**, v. 72, p. 169-174, 2015.

ALBUQUERQUE, K.S.; GUIMARÃES, R.M. Comportamento fisiológico de sementes de *Bowdichia virgilioides* Kunth. sob diferentes temperaturas e condições de luz. **Cerne**, v. 13, p. 64-70, 2007.

ALI, H.H.; TANVEER, A.; NADEEM, M.A.; ASGHAR, H.N.; JAVAID, M.M. Germination ecology of *Rhynchosia capitata*: an emerging summer weed in Asia. **Planta Daninha**, v. 31, p. 249-257, 2013.

ALMEIDA, M.L.; MUNDSTOCK, C.M.; SANGOI, L. Conceito de ideótipo e seu uso no aumento do rendimento potencial de cereais. **Ciência Rural**, v. 28, p. 325-332, 1998.

ANDRADE, A.C.S.; SOUZA, A.F.; RAMOS, F.N.; PEREIRA, T.S.; CRUZ, A.P.M. Germinação de sementes de jenipapo: temperatura, substrato e morfologia do desenvolvimento pós-seminal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 609-615, 2000.

ANDRES, A.; ÁVILA, L.A.; MARCHEZAN, E.; MENEZES, V.G. Rotação de culturas e pousio do solo na redução do banco de sementes de arroz vermelho em solo de várzea. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 7, p. 85-88, 2001.

ANDRES, A.; CONCENÇO, G.; MELO, P.T.B.S.; SCHMIDT, M.; RESENDE, R.G. Detecção da resistência de capim-arroz (*Echinochloa* sp.) ao herbicida quinclorac em regiões orizícolas do sul do Brasil. **Planta Daninha**, v. 25, p. 221-226, 2007a.

ANDRES, A.; CONCENÇO, G.; SCHWANKE, A.M.L.; THEISEN, G.; MELO, P.T.B.S. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo forrageiro em terras baixas. **Planta Daninha**, v. 27, p. 229-234, 2009.

ANDRES, A.; FREITAS, G.D.; CONCENÇO, G.; MELO, P.T.B.S.; FERREIRA, F.A. Desempenho da cultivar de arroz BRS Pelota e controle de capim-arroz (*Echinochloa* sp.) submetidos a quatro épocas de entrada de água após a aplicação de doses reduzidas de herbicidas. **Planta Daninha**, v. 25, p. 859-867, 2007b.

ANDRES, A.; MACHADO, S. L. O. Plantas daninhas em arroz irrigado. In: GOMES, A. S.; MAGALHAES Jr., A. M. (Eds.). **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 457-546.

ANDRES, A.; THEISEN, G. Épocas de controle de angiquinho e prejuízos em arroz irrigado cv. BRS QUERÊNCIA. **Embrapa Clima Temperado - Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2009.

ÁVILA, L.A.; CEZIMBRA, D.M.; MARCHEZAN, E.; MACHADO, S.L.O.; PASINI, M.; GLIER, C.; FERREIRA, R.B. Época de aplicação de nitrogênio e de início da irrigação na fitotoxicidade causada pela aplicação de imidazolinonas em arroz tolerante. **Ciência Rural**, v. 39, p. 1647-1652, 2009.

ÁVILA, L.A.; LEE, D.; SENSEMAN, S.A.; MCCAULEY, G.N.; CHANDLER, J.M.; COTHREN, J.T. Assessment of acetolactate synthase (ALS) tolerance to

imazethapyr in red rice ecotypes (*Oryza* sp.) and imidazolinone tolerant/resistant rice (*Oryza sativa*) varieties. **Pest Management Science**, v. 61, p. 171-178, 2005.

ÁVILA, L.A.; MARCHESAN, E.; MACHADO, S.L.O.; SILV, R.P. Evolução do banco de sementes e controle do arroz-vermelho em diferentes sistemas de manejo do solo de várzea. **Planta Daninha**, v. 18, p. 217-230, 2000.

BAGAVATHIANNAN, M.V.; NORSWORTHY, J.K.; SMITH, K.L.; BURGOS, N.R. Seedbank size and emergence pattern of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in Arkansas. **Weed Science**, v. 59, p. 359-365, 2011.

BAGAVATHIANNAN, M.V.; NORSWORTHY, J.K.; SMITH, K.L.; NEVE, P. Seed production of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in response to time of emergence in cotton and rice. **The Journal of Agricultural Science**, v. 150, p. 717-724, 2012.

BARTZ, A.C.; MUTTONI, M.; ALBERTO, C.M.; STRECK, N.A.; MACHADO, G.A.; GIACOMELI, R.; HELGUEIRA, D.B.; MOURA, D.D.S. Thermal time in sprinkler-irrigated lowland rice. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, p. 475-484, 2017.

BASTIANI, M.O.; LAMEGO, F.P.; NUNES, J.P.; MOURA, D.S.; WICKERT, R.J.; OLIVEIRA, J.I. Germinação de sementes de capim-arroz submetidas a condições de luz e temperatura. **Plant Daninha**, v. 33, p. 395-404, 2015.

BATLLA, D.; GRUNDY, A.; DENT, K.C.; CLAY, H.A.; FINCH-SAVAGE, W.E. A quantitative analysis of temperature dependent dormancy changes in *Polygonum aviculare*. **Weed Research**, v. 49, p. 428-438, 2009.

BENECH-ARNOLD RL, S.; ANCHEZ, R.A.; FORCELLA, F.; KRUK, B.C.; GHERSA, C.M. Environmental control of dormancy in weed seed banks in soil. **Field Crops Research**, v. 67, p. 105-122, 2000.

BENVENUTI, S.; MACCHIA, M. Effect of hypoxia on buried weed seed germination. **Weed Research**, v. 35, p. 343-351, 1995.

BODDY, L.G.; BRADFORD, K.J.; FIXCHER, A.J. Population based threshold models describe weed germination and emergence patterns across varying temperature, moisture and oxygen conditions. **Journal of Applied Ecology**, v. 49, p. 1225-1236, 2012.

BOHAN, D.A.; POWERS, S.J.; CHAMPION, G.; HAUGHTON, A.J.; HAWES, C.; SQUIRE, G.; MERTENS, S.K. Modelling rotations: can crop sequences explain arable weed seedbank abundance? **Weed Research**, v. 51, p. 422-432, 2011.

BONOW, J.F.L.; LAMEGO, F.P.; ANDRES, A.; AVILA, L.A.; TELÓ, G.M., EGEWARTH, K. Resistance of *Echinochloa crusgalli* var. *mitis* to imazapyr+imazapic herbicide and alternative control in irrigated rice. **Planta daninha**, v. 36, p. 1-11, 2018.

BOUHACHE, M.; BAYER, D. E. Photosynthetic response of flooded rice (*Oryza sativa*) and three *Echinochloa* sp. species to changes in environmental factors. **Weed Science**, v. 41, p. 611-614, 1993.

BRADFORD, K.J. Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. **Weed Science**, v. 50, p. 248-260, 2002.

BRAINARD, D.C.; BELLINDER, R.R.; HAHN, R.R.; SHAH, D.A. Crop rotation, cover crop, and weed management effects on weed seedbanks and yields in snap bean, sweet corn, and cabbage. **Weed Science**, v. 56, p. 434-441, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 399 p.

BROWN, R.F.; MAYER, D.G. Representing cumulative germination. 2. The use of the Weibull function and other empirically derived curves. **Annals of Botany**, v. 61, p. 127-138, 1988.

CANOSSA, R.S.; OLIVEIRA JR, R.S.; CONSTANTIN, J.; BRACCINI, A.L.; BIFFE, D.F.; ALONSO, D.G.; BLAINSKI, E. Temperatura e luz na germinação das sementes de apaga-fogo (*Alternanthera tenella*). **Planta Daninha**, v. 26, p. 745-750, 2008.

CARMONA, R. Banco de sementes e estabelecimento de plantas daninhas em agroecossistemas. **Planta Daninha**, v. 13, p. 3-9, 1995.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**, 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.

CHACHALIS, D.; REDDY, K.N. Factors affecting *Campsis radicans* seed germination and seedling emergence. **Weed Science**, v.48, p. 212-216, 2000.

CHANTRE, G.R.; BLANCO, A.M.; LODOVICH, M.V.; BANDONI, A.J.; SABBATINI, M.R.; LÓPEZ, R.L.; VIGNA, M.R.; GIGÓN, R. Modeling *Avena fatua* seedling emergence dynamics: an artificial neural network approach. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 88, p. 95-102, 2012.

CHAUHAN, B.S.; ABUGHO, S.B. Interaction of rice residue and PRE herbicides on emergence and biomass of four weed species. **Weed Technology**, v. 26, p. 627-632, 2012.

CHAUHAN, B.S. Effect of tillage systems, seeding rates, and herbicides on weed growth and grain yield in dry-seeded rice systems in the Philippines. **Crop Protection**, v. 54, p. 244-250, 2013.

CHAUHAN, B.S.; GILL, G.; PRESTON, C. Factors affecting seed germination of annual sowthistle (*Sonchus oleraceus*) in southern Australia. **Weed Science**, v. 54, p. 854-860, 2006.

CHAUHAN, B.S.; JOHNSON, D.E. Ecological studies on *Echinochloa crus-galli* and the implications for weed management in direct-seeded rice. **Crop Protection**, v. 30, p. 1385-1391, 2011a.

CHAUHAN, B.S.; JOHNSON, D.E. Germination ecology of two troublesome Asteraceae species of rainfed rice: Siam weed (*Chromolaena odorata*) and coat buttons (*Tridax procumbens*). **Weed Science**, v. 56, p. 567-573, 2008.

CHAUHAN, B.S.; JOHNSON, D.E. Growth response of direct-seeded rice to oxadiazon and bispyribac-sodium in aerobic and saturated soils. **Weed Science**, v. 59, p. 119-122, 2011b.

CHAUHAN, B. S.; JOHNSON, D.E. Relative importance of shoot and root competition in dry-seeded rice growing with junglerice (*Echinochloa colona*) and ludwigia (*Ludwigia hyssopifolia*). **Weed Science**, v. 58, p. 295-299, 2010.

CHAUHAN, B.S. Weed ecology and weed management strategies for dry-seeded rice in Asia. **Weed Technology**, v. 26, p. 1-13, 2012.

COBB, A.H.; READE, J.P.H. **Herbicides and Plant Physiology**. 2nd Ed., Newport: Wiley-Blackwell, 2010. 286p.

COLBACH, N.; CHAUVEL, B.; DURR, C.; RICHARD, G. Effect of environmental conditions on *Alopecurus myosuroides* germination, II: effect of moisture conditions and storage length. **Weed Research**, v. 42, p. 222–230, 2002.

COLBACH, N.; DÜRR, C.; ROGER-ESTRADE, J.; CANEILL, J. How to model the effects of farming practices on weed emergence. **Weed Research**, v. 45, p. 2-17, 2005.

COLBACH, N.; DÜRR, C.; ROGER-ESTRADE, J.; CHAUVEL, B. Alomysys: Modelling black-grass (*Alopecurus myosuroides* Huds.) germination and emergence, in interaction with seed characteristics, tillage and soil climate: I. construction. **European Journal of Agronomy**, v. 24, p. 95-112, 2006.

CONAB. **Levantamentos de safra: 7º levantamento grãos safra 2017/2018**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/index.php/info-agro/safra>>. Acessado em: 10 de janeiro 2019.

CONCENÇO, G.; ANDRES, A.; LOPES, N.F.; MORAES, D.M.; RESENDE, R.G.; FONTOURA, T.P. Efeito de herbicidas aplicados em pré-emergência e momentos de início da irrigação no crescimento de plantas de arroz. **Planta daninha**, v. 24, p. 295-301, 2006.

CONCENÇO, G.; LOPES, N.F.; ANDRES, A.; SANTOS, M.Q.; RIEFFEL FILHO, J.A.; GARCIA, C.A.N. Emergência e crescimento inicial de plantas de arroz e capim-arroz em função do nível de umidade no solo. **Planta Daninha**, v. 25, p. 457-463, 2007.

CONCENÇO, G.; MARTINS, J.F.S.; SCHREIBER, F.; CEOLIN, W.C.; CAPUTO, G.A.; CORADINI, M.C. Controle de plantas daninhas, estabelecimento e produtividade da cultura do arroz em função de doses de [imazapic+imazapyr]. In: **Congresso Brasileiro Do Arroz irrigado**, X, 2017, Gramado. Anais... Porto Alegre: SOSBAI, 2017.

CONCENÇO, G.; PARFITT, J.M.B.; DOWNING, K.; LARUE, J.; SILVA, J.T. Rice development and water demand under drought stress imposed at distinct growth stages. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 4147-4156, 2016.

CORREIA, N.M; CAMILO, E.H; SANTOS, E.A. Sulfentrazone efficiency on *Ipomoea hederifolia* and *Ipomoea quamoclit* as influenced by rain and sugarcane straw. **Planta daninha**, v. 31, p. 165-174, 2013.

COUNCE, P.A.; KEISLING, T.C.; MITCHELL, A. J. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, v. 40, p. 436-443, 2000.

DAHAL, P.; BRADFORD, K.J. Hydrothermal time analysis on tomato seed germination at suboptimal temperature and reduced water potential. **Weed Science**, v. 4, p. 71-80, 1994.

DASS, A.; SHEKHAWAT, K.; CHOUDHARY, A.K.; SEPAT, S.; RATHORE, S.S.; MAHAJAN, G.; CHAUHAN, B. Weed management in rice using crop competition- a review. **Crop Protection**, v. 95, p. 45-52, 2017.

DAVIS, A.S; RENNER, K.A.; GROSS, K.L. Weed seedbank and community shifts in long-term cropping systems experiment. **Weed Science**, v. 53, p. 620-626, 2005.

DORADO, J.; SOUSA, E.; CALHA, I.M.; GONZÁLEZ-ANDÚJAR, J.L.; FERNÁNDEZ-QUINTANILLA, C. Predicting weed emergence in maize crops under two contrasting climatic conditions. **Weed Research**, v. 49, p. 251-260, 2009.

DUKE, S.O. Why have no new herbicide modes of action appeared in recent years? **Pest Management Science**, v. 68, p. 505-512, 2012.

DUMUR, D.; PILBEAM, C. J.; CRAIGON, J. Use of the Weibull function to calculate cardinal temperatures in faba bean. **Journal of Experimental Botany**, v. 41, p. 1423-1430, 1990.

DURAN, R.D.; TORTOSA, M.E. The effect of mechanical and chemical scarification on germination of charlock (*Sinapis arvensis* L.) seeds. **Seed Science Technology**, v.13, p.155-163, 1985.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2013. 353p.

- FAHAD, S.; HUSSAIN, S.; CHAUHAN, B.S.; SAUD, S.; WU, C.; HASSAN, S.; TANVEER, M.; JAN, A.; HUANG, J. Weed growth and crop yield loss in wheat as influenced by row spacing and weed emergence times. **Crop Protection**, v. 71, p. 101-108, 2015.
- FERHATOGLU, Y.; BARRETT, M. Studies of clomazone mode of action. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 85, p. 7-14, 2006.
- FERNANDEZ-QUINTANILLA, C.; BARROSO, J.; RECASENS, J.; SANS, X.; TORNER, C.; SANCHEZ DEL ARCO, M.J. Demography of *Lolium rigidum* in winter barley crops: analysis of recruitment, survival and reproduction. **Weed Research**, v. 40, p. 281-291, 2000.
- FERREIRA, F.B. **Biologia, habilidade competitiva e variabilidade genética em três espécies de angiquinho (*Aeschynomene* sp.) e seu manejo em arroz irrigado**. 2007. 197f. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
- FLECK, N.G.; LAZAROTO, C.A.; SCHAEGLER, C.E.; FERREIRA, F.B. Suscetibilidade de três espécies de angiquinho (*Aeschynomene* sp.) a herbicidas de utilização em pós-emergência em arroz irrigado. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 14, p. 77-86, 2008.
- FORCELLA, F.; BENECH-ARNOLD, R.L.; SANCHEZ, R.; GHERSA, C.M. Modeling seedling emergence. **Field Crops Research**, v. 67, p. 123-139, 2000.
- FORCELLA, F. Real-time assessment of seed dormancy and seedling growth for weed management. **Seed Science Research**, v. 8, p. 201-209, 1998.
- FORTE, C.T.; GALON, L.; BEUTLER, A.N.; REICHERT JR, F.W.; MENEGAT, A.D.; PERIN, G.F.; TIRONI, S.P. Cultivation Systems, Vegetable Soil Covers and their Influence on the Phytosocology of Weeds. **Planta Daninha**, v. 36, p. 1-15, 2018.
- FRANCO, D.F.; CORREIA, L.A.V.; MAGALHÃES JR, A.M. de.; ZONTA, E.P.; ANTUNES, I.F.; DA SILVA, M.G.; KRUGER, F. de O. Arranjo espacial de plantas e contribuição do colmo principal e dos perfilhos na produção de grãos do arroz irrigado (*Oryza sativa* L.). **Current Agricultural Science and Technology**, v. 17, p. 32-41, 2011.
- FRANS, R.; CROWLEY, H. Experimental design and techniques for measuring and analyzing plant responses to weed control practices. In: SOUTHERN WEED SCIENCE SOCIETY. **Research Methods in Weed Science**. 3.ed., p. 29-45, 1986.
- GALON, L.; AGOSTINETTO, D.; MORAES, P.V.D.; DAL MAGRO, T.; PANOZZO, L.E.; BRANDOLT, R.R.; SANTOS, L.S. Níveis de dano econômico para decisão de controle de capim-arroz (*Echinochloa* sp.) em arroz irrigado (*Oryza sativa*). **Planta Daninha**, v. 25, p. 709-718, 2007.

GALON, L.; FORTE, C.T.; KUJAWISKI, R.; RADUNZ, A.L.; DE DAVID, F.A.; PERIN, G.F.; RADUNZ, L.L. Eficácia e fitotoxicidade de herbicidas aplicados para o manejo de plantas daninhas em cevada. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 13, p. 105-116, 2014a.

GALON, L.; GUIMARÃES, S.; BURG, G.M.; CONCENÇO, G.; RAMPELOTTO FILHO, A.C.; DE LIMA, A.M.; BELARMINO, J.G. Eficácia e seletividade de herbicidas do grupo das imizadolinonas aplicados em arroz irrigado. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 11, p. 284-295, 2012.

GALON, L.; GUIMARÃES, S.; LIMA, A.M.; RADUNZ, A.L.; BEUTLER, A.N.; BURG, G.M.; ZANDONÁ, R.R.; PERIN, G.F.; BASTIANI, M.O.; BELARMINO, J.G.; RADUNZ, L.L. Interação competitiva de genótipos de arroz e papuã. **Planta Daninha**, v. 32, p. 533-542, 2014b.

GALON, L.; TIRONI, S.P.; ROCHA, P.R.R.; CONCENÇO, G.; SILVA, A.F.; VARGAS, L.; SILVA, A.A.; FERREIRA, E.A.; MINELLA, E.; SOARES, E.R.; FERREIRA, F.A. Habilidade competitiva de cultivares de cevada convivendo com azevém. **Planta Daninha**, v. 29, p. 771-781, 2011.

GARCIA, A.L.; RECASENS, J.; FORCELLA, F.; TORRA J.; ROYO-ESNAL A. Hydrothermal emergence model for ripgut brome (*Bromus diandrus*). **Weed Science**, v. 61, p. 146-153, 2013.

GARDARIN, A.; DÜRR, C.; COLBACH, N. Prediction of germination rates of weed species: relationships between germination speed parameters and species traits. **Ecol Model**, v. 222, p. 626-636, 2011.

GARDARIN, A.; GUILLEMIN, J.P.; MUNIER-JOLAIN, N.M.; COLBACH, N. Estimation of key parameters for weed population dynamics models: Base temperature and base water potential for germination. **European Journal of Agronomy**, v. 32, p. 162-168, 2010.

GIBSON, K.D.; FISCHER, A.J.; FOIN, T.C.; HILL, J.E. Implications of delayed *Echinochloa* sp. germination and duration of competition for integrated weed management in water-seeded rice. **Weed Research**, v. 42, p. 351-358, 2002.

GITSOPOULOS, T.K.; FROUD-WILLIAMS, R.J. Effects of oxadiargyl on direct-seeded rice and *Echinochloa crus-galli* under aerobic and anaerobic conditions. **Weed Research**, v. 44, p. 329-334, 2004.

GHOSH, D.; RATHORE, M.; BRAHMACHARI, K.; SINGH, R.; KUMAR, B. Impact of burial and flooding depths on Indian weedy rice. **Crop Protection**, v. 100, p. 106-110, 2017.

GRUNDY, A.C.; PHELPS, K.; READER, R.J.; BURSTON, S. Modelling the germination of *Stellaria media* using the concept of hydrothermal time. **New Phytologist**, v. 148, p. 433-444, 2000.

GUAN, B.; ZHOU, D.; ZHANG, H.; TIAN, Y.; JAPHET, W.; WANG, P. Germination responses of *Medicago ruthenica* seeds to salinity, alkalinity and temperature. **Journal of Arid Environments**, v. 73, p. 135-138, 2009.

GUILLEMIN, J.P.; GARDARIN, A.; GRANGER, S.; REIBEL, C.; MUNIERJOLAIN, N.; COLBACH, N. Assessing potential germination period of weed with base temperatures and base water potentials. **Weed Research**, v. 53, p. 76–87, 2013.

GUIMARÃES, M.A.; DIAS, D.C.F.S.; LOUREIRO, M.E. Hidratação de sementes. **Revista Trópica**, v. 2, p. 31-39, 2008.

GUMMERSON, R.J. The effect of constant temperatures and osmotic potential on the germination of sugar beet. **Journal of Experimental Botany**, v. 37, p. 729–741, 1986.

HARDEGREE, S.P.; EMMERICH, W.E. Seed germination response to polyethylene glycol solution depth. **Seed Science and Technology**, v. 22, p. 1-7, 1994.

HATZIOS, K.K.; BURGOS, N.R. Metabolism-based herbicide resistance: regulation by safeners. **Weed Science**, v. 52, p. 454-467, 2004.

HEAP I. **International survey of herbicide resistant weeds**. Disponível em: <<http://www.weedscience.org/>>. Acesso em: 23 de janeiro 2019.

HELGUEIRA, D.B.; D'AVILA ROSA, T.; GALON, L.; MOURA, D.S.; MARTINI, A.T.; PINTO, J.J.O. Weed management in rice under sprinkler and flood irrigation systems. **Planta Daninha**, v. 36, p. 1-9, 2018.

HOLST, N.; RASMUSSEN, I.A.; BASTIAANS, L. Field weed population dynamics: a review of model approaches and applications. **Weed Research**, v. 47, p. 1-14, 2007.

HOSSEINI, P.; KARIMI, H.; BABAEI, S.; MASHHADI, H.R.; OVEISI, M. Weed seed bank as affected by crop rotation and disturbance. **Crop Protection**, v. 64, p. 1-6, 2014.

HUANG, S.; GRUBER, S.; CLAUPEIN, W. Timing and depth of post-harvest soil disturbance can reduce seedbank and volunteers of oilseed rape. **Soil and Tillage Research**, v. 175, p. 187-193, 2018.

HU, X.W.; PAN, J.; MIN, D.D.; FAN, Y.; DING, X.Y.; FAN, S.G.; BASKIN, J.M. Seed dormancy and soil seedbank of the invasive weed *chenopodium hybridum* in north-western China. **Weed Research**, v. 57, p. 54-64, 2017.

IRGA – **Instituto Rio grandense do Arroz. Arroz RS** – O Programa da Produtividade. Acesso em 10 de fevereiro de 2019. Online. Disponível em: <http://www.irga.rs.gov.br/arrozrs.htm>.

IZQUIERDO, J.; BASTIDA, F.; LEZAÚN, J.M.; SÁNCHEZ DEL ARCO, M.J.; GONZALEZ-ANDUJAR, J.L. Development and evaluation of a model for predicting *Lolium rigidum* emergence in winter cereal crops in the Mediterranean area. **Weed Research**, v. 53, p. 269-278, 2013.

KALSING, A.; TRONQUINI, S. M.; MARIOT, C. H. P.; RUBIN, R. da S.; BUNDT, A. D. C.; FADIN, D. A.; MARQUES, L. H. Susceptibility of *Echinochloa* sp. populations to cyhalofop-butyl in Southern region of Brazil and impact of the weed phenology on its efficacy of control. **Ciência Rural**, v. 47, p. 1-7, 2017.

KAWAHIGASHI, H. Transgenic plants for phytoremediation of herbicides. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 20, p. 225-230, 2009.

KAYA-ALTOP, E.; ŞAHIN, M.; JABRAN, K.; PHILLIPPO, C.J.; ZANDSTRA, B.H.; MENNAN, H. Effect of different water management strategies on competitive ability of semi-dwarf rice cultivars with *Echinochloa oryzoides*. **Crop Protection**, v. 116, p. 33-42, 2019.

KENT, R.J.; JOHNSON, D.E. Influence of flood depth and duration on growth of lowland rice weeds, Cote d'Ivoire. **Crop protection**, v. 20, p. 691-694, 2001.

KHATOUNIAN, C.A.; PASSINI, T.; PENHA, L.A.O.; OLIVEIRA, D.A. M. Seed production of *Urochloa plantaginea* (Link) R. Webster infesting maize and in pure stands. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 11, p. 1-8, 2016.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2a ed. São Bernardo, do Campo: Basf, 1999, 978p.

KLEEMANN, S.G.L; PRESTON, C.; GILL, G.S. Influence of management on long-term seedbank dynamics of rigid ryegrass (*Lolium rigidum*) in cropping systems of southern Australia. **Weed Science**, v. 64, p. 303-311, 2016.

KOGER, C.H.; REDDY, K.N.; POSTON, D.H. Factors affecting seed germination, seedling emergence and survival of texas weed (*Caperonia palustris*). **Weed Science**, v. 52, p. 989-995, 2004.

KOOCHEKI, A.; NASSIRI, M.; ALIMORADI, L.; GHORBANI R. Effect of cropping systems and crop rotations on weeds. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 29, p. 401-408, 2009.

KUVA, M.A.; PITELLI, R.A.; ALVES, P.L.C.A.; SALGADO, T.P.; PAVANI, M.C.D.M. Banco de sementes de plantas daninhas e sua correlação com a flora estabelecida no agroecossistema cana-crua. **Planta Daninha**, v. 26, p. 735-744, 2008.

LANGARO, A.C.; AGOSTINETTO, D.; RUCHEL, Q.; GARCIA, J.R.; PERBONI, L.T. Oxidative stress caused by the use of pre-emergent herbicides in rice crops. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 48, p. 358-364, 2017.

LEGUIZAMON, E.S.; FERNANDEZ-QUINTANILLA, C.; BARROSO, J.; GONZALEZ-ANDUJAR, J.L. Using thermal and hydrothermal time to model seedling emergence of *Avena sterilis* ssp. *Iudoviciana* in Spain. **Weed Research**, v. 45, p. 149-156, 2005.

LIEBMAN, M.; DYCK, E. Crop rotation and intercropping strategies for weed management. **Ecological Applications**, v. 3, p. 92-122, 1993.

LODDO, D.; FARSHID, G.F.; ZAHRA, R.; ROBERTA, M. Base temperatures for germination of selected weed species in Iran. **Plant Protection Science**, v. 54, p. 60-66, 2017.

LODDO, D.; SOUSA, E.; MASIN, R.; CALHA, I.M.; ZANIN, G.; FERNÁNDEZ-QUINTANILLA, C.; DORADO, J. Germination response of local Southern European populations of *Datura stramonium* at a range of constant temperatures. **Weed research**, v. 54, p. 356-365, 2014.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas plantio direto e convencional**. 7.ed. Nova Odessa: Plantarum, 2014. 384p.

LUNDY, M.E.; HILL, J.E.; VAN KESSEL, C.; OWEN, D.A.; PEDROSO, R.M.; BODDY, L.G.; FISCHER, A.J.; LINQUIST, B.A. Site-specific, real-time temperatures improve the accuracy of weed emergence predictions in direct-seeded rice systems. **Agricultural Systems**, v. 123, p. 12-21, 2014.

MALIK, M.S.; BURGOS, N.R.; TALBERT, R.E. Confirmation and control of propanil-resistant and quinclorac-resistant barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in rice. **Weed Technology**, v. 24, p. 226-233, 2010.

MAPA. **Zoneamento agrícola de risco climático**. Disponível: < <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/riscos-seguro/risco-agropecuario/zoneamento-agricola> > Acesso em: 17 de fev de 2019.

MARAMBE, B.; AMARASINGHE, L. Propanil-resistant barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.] in Sri Lanka: Seedling growth under different temperatures and control. **Weed Biology and Management**, v. 2, p. 194-199, 2002.

MARCHESAN, E.; OLIVEIRA, A.P.B.B.; AVILA, L.A.; BUNDT, A.L.P. Dinâmica do banco de sementes de arroz-vermelho afetado pelo pisoteio bovino e tempo de pousio da área. **Planta Daninha**, v. 21, p. 55-62, 2003.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. 2. ed. Londrina/PR: ABRATES, 2015. 659p .

MARSHALL, E.J.P.; BROWN, V.K.; BOATMAN, N.D.; LUTMAN, P.J.W.; SQUIRE, G.R.; WARD, L.K. The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. **Weed Research**. v. 43, p. 77-89, 2003.

MARTINKOVA, A.; HONEK, A.; LUKAS, J. Seed age and storage conditions influence germination of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). **Weed Science**, v. 54, p. 298-304, 2006.

MARTINS, C.C.; MARTINS, D.; NEGRISOLI, E.; STANGUERLIM, H. Comportamento germinativo de sementes de leiteiro (*Peschiera fuchsiaefolia*): efeito da temperatura e luz. **Planta Daninha**, v. 18, p. 85-91, 2000.

MARTINS, M.B.; ALVES, Y.S.; SCHREIBER, F.; ANDRES, A.; CONCENÇO, G.; CORADINI, M.C.; CEOLIN, W.C.; MOISINHO, I.S. Controle de capim-arroz na cultura do arroz irrigado com herbicidas aplicados em pós-emergência. In: X **Congresso Brasileiro de Arroz irrigado**, X, 2017, Gramado. Anais... Porto Alegre: SOSBAI, 2017.

MARTINSON, K.; DURGAN, B.; FORCELLA, F.; WIERSMA, J.; SPOKAS, K.; ARCHER, D. An emergence model for wild oat (*Avena fatua*). **Weed Science**, v. 55, p. 584-591, 2007.

MASIN, R.; LODDO, D.; BENVENUTI, S.; OTTO, S.; ZANIN, G. Modeling weed emergence in Italian maize fields. **Weed Science**, v. 60, p. 254-259, 2012.

MASIN, R.; LODDO, D.; BENVENUTI, S.; ZUIN, M.C.; MACCHIA, M.; ZANIN, G. Temperature and water potential as parameters for modeling weed emergence in central-northern Italy. **Weed Science**, v. 58, p. 216-222, 2010.

MASIN, R.; LODDO, D.; GASPARINI, V.; OTTO, S.; ZANIN, G. Evaluation of weed emergence model AlertInf for maize in soybean. **Weed Science**, v. 62, p. 360-369, 2014.

MASIN, R.; VASILEIADIS, V.P.; LODDO, D.; OTTO, S.; ZANIN, G. A single-time survey method to predict the daily weed density for weed control decision-making. **Weed Science**, v. 59, p. 270-275, 2011.

MATZENBACHER, F.O.; KALSING, A.; DALAZEN, G.; MARKUS, C.; MEROTTO JR, A. Antagonism is the predominant effect of herbicide mixtures used for imidazolinone-resistant barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) control. **Planta Daninha**, v. 33, p. 587-597, 2015.

MAYER, D.G.; BUTLER, D.G. Statistical validation. **Ecological Modelling**, v. 68, p. 21-32, 1993.

MCKENZIE-GOPSILL, A.G.; LEE, E.; LUKENS, L.; SWANTON, C.J. Rapid and early changes in morphology and gene expression in soya bean seedlings emerging in the presence of neighbouring weeds. **Weed Research**, v. 56, p. 267-273, 2016.

MENEZES, V.G.; MARIOT, C.H.P.; KALSING, A.; GOULART, I.C.G.R. Arroz-vermelho (*Oryza sativa*) resistente aos herbicidas imidazolinonas. **Planta Daninha**, v. 27, p. 1047-1052, 2009.

MISHRA, J.S.; SINGH, V.P. Os efeitos do plantio direto e das ervas daninhas controlam a produtividade de um sistema de arroz-trigo sem sementes seco em um Vertisol na Índia Central. **Soil and Tillage Research**, v. 123, p. 11-20, 2012.

MONQUERO, P.A.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Banco de sementes de plantas daninhas e herbicidas como fator de seleção. **Bragantia**, v. 64, p. 203-209, 2005.

MUNARETO, J.D.; BEUTLER, A.N.; RAMÃO, C.J.; DIAS, N.P.; RAMOS, P.V.; POZZEBON, B.C.; ALBERTO, C.M.; HERNANDES, G.C. Propriedades físicas do solo e produtividade de arroz irrigado por inundação no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 1499-1506, 2010.

NASCIMENTO, V.; ARF, O.; TARSISTANO, M.A.A.; GARCIA, N.F.S.; PENTEADO, M.S.; SABUNDJIAN, M.T. Economic analysis of rice and common bean production in succession to green manure crops and mechanical soil decompression in Brazilian Savannah. **Revista Ceres**, v. 63, p. 315-322, 2016.

NORSWORTHY, J.K.; WILSON, M.J.; SCOTT, R.C.; GIBUR, E.E. Herbicidal activity on acetolactate synthase-resistant barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in Arkansas, USA. **Weed Biology and Management**, v. 14, p. 50-58, 2014.

ONOFRI, A.; MESGARAN, M.B.; TEI, F.; COUSEN, R.D. The cure model: an improved way to describe seed germination? **Weed Research**, v. 51, p. 516-524, 2011.

OPENA, J.L.; CHAUHAN, B.S.; BALTAZAR, A.M. Seed germination ecology of *Echinochloa glabrescens* and its implication for management in rice (*Oryza sativa* L.). **Plos One**, v. 9, p. 1-11, 2014.

PARFITT, J.M.B.; ANDRES, A.; CONCENCO, G.; TELO, G.M.; SCHREIBER, F.; DA SILVA, J.; MOISINHO, I.S.; TIMM, P.A. Rice and Barnyardgrass: Water Stress and Initial Establishment. **American Journal of Plant Sciences**, v. 8, p. 3110-3119, 2017.

PEEL, M.C.; FINLAYSON, B.L.; MCMAHON, T.A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences Discussions**, v. 4, p. 439-473, 2007.

PINTO, J.J.O.; GALON, L.; DAL MAGRO, T.; PROCOPIO, S.O.; CONCENCO, G.; PONS, T. L. Controle de capim-arroz (*Echinochloa* sp.) em função de métodos de manejo na cultura do arroz irrigado. **Planta Daninha**, v. 26, p. 767-777, 2008.

PONS, T.L. Factors affecting weed seed germination and seedling growth in lowland rice in Indonesia. **Weed Research**, v. 22, p. 155-161, 1982.

QI, M.; ZHANG, G.P. An investigation of model selection criteria for neural network time series forecasting. **European Journal of Operational Research**, v. 132, p. 666-680, 2001.

RADOSEVICH, S.R.; HOLT, J.S.; GHERSA, C.M. **Ecology of weeds and invasive plants: relationship to agriculture and natural resource management**. New Jersey: Wiley-Interscience, 2007. 400 p.

R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2012.

REFSELL, D.E.; HARTZLER R.G. Effect of tillage on common waterhemp (*Amaranthus rudis*) emergence and vertical distribution of seed in the soil. **Weed Technology**, v. 23, p. 129-133, 2009.

ROBERTS, H.A.; NIELSON, J.E. Changes in the soil seed bank of four long term crop herbicide experiments. **Journal of Applied Ecology**, v. 18, p. 661-668, 1981.

ROCHA, T. S. M.; STRECK, N.A.; ZANON, A.J.; MARCOLIN, E.; PETRY, M.T.; TAGLIAPIETRA, E.L.; BARLEST, D.; BEXAIRA, K.P. Performance of soybean in hydromorphic and non hydromorphic soil under irrigated or rainfed conditions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, p. 293-302, 2017.

ROMAN, E.S.; MURPHY, S.D.; SWANTON, C.J. Simulation of *Chenopodium album* seedling emergence. **Weed Science**, v. 48, p. 217-224, 2000.

ROMAN, E.S.; THOMAS, A.G.; MURPHY, S.D.; SWANTON, C.J. Modeling germination and seedling elongation of common lambsquarters (*Chenopodium album*). **Weed Science**. v. 47, p. 149-155, 1999.

ROYO-ESNAL, A.; NECAJEVA, J.; TORRA, J.; RECASENS, J.; GESCH, R.W. Emergence of field pennycress (*Thlaspi arvense* L.): comparison of two accessions and modelling. **Industrial Crops and Products**, v. 66, p. 161-169, 2015.

ROYO-ESNAL, A.; TORRA, J.; CONESA, J.A.; FORCELLA, F.; RECASENS, J. Modeling the emergence of three arable bedstraw (*Galium*) species. **Weed Science**, v. 58, p. 10-15, 2010.

SADEGHLOO, A.; ASGHARI, J.; GHADERI-FAR, F. Seed germination and seedling emergence of Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) and barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). **Planta Daninha**, v. 31, p. 259-266, 2013.

SANCHOTENE, D.M.; KRUSE, N.D.; ÁVILA, L.A. de.; MACHADO, S.L.O.; NICOLODI, G.A.; DORNELLES, S.H.B. Efeito do protetor dietholate na seletividade de clomazone em cultivares de arroz irrigado. **Planta Daninha**, v. 28, p. 339-346, 2010.

SANTI, A.L.; BONA, S.D.; LAMEGO, F.P.; BASSO, C.J.; EITELWEIN, M.T.; CHERUBIN, M.R.; KASPARY, T.E.; RUCHEL, Q.; GALLON, M. Phytosociological variability of weeds in soybean field. **Planta Daninha**, v. 32, p. 39-49, 2014.

SCHERNER, A.; MELANDER, B.; KUDSK, P. Vertical distribution and composition of weed seeds within the plough layer after eleven years of contrasting crop rotation and tillage schemes. **Soil and Tillage Research**, v. 161, p. 135-142, 2016.

SEIBERT, A.C.; PEARCE, R.B. Growth analysis of weed and crop species with reference to seed weight. **Weed Science**, v. 41, p. 52-56, 1993.

SILVA, A.F.; CONCENÇO, G.; ASPIAZÚ, I.; FERREIRA, E.A.; GALON, L.; COELHO, A.T.C.P.; SILVA, A.A.; FERREIRA, F.A. Interferência de plantas daninhas em diferentes densidades no crescimento da soja. **Planta Daninha**, v. 27, p. 75-84, 2009.

SIMARD, M.J.; ROUANE, S.; LEROUX, G.D. Herbicide rate, glyphosate/glufosinate sequence and corn/soybean rotation effects on weed seed banks. **Weed science**, v. 59, p. 398-403, 2011.

SINGH, M.; BHULLAR, M.S.; CHAUHAN, B.B. Seed bank dynamics and emergence pattern of weeds as affected by tillage systems in dry direct-seeded rice. **Crop Protection**, v. 67, p. 168-177, 2015.

SINGH, M.; BHULLAR, M.S.; CHAUHAN, B.S. The critical period for weed control in dry-seeded rice. **Crop Protection**, v. 66, p. 80-85, 2014.

SOUZA, E.A. **Densidades de semeadura, períodos de interferência e controle de capim-arroz na cultura do arroz**, 2017. 72f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

STEINMAUS, S.J.; PRATHER, T.S.; HOLT J.S. Estimation of base temperatures for nine weed species. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, p. 275-286, 2000.

SWANTON, C.J.; BOOTH, B.D. Management of weed seedbanks in context of populations and communities. **Weed Technology**, v. 18, p. 1496-1502, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6^o Ed. Porto Alegre: Arned, 2017. 858p.

THEISEN, G.; SILVA, J.J.C.; SILVA, J.S.; ANDRES, A.; ANTEN, N.P.R.; BASTIAANS, L. The birth of a new cropping system: towards sustainability in the subtropical lowland agriculture. **Field Crops Research**, v. 212, p. 82-94, 2017.

TOZZI, E.; BECKIE, H.; WEISS, R.; GONZALEZ-ANDUJAR, J.L.; STORKEY, J.; CICI, S.Z.H.; VAN ACKER, R.C. Seed germination response to temperature for a range of international populations of *Conyza canadensis*. **Weed Research**, v. 54, p. 178-185, 2014.

VASCONCELOS, M.C.C.; SILVA, A.F.A.; LIMA, R.S. Interferência de plantas daninhas sobre plantas cultivadas. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, p. 1-6, 2012.

VIDAL, R.A. **Interação negativa entre plantas: inicialismo, alelopatia e competição**. 1^o Ed. Porto Alegre: Evangraf, 2010. 132p.

WALKER S.R.; TAYLOR I.N.; MILNE G.; OSTEN V.A.; HOQUE Z.; FARQUHARSON R.J. A survey of management and economic impact of weeds in dryland cotton cropping systems of subtropical Australia. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 45, p. 79–91, 2005.

WERLE, R.; SANDELL, L.D.; BUHLER, D.D.; HARTZLER, R.G.; LINDQUIST, J.L. Predicting emergence of 23 summer annual weed species. **Weed science**, v. 62, p. 267-279, 2014.

WIDDERICK, M.J.; BELL, K.L.; BOUCHER, L.R.; WALKER, S.R. Control by glyphosate and its alternatives of glyphosate-susceptible and glyphosate-resistant *Echinochloa colona* in the fallow phase of crop rotations in subtropical Australia. **Weed Biology Management**, v. 13, p. 89-97, 2013.

ZAMBRANO-NAVEA, C.; BASTIDA, F.; GONZALEZ-ANDUJAR, J.L. A hydrothermal seedling emergence model for *Conyza bonariensis*. **Weed Research**, v. 53, p. 213-220, 2013.

ZANDONÁ, R.R.; AGOSTINETTO, D.; RUCHEL, Q. Modelagem matemática do fluxo de emergência de plantas daninhas: ferramenta para decisão no manejo de cultivos. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, p. 3-11, 2018.

ZANDONÁ, R.R. **Influência da temperatura no fluxo de emergência de plantas daninhas e no período de interferência, em diferentes épocas de semeadura da soja**. 2016. 130f. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas. 2016.

ZHANG, W.; WEBSTER, E.P.; BLOUIN, D.C.; LINScombe, S.D. Differential tolerance of rice (*Oryza sativa*) varieties to clomazone. **Weed Technology**, v. 18, p. 73-76, 2004.

Vita

Francisco de Assis Pujol Goulart é filho de Francisco de Assis Zubiaurre Goulart e Rosangela Pujol Goulart. Nascido em 24 de dezembro de 1991, no município de Uruguaiana – RS, onde cursou o ensino fundamental na Escola Estadual Dom Hermeto. No ano de 2007 ingressou no Instituto Federal Farroupilha, Campus Alegrete. Por essa instituição, teve a oportunidade de realizar o estágio curricular supervisionado durante o ano de 2009/10 em empresa de assistência e consultoria em Uruguaiana-RS, adquirindo experiência em topografia e cadastros ambientais. Em 2012 ingressou no curso de Agronomia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA, Campus - Itaqui/RS), graduando-se como Engenheiro Agrônomo em 2016. Durante a graduação, no período de 2013 a 2016 foi voluntário e bolsista de iniciação científica no grupo de pesquisa GHEPA (Grupo de Herbologia Pampa), desenvolvendo pesquisas na área de ciências de plantas daninhas. Ainda por esta instituição, realizou estágio curricular em empresa de assistência e consultoria agrônômica, adquirindo experiência no manejo das culturas de arroz e soja em terras baixas. Em 2017 iniciou o curso de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, em Capão do Leão/RS.