

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade



Dissertação

**Tolerância do arroz irrigado a herbicidas em função do
tratamento de sementes com dietholate**

Leonard Bonilha Piveta

Pelotas, 2013

LEONARD BONILHA PIVETA

**TOLERÂNCIA DO ARROZ IRRIGADO A HERBICIDAS EM FUNÇÃO DO
TRATAMENTO DE SEMENTES COM DIETHOLATE.**

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. Jesus Juarez Oliveira Pinto

Coorientadores: Ph.D José Alberto Noldin

Ph.D Luis Antonio de Avila

Pelotas, 2013

Dados de catalogação na fonte:

(Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744)

P693t Piveta, Leonard Bonilha

Tolerância do arroz irrigado a herbicida em função do tratamento de sementes com dietholate / Leonard Bonilha Piveta ; orientador Jesus Juares Oliveira Pinto; coorientadores José Alberto Noldin e Luis Antonio de Avila-Pelotas,2013.-77f. ; il..- Dissertação (Mestrado) –Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel . Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2013.

1.Seletividade 2.Controle químico 3.Planta daninha I. Pinto, Jesus Juares Oliveira(orientador) III. Título.

CDD 632.954

Banca examinadora:

Roberta Manica-Berto, Dra.

Fabiane Pinto Lamego, Dra.

José Alberto Noldin, Ph.D.
(Coorientador)

Jesus Juares de Oliveira Pinto, Dr.
(Orientador)

Aos meus pais, Avelino e Ana Beatriz;
Ao meu irmão, Bernard.

OFEREÇO E DEDICO

“Talvez não tenhamos conseguido fazer o melhor, mas lutamos para que o melhor fosse feito. Não somos o que deveríamos ser. Mas, graças a Deus, não somos mais o que éramos.”

Martin Luther King

Agradecimentos

A Deus, pelo dom da vida, saúde, força e perseverança em todos os momentos.

A minha família, pelo carinho, apoio, dedicação, incentivo e ensinamentos que me guiam em todos os momentos da minha vida.

Ao Professor Jesus Juares de Oliveira Pinto, exemplo de competência, caráter e de amor à profissão, pela paciência na orientação, ensinamentos, incentivo, amizade e confiança.

Aos professores Luis Antonio de Avila e José Alberto Noldin pela coorientação, dedicação, incentivo, apoio e amizade.

Ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade pela oportunidade de realização do curso e aos professores que contribuíram para minha formação, em especial, ao professor Dirceu Agostinetti.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de Mestrado.

Aos meus colegas e amigos Alfran Martini, André Ulguim, Angela Bundt, Ana Cláudia Langaro, Ananda Scherner, Camila Tarouco, Cláudia Oliveira, Carla Zemolin, Diego Fraga, Diogo Helgueira, Diogo Moura, Fábio Schreiber, Franciele Mariani, Guilherme Cassol, João Paulo Refatti, Karen Martins, Kelen Souto, Marcos Marchezan, Mariah Marques, Nixon Westendorff, Rafael Negretti, Rafael Rubin e em especial Carlos Eduardo Schaedler, Leonardo Oliveira dos Santos e Luiz Fernando Martini, pela amizade, alegrias, incentivo, auxílio na execução dos trabalhos e pelos momentos de convívio.

Aos estagiários e bolsistas: Andrew Bortoli, Andrey Pivetta, Daniel Carvalho, Egeu Dutra, Ismael Canestrini, Igor Pacheco, Luciano Cassol, Luis Inacio Piuma, Marcelo Zimmer, Mariane Pertile, Roberto Wickert, Rodrigo Pestana, Romulo Silveira e Vinicios Gehrke pela amizade e auxílio na execução dos experimentos.

A todos os que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

Resumo

PIVETA, Leonard Bonilha. **Tolerância do arroz irrigado a herbicidas em função do tratamento de sementes com dietholate**, 2013. 77f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

O controle de plantas daninhas é de suma importância para que a cultura do arroz irrigado consiga expressar todo seu potencial produtivo. Nesse contexto, o controle químico, com a utilização de herbicidas, ganha papel de destaque. A utilização da tecnologia Clearfield[®], bem como, o tratamento de sementes com dietholate objetivando aumentar a seletividade do herbicida clomazone ao arroz são ferramentas viáveis e eficientes para o controle de diversas plantas daninhas. No entanto, o dietholate com clomazone associado a outros herbicidas pode causar problemas de seletividade, visto que, o dietholate inibe a enzima Citocromo P₄₅₀ que é um dos meios que a cultura utiliza para detoxificar os herbicidas. Assim, podem ocorrer problemas de injúrias às plantas de arroz e conseqüentemente reduzir a produtividade da cultura. Em vista do exposto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a tolerância de cultivares de arroz irrigado a herbicidas utilizados em pós-emergência da cultura com e sem a presença do protetor dietholate combinado com o herbicida clomazone. Os resultados mostraram que há equivalência de tolerância entre os híbridos Avaxi CL e Arize CL, em relação ao herbicida (imazapyr + imazapic) e que as características fisiológicas: fotossíntese líquida, taxa de transpiração e condutância estomática são influenciadas por acréscimos na dose de (imazapyr + imazapic) no híbrido Avaxi CL; e que a semeadura em setembro afeta negativamente a seletividade dos herbicidas bispyribac-sodium, penoxsulam e profoxydim à cultura do arroz irrigado, cultivar IRGA 424.

Palavras Chave: Seletividade. Controle químico. Planta daninha

Abstract

PIVETA, Leonard Bonilha. **Rice tolerance to herbicides according to seed treatment with dietholate**, 2013. 77f. Master of Plant Protection - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Weed control is one of the most important factors on rice yield potential expression. In this context, the use of herbicides is highlighted to be more profitable method of weed control. Clearfield™ technology, as well as seed treatment with dietholate aiming to increase the selectivity of the herbicide clomazone rice are viable and efficient tools for the control of many weeds. However, the association of dietholate-clomazone can cause a decrease on post-emergence herbicide selectivity. Dietholate is a known Cytochrome P₄₅₀ inhibitor, that plays role on herbicide metabolism in plants that might cause great injury to rice seedlings and consequently reduce crop productivity. The objective of this study was evaluate the toxicity of post-applied herbicides on rice cultivars with and without dietholate combined with clomazone in pre-application. The hybrids Avaxi and Arize CL showed similar tolerance and physiological characteristics to imazapic + imazapyr: Net photosynthesis rate, stomatal conductance and transpiration of hybrid Avaxi CL are influenced by higher rates of (imazapic + imazapyr). Early sowing date done in September can adversely affect the selectivity of bispyribac-sodium, and penoxsulam profoxydim on rice cultivar IRGA 424.

Key words: Selectivity. Chemical control. Weeds.

Lista de Figuras

- Figura 1 - Controle de arroz-vermelho em arroz irrigado aos 14(A), 21(B) e 28(C) dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), híbridos Avaxi CL e Arize CL, em função da aplicação do herbicida (imazapyr + imazapic). Centro Tecnológico do Chasqueiro, Arroio Grande/RS, 2012/13.....27
- Figura 2 - Toxicidade média entre épocas de semeadura (A) e herbicidas (B) às plantas de arroz aos 07 dias após a aplicação dos tratamentos em arroz irrigado sob diferentes manejos de tratamentos de semente com dietholate. Capão do Leão, RS, 2011/12.....38
- Figura 3 - Toxicidade média dos herbicidas às plantas de arroz aos 14 (A), 21 (B), 28 (C) e 35 (D) dias após a aplicação dos tratamentos em duas épocas de semeadura do arroz irrigado (setembro e novembro) sob diferentes manejos de tratamento de sementes com dietholate. Capão do Leão, RS, 2011/1239
- Figura 4 - Fitotoxicidade aos 14 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), avaliadas na cultivar IRGA 424, em função da aplicação dos tratamentos sob diferentes manejos de tratamentos de semente com dietholate: M1 (não foi realizado o TS e não houve a aplicação do clomazone); manejo M2 (TS com dietholate e não houve aplicação de clomazone); e manejo M3 (TS com dietholate e aplicação de clomazone). Capão do Leão, RS, 2011/12.....41
- Figura 5 - Radiação solar (barras) e temperatura média diária do ar (linhas) em duas épocas de semeadura do arroz irrigado sob diferentes manejos de tratamento de sementes com dietholate, após aplicação dos tratamentos herbicidas. Capão do Leão, RS, 2011/12. Dados obtidos juntamente a Embrapa Clima Temperado Estação Terras Baixas.....43
- Figura 6 - Porcentagem média de esterilidade de grãos em duas épocas de semeadura (A) após aplicação de herbicidas (B) em arroz irrigado, cultivar IRGA 424, sob diferentes manejos de tratamentos de semente com dietholate. Capão do Leão, RS, 2012. Letras diferentes na coluna diferem pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).44

- Figura 7 - Produtividade média da cultivar IRGA 424, após a aplicação de herbicidas em duas épocas de semeadura (A) do arroz irrigado, sob diferentes manejos de tratamento de sementes com dietholate: M1 (não foi realizado o TS e não houve a aplicação do clomazone); M2 (TS com dietholate e não houve aplicação de clomazone); e M3 (TS com dietholate e aplicação de clomazone)(B). Capão do Leão, RS, 2012. Letras diferentes na coluna diferem pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).45
- Figura 8 - Radiação solar (barras) e temperatura média diária do ar (linhas) em duas épocas de semeadura do arroz irrigado sob diferentes manejos de tratamento de sementes com dietholate, após o florescimento. Capão do Leão, RS, 2012. Dados obtidos juntamente a Embrapa Clima Temperado Estação Terras Baixas.46
- Figura 9 - Fitotoxicidade aos 14 dias após aplicação dos tratamentos (DAT), avaliadas no híbrido Avaxi CL, em função da aplicação dos tratamentos herbicidas da mistura formulada de (imazapyr + imazapic), sob diferentes manejos de tratamentos de semente com dietholate: M1 – não houve TS e não houve aplicação clomazone (A), M2 – houve TS e não houve aplicação de clomazone (B), M3 – houve TS e aplicação de clomazone com formulação microencapsulada – CS (C) e M4 – houve TS e aplicação de clomazone com formulação concentrado emulsionável - CE (D). Capão do Leão, RS, 2012/13.54
- Figura 10 - Fitotoxicidade média (%) aos 14 (A) e 21 (B) DAT, avaliadas no híbrido Avaxi CL, em função da aplicação dos tratamentos herbicidas da mistura formulada de (imazapyr + imazapic), sob diferentes manejos de tratamentos de semente com dietholate: M1 – não houve TS e não houve aplicação clomazone, M2 – houve TS e não houve aplicação de clomazone, M3 – houve TS e aplicação de clomazone com formulação microencapsulada – CS (C) e M4 – houve TS e aplicação de clomazone com formulação concentrado emulsionável – CE. Capão do Leão, RS, 2012/13.....55
- Figura 11 - Fitotoxicidade média entre manejo de tratamento de sementes (A) e doses herbicidas (B) às plantas de arroz aos 28 DAT avaliadas no híbrido Avaxi CL, em função da aplicação dos tratamentos herbicidas da mistura formulada de (imazapyr + imazapic). Capão do Leão, RS, 2012/13.56
- Figura 12 - Estatura média (cm) de plantas de arroz irrigado aos 21 (A e B), 28 (C e D) e 35 (E e F) DAT avaliadas no híbrido Avaxi CL, em função da aplicação dos tratamentos herbicidas da mistura formulada de (imazapyr + imazapic) e do tratamento de sementes com dietholate: M1

– não houve TS e não houve aplicação clomazone, M2 – houve TS e não houve aplicação de clomazone, M3 – houve TS e aplicação de clomazone com formulação microencapsulada – CS (C) e M4 – houve TS e aplicação de clomazone com formulação concentrado emulsionável – CE. Capão do Leão, RS, 2012/13.57

Figura 13 – Massa Seca da Parte Aérea (MSPA) e Área foliar de plantas de arroz irrigado aos 35 DAT avaliadas no híbrido Avaxi CL, em função da aplicação dos tratamentos herbicidas da mistura formulada de (imazapyr + imazapic) e do tratamento de sementes com dietholate. Capão do Leão, RS, 2012/13.58

Figura 14 – Fotossíntese líquida (A e B), transpiração (C e D) e condutância estomática (E e F) avaliadas no híbrido Avaxi CL aos 14 DAT, em função da aplicação herbicida da mistura formulada de (imazapyr + imazapic) e do tratamento de sementes com dietholate: M1 – não houve TS e não houve aplicação clomazone, M2 – houve TS e não houve aplicação de clomazone, M3 – houve TS e aplicação de clomazone com formulação microencapsulada – CS (C) e M4 – houve TS e aplicação de clomazone com formulação concentrado emulsionável – CE. Capão do Leão, RS, 2012/13.60

Lista de Tabelas

- Tabela 1 - Descrição dos diferentes tratamentos utilizados. Centro Tecnológico do Chasqueiro, Arroio Grande, RS, 2013.....23
- Tabela 2 - Fitotoxicidade média (%) aos 07, 14, 21 e 28 (DAT), avaliadas nos híbridos de arroz irrigado Avaxi CL e Arize CL, em função da aplicação dos tratamentos herbicidas. Centro Tecnológico do Chasqueiro, Arroio Grande/RS, 2012/13.....24
- Tabela 3 – Controle de angiquinho em arroz irrigado aos 14, 21 e 28 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), híbridos Avaxi CL e Arize CL, em função da aplicação do herbicida (imazapyr + imazapic). Centro Tecnológico do Chasqueiro, Arroio Grande/RS, 2012/13.....26
- Tabela 4 – Controle de capim-arroz com suspeita de resistência em arroz irrigado aos 14, 21 e 28 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), híbridos Avaxi CL e Arize CL, em função da aplicação do herbicida (imazapyr + imazapic). Centro Tecnológico do Chasqueiro, Arroio Grande/RS, 2012/13.29
- Tabela 5- Descrição dos diferentes tratamentos utilizados. Centro Agropecuário da Palma, Capão do Leão, RS, 2011/12.37
- Tabela 6 - Estande inicial, colmos, número de panículas e massa de mil grãos de plantas de arroz irrigado após tratamentos herbicidas em função do tratamento de sementes com dietholate e épocas de semeadura do arroz irrigado. Capão do Leão, RS, 2011/12.44
- Tabela 7 - Descrição dos diferentes tratamentos utilizados. Capão do Leão, RS, 2012.52

Sumário

1 INTRODUÇÃO	13
2 CAPÍTULO I - Controle de plantas daninhas na cultura do arroz irrigado com a combinação de dietholate associado a clomazone e (imazapyr + imazapic)	17
2.1 Introdução	17
2.2 Material e Métodos.....	21
2.3 Resultados e Discussão.....	24
2.4 Conclusões	30
3 CAPÍTULO II - Tolerância a herbicidas da cv. IRGA 424 semeada em duas épocas com e sem protetor de Sementes.....	32
3.1 Introdução	32
3.2 Material e Métodos.....	35
3.3 Resultados e Discussão.....	37
3.4 Conclusões	47
4 CAPÍTULO III - Efeito da mistura formulada de (imazapyr + imazapic) nas características morfofisiológicas de arroz irrigado em função do tratamento de sementes com dietholate.	48
4.1 Introdução	48
4.2 Material e Métodos.....	50
4.3 Resultados e Discussão.....	53
4.4 Conclusões	62
5 CONCLUSÕES	63
6 REFERÊNCIAS.....	64
VITA.....	77

1 INTRODUÇÃO

O arroz é considerado uma das culturas mais importantes no mundo, sendo cultivado em todos os continentes, somando em torno de 158 milhões de hectares (ha) no ano 2012, com uma produção mundial de 465,8 milhões de toneladas (USDA, 2013). Ao contribuir com 23% de todas as calorias consumidas, torna-se um dos alimentos com melhor balanceamento nutricional, fornecendo 20% da energia e 15% da proteína per capita necessária ao homem, e por isso, está presente na alimentação de mais da metade da população mundial (LU, 2007).

O arroz é uma cultura extremamente versátil por se adaptar a diferentes condições de solo e clima e, ainda apresenta grande potencial para o combate a fome, principalmente nos países subdesenvolvidos e em desenvolvimento (RIDEELL; GUJJA, 2007).

O Brasil se destaca por ser o único país não asiático entre os dez maiores produtores de arroz, sendo responsável por 2% da produção mundial (FAO, 2012). A produção nacional média anual é de 13,6 milhões de toneladas (t) ocupando área média de 2,8 milhões de ha e alcançando produtividade média de 4,8t ha⁻¹, sendo essa produção oriunda de dois sistemas de cultivo, irrigado e sequeiro (CONAB, 2011).

Dentre os estados produtores de arroz destaca-se o Rio Grande do Sul, através do cultivo de arroz irrigado por inundação, atingindo uma área de 1,05 milhões de ha, com produtividade média de 7,44t ha⁻¹, representando 66% da produção nacional (IRGA, 2012). Isso decorre, especialmente, da utilização de cultivares com alto potencial produtivo e da adoção de tecnologias modernas dirigidas para produtividade e industrialização (NOLDIN et al., 2004; SCHWANKE et al., 2008). Entretanto, os patamares médios atingidos na lavoura ainda estão aquém da produtividade obtida por órgãos de pesquisa em lavouras experimentais de arroz irrigado. Este fato decorre, principalmente, do controle deficiente de plantas daninhas, que causam prejuízos quantitativos e qualitativos na produção do cereal.

A ausência de controle de plantas daninhas, na cultura do arroz, pode levar a uma redução na produtividade de grãos de 80 a 90% (ANDRES; MACHADO, 2004). Essa redução deve-se principalmente a danos diretos que as plantas daninhas exercem sobre a cultura pela competição por água, luz e nutrientes. Em relação a danos indiretos as plantas daninhas destacam-se por atuarem como hospedeiras alternativas de insetos e doenças e também por interferirem na colheita e no processamento industrial além de aumentarem o custo de produção através da utilização de práticas adicionais de controle (FLECK et al., 2008).

Atualmente, entre as tecnologias disponíveis para o controle de plantas daninhas, o controle químico, mediante o uso de herbicidas, tem sido o método mais amplamente utilizado na lavoura orizícola, em razão da sua grande praticidade de uso e eficiência no controle. Por haver similaridade morfofisiológica entre o arroz-vermelho e os genótipos convencionais de arroz irrigado, até poucos anos atrás, seu controle através do método químico não era possível. Porém, com o desenvolvimento da tecnologia Clearfield® (BASF, 2004) em arroz cultivado foi encontrada uma alternativa eficaz de manejo no controle de arroz-vermelho, pelo uso de plantas de arroz cultivado, tolerantes a herbicidas pertencentes ao grupo químico das imidazolinonas (SANTOS et al., 2007).

No mercado estão disponíveis genótipos de arroz tolerante as imidazolinonas, que podem ser divididos em duas classes, a primeira com tolerância e a segunda com tolerância avançada, tendo assim respostas diferenciadas à aplicação dos herbicidas (AVILA et al., 2005). Os genótipos tolerantes podem sofrer dano de fitotoxicidade com as doses recomendadas do herbicida, enquanto o genótipo com tolerância avançada suporta doses acima da dose recomendada sem demonstrar sintomas de fitotoxicidade. Assim, nas situações em que ocorre elevada fitotoxicidade em cultivares tolerantes (PELLERIN; WEBSTER, 2004; VILLA et al., 2006), pode resultar na redução da produtividade (STEELE et al., 2002; PELLERIN; WEBSTER, 2004).

Como alternativa ao uso de cultivares convencionais, existe a possibilidade de utilização de cultivares híbridas de arroz, que apresentam característica de aumento de heterose ou vigor híbrido, geralmente expressa em características como maior potencial produtivo de grãos e alta capacidade de perfilhamento. Atualmente, no mercado brasileiro existem opções de cultivares híbridas com a tecnologia Clearfield®, podendo destacar o Avaxi CL, Inov CL, Ecco CL (RiceTec Sementes) e

Arize CL (Bayer CropScience).

Para aumentar o espectro de controle nas plantas daninhas, o herbicida clomazone é utilizado em larga escala na pré-emergência e pós-emergência inicial do arroz irrigado por oferecer efeito residual. O clomazone é considerado um “pré-herbicida”, pois necessita das enzimas citocromo P₄₅₀ monooxigenases para tornar-se um herbicida ativo. De fato, o 5-ceto clomazone, metabólito resultante da oxidação do clomazone, em duas etapas, é que irá atuar na inibição da enzima DXP, impedindo assim a síntese de carotenoides (TENBROOK; TJEERDEMA, 2006, SENSEMAN, 2007).

O citocromo P₄₅₀ monooxigenases tem sua atividade inibida por alguns inseticidas. Com o intuito de aumentar a seletividade do herbicida clomazone, tem-se utilizado o tratamento de sementes com protetores de plantas através de produtos como o dietholate, e possivelmente outros organofosforados (phorate, malation, carbaril) que permitem aumentar as doses do clomazone aplicadas sobre a cultura sem causar fitotoxicidade às plantas sensíveis.

O dietholate (0,0-diethyl Ophenyl phosphorothioate) é um inseticida que foi registrado como protetor de sementes (*safaner*) para a ação do herbicida clomazone. Ele, pertence ao grupo químico éster do ácido fosfórico, registrado com o nome comercial de Permit Star[®] (800g i.a L⁻¹ de dietholate), e é recomendado na dose de 0,625L p.c para 100 kg de semente.

A utilização desses produtos culmina na inibição da enzima Citocromo P₄₅₀ monooxigenase, que normalmente é responsável pela detoxificação das moléculas de herbicidas em geral, mas no clomazone, ela é responsável pela oxidação (ativação) da molécula, tornando-o mais tóxico para as plantas que possuem maior capacidade de oxidação (YUN et al., 2005).

O uso de herbicidas isolados ou em associação podem causar injúrias sobre a cultura do arroz, com variação conforme o produto utilizado, dose, cultivar, da tecnologia adotada pelo produtor, dentre outros fatores. Nesse sentido, é necessário verificar se o tratamento de semente com dietholate interfere na seletividade de herbicidas utilizados em pós-emergência do arroz irrigado, principalmente os inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) como bispyribac-sodium, penoxsulam e os pertencentes ao grupo químico das imidazolinonas (imazethapyr, imazapyr, imazapic) que possuem a característica de serem metabolizados nas plantas via citocromo P₄₅₀ monooxigenases (YASOUR et al.,

2009). As referidas enzimas atuam na etapa inicial do metabolismo de herbicidas dando origem a um metabólito de baixa fitotoxicidade ou atóxico às plantas. Posteriormente, esses metabólitos podem sofrer modificações através de conjugações com glicose e glutatona, os quais são compartimentalizados em vacúolos e/ou incorporados às paredes celulares (VAN EERD et al., 2003).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi o de avaliar a tolerância de cultivares de arroz irrigado a herbicidas utilizados em pós-emergência da cultura com e sem a presença do protetor dietholate combinado com o herbicida clomazone.

2 CAPÍTULO I - Controle de plantas daninhas na cultura do arroz irrigado com a combinação de dietholate associado a clomazone e (imazapyr + imazapic)

2.1 Introdução

O cultivo de arroz irrigado é uma atividade que vem proporcionando elevada geração de divisas no comércio brasileiro e possui grande papel socioeconômico ao Estado do Rio Grande do Sul (RS) que atualmente, detém 66% da produção nacional em 1.053.200 ha de área semeada, na safra 2011/12 (IRGA, 2012).

Muitos foram os avanços para atingir a elevada média de produtividade que se situou, em torno, de 7,4t ha⁻¹, na safra 2011/12 (IRGA, 2012). Dentre estes, destacam-se algumas práticas de manejo que vêm sendo utilizadas nas lavouras do RS, como o emprego da tecnologia Clearfield[®]; utilização de tratamento de sementes com protetores que como, por exemplo, a prática Gamit[®]-Permit[®] que consiste no tratamento de sementes de arroz com o dietholate que protege a germinação, emergência e o crescimento inicial das plantas de arroz do herbicida clomazone, principalmente quando a aplicação for em pré-emergência da cultura; melhoria nos níveis de adubação; desenvolvimento de cultivares mais produtivas e semeadura efetuada na época correta, atendendo o calendário proposto pelo Instituto Rio Grandense do Arroz.

O arroz, como qualquer outra cultura agrícola, está sujeito a uma série de fatores do ambiente que, direta ou indiretamente, podem afetar a produtividade, a qualidade e o custo de produção. A ocorrência de plantas daninhas destaca-se como um dos principais fatores limitantes do potencial produtivo da cultura do arroz irrigado, sendo as perdas variáveis em função da espécie infestante, da intensidade de infestação, da competitividade da cultivar e das práticas de manejo adotadas na lavoura.

A permanência da lâmina de água, durante a maioria do período do ciclo da cultura, é recomendada para o arroz irrigado (IRGA, 2011), pois essa prática funciona como uma barreira física contra a emergência de plantas daninhas (FREITAS, 2004). Além disso, a elevada saturação do solo com água provoca alterações químicas e biológicas que resultam na maior disponibilização de alguns nutrientes presentes no solo (HERNÁNDEZ; MEURER, 2000; SILVA et al., 2003).

Entre as principais plantas daninhas das lavouras orizícolas do RS, destacam-se as Liliopsidas: arroz-vermelho (*Oryza sativa*), capim-arroz (*Echinochloa* spp.), tiririca (*Cyperus* spp.), capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*), grama-boiadeira (*Leersia hexandra* e *Luziola peruviana*), papuã (*Urochloa plantaginea*), milhã (*Digitaria* spp.) e as Magnoliopsidas: angiquinho (*Aeschynomene* spp.), erva-de-bicho (*Polygonum persicaria*) e corriola (*Ipomoea* spp.) (SOSBAI, 2012).

Em relação ao angiquinho, gênero *Aeschynomene*, no RS são encontradas 10 espécies (OLIVEIRA, 2002). Esse gênero é dividido em duas seções: *Ochopodium* Vog. e *Aeschynomene*, nesta última, as plantas são hidrófilas, ocorrendo em baixadas úmidas e sua presença, como infestante pode constituir sérios problemas em áreas de várzeas e áreas irrigadas por inundação, especialmente em lavouras de arroz (KISSMANN; GROTH, 1999). Essas plantas daninhas, além de causar perdas significativas de produtividade podem dificultar as operações de colheita tanto do arroz como da soja (LORENZI, 2000).

O arroz-vermelho é a espécie daninha que causa maiores danos à cultura do arroz irrigado, por apresentar similaridade morfológica, fisiológica e genética com o arroz cultivado. Assim, o arroz-vermelho ocupa o mesmo nicho ecológico da cultura, que resulta em elevada competição pelos recursos essenciais ao desenvolvimento da cultura (MATZENBACHER, 2012). Essa planta daninha pode ser considerada um dos principais limitantes do cultivo do arroz, em decorrência da elevada infestação em áreas de arroz irrigado, da redução da qualidade do produto a ser colhido, da redução na produtividade de grãos e da dificuldade de controle (MENEZES et al., 2009). O arroz-vermelho ocorre em praticamente todas as áreas produtoras de arroz do planeta, causando elevados prejuízos econômicos (LU; SNOW, 2005).

O capim-arroz também é uma das principais infestantes da cultura do arroz irrigado na região sul do Brasil, em função da capacidade competitiva e elevada infestação das áreas de produção (ANDRES et al., 2007; CONCENÇO et al., 2008; AGOSTINETTO et al., 2010). Essa planta daninha apresenta grande distribuição e

competitividade nos diversos sistemas de cultivo do arroz, decorrente de sua adaptação ao ambiente hidromórfico, associada à elevada produção de sementes, rápido crescimento inicial e ciclo fotossintético do tipo C4 (MARAMBE; AMARASINGHR, 2002; ANDRES; MACHADO, 2004). Uma planta de capim-arroz por metro quadrado pode reduzir o rendimento de grãos de arroz entre 5 e 22%, variando conforme a competitividade da cultivar e a época do início da irrigação (GALON et al, 2007). Em outro trabalho, a presença de uma planta por metro quadrado reduziu o rendimento de grãos da cultura do arroz entre 8,4 e 11,3%, quando o início da irrigação foi de 1 a 20 dias após o tratamento com herbicida, respectivamente (AGOSTINETTO et al., 2007).

Outro aspecto importante do gênero *Echinochloa* diz respeito ao desenvolvimento da resistência, tanto cruzada quanto múltipla a vários herbicidas recomendados para seu controle (ANDRES et al., 2007; CONCENÇO et al., 2008; TIRONI et al., 2009; GALON et al., 2009). A resistência múltipla do capim-arroz a herbicidas já foi documentada em diferentes locais do mundo, como, Malásia (RAHMAN et al., 2010), Estados Unidos (FISCHER et al., 2000; YASUOR et al., 2008; MALIK et al., 2010), Filipinas (JULIANO et al., 2010) e Espanha (LOPEZ-MARTINEZ et al., 1997).

O principal método de controle de plantas daninhas em arroz irrigado é o químico, em razão da eficiência, da praticidade e da economia com mão-de-obra (ERASMO et al., 2004). A introdução da tecnologia de produção Clearfield®, na safra 2004/05, proporcionou uma estratégia de manejo eficaz no controle de plantas daninhas, pelo uso de genótipos tolerantes aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas (SANTOS et al., 2007). Por outro lado, o uso consecutivo e indiscriminado da tecnologia selecionou populações resistentes de arroz-vermelho a estes herbicidas (MENEZES et al., 2009) e capim-arroz (MEROTTO JR. et al., 2009; ULGUIN et al., 2010; MARIOT et al., 2010).

A interação de herbicidas e cultura e também entre cultivares pode mostrar diferentes respostas em relação à seletividade. Em alguns casos, o uso de protetores de semente oferece a oportunidade de utilização de herbicidas não seletivos, ou não totalmente seletivos, reduzindo significativamente ou até mesmo anulando o nível de injúria à cultura.

Neste sentido, o tratamento de sementes com o protetor dietholate proporciona maior flexibilidade de doses, ou seja, possibilita um incremento na dose

do herbicida clomazone, melhorando a seletividade e conseqüentemente favorecendo a eficiência no controle de plantas daninhas, e, ainda, contribui no manejo da irrigação, devido o efeito residual, mantendo as plantas daninhas suscetíveis ao herbicida, sob controle, a espera do momento adequado para o início da irrigação.

O controle de plantas daninhas na cultura do arroz irrigado tem passado por um momento de transição, desde o lançamento de cultivares obtidas por técnicas de indução à mutação, que proporcionam tolerância às cultivares tratadas com herbicidas do grupo químico das imidazolinonas (arroz Clearfield®). Entretanto, o uso intensivo de herbicidas com mesmo mecanismo de ação pode ocasionar a seleção de indivíduos resistentes que se encontram naturalmente, na população infestante.

Os herbicidas utilizados na tecnologia Clearfield® pertencem ao grupo químico das imidazolinonas, que atuam inibindo a enzima acetolactato sintetase (ALS), essencial para a síntese de aminoácidos de cadeia ramificada valina, leucina e isoleucina (TAIZ; ZEIGER, 2009). A maioria desses herbicidas é caracterizada pela eficácia em baixas doses, pelo largo espectro de controle de plantas daninhas e pela longa persistência no solo (LOUX; REESE, 1993). Estes herbicidas são, em geral, móveis tanto no xilema como no floema, podendo ser absorvidos e transportados tanto a partir das folhas como das raízes, com níveis de velocidade variáveis entre os herbicidas desse mesmo grupo. Por outro lado, alguns autores têm demonstrado que pode ocorrer níveis significativos de fitotoxicidade apresentados por esses herbicidas, quando aplicados em pré-emergência nos estádios iniciais de desenvolvimento das plantas de algumas cultivares de arroz CL, ocasionados, até mesmo em dose recomendada para esta tecnologia (OTTIS et al., 2003; YOKOYAMA et al., 2003; VILLA et al., 2006).

No mercado estão disponíveis genótipos de arroz tolerante as imidazolinonas, que podem ser divididos em duas classes, a primeira com tolerância e a segunda com tolerância avançada, tendo assim respostas diferenciadas à aplicação dos herbicidas (AVILA et al., 2005). Os genótipos tolerantes podem sofrer dano de fitotoxicidade com as doses recomendadas do herbicida, enquanto o genótipo com tolerância avançada suporta doses acima da dose recomendada sem demonstrar quaisquer sintomas que possam ser visualizados. Assim, nas situações em que ocorre elevada fitotoxicidade à cultivar de arroz considerada tolerante (STEELE et al., 2002; PELLERIN; WEBSTER, 2004; VILLA et al., 2006), pode

resultar na redução de produtividade (STEELE et al., 2002; PELLERIN; WEBSTER, 2004).

Atualmente, em função da relativa facilidade obtida pelo controle químico e da não observância de alguns quesitos fundamentais em um programa de manejo seguro, tais como rotação de culturas ou de herbicidas na mesma cultura, com diferentes modos de ação, algumas espécies daninhas tornaram-se resistentes a esses herbicidas. Esta condição vem se agravando com a utilização, em larga escala, de sementes de arroz tolerante a imidazolinonas que podem transmitir a característica tolerante para espécies, até então consideradas suscetíveis. Como o herbicida clomazone apresenta diferente mecanismo de ação das imidazolinonas, o tratamento de sementes com dietholate faz do clomazone uma ferramenta segura em relação à seletividade para a cultura e pode contribuir de forma significativa para o manejo da resistência de plantas daninhas.

Diante do exposto, a hipótese do trabalho é que o uso do herbicida constituído pela mistura formulada de (imazapyr + imazapic) sobre arroz Clearfield®, associado ao tratamento prévio de sementes com dietholate e a aplicação em pré-emergência de clomazone é mais eficaz no controle de plantas daninhas que um desses produtos utilizados isoladamente, e, principalmente por se constituir numa prática aceitável para manejar plantas poáceas com suspeita de resistência a um dos dois grupos desses herbicidas.

Assim, o estudo teve por objetivo avaliar o controle de plantas daninhas (angiquinho, arroz-vermelho e capim-arroz) e a fitotoxicidade causada pela aplicação de diferentes doses da mistura formulada do herbicida (imazapyr + imazapic) sobre híbridos de arroz irrigado, tolerantes aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas.

2.2 Material e Métodos

O experimento foi realizado na estação de cultivo 2012/13, na área experimental de várzea pertencente ao Centro Tecnológico do Chasqueiro (CTC), localizado no município de Arroio Grande/RS. O solo é classificado como Planossolo Hidromórfico Eutrófico solódico, pertencente à unidade de mapeamento Pelotas (EMBRAPA, 2009).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial, com quatro repetições, onde o fator A foi composto pelo tratamento de sementes (TS) com dietholate e aplicação em pré-emergência do arroz a $2,0L\ ha^{-1}$ do herbicida clomazone 360 CS ($720g\ i.a\ ha^{-1}$), sendo que o primeiro manejo (M1) não foi realizado o TS e não houve a aplicação do clomazone, o segundo manejo (M2), foi realizado o TS com dietholate e não houve aplicação de clomazone e, por fim, o terceiro manejo (M3), TS com dietholate e aplicação de clomazone; o fator B foi composto por duas testemunhas (infestada e capinada) e dois tratamentos herbicidas da mistura formulada de (imazapyr + imazapic) (140 e $280g\ p.c.\ ha^{-1}$), denominados de K1 e K2, respectivamente. A maior dose (K2) foi fracionada, em duas meias doses, sendo uma delas aplicada em pré e a restante em pós-emergência do arroz; o fator C foi composto por duas cultivares de arroz híbridos: Avaxi CL e Arize CL.

O preparo da área seguiu a metodologia do sistema de cultivo convencional, com aração, gradagem e nivelção. As unidades experimentais foram compostas por parcelas de doze linhas de arroz espaçadas a $0,17m$, perfazendo área total de $11,22m^2$ ($2,04 \times 5,5\ m$).

Para haver homogeneidade na distribuição de plantas daninhas nas unidades experimentais foi semeado no momento do preparo do solo, sementes de angiquinho, arroz-vermelho e, também sementes de capim-arroz proveniente de plantas escapes, com suspeita de resistência aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas, coletadas em lavouras comerciais próximas ao município de Pelotas. A densidade de semeadura das plantas daninhas foi baseada no peso de 1000 sementes, de modo que as populações simulassem a média de condições de infestação encontradas na maioria das lavouras orizícolas.

A infestação de plantas daninhas na área onde foi alocado o experimento foi determinada a partir da contagem de plântulas germinadas/estabelecidas no momento da aplicação dos herbicidas em pós-emergência do arroz irrigado, onde foi determinada a média de 400 plântulas de capim-arroz, 23 de angiquinho e 10 de arroz-vermelho por metro quadrado.

A semeadura do arroz foi realizada no dia 25/10/2012, com semeadora de quinze linhas, em densidade de sementes que deveria proporcionar o estabelecimento de uma população de $150\ plantas.m^2$. A emergência da cultura ocorreu no dia 08/11/2012. A adubação de base foi realizada na linha de semeadura

conforme análise de solo (SOSBAI, 2012), sendo utilizados 350kg de fertilizante de fórmula 05-25-25. A adubação nitrogenada em cobertura foi realizada com uréia, e foi fracionada em dois momentos, sendo a primeira aplicação na quantidade correspondente a 70kg ha⁻¹ de N sobre o solo seco imediatamente antes da irrigação (30/11/2012) e 50kg ha⁻¹ de N antes da diferenciação do primórdio floral do arroz. A irrigação da área experimental foi realizada no dia 01/12/2012, ou seja, 23 dias após a emergência da cultura (DAE).

Os tratamentos herbicidas e a época de aplicação dos tratamentos encontra-se na tab. 1. A aplicação dos herbicidas, em pós-emergência, foi realizada quando as plantas daninhas se encontravam no estágio fenológico de três a quatro folhas, utilizando-se um pulverizador costal, pressurizado a CO₂, equipado com bico do tipo leque com ponta de pulverização 110.015, calibrado para aplicar 150L ha⁻¹ de calda herbicida.

As variáveis avaliadas foram fitotoxicidade da cultura aos 07, 14, 21 e 28 dias após aplicação dos tratamentos (DAT) e controle de plantas daninhas aos 14, 21 e 28 DAT. Os valores de controle e fitotoxicidade foram estimados visualmente, utilizando-se a escala percentual onde zero (0) correspondeu ausência de fitotoxicidade e controle, enquanto o nível cem (100) representou respectivamente, ao controle total das plantas daninhas e morte de todas as plantas cultivadas.

Os dados foram analisados quanto à normalidade e à homocedasticidade antes de serem, submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$). Os efeitos dos manejos e herbicidas foram avaliados pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) e o de cultivares pelo teste t ($p \leq 0,05$).

Tabela 1 - Descrição dos diferentes tratamentos utilizados. Centro Tecnológico do Chasqueiro, Arroio Grande, RS, 2013.

Tratamentos	Produtos	Ingrediente Ativo	Aplicações		
			M1	M2	M3
TI	Testemunha infestada		-	A	AB
TC	Testemunha capinada		-	A	AB
K1	Kifix ^{®1/}	(imazapyr + imazapic)	b	Ab	ABb
K2	Kifix [®]	(imazapyr + imazapic)	ab	Aab	ABab

^{1/} = 0,5% v/v de Dash[®]

A = tratamento de sementes com dietholate

B = aplicação em pré-emergência do arroz irrigado de 2,0L ha⁻¹ de clomazone (720g i.a ha⁻¹)

a = aplicação em pré-emergência do arroz irrigado de 140g p.c. ha⁻¹ da mistura formulada de (74g i.a ha⁻¹ imazapyr + 25 g i.a ha⁻¹ imazapic)

b = aplicação em pós-emergência do arroz irrigado de 280g p.c. ha⁻¹ da mistura formulada de (148g i.a ha⁻¹ imazapyr + 50 g i.a ha⁻¹ imazapic).

2.3 Resultados e Discussão

A análise estatística dos dados mostrou que não houve interação do fator cultivar com os demais fatores estudados. Os resultados da variável fitotoxicidade sobre as cultivares híbridas, em função dos tratamentos herbicidas aplicados, são encontrados na tab. 2.

Tabela 2 - Fitotoxicidade média (%) aos 07, 14, 21 e 28 (DAT), avaliadas nos híbridos de arroz irrigado Avaxi CL e Arize CL, em função da aplicação dos tratamentos herbicidas. Centro Tecnológico do Chasqueiro, Arroio Grande/RS, 2012/13.

Tratamentos	Dose	Manejos ^{1/}		
	(g i.aha ⁻¹)	M1	M2	M3
Fitotoxicidade (%) aos 07 DAT				
Testemunha infestada	---	0,0 aA ^{2/}	0,0 aA	0,0 aA
Testemunha capinada	---	0,0 aA	0,0 aA	0,0 aA
(imazapyr + imazapic)	74 + 25	5,0 aB	8,2 bB	12,5 cB
(imazapyr + imazapic)	148 + 50	10,0 aC	15,0 aC	15,7 bC
Fitotoxicidade (%) aos 14 DAT				
Testemunha infestada	---	0,0 aA	0,0 aA	0,0 aA
Testemunha capinada	---	0,0 aA	0,0 aA	0,0 aA
(imazapyr + imazapic)	74 + 25	6,9 aB	8,8 bB	12,5 cB
(imazapyr + imazapic)	148 + 50	13,1 aC	16,3 abC	19,9 bC
Fitotoxicidade (%) aos 21 DAT				
Testemunha infestada	---	0,0 aA	0,0 aA	0,0 aA
Testemunha capinada	---	0,0 aA	0,0 aA	0,0 aA
(imazapyr + imazapic)	74 + 25	5,0 aB	5,0 aB	9,4 bB
(imazapyr + imazapic)	148 + 50	11,9 aC	12,2 aC	13,8 aC
Fitotoxicidade (%) aos 28 DAT				
Testemunha infestada	---	0,0 aA	0,0 aA	0,0 aA
Testemunha capinada	---	0,0 aA	0,0 aA	0,0 aA
(imazapyr + imazapic)	74 + 25	0,0 aA	0,7 aA	6,3 bB
(imazapyr + imazapic)	148 + 50	5,0 aB	5,7 aB	8,2 aB

^{1/}Manejo M1 não foi realizado o TS e não houve a aplicação do clomazone; manejo M2 foi realizado o TS com dietholate e não houve aplicação de clomazone; e manejo M3 - TS com dietholate e aplicação de clomazone.

^{2/}Médias seguidas pela mesma letra maiúscula comparam tratamentos herbicidas dentro de cada manejo e cultivar híbrido (Tukey, 5%); minúscula, comparam os tipos de manejo dentro de cada herbicida e cultivar híbrido (Tukey, 5%).

Os resultados mostram, até 28 DAT, que as plantas de arroz sofreram injúrias em função da dose do herbicida e do tipo de manejo aplicados. Os níveis de fitotoxicidade cresceram com o aumento da dose de (imazapyr + imazapic) e principalmente no M3 onde ocorreu a associação deste com o herbicida clomazone. Também foi observado que os níveis de agressividade do herbicida as plantas de arroz, em função de dose e de manejo, diminuíram da primeira para a última avaliação. A injúrias desapareceram em M1 e M2 no tratamento K1 aos 28 DAT,

enquanto que em K2 permaneceram, porém em nível não superior a 5,7%. Logo, conforme o decréscimo dos níveis de fitotoxicidade observados dos sete para os 28 DAT é possível sugerir que ocorreu a completa recuperação das plantas injuriadas também no tratamento K2, independente do tipo de manejo adotado.

Ainda, com relação a resposta diferencial de fitotoxicidade entre K1 e K2 essa foi atribuída ao aumento da dose do herbicida (imazapyr + imazapic) e, principalmente, no manejo M3, onde, ocorreu aumento das injúrias pela associação entre os herbicidas clomazone e (imazapyr + imazapic).

Os resultados sobre controle de angiquinho encontram-se na tab. 3. A análise dos dados mostram que ocorreu interação entre os fatores herbicida e manejo. A diferença nos níveis de controle para essa planta daninha foi observada em relação a dose do herbicida (imazapyr + imazapic) na primeira avaliação (14 DAT) K2 superou o tratamento K1. Entretanto, já aos 21 DAT os controles observados em ambos os tratamentos passaram a ser equivalentes. Estes resultados indicam que o aumento da dose de 140 para 280g p.c. ha⁻¹ do herbicida (imazapyr + imazapic) somente acelerou a velocidade da ação do herbicida e que para controle de angiquinho a dose de 140g p.c. ha⁻¹ é suficiente para o controle desta planta daninha, independente do manejo considerado neste estudo.

Com relação aos manejos, até os 21 DAT, se observou também que a velocidade da ação herbicida foi M1 < M2 < M3. Entretanto, quando atingiu 28 DAT os manejos também se equivaleram como aconteceu com os tratamentos herbicidas. Nesta última ocasião se verificou que todos os tratamentos, independente de manejo atingiram elevados níveis de controle, uma vez que, se situaram no intervalo de 99 a 100%.

Na tecnologia Clearfield[®] de produção de arroz irrigado, o controle de angiquinho tem se mostrado insatisfatório em algumas lavouras comerciais (NOAL et al., 2005; LAZAROTO et al., 2008). Estudos realizados verificaram que a eficiência no controle de angiquinho reduziu à medida que ocorreu atraso na irrigação, juntamente com doses inferiores a 1,0L ha⁻¹ de imazethapyr + imazapic (MENEZES; MARIOT, 2007). No entanto, pesquisas com resultados distintos, indicam que herbicidas do grupo químico das imidazolinonas, geralmente são eficientes no controle de angiquinho, quando a aplicação dos mesmos é realizada no estágio fenológico de três a quatro folhas (VILLA et al., 2006; LAZAROTO et al., 2008; ANDRES; THEISEN, 2009).

Tabela 3 – Controle de angiquinho em arroz irrigado aos 14, 21 e 28 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), híbridos Avaxi CL e Arize CL, em função da aplicação do herbicida (imazapyr + imazapic). Centro Tecnológico do Chasqueiro, Arroio Grande/RS, 2012/13.

Tratamentos	Dose (g i.aha ⁻¹)	Manejos ^{1/}		
		M1	M2	M3
Controle (%) aos 14 DAT				
Testemunha capinada	---	100,0 aA ^{2/}	100,0 aA	100,0 aA
(imazapyr + imazapic)	74 + 25	94,3 bC	95,4 bC	98,9 aA
(imazapyr + imazapic)	148 + 50	97,1 bB	97,4 bB	99,3 aA
Controle (%) aos 21 DAT				
Testemunha capinada	---	100,0 aA	100,0 aA	100,0 aA
(imazapyr + imazapic)	74 + 25	97,6 bC	97,8 bC	99,3 aA
(imazapyr + imazapic)	148 + 50	98,6 aB	98,9 aB	99,5 aA
Controle (%) aos 28 DAT				
Testemunha capinada	---	100,0 aA	100,0 aA	100,0 aA
(imazapyr + imazapic)	74 + 25	98,9 bC	99,3 bB	100,0 aA
(imazapyr + imazapic)	148 + 50	99,3 bB	99,6 abAB	100,0 aA

^{1/}Manejo M1 não foi realizado o TS e não houve a aplicação do clomazone; manejo M2 foi realizado o TS com dietholate e não houve aplicação de clomazone; e manejo M3 - TS com dietholate e aplicação de clomazone.

^{2/}Médias seguidas pela mesma letra maiúscula comparam tratamentos herbicidas dentro de cada manejo e cultivar híbrido (Tukey, 5%); minúscula, comparam os tipos de manejo dentro de cada herbicida e cultivar híbrido (Tukey, 5%).

De acordo com a análise de variância, não houve interação entre manejo e herbicidas para o controle de arroz-vermelho (Fig. 1). Os resultados vistos, já a partir dos 14 DAT (Fig. 1A), mostram que os tratamentos K1 e K2 foram eficazes no controle de arroz-vermelho, uma vez que, nessa primeira avaliação haviam atingido valores superiores a 95%. A ação herbicida de (imazapyr + imazapic) evoluiu da primeira para a última avaliação e, assim como para o angiquinho, os valores de controle, aos 28 DAT (Fig. 1C), foram superiores a 99%. Logo, estes resultados suportam a indicação que o uso de dietholate e clomazone associado ao de (imazapyr + imazapic) nas doses utilizadas em quaisquer dos três manejos que foram testados neste trabalho, não interferem negativamente na eficácia destes inibidores da ALS. Dados obtidos em pesquisas semelhantes corroboram com os encontrados neste estudo, quando a eficácia da dose comercial da mistura de (imazapyr + imazapic) controlou de maneira eficiente esta planta daninha (SOUSA et al., 2010; SANTOS, 2012)

A suscetibilidade destes biótipos de arroz-vermelho ao herbicida (imazapyr + imazapic) indica que não ocorreu o cruzamento natural, entre o arroz-vermelho e o arroz cultivado tolerante as imidazolinonas, gerando biótipos de arroz-vermelho tolerantes aos herbicidas inibidores da enzima ALS, conforme mostram alguns trabalhos dirigidos para a área de plantas daninhas resistentes (GEALY; MITTEN;

RUTGER, 2003; RAJGURU et al., 2005; VILLA et al., 2006). Geralmente, a resistência aos herbicidas inibidores da ALS ocorre devido ao polimorfismo de um único nucleotídeo no gene da ALS, o que resulta em insensibilidade no local de ação do herbicida. Até este momento, foram identificadas oito mutações no gene ALS que conferem resistência à plantas daninhas (WHALEY; WILSON; WESTWOOD, 2007; IMAIZUMI et al., 2008; SALES et al., 2008; LAPLANTE et al., 2009; LAMEGO et al., 2011; MASSA; KRENZ; GERHARDS, 2011). Entretanto, o aumento do metabolismo dos herbicidas, resultando em rápida desintoxicação dos mesmos, também pode ser a causa da resistência destas plantas aos herbicidas inibidores da acetolactato sintetase (TRANEL; WRIGHT, 2002).

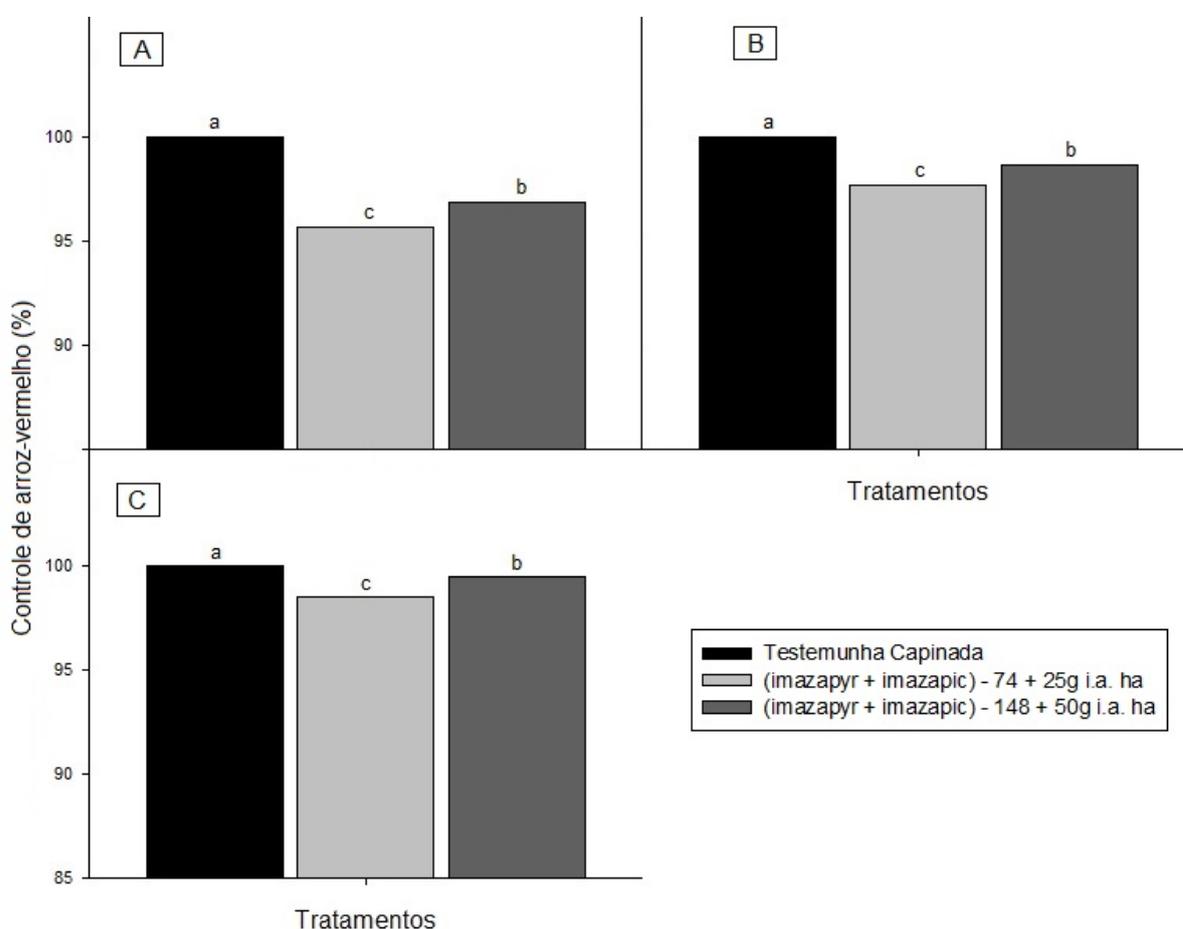


Figura 1 - Controle de arroz-vermelho em arroz irrigado aos 14(A), 21(B) e 28(C) dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), híbridos Avaxi CL e Arize CL, em função da aplicação do herbicida (imazapyr + imazapic). Centro Tecnológico do Chasqueiro, Arroio Grande/RS, 2012/13.

Inseticidas organofosforados são capazes de inibir a enzima citocromo P₄₅₀, principal responsável pela metabolização de alguns grupos de herbicidas (TARDIF;

POWLES, 1999). A aplicação de inseticidas, juntamente com o herbicida propanil, inibe a atividade das enzimas que detoxificam os herbicidas em plantas resistentes (LEAH et al., 1995), e assim as plantas são controladas. Por outro lado, é possível que alguns inseticidas organofosforados, como o metamidofós, não seja o melhor inibidor da P_{450} , que seria responsável pela suposta metabolização de alguns herbicidas em biótipos com resistência múltipla (BAERG et al., 1996; FERHATOGLU et al., 2005).

Os relatos da literatura sobre a interação de inseticidas organofosforados com herbicidas inibidores da ALS, mostram possibilidade de ausência na interação (JORDAN et al., 1993; ALLEN; SNIPES, 1995; SNIPES; SEIFERT, 2003) ou efeito sinérgico (ALLEN; SNIPES, 1995; SNIPES; SEIFERT, 2003). Já, quanto a interação com inibidores de carotenoides, podem apresentar ausência na interação (YORK et al., 1991; YORK; JORDAN, 1992) ou efeito antagonístico (YORK et al., 1991; YORK; JORDAN, 1992; CULPEPPER et al., 2001)

Na avaliação de controle de capim-arroz com suspeita de resistência (tab. 4) a análise mostra interação significativa entre os tratamentos herbicidas e os manejos utilizados. A comparação entre herbicidas dentro de cada manejo, aos 14 e 21 DAT, mostra que o tratamento K2, em M1 e M2, superou o tratamento K1. Porém, aos 28 DAT, foi observado que os níveis de controle se equivaleram, indicando que a velocidade da ação de (imazapyr + imazapic), além de outros fatores aqui, ainda não mencionados, também pode estar relacionada com a dose do herbicida. Com relação ao manejo foi observado que o M3 superou M1 e M2 em todas as avaliações realizadas evidenciando que a associação da ação dos herbicidas clomazone e (imazapyr + imazapic) acrescentou eficácia no controle de capim-arroz, em relação aos demais manejo estudados.

Muitos fatores determinam a eficácia de um herbicida, como as características físico-químicas e dose do herbicida, a espécie a ser controlada, o estádios de crescimento, desenvolvimento, a biologia da planta daninha, as técnicas de aplicação e os fatores ambientais, antes, no momento e após a aplicação dos herbicidas (OLIVEIRA et al., 2001). Vários fatores podem interferir negativamente na aplicação de herbicidas e conseqüentemente na eficácia do produto. Dentre eles, os fatores climáticos são os que têm sido mais citados pela literatura, como por exemplo, a temperatura ambiente, a umidade relativa do ar e do solo, a precipitação, a radiação solar, os ventos e o orvalho. Esses fatores interagem constantemente,

provocando diferenças nas condições ambientais durante o dia (SKUTERUD et al., 1998). Quando um ou mais fatores ambientais não são satisfatórios, a eficácia de controle do herbicida aplicado pode ficar comprometida (DEVINE et al., 1983).

O controle, acima de 95%, de capim-arroz observado em uma população mista dessa espécie, com plantas sensíveis e outras com suspeita de resistência aos herbicidas inibidores da ALS, obtido com a associação do tratamento de sementes com dietholate e aplicação em pré-emergência de 720g i.a ha⁻¹ de clomazone e mais a aplicação, em pós-emergência de (imazapyr + imazapic) (manejo M3) não deve ser a única alternativa de manejo a ser utilizada, pois através da repetição da mesma prática haverá aumento na pressão de seleção, podendo selecionar biótipos resistentes. A resistência múltipla do capim-arroz a herbicidas já foi documentada em diferentes locais do mundo, como Malásia (RAHMAN et al., 2010), Estados Unidos (FISCHER et al., 2000; YASUOR et al., 2008; MALIK et al., 2010), Filipinas (JULIANO et al., 2010) e Espanha (LOPEZ-MARTINEZ et al., 1997).

Tabela 4 – Controle de capim-arroz com suspeita de resistência em arroz irrigado aos 14, 21 e 28 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), híbridos Avaxi CL e Arize CL, em função da aplicação do herbicida (imazapyr + imazapic). Centro Tecnológico do Chasqueiro, Arroio Grande/RS, 2012/13.

Tratamentos	Dose	Manejos ^{1/}		
	(g i.aha ⁻¹)	M1	M2	M3
Controle (%) aos 14 DAT				
Testemunha capinada	---	100,0 aA ^{2/}	100,0 aA	100,0 aA
(imazapyr + imazapic)	74 + 25	81,9 bC	83,1 bC	91,3 aC
(imazapyr + imazapic)	148 + 50	85,0 bB	86,3 abB	93,8 aB
Controle (%) aos 21 DAT				
Testemunha capinada	---	100,0 aA	100,0 aA	100,0 aA
(imazapyr + imazapic)	74 + 25	83,2 bC	84,4 abC	95,5 aB
(imazapyr + imazapic)	148 + 50	86,9 bB	88,1 abB	98,4 aAB
Controle (%) aos 28 DAT				
Testemunha capinada	---	100,0 aA	100,0 aA	100,0 aA
(imazapyr + imazapic)	74 + 25	87,5 bB	87,5 bB	100,0 aA
(imazapyr + imazapic)	148 + 50	87,5 bB	87,5 bB	100,0 aA

^{1/}Manejo M1 não foi realizado o TS e não houve a aplicação do clomazone; manejo M2 foi realizado o TS com dietholate e não houve aplicação de clomazone; e manejo M3 - TS com dietholate e aplicação de clomazone.

^{2/}Médias seguidas pela mesma letra maiúscula comparam tratamentos herbicidas dentro de cada manejo e cultivar híbrido (Tukey, 5%); minúscula, comparam os tipos de manejo dentro de cada herbicida e cultivar híbrido (Tukey, 5%).

A eficácia dos tratamentos herbicidas testados está relacionada ao fato de que a mistura formulada de (imazapyr + imazapic) pertence ao grupo químico das imidazolinonas e atua inibindo a enzima acetolactato sintetase (ALS) que é essencial

para a síntese de aminoácidos de cadeia ramificada valina, isoleucina e leucina (TAIZ; ZEIGER, 2009). Dessa forma, ocorre a deficiência destes aminoácidos, o que provoca diminuição na síntese de proteínas e DNA, na divisão celular, na translocação de fotossintatos aos pontos de crescimento (SHANER; SINGH, 1993), fazendo com que ocorra a paralisação do crescimento das plantas levando-as a morte.

Também foi observado que, de uma maneira geral, em valores absolutos, ocorreu um acréscimo no controle das plantas daninhas (tab. 3 a 4 e Fig. 1) no decorrer das épocas de avaliação e, também, que o tratamento herbicida (imazapyr + imazapic) fracionado em pré e pós-emergência apresentou controle superior ao herbicida (imazapyr + imazapic) aplicado somente em pós-emergência, para todas as espécies avaliadas, em todas as épocas que se realizaram as avaliações.

No entanto, cabe ressaltar duas práticas de manejo que contribuíram para o elevado sucesso de controle das plantas daninhas estudadas; a aplicação dos herbicidas em estágio fenológico inicial das plantas daninhas e a irrigação imediatamente após a aplicação dos mesmos. Isto porque a sensibilidade aos herbicidas é maior em plantas daninhas jovens e a irrigação proporciona maior disponibilidade e absorção dos herbicidas pelas plantas. Além disso, a água atua como barreira física para a emergência de plantas daninhas, auxiliando no controle e evitando o surgimento de novas plantas (ANDRES; MACHADO, 2004; CONCENÇO et al., 2007; AGOSTINETTO et al., 2010).

2.4 Conclusões

Há equivalência de tolerância entre os híbridos Avaxi CL e Arize CL, em relação a dose e à mistura formulada dos herbicidas (imazapyr + imazapic).

O herbicida (imazapyr + imazapic) é seletivo para os híbridos Avaxi CL e Arize CL podendo ser recomendado, com segurança, para controle de plantas daninhas na tecnologia Clearfield®.

O herbicida (imazapyr + imazapic) é eficiente no controle de *Aeschynomene* spp., *Oryza sativa* L., aplicados no estágio de 3 a 4 folhas das plantas daninhas, na dose de 140g p.c. ha⁻¹.

A associação do tratamento de sementes com dietholate, a aplicação de 720g i.a ha⁻¹ de clomazone 360 CS em pré-emergência, e a aplicação de (imazapyr

+ imazapic) em pré e/ou pós-emergência do arroz irrigado é eficiente no controle de plantas escapes de *Echinochloa* spp. que não são controladas apenas com herbicidas inibidores da ALS.

3 CAPÍTULO II - Tolerância a herbicidas da cv. IRGA 424 semeada em duas épocas com e sem protetor de Sementes

3.1 Introdução

O arroz (*Oryza sativa* L.), juntamente com o trigo e o milho, é um dos principais alimentos da humanidade e também um dos mais produzidos no mundo (USDA, 2013). A utilização de cultivares com alto potencial produtivo, a época de semeadura precoce e o controle eficiente de plantas daninhas, como o arroz-vermelho, foram alguns dos fatores determinantes para o aumento de produtividade em arroz irrigado primeiramente, no estado de Santa Catarina (SC) e agora, também no Rio Grande do Sul (RS).

Dentre os fatores bióticos responsáveis pela redução de rendimento da cultura do arroz encontram-se as interferências negativas causadas pela infestação de plantas daninhas, que podem afetar de forma direta a produção, em função da competição por água, nutrientes, CO₂, luz, efeitos alelopáticos, dificuldade nas operações de colheita e, ainda, causando prejuízos indiretos, por serem hospedeiras de pragas ou agentes causadores de doenças e outros fatores que possam depreciar a qualidade final do produto (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000; FONTANA et al., 2007).

Estima-se que a redução causada pelas plantas daninhas na produção das culturas agrícolas no Brasil seja da ordem de 20 a 30%, podendo chegar até 90% em casos extremos. Para minimizar essas perdas, na maioria dos casos, tem sido usado o controle químico através da aplicação de herbicidas, como ocorre na cultura do arroz irrigado (ERASMO et al., 2004). Nessa cultura, a competição com plantas daninhas, se estas não forem controladas, pode acarretar perdas de aproximadamente 85% (FLECK et al., 2004). Dessa forma, a ocorrência de plantas daninhas nas lavouras de arroz irrigado é um dos fatores limitantes ao potencial de produtividade, sendo as perdas variáveis em função da espécie vegetal, da

população infestante, da cultivar de arroz e das práticas de manejo adotadas pelos orizicultores (GALON et al., 2007; FLECK et al., 2008).

A utilização de herbicidas para o controle de plantas daninhas pode agir de diversas formas na seletividade do herbicida a cultura. Dentre os fatores que determinam a seletividade encontram-se: i) fatores relacionados às características do herbicida ou ao método de aplicação como dose, formulação, localização espacial ou temporal do herbicida em relação à planta; ii) fatores relacionados às características das plantas como seletividade associada à retenção e à absorção diferencial (idade das plantas, cultivar, tamanho da semente ou estrutura de propagação vegetativa); seletividade associada a translocação diferencial e; seletividade associada ao metabolismo diferencial (detoxificação); iii) antídotos (OLIVEIRA, 2001; NICOLAI, 2004).

Os herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) como bispyribac-sodium, penoxsulam e metsulfuron-methyl possuem a característica de ser metabolizados nas plantas via citocromo P₄₅₀ monooxigenases (YASOUR et al., 2009). As referidas enzimas atuam na etapa inicial do metabolismo de herbicidas dando origem a um metabólito de baixa fitotoxicidade ou atóxico às plantas. Posteriormente, esses metabólitos podem sofrer modificações através de conjugações com glicose e glutatona, os quais são compartimentalizados em vacúolos e/ou incorporados às paredes celulares (VAN EERD et al., 2003).

A utilização de protetores vem conquistando destaque na lavoura orizícola, pois, além de viabilizar alguns herbicidas já existentes no mercado não seletivos à cultura, podem ampliar seu uso a outras culturas consideradas sensíveis (ALVES, 2004). Com objetivo semelhante, foi registrado para a cultura do arroz irrigado, o protetor dietholate, que permite ao arroz tolerar doses de clomazone acima da recomendação técnica para a cultura. O mecanismo envolvido nesta proteção está relacionado à inibição da enzima Citocromo P₄₅₀ nas plantas de arroz, fazendo com que não ocorra a ativação do “pré-herbicida” clomazone.

O uso do dietholate no tratamento de sementes confere às plantas oriundas dessas sementes tolerância a doses maiores de clomazone (KARAM et al., 2003), a maior tolerância a doses usuais é observada em solos mais leves. A enzima Citocromo P₄₅₀ monooxigenase nas plantas possui a função de detoxificação, porém, para a molécula de clomazone, essa enzima é a responsável pela sua

oxidação, tornando-a então mais tóxica às plantas que possuem maior capacidade de oxidação (YUN et al., 2005).

Devido as suas características físico-químicas, a seletividade do clomazone ao arroz irrigado é limitada. Essa limitação pode ser relacionada à dose aplicada, a cultivar semeada (SHERDER et al., 2004) e ao tipo de solo da área e do potencial de água no solo (LEE et al., 2004).

Em função de sua eficiência no controle de poáceas, o clomazone se tornou uma alternativa para o controle de espécies perenes e algumas plantas daninhas que apresentam resistência a mecanismos distintos dos inibidores de carotenoides. Porém, esse sistema envolve o tratamento de sementes com protetores de plantas como o dietholate e possivelmente com outros organofosforados (phorate, malation, carbaril) que permitem aumentar as doses do clomazone aplicadas sobre a cultura sem o acréscimo na fitotoxicidade.

Outro fator relevante que contribui para atingir o potencial produtivo das culturas é a época de semeadura precoce, que possibilita sincronizar a fase reprodutiva do arroz irrigado com a fase de maior incidência de radiação solar. No RS, a época ideal de semeadura é obtida em função do período de maior disponibilidade de radiação solar, que ocorre nos meses de dezembro e janeiro (STEINMETZ et al., 2001). A sincronia adequada entre o período de máxima disponibilidade de radiação com o estágio reprodutivo e formação de grãos é fundamental para a obtenção de elevadas produtividades devido à maior eficiência no aproveitamento do nitrogênio durante a microsporogênese (formação do grão de pólen) e enchimento de grãos (SATAKE, 1976; TERRES; GALLI, 1985; FREITAS et al., 2008).

Contudo, quando se efetua a semeadura precoce, a cultura é submetida ao estresse por baixa temperatura, o que pode dificultar o seu estabelecimento e reduzir a seletividade de herbicidas. Tal fato tem sido observado na metade sul do RS, onde as lavouras semeadas precocemente apresentam fitotoxicidade elevada causada mesmo por herbicidas seletivos. A seletividade se manifesta de diversas formas, por se tratar de uma combinação entre os fatores da cultura (espécies), herbicida e ambiente. Mesmo a espécie sendo tolerante a determinado ingrediente ativo, alterações fisiológicas e bioquímicas podem ocorrer como efeito secundário de herbicidas, ocasionando distúrbios bioquímicos e fisiológicos no metabolismo das plantas (SONG et al., 2007).

Diante do exposto, a hipótese do trabalho é que o tratamento de sementes de arroz com dietholate, associado com aplicação de clomazone em pré-emergência da cultura e a época precoce de semeadura do arroz irrigado, expõe as plantas de arroz a condições que causam maior toxicidade.

Assim, o estudo teve por objetivo avaliar a seletividade de herbicidas aplicados em pós-emergência (penoxsulam, bispyribac-sodium, profoxydim, cyhalofop-butyl e a mistura formulada de propanil + thiobencarb) em três manejos de tratamento de sementes com dietholate sobre a cultivar IRGA 424 em duas épocas de semeadura, precoce e tardia.

3.2 Material e Métodos

O estudo foi realizado em condições de campo, na estação de cultivo 2011/12, no Centro Agropecuário da Palma (CAP) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), localizado no município de Capão do Leão/RS. O solo é classificado como Planossolo Hidromórfico Eutrófico solódico, da unidade de mapeamento Pelotas (EMBRAPA, 2009).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial, com quatro repetições, onde o fator A foi composto por duas épocas de semeadura, baseadas no limite inferior e superior do zoneamento agroclimático para o cultivo do arroz no Estado do Rio Grande do Sul (SOSBAI, 2012). A primeira época foi instalada dia 28 de setembro (início do período recomendado) e a segunda época no primeiro dia do mês de novembro (final do período recomendado). O fator B foi constituído pelo tratamento de sementes (TS) com dietholate e aplicação em pré-emergência do arroz a $2,0L\ ha^{-1}$ do herbicida clomazone 360 CS ($720g\ i.a\ ha^{-1}$), sendo que o primeiro manejo (M1) não foi realizado o TS e não houve a aplicação do clomazone, o segundo manejo (M2), foi realizado o TS com dietholate e não houve aplicação de clomazone e, por fim, o terceiro manejo (M3), TS com dietholate e aplicação de clomazone; o fator C foi composto por seis tratamentos, sendo cinco tratamentos herbicidas e uma testemunha capinada (tab. 5).

As unidades experimentais foram compostas por parcelas de nove linhas espaçadas em 0,17m, perfazendo área total de $8,42m^2$ ($5,5 \times 1,53m$). O preparo de solo foi realizado no sistema de cultivo convencional. A cultivar de arroz utilizada foi a IRGA 424 na densidade de 300sementes m^{-2} . As sementes do manejo M2 e M3

foram previamente tratadas com o dietholate (Permit Star[®]) na dose de 0,625L p.c. por 100kg de semente. A adubação de base foi realizada na linha de semeadura conforme análise de solo (SOSBAI, 2012), sendo utilizados 300kg de fertilizante de fórmula 05-20-30, correspondendo a 15kg ha⁻¹ de nitrogênio (N), 60kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 90kg ha⁻¹ de K₂O. A adubação nitrogenada em cobertura foi realizada na forma de uréia (46-00-00), e foi fracionada em dois momentos, sendo a primeira aplicação na quantidade correspondente a 70kg ha⁻¹ de N sobre o solo seco imediatamente antes da irrigação e 50kg ha⁻¹ de N antes da diferenciação do primórdio floral do arroz. Os demais tratos culturais foram efetuados conforme as recomendações técnicas da pesquisa para o cultivo de arroz irrigado no Sul do Brasil (SOSBAI, 2012).

A área experimental possuía baixa infestação de plantas daninhas, sendo preparada após pousio de cinco anos. Antes da instalação de cada época de semeadura, realizou-se a dessecação da área com a aplicação do herbicida glyphosate na dose de 1440g i.a ha⁻¹. Os tratamentos herbicidas foram aplicados em pós-emergência do arroz, quando as plantas se encontravam em estado fenológico de três a quatro folhas. A aplicação foi realizada com auxílio de um pulverizador costal de precisão, pressurizado com CO₂, equipado com bico do tipo leque com quatro pontas de pulverização 110.015, espaçadas em 0,5m, calibrado para aplicar 150L ha⁻¹ de calda herbicida. Um dia após a aplicação dos herbicidas, efetuou-se a primeira adubação de cobertura com uréia e posteriormente se iniciou a irrigação.

O estande inicial foi determinado aos 14 dias após a emergência (DAE), através da contagem do número de plantas em um metro da linha de semeadura com população média estimada de 260plantas m². No mesmo local, antes da colheita, foi contado o número de panículas por metro quadrado e através da coleta de 10 panículas em sequência na linha de semeadura, determinou-se a esterilidade e a massa de mil grãos.

Para avaliar a produtividade de grãos, foi realizada colheita manual da área útil de cada parcela (4,76m²), quando os grãos atingiram umidade média de 22%. Este material foi submetido à trilha, pesagem e determinação da umidade de colheita dos grãos, sendo esta última corrigida para 13%, para estimativa da produtividade. Foram separadas de cada parcela, amostras de 500g, nas quais se determinou o teor de impurezas. Posteriormente, as amostras foram submetidas à secagem, com temperatura de 40°C.

Os dados obtidos foram analisados previamente quanto ao atendimento das pressuposições da análise de variância quanto à normalidade e homocedasticidade. Quando necessário, os dados foram transformados e submetidos à análise da variância ($p \leq 0,05$). O teste t ($p \leq 0,05$) foi utilizado para a comparação de épocas de semeadura e o de Tukey ($p \leq 0,05$) foi utilizado para comparação entre manejos e entre os tratamentos herbicidas.

Tabela 5- Descrição dos diferentes tratamentos utilizados. Centro Agropecuário da Palma, Capão do Leão, RS, 2011/12.

Tratamentos	Dose	Manejos		
	(g i.a ha ⁻¹)	M1	M2	M3
T1 - penoxsulam ^{1/}	174	a	Aa	ABa
T2 - bispyribac-sodium ^{2/}	97	a	Aa	ABa
T3 - profoxydim ^{3/}	560	a	Aa	ABa
T4 - cyhalofop-butyl ^{1/}	1268	a	Aa	ABa
T5 - propanil + thiobencarb	2820 + 1200	a	Aa	ABa
T6 - testemunha capinada	----	-	A	AB

^{1/} = acrescido de 1,0L ha⁻¹ do adjuvante VegetOil[®]

^{2/} = acrescido de 0,25% v/v de Iharaguen[®]

^{3/} = acrescido de 0,5% v/v de Dash[®]

A = tratamento de sementes com dietholate

B = aplicação em pré-emergência do arroz irrigado de 2,0L ha⁻¹ de clomazone (720g i.a ha⁻¹)

a = aplicação em pós-emergência dos tratamentos.

3.3 Resultados e Discussão

As interações entre épocas de semeadura e herbicidas foram detectadas aos 14, 21, 28 e 35 DAT (Fig. 3) enquanto que, na avaliação de 07 DAT (Fig. 2) não houve interação entre os fatores, porém ocorreram diferenças significativas para herbicidas e também para épocas de semadura.

Os resultados encontrados na Fig. 2A mostram que a época de semeadura teve influência sobre o desempenho da atividade herbicida e, em média, os níveis de fitotoxicidade nas aplicações realizadas no arroz semeado no mês de setembro foram superiores aos observados nas aplicações do mês de novembro. A reação das plantas tratadas foi identificada por injúrias que, em percentuais, se situaram em torno de 8,8 e 7,1%, respectivamente, na primeira e segunda épocas de aplicação (Fig. 2A). Já, quando a comparação é feita entre herbicidas, e estes com a testemunha capinada (Fig. 2B), os resultados mostram mais agressividade às plantas de arroz que receberam tratamentos com bispyribac-sodium (16,5%) ou

penoxsulam (15,6%). Eles superaram a fitotoxicidade de profoxydim, propanil + thiobencarb e cyhalofop-butyl, cujos níveis de agressividade não superaram 8,3; 5,5 e 1,8%, respectivamente.

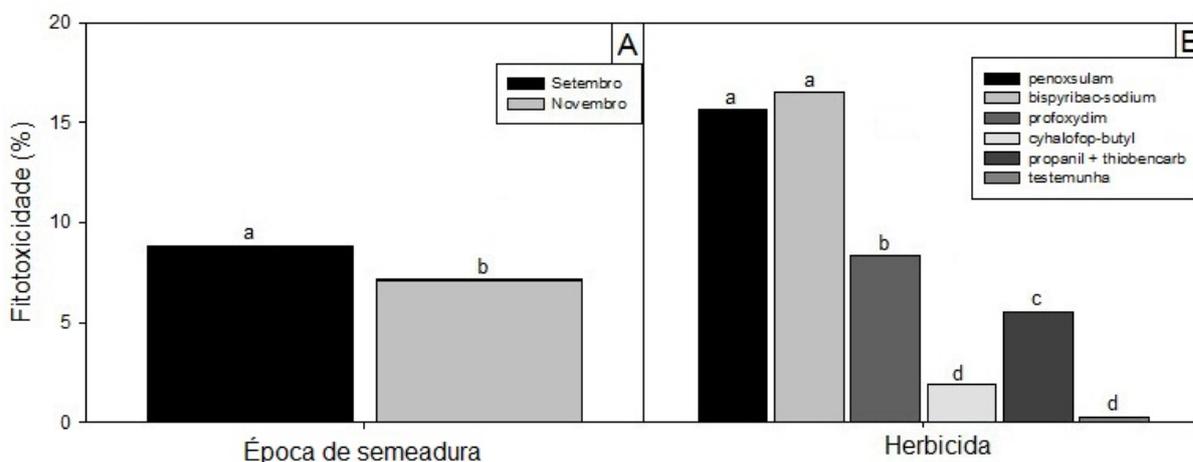


Figura 2 - Toxicidade média entre épocas de semeadura (A) e herbicidas (B) às plantas de arroz aos 07 dias após a aplicação dos tratamentos em arroz irrigado sob diferentes manejos de tratamentos de semente com dietholate. Capão do Leão, RS, 2011/12.

Na segunda avaliação de fitotoxicidade, realizada aos 14 DAT, ocorreram diferenças significativas entre herbicidas e herbicidas dentro de épocas de semeadura do arroz (Fig. 3A). Considerando a avaliação anterior, principalmente dentro da primeira época de semeadura, verifica-se que aqueles herbicidas que haviam sido mais ativos, aos 07 DAT, mantiveram aos 14 DAT o mesmo comportamento, inclusive aumentando a resposta nos níveis de fitotoxicidade nas plantas de arroz. Ainda, nesta avaliação aos 14 DAT, com relação a época de semeadura do arroz foi observado que na primeira época os herbicidas, bispyribac-sodium, profoxydim e propanil + thiobencarb, a semelhança da avaliação aos 07 DAT, eles mantiveram as maiores agressividades ao arroz, comparativamente aos outros tratamentos herbicidas. Nessa avaliação, para a primeira época de semadura, os efeitos fitotóxicos observados para bispyribac-sodium, profoxydim e propanil + thiobencarb foram respectivamente, de 24,6, 22,1 e 12,5% e na 2ª época esses valores foram reduzidos, na mesma ordem, para 14,2, 11,7 e 2,8%. Já, com relação as plantas tratadas com propanil + thiobencarb e cyhalofop-butyl na 2ª época de semeadura, as injúrias nelas observadas, foram consideradas nulas ou insignificantes.

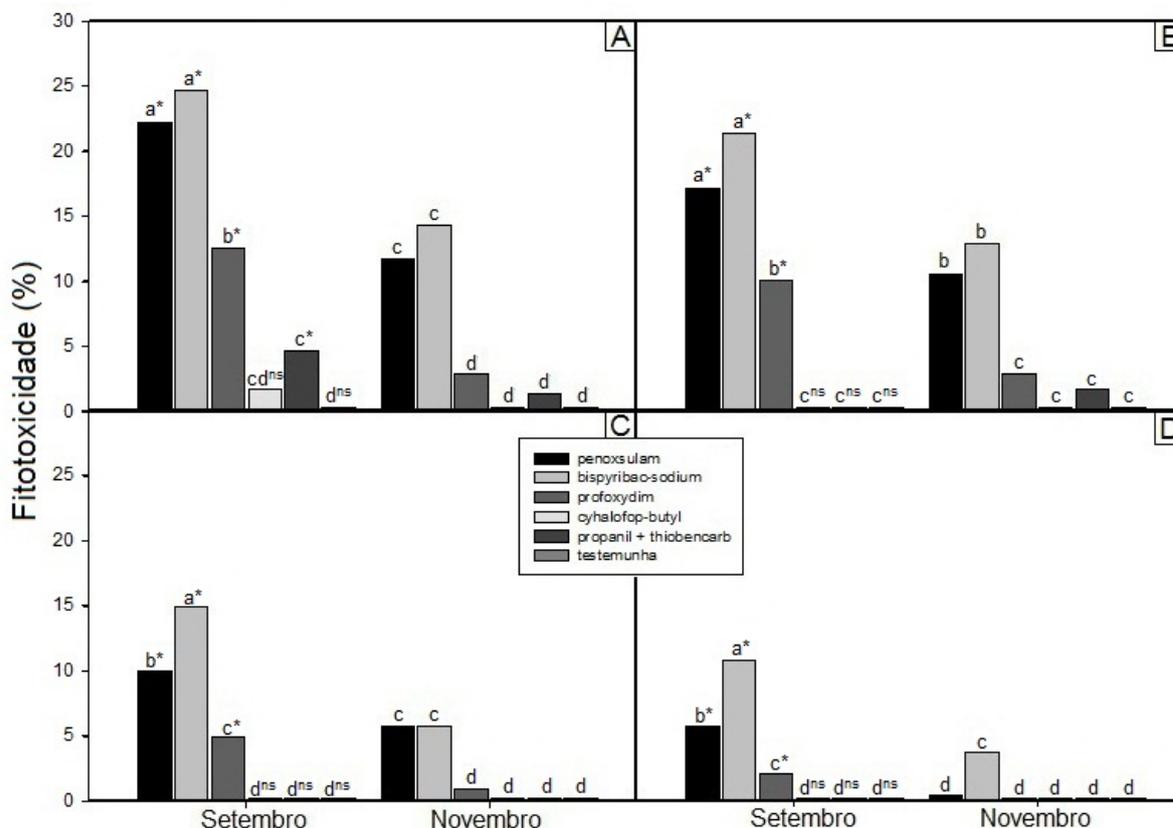


Figura 3 - Toxicidade média dos herbicidas às plantas de arroz aos 14 (A), 21 (B), 28 (C) e 35 (D) dias após a aplicação dos tratamentos em duas épocas de semeadura do arroz irrigado (setembro e novembro) sob diferentes manejos de tratamento de sementes com dietholate. Capão do Leão, RS, 2011/12.

Os resultados observados, aos 21 DAT (Fig. 3B), relativos ao acompanhamento de recuperação das plantas de arroz demonstram que na primeira época de semeadura, em muito pouco diminuíram os sintomas de fitotoxicidade no arroz comparativamente aos 14 DAT. O arroz semeado na primeira época continuou mostrando níveis de fitotoxicidade elevada nos tratamentos com bispyribac-sodium, penoxsulam e profoxydim, porém, na 2ª época os sintomas até então observados, decresceram significativamente e, proporcionalmente, mais para o tratamento com profoxydim que da 1ª para a 2ª época reduziu de 10 para 2,8%.

Dos 21 (Fig. 3B) para 28 (Fig. 3C) e daí para 35 DAT (Fig. 3D) passou a ocorrer maior aceleração no processo de recuperação das plantas afetadas pela interação da atividade herbicida com a época de semeadura do arroz. Nestes últimos resultados, observou-se que os 35 DAT não foram suficientes para que ocorresse a completa recuperação das plantas, em todos os tratamentos da primeira época de semeadura do arroz. Os tratamentos com bispyribac-sodium, penoxsulam

e profoxydim ainda mostravam plantas com injúrias que caracterizavam respectivamente, fitotoxicidade de 10,8; 5,8 e 2,1%. Já, na segunda época de semeadura do arroz, todos os tratamentos com herbicida se equivaleram ao tratamento testemunha mostrando, visualmente, que as plantas de arroz haviam se recuperado do estresse provocado pelo herbicida. Foi exceção o tratamento de bispyribac-sodium em que as plantas tratadas, ainda, apresentavam leves sintomas caracterizados por menores estatura e comprimento de raiz, avaliados em 3,8% a fitotoxicidade na comparação com as plantas do tratamento capinado.

Os resultados mostram que foi variável o nível de seletividade dos herbicidas testados no experimento em relação à tolerância da cultivar IRGA 424, sendo no bispyribac-sodium < penoxsulam < profoxydim. Aos resultados da diferença de seletividade inerente ao herbicida somam-se os da época de semeadura, uma vez que, a fitotoxicidade e a duração dos sintomas foram maiores na semeadura de setembro, principalmente nos tratamentos com herbicidas inibidores da ALS. Pesquisas na literatura corroboram com os resultados obtidos no presente estudo, ao avaliarem a seletividade de herbicidas em duas épocas de semeadura no município de Pelotas/RS. Neste sentido, Martini (2012), concluiu que houve decréscimo na seletividade dos herbicidas bispyribac-sodium, penoxsulam e clomazone devido à diminuição da taxa de detoxificação desses herbicidas em decorrência do estresse por baixas temperaturas. Da mesma forma, Kalsing (2012) concluiu que a época de semeadura da cultura influencia indiretamente a tolerância das plantas de arroz a herbicidas, sendo que semeaduras nas épocas antecipadas acarretam em maiores níveis de injúrias a cultura. Por se tratar de um processo enzimático, a intensidade da metabolização pode variar de acordo com a temperatura do ar a qual a planta está exposta (MILNER et al., 2007). Deste modo, é possível que um mesmo herbicida possa ser fitotóxico em certa condição e não causar dano em outra, em função da interação da temperatura do ar com a metabolização do mesmo na planta.

Os sintomas causados pelos herbicidas inibidores da ALS (penoxsulam e bispyribac-sodium) geralmente resultam na paralização do crescimento das partes aérea e radicular, clorose das folhas jovens, e surgimento posterior de coloração avermelhada nas nervuras da face abaxial, com posterior evolução para necrose das folhas (TAN et al., 2006; SENSEMANN, 2007). Da mesma forma, os herbicidas inibidores da ACCase (profoxydim e cyhalofop-butyl), que agem no processo

precursor da biossíntese de lipídios, podem causar, com menor intensidade, paralização no crescimento das partes aérea e radicular, e ainda, as folhas mais velhas podem apresentar sinais de senescência e troca de pigmento (clorose) (SENSEMANN, 2007; FERREIRA et al., 2008). Já, o propanil, inibidor do fotossistema II, provoca clorose foliar, em alguns casos, desidratação e necrose foliar (SENSEMANN, 2007). O herbicida thiobencarb nas gramíneas pode causar enrolamento longitudinal da bainha, ficando com a extremidade dessa presa ao coleótilo formando um laço (FERREIRA et al, 2008). Por fim, o herbicida clomazone causa nas plântulas após sua emergência o branqueamento das folhas seguido de uma eventual necrose (SENSEMANN, 2007). A expressão dos sintomas descritos acima permitiu a realização das avaliações de fitotoxicidade (Fig. 4).



Figura 4- Fitotoxicidade aos 14 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), avaliadas na cultivar IRGA 424, em função da aplicação dos tratamentos sob diferentes manejos de tratamentos de semente com dietholate: M1 (não foi realizado o TS e não houve a aplicação do clomazone); manejo

M2 (TS com dietholate e não houve aplicação de clomazone); e manejo M3 (TS com dietholate e aplicação de clomazone). Capão do Leão, RS, 2011/12.

A maior fitotoxicidade média foi observada na primeira época de semeadura (Fig. 2A e Fig. 3), pode estar relacionada com menores temperaturas médias e a menor radiação solar no período (Fig. 5), fatores que estão diretamente relacionados com os processos de absorção, translocação e metabolismo dos herbicidas, resultando em maior toxicidade às plantas de arroz. As baixas temperaturas ocasionam diminuição da fluidez de membranas, e decréscimo na taxa metabólica da planta, prejudicando a atividade de enzimas P_{450} monoxigenases (MURATA; LOS, 1997).

Efeitos negativos de estresses abióticos sobre as plantas podem ser explicados através de reações que prejudicam o desenvolvimento da cultura, como a diminuição da fotossíntese e o crescimento, associadas com a alteração do metabolismo do carbono e nitrogênio (LAW; CRAFTS-BRANDNER, 2001), produção de espécies reativas de oxigênio - EROs (GUO et al., 2006), tais como o radical superóxido, peróxido de hidrogênio, oxigênio singleto e radicais hidroxila. EROs causam peroxidação lipídica, senescência de membranas, danos as proteínas e ácidos nucleicos (GOMEZ et al., 1999), efeitos comuns em plantas submetidas a condições de estresse de baixas temperaturas (MORSY et al., 2007). No cloroplasto, as espécies reativas de oxigênio ocasionam a diminuição da atividade de importantes proteínas como a ATP sintase e ATPase vacuolar, explicando o decréscimo na taxa fotossintética e a diminuição do crescimento (NEILSON et al., 2010).

De acordo com a análise de variância, não houve interação entre os fatores estudados (época de semeadura, manejos de tratamento de sementes com dietholate e herbicidas) para estande inicial, massa de mil grãos, número de colmos e número de panículas por metro quadrado (tab. 6). De modo geral, em valores absolutos, os tratamentos herbicidas aplicados na primeira época de semeadura obtiveram maior número de panículas por metro quadrado, número de grãos por panículas e conseqüentemente, maior produtividade de grãos de arroz.

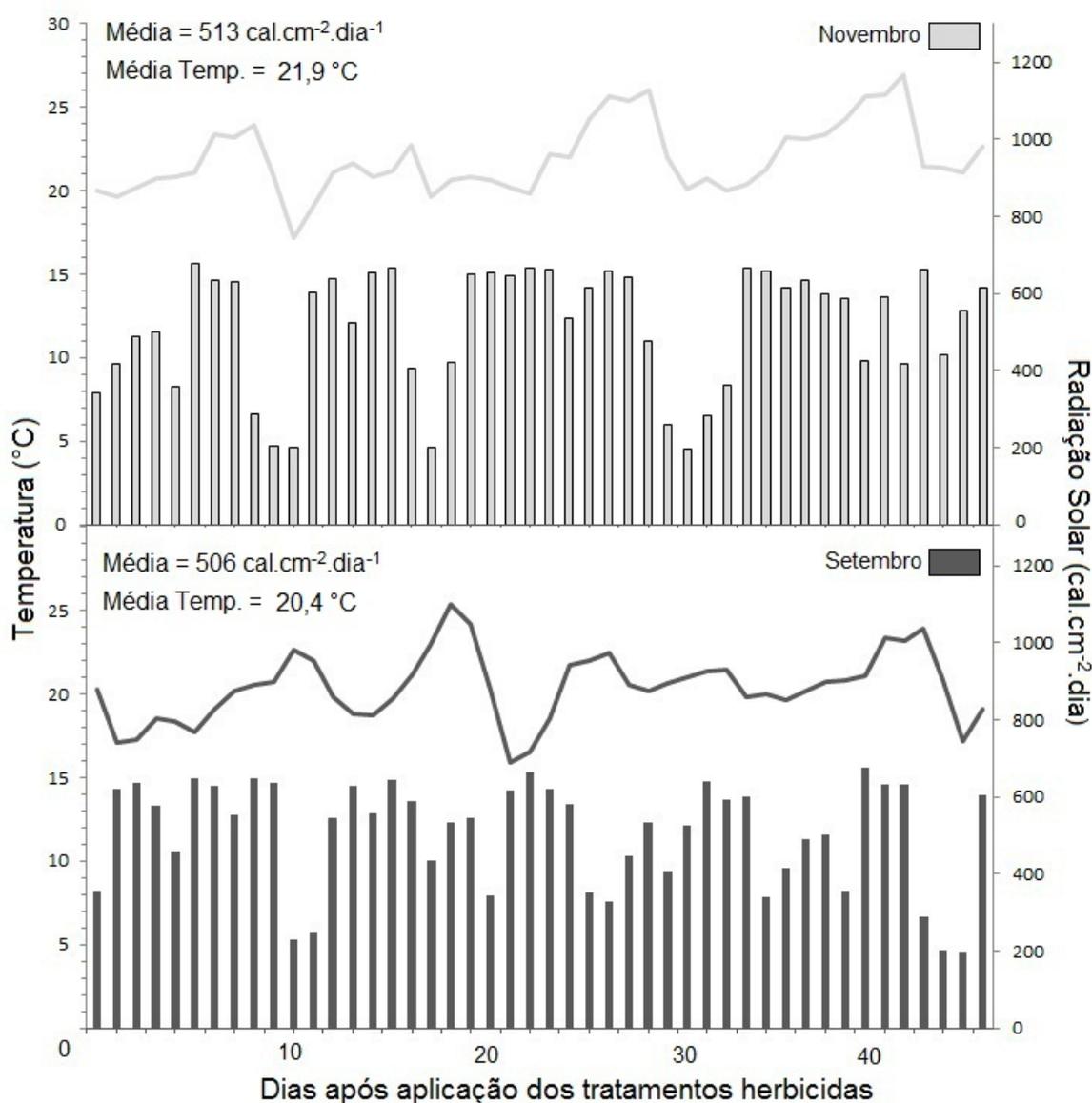


Figura 2 - Radiação solar (barras) e temperatura média diária do ar (linhas) em duas épocas de semeadura do arroz irrigado sob diferentes manejos de tratamento de sementes com dietholate, após aplicação dos tratamentos herbicidas. Capão do Leão, RS, 2011/12. Dados obtidos juntamente a Embrapa Clima Temperado Estação Terras Baixas.

Houve diferença significativa entre as épocas de semeadura e tratamentos herbicidas para a variável esterilidade de grãos (Fig. 6). A primeira época de semeadura apresentou os maiores valores médios de esterilidade de grãos (Fig. 6A) diferindo da segunda época de semeadura, com valores de 5,07 e 3,99%, respectivamente. Comparando o comportamento dos herbicidas (Fig. 6B) vê-se que o profoxydim diferiu do cyhalofop-butyl, ao apresentar a maior esterilidade de grãos, ao atingirem 5,59 e 3,62%, respectivamente. No entanto, a esterilidade de grãos não interferiu na produtividade (Fig. 7), pois esta variável não apresentou diferença para

tratamentos herbicidas, mas foi sensível para épocas de semeadura e para o tratamento de sementes com dietholate.

Tabela 6 - Estande inicial, colmos, número de panículas e massa de mil grãos de plantas de arroz irrigado após tratamentos herbicidas em função do tratamento de sementes com dietholate e épocas de semeadura do arroz irrigado. Capão do Leão, RS, 2011/12.

Herbicida	Dose	Estande Inicial	Colmos	Panículas	Massa de mil grãos
	(g i.a ha ⁻¹)	(plantas m ⁻²)	(plantas m ⁻²)	(n° m ⁻²)	(g)
penoxsulam	174	251 ^{ns1/}	579 ^{ns1/}	516 ^{ns1/}	24,6 ^{ns1/}
bispyribac-sodium	97	239	571	505	23,8
profoxydim	560	253	565	512	24,0
cyhalofop-butyl	1268	273	534	470	24,5
propanil+thiobencarb	2820 + 1200	282	564	510	24,4
testemunha capinada	---	251	559	495	24,3
setembro		264 ^{ns1/}	564 ^{ns1/}	503 ^{ns1/}	24,4 ^{ns1/}
novembro		251	561	500	24,1
Média		258	562	501	24,2
C.V. (%)		17,8	13,8	14,5	5,18

^{1/} Não significativo ($p \geq 0,05$).

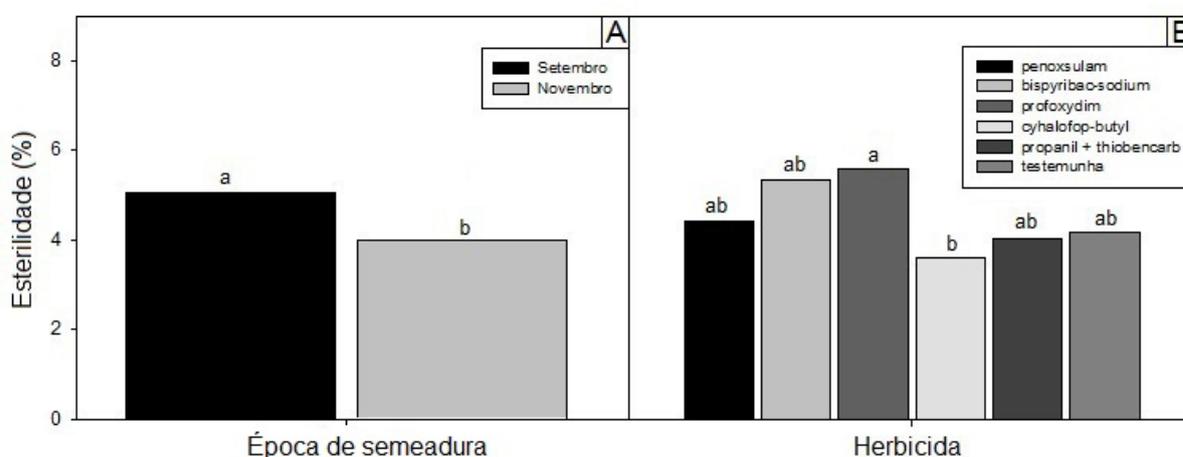


Figura 3 - Porcentagem média de esterilidade de grãos em duas épocas de semeadura (A) após aplicação de herbicidas (B) em arroz irrigado, cultivar IRGA 424, sob diferentes manejos de tratamentos de semente com dietholate. Capão do Leão, RS, 2012. Letras diferentes na coluna diferem pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Quanto à produtividade de grãos, a maior média foi obtida na primeira época de semeadura, atingindo valores de 10,7t ha⁻¹, diferindo da segunda época, que alcançou 9,7t ha⁻¹ (Fig. 7A). Este comportamento indica que as plantas de arroz conseguiram se recuperar da toxicidade causada pelos herbicidas (Fig. 3 e 4) que na maioria dos tratamentos, os sintomas mostraram maior visibilidade na primeira

época de semeadura. Relatos da literatura demonstram que a fitotoxicidade causada por herbicidas, em muitos casos, não afeta a produtividade, pois a cultura consegue detoxificar/metabolizar o herbicida ao longo do seu desenvolvimento (VILLA et. al, 2006; SANTOS, 2012). No entanto, algumas cultivares não conseguem detoxificar/metabolizar totalmente o herbicida aplicado, com isso acontece decréscimo na produtividade da cultura (SANTOS, 2012; PETTER et. al, 2012).

A produtividade de grãos também sofre influência da disponibilidade de radiação solar, principalmente nas fases reprodutiva que corresponde ao período que se estende da diferenciação do primórdio floral da panícula até a maturação fisiológica do grão (STANSEL, 1975; YOSHIDA; PARAO, 1976; STEINMETZ et al., 2001). Essa variável também pode ser afetada pela ocorrência de baixas temperaturas do ar, principalmente na formação do grão de pólen (microsporogênese), ocasionando esterilidade de espiguetas (SATAKE, 1976; TERRES; GALLI, 1985; FREITAS et al., 2008).

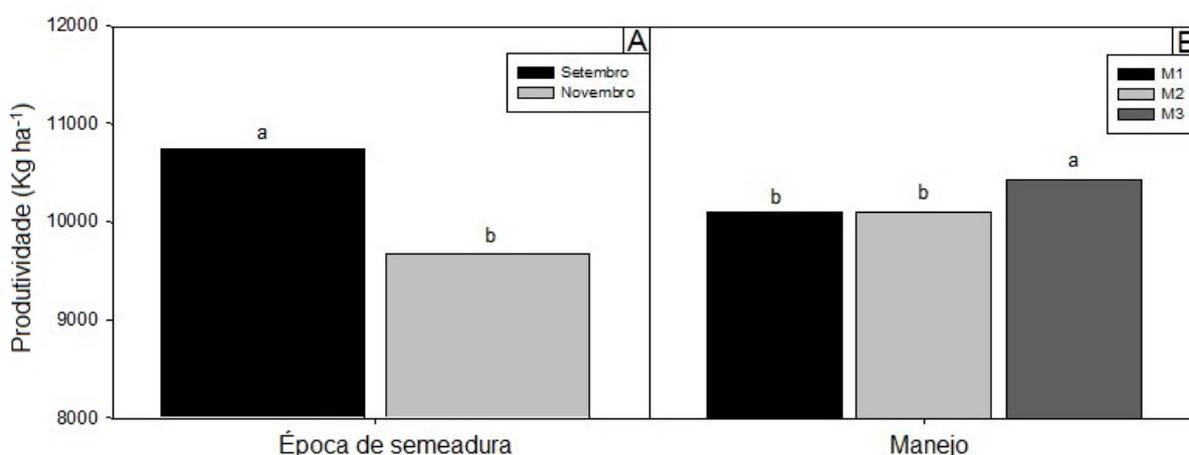


Figura 4 - Produtividade média da cultivar IRGA 424, após a aplicação de herbicidas em duas épocas de semeadura (A) do arroz irrigado, sob diferentes manejos de tratamento de sementes com dietholate: M1 (não foi realizado o TS e não houve a aplicação do clomazone); M2 (TS com dietholate e não houve aplicação de clomazone); e M3 (TS com dietholate e aplicação de clomazone)(B). Capão do Leão, RS, 2012. Letras diferentes na coluna diferem pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Nesse sentido, a maior produtividade média de grãos na primeira época de semeadura (Fig. 7A) pode estar relacionada com a maior radiação solar e temperaturas médias diárias no período do florescimento e enchimento de grãos (Fig. 8). A literatura em diversos estudos vincula época de semeadura como papel fundamental, na busca pelo aumento e estabilidade do rendimento de grãos (MARIOT et al., 2001, 2002, 2005, 2007; MENEZES et al., 2003; MARIOT;

MENEZES, 2008). Resultados semelhantes foram obtidos por Mariot (2009), que utilizou oito épocas (datas) de semeadura e seis genótipos de arroz irrigado, sendo quatro cultivares comerciais e duas linhagens, tendo como resultado principal cultivares apresentando maior potencial de produtividade de grãos quando semeadas desde as épocas antecipadas no mês de setembro até as preferenciais em outubro, dessa forma, coincidindo o florescimento com a maior incidência de radiação solar.

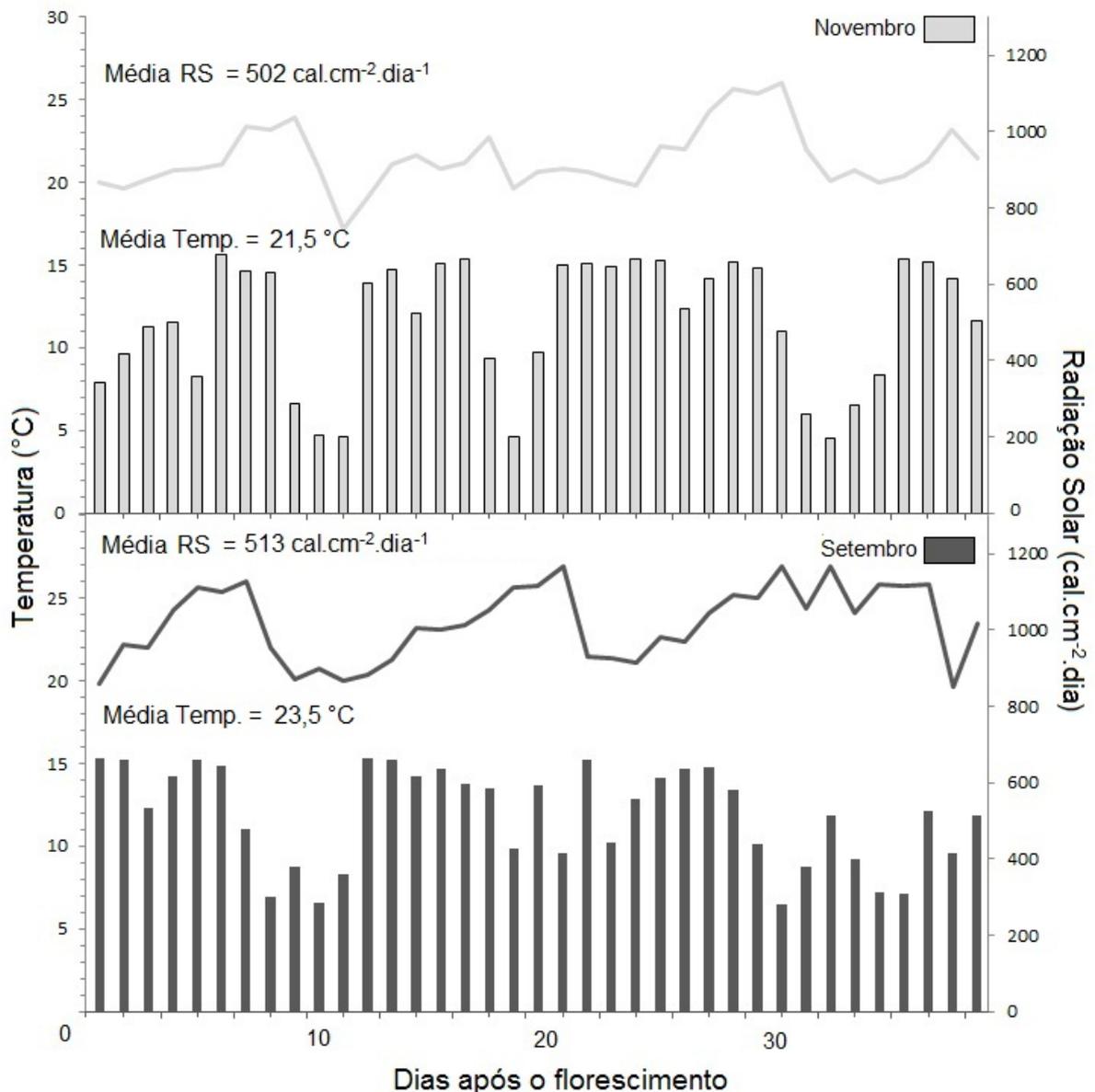


Figura 5 - Radiação solar (barras) e temperatura média diária do ar (linhas) em duas épocas de semeadura do arroz irrigado sob diferentes manejos de tratamento de sementes com dietholate, após o florescimento. Capão do Leão, RS, 2012. Dados obtidos juntamente a Embrapa Clima Temperado Estação Terras Baixas.

Os manejos de tratamento de sementes (com e sem dietholate) diferiram na variável produtividade de grãos, sendo que o manejo (M3) com dietholate e aplicação, em pré-emergência do arroz, de 720g i.a ha⁻¹ de clomazone alcançou a maior produtividade média, atingindo 10,4t ha⁻¹, seguido dos manejos M1 e M2, estes não diferindo entre si, com médias de 10,1t ha⁻¹. Este comportamento pode ser explicado porque de acordo com as características físico-químicas do herbicida clomazone, o mesmo possui efeito residual. Esta característica evita a reinfestação tardia da lavoura, principalmente quando os herbicidas aplicados em pós-emergência não possuem a características de ter residual, como é o caso dos herbicidas inibidores da ACCase (cyhalofop-butyl e profoxydim), herbicidas inibidores do FSII (propanil) e alguns inibidores da ALS como o bispyribac-sodium. Dessa forma, medidas de controle que eliminem até 99% da infestação podem não ser suficientes para evitar perdas de produtividade (AGOSTINETTO et al., 2007; PINTO et al., 2008). A ocorrência de uma planta de capim-arroz m⁻² pode reduzir a produtividade de 5 a 30%, em função da cultivar semeada e da época de entrada de água na lavoura (GALON et al., 2007; AGOSTINETTO et al., 2007).

A seletividade de herbicidas às culturas e a eficácia no controle de plantas daninhas caracterizam-se como pontos fundamentais na produção agrícola, por se conseguir a manutenção da cultura livre da competição com as plantas daninhas durante o período desejado, sem afetar de forma significativa o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade (OLIVEIRA, 2001).

3.4 Conclusões

A época de semeadura afeta a seletividade dos herbicidas bispyribac-sodium, penoxsulam e profoxydim na cultura do arroz irrigado, cultivar IRGA 424.

A aplicação, em pós-emergência dos herbicidas bispyribac-sodium, penoxsulam e profoxydim em arroz irrigado, cultivar IRGA 424, semeado no início da época recomendada (final de setembro), são mais fitotóxicos em relação a mesma cultivar semeada em novembro, porém, em ambas épocas de semeadura eles não causam redução significativa na produtividade de grãos.

A utilização de dietholate no tratamento de sementes da cultivar IRGA 424 não modifica a fitotoxicidade dos herbicidas bispyribac-sodium, penoxsulam, profoxydim, cyhalofop-butyl e da mistura formulada de (propanil + thiobencarb) quando comparados com tratamentos sem o tratamento de sementes.

4 CAPÍTULO III - Efeito da mistura formulada de (imazapyr + imazapic) nas características morfofisiológicas de arroz irrigado em função do tratamento de sementes com dietholate.

4.1 Introdução

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos três cereais mais produzidos e consumidos no mundo, ficando atrás apenas do trigo e do milho (USDA, 2013). Ele faz parte da dieta básica de aproximadamente 50% da população mundial (LUZZARDI et al., 2005), podendo ser considerado o alimento mais importante para a alimentação humana, pois, dentre essas três culturas, o arroz é a única que pode ser consumida diretamente, enquanto o trigo e o milho são processados pela indústria, ou são utilizados na alimentação animal (SHEEHY et al., 2007).

Dentre os fatores que limitam o potencial produtivo da cultura do arroz irrigado se destaca a competição com plantas daninhas. Entre essas espécies concorrentes o arroz-vermelho é a principal, pois pertence à mesma espécie e apresenta similaridades morfofisiológicas com a cultura (MENEZES et al., 2009).

Na atualidade, o principal método utilizado para o controle de plantas daninhas em lavouras de arroz irrigado é o químico, em função da praticidade, eficiência e menor custo quando comparado aos demais métodos disponíveis (FLECK et al., 2004). Nesse contexto, a tecnologia Clearfield® que é caracterizada pela utilização de cultivares tolerantes associadas ao uso de herbicidas do grupo químico das imidazolinonas é uma ferramenta eficaz no controle de arroz-vermelho e das principais plantas daninhas da lavoura orizícola.

Muitas vezes, o herbicida clomazone é utilizado em pré-emergência ou pós-emergência inicial da cultura para auxiliar no controle de plantas daninhas, pois este apresenta efeito residual (ANDRES; MACHADO, 2004). Devido ao seu mecanismo de ação, quando utilizado em pré-emergência, as plantas sensíveis necessitam emergir para que o herbicida possa exercer sua ação. Apesar de ser eficiente, sua

utilização em solos franco-arenosos a sua seletividade para a cultura é dependente da dose, pois quando os limites da dose ultrapassa a suportada pelo tipo de solo então se reflete negativamente no nível de tolerância da cultura ao herbicida, podendo causar danos significativos à produtividade da cultura.

Nesse sentido, o uso de herbicidas isolados ou em associação podem causar injúrias sobre a cultura do arroz, com variação conforme: o produto utilizado, a dose aplicada, a tolerância da cultivar, os fatores ambientais e de outros aspectos relativos a tecnologia adotada pelo produtor. Assim, os efeitos fitotóxicos dos herbicidas sobre a cultura não devem ser determinados somente pela aparência, uma vez que já são conhecidos exemplos de produtos que podem reduzir a produtividade das culturas sem causar efeitos, visualmente detectáveis. No entanto, outros herbicidas podem ocasionar injúrias acentuadas, que desaparecem com o desenvolvimento da cultura não comprometendo a produtividade (NEGRISOLI et al., 2004).

Portanto, se torna necessário avaliar os parâmetros fisiológicos da planta, pois vários são os fatores que influenciam direta ou indiretamente a fotossíntese. O déficit hídrico, o estresse térmico, a concentração interna e externa de gases, a composição e intensidade da luz são os principais desses parâmetros (CONCENÇO et al., 2008) somados a capacidade de condução e trocas gasosas pelos estômatos que é considerada a principal limitação da assimilação de CO₂ fotossintético (HUTMACHER; KRIEG, 1983).

Dentre as variáveis fisiológicas passíveis de análise, se destaca a taxa de transpiração, a taxa fotossintética e a condutância estomática. A transpiração na maioria das espécies vegetais, inclusive no arroz irrigado, é determinada por demanda climática relacionada à radiação solar, mecanismos fisiológicos relacionados com respostas estomáticas a fatores ambientais, índice de área foliar e disponibilidade de água no solo (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Da mesma forma, a condutância estomática pode ser entendida como o mecanismo fisiológico que as plantas terrestres vasculares possuem para o controle da transpiração (MESSINGER et al., 2006). Nesse contexto, a epiderme das folhas se encontra envolvida por uma cutícula relativamente impermeável, tanto ao vapor d'água quanto ao gás carbônico, e contém quantidades de estômatos variáveis, cuja resposta, mediante a regulação da condutância estomática, controla a transpiração da folha e é influenciada pela luz, pela concentração de gás carbônico atmosférico,

pela umidade e temperatura, ou seja, a condutância estomática é proporcional à transpiração, à fotossíntese líquida e ao potencial da água na folha (NAVES-BARBIERO et al., 2000).

Os efeitos da aplicação de herbicidas nos parâmetros fisiológicos das culturas estão sendo estudados em diversas culturas como o arroz (CONCENÇO et al., 2009; PIESANTI et al., 2012), cana-de-açúcar (GALON et al., 2010; TIRONI et al., 2012; TORRES et al., 2012), eucalipto (MACHADO et al., 2012), mandioca (FAUSTINO et al., 2012; CASTRO NETO, 2012; SILVEIRA et al., 2012), soja (ALMEIDA et al., 2012), entre outras.

Diante do exposto, a hipótese do trabalho é que o tratamento de sementes com dietholate interfere negativamente na seletividade da mistura formulada dos herbicidas (imazapyr + imazapic) para o arroz na tecnologia Clearfield®.

Assim, o estudo teve por objetivo avaliar os efeitos morfofisiológicos de diferentes doses da mistura formulada do herbicida (imazapyr + imazapic) em combinação com clomazone e dietholate sobre a variedade híbrida de arroz, Avaxi CL.

4.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), no município de Capão do Leão - RS, na estação de cultivo 2012/13. As unidades experimentais foram compostas por vasos de polietileno com capacidade de 1,5L. Os vasos foram preenchidos com solo classificado como Planossolo Hidromórfico Eutrófico solódico (EMBRAPA, 2009) previamente adubado conforme as recomendações para a cultura do arroz irrigado (SOSBAI, 2012).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial, com quatro repetições, onde o fator A foi composto pelo tratamento de sementes com dietholate (TS) e aplicação em pré-emergência do arroz do herbicida clomazone (720g i.a ha⁻¹). O manejo (M1) foi sem tratamento de sementes e sem a aplicação de clomazone; o manejo (M2) recebeu tratamento de sementes e também não foi aplicado clomazone em pré-emergência; o manejo (M3) além do tratamento de sementes com dietholate recebeu aplicação de clomazone na formulação microencapsulada (CS) e, por fim, no quarto manejo (M4) as sementes

foram também tratadas com dietholate e receberam a aplicação de clomazone na formulação concentrado emulsionável (CE); o fator B foi composto por oito doses da mistura formulada dos herbicidas (imazapyr + imazapic): a 0,75; 1,0; 1,25; 1,5; 1,75; 2,0; 2,25; e 2,5 vezes a dose comercial do herbicida Kifix[®] (140g p.c. ha⁻¹) e uma testemunha sem aplicação do herbicida (dose zero).

O dietholate (0,0-diethyl Ophenyl phosphorothioate) é um inseticida que foi registrado como protetor de sementes (*safaner*) para a ação do herbicida clomazone. Ele, pertence ao grupo químico éster do ácido fosfórico, registrado com o nome comercial de Permit Star[®] (800g i.a L⁻¹ de dietholate), e é recomendado na dose de 0,625L p.c para 100 kg de semente.

A semeadura ocorreu no dia 23 de outubro de 2012, utilizando-se oito sementes do híbrido Avaxi CL por vaso, semeadas na profundidade de 1 cm em relação a superfície do solo. A aplicação dos tratamentos herbicidas em pré-emergência do arroz ocorreu no dia 26 de outubro de 2012 e a dos pós-emergentes em 14 de novembro de 2012, quando as plantas apresentavam o estágio fenológico de quatro folhas. Nessa operação foi utilizado um pulverizador costal, pressurizado a CO₂, equipado com bico do tipo leque com ponta de pulverização XR 110.015, calibrado para aplicar 150L ha⁻¹, a ser pulverizado. No dia da aplicação dos herbicidas em pós-emergência foi realizado o desbaste das plantas de arroz a fim de manter a população constante de cinco plantas por vaso.

Os tratamentos herbicidas e a época de aplicação dos tratamentos encontram-se na tab. 7. A aplicação dos tratamentos foi realizada fora da casa-de-vegetação, onde os vasos ficaram por um período de 48 horas, para após, serem transferidos para o interior da mesma, evitando assim, a contaminação dos tratamentos através da volatilização do clomazone. A irrigação foi realizada a cada dois dias, a fim de manter a lâmina de água constante.

As variáveis determinadas foram: fitotoxicidade, estatura de plantas, massa seca da parte aérea (MSPA), índice de área foliar e outras variáveis que estão relacionadas à fotossíntese. As avaliações de fitotoxicidade foram realizadas visualmente, aos 14, 21 e 28 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), com base na escala percentual, em que zero representou ausência de dano e 100% morte das plantas (FRANS et al., 1986). A estatura de plantas, ou seja, a distância da base da planta entre a linha da superfície do solo até o ápice da folha mais

jovem. Essa variável foi medida aos 21, 28 e 35 DAT, com auxílio de régua, graduada em milímetros.

As variáveis, fotossíntese líquida (A), taxa de transpiração (E) e condutância estomática (gs), relacionadas à fotossíntese, foram determinadas aos 14 DAT através do analisador de gás infra-vermelho (IRGA, modelo LI-6400 XT). Essas avaliações foram realizadas, em casa de vegetação aberta, permitindo livre circulação do ar. Elas foram avaliadas no terço superior da planta, em uma folha completamente expandida sem sintomas visuais de intoxicação.

Aos 35 DAT, as plantas foram cortadas rente ao solo, identificadas e colocadas em caixas térmicas com gelo, para conservar a turgescência. Em seguida foi determinado o índice de área foliar por meio do integrador LI-COR (modelo LI-3100) e logo após, as amostras foram transferidas para uma estufa de circulação forçada de ar à temperatura de $60 \pm 5^\circ\text{C}$ até atingir massa constante, quando foram determinadas a massa da matéria seca da parte aérea (MSPA), em balança analítica.

Tabela 7 - Descrição dos diferentes tratamentos utilizados. Capão do Leão, RS, 2012.

Tratamento	Produto	Ingrediente Ativo	Dose	Aplicações			
			(g i.a ha ⁻¹)	M1	M2	M3	M4
TC	Testemunha capinada		---	-	Aa	ABa	ACa
K1 (0,75) ^{2/}	Kifix ^{®1/}	(imazapyr + imazapic)	55 + 18	a	Aa	ABa	ACa
K2 (1,00)	Kifix [®]	(imazapyr + imazapic)	74 + 25	a	Aa	ABa	ACa
K3 (1,25)	Kifix [®]	(imazapyr + imazapic)	92 + 31	a	Aa	ABa	ACa
K4 (1,50)	Kifix [®]	(imazapyr + imazapic)	110 + 37	a	Aa	ABa	ACa
K5 (1,75)	Kifix [®]	(imazapyr + imazapic)	129 + 43	a	Aa	ABa	ACa
K6 (2,00)	Kifix [®]	(imazapyr + imazapic)	147 + 49	a	Aa	ABa	ACa
K7 (2,25)	Kifix [®]	(imazapyr + imazapic)	165 + 55	a	Aa	ABa	ACa
K8 (2,50)	Kifix [®]	(imazapyr + imazapic)	184 + 61	a	Aa	ABa	ACa

^{1/} = 0,5% v/v de Dash[®]

^{2/} = x a dose comercial do herbicida Kifix[®]

A = tratamento de sementes com dietholate

B = aplicação em pré-emergência de 2,0L p.c. ha⁻¹ do herbicida clomazone 360 CS

C = aplicação em pré-emergência de 1,44L p.c. ha⁻¹ do herbicida clomazone 500 CE

a = aplicação em pós-emergência do herbicida (148g i.a ha⁻¹ imazapyr + 50 g i.a ha⁻¹ imazapic).

Os dados obtidos foram analisados previamente quanto ao atendimento das pressuposições da análise de variância (normalidade e homocedasticidade da variância) transformando-se quando necessário, e submetidos à análise da variância ($p \leq 0,05$). Os efeitos de manejos de tratamento de sementes com dietholate foram

analisados pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) e os efeitos de dose por modelo de regressão polinomial quadrática ($p \leq 0,05$) (SIGMAPLOT, 2007). A escolha dos modelos foi baseada na significância estatística (teste F), no ajuste do coeficiente de determinação (R^2) e no significado biológico do modelo, conforme o proposto por Adati et al. (2006).

4.3 Resultados e Discussão

A primeira variável avaliada na condução do experimento foi o efeito fitotóxico dos herbicidas nas plantas de arroz que podiam ser visualmente identificados através de sintomas característicos atribuídos a cada um dos químicos utilizados (Fig. 9). A mistura formulada de herbicidas do grupo químico das imidazolinonas, inicialmente, causou clorose das folhas jovens, com posterior evolução para necrose das folhas. Reações semelhantes aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas, nessa e em outras culturas, também foram observadas por outros autores que realizaram estudos com esses herbicidas (TAN et al., 2006, SENSEMANN, 2007). Já, com relação aos sintomas atribuídos ao herbicida clomazone foi observado branqueamento das folhas seguido de necrose. Esses sintomas são característicos da fitotoxicidade apresentada por herbicidas inibidores da síntese de carotenos e, quando os danos são severos podem causar a morte das plantas (SENSEMANN, 2007).

A análise da variância demonstrou interação significativa entre o fator manejo e dose herbicida para a variável fitotoxicidade, aos 14 e 21 DAT (Fig. 10). Na avaliação de fitotoxicidade realizada aos 14 DAT, os resultados se ajustaram a modelos quadráticos cujos valores do coeficiente de determinação (R^2) foram 0,97 independentes do manejo utilizado, indicando ajuste dos dados ao modelo (Fig. 10A). Os resultados mostraram que o herbicida Kifix[®], na mistura formulada de imazapyr a 74g i.a ha^{-1} + 25g i.a ha^{-1} de imazapic (dose de registro) apresentou fitotoxicidade de 4,5; 7,25; 12,75 e 14,25%, respectivamente, aos manejos M1, M2, M3 e M4. Nessa primeira avaliação, os níveis de fitotoxicidade observadas cresceram com a dose e também com manejo adotado, $M1 < M2 < M3 < M4$. O manejo M1 também nos indica que o tratamento de semente com dietholate não interferiu na seletividade do herbicida (imazapyr + imazapic).

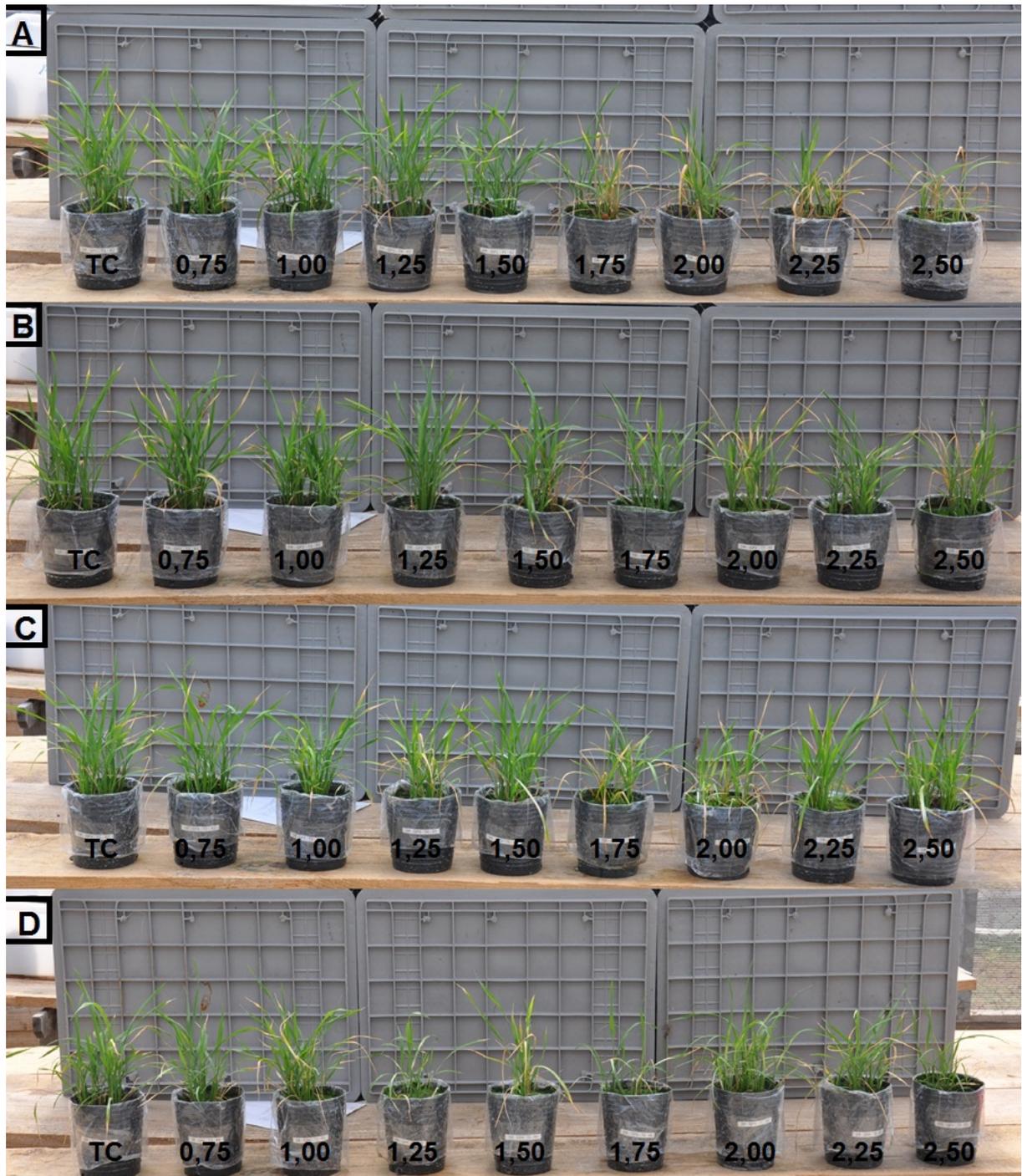


Figura 6 - Fitotoxicidade aos 14 dias após aplicação dos tratamentos (DAT), avaliadas no híbrido Avaxi CL, em função da aplicação dos tratamentos herbicidas da mistura formulada de (imazapyr + imazapic), sob diferentes manejos de tratamentos de semente com dietholate: M1 – não houve TS e não houve aplicação clomazone (A), M2 – houve TS e não houve aplicação de clomazone (B), M3 – houve TS e aplicação de clomazone com formulação microencapsulada – CS (C) e M4 – houve TS e aplicação de clomazone com formulação concentrado emulsionável - CE (D). Capão do Leão, RS, 2012/13.

A avaliação dos 21 DAT (Fig. 10B), mostrou comportamento similar a anterior. Os resultados também se ajustaram a modelos quadráticos cujos valores do coeficiente de determinação (R^2) variaram entre 0,96 e 0,98. Não ocorreram variações significativas nos níveis de fitotoxicidade dos 14 para os 21 DAT. Entretanto houve uma tendência a decrescerem os sintomas em todas as doses e manejos. Também foi observado que junto com o crescimento da dose, em geral, as maiores injúrias observadas no arroz foram superiores nos manejos M3 e M4 comparativamente aos manejos M1 e M2.

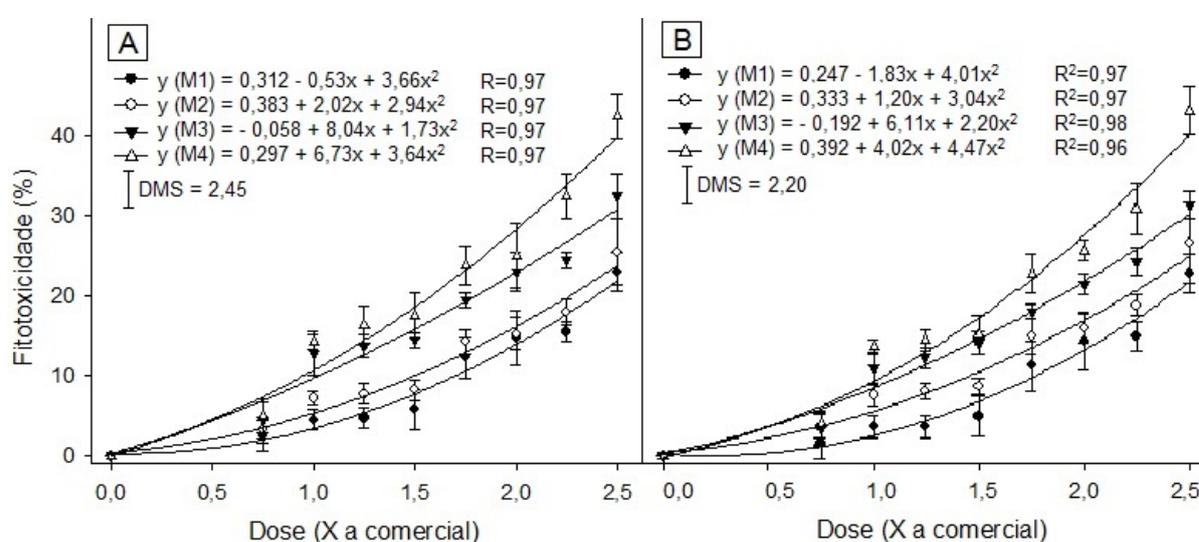


Figura 7 - Fitotoxicidade média (%) aos 14 (A) e 21 (B) DAT, avaliadas no híbrido Avaxi CL, em função da aplicação dos tratamentos herbicidas da mistura formulada de (imazapyr + imazapic), sob diferentes manejos de tratamentos de semente com dietholate: M1 – não houve TS e não houve aplicação clomazone, M2 – houve TS e não houve aplicação de clomazone, M3 – houve TS e aplicação de clomazone com formulação microencapsulada – CS (C) e M4 – houve TS e aplicação de clomazone com formulação concentrado emulsionável – CE. Capão do Leão, RS, 2012/13.

Na avaliação de 28 DAT (Fig. 11) não houve interação entre os fatores, porém ocorreram diferenças significativas para manejos de tratamento de sementes e para doses herbicidas. Os resultados encontrados na Fig. 11A demonstram que a fitotoxicidade se manteve superior nos manejos M4 e M3, com valores médios de 9,6 e 9,2% respectivamente. Entretanto, os valores observados dos 21 para os 28 DAT mostram que houve uma crescente recuperação das plantas afetadas. Nessa avaliação, os resultados evidenciam que as injúrias que ainda se mantinham eram principalmente em função do acréscimo na dose do herbicida (Fig. 11B).

De maneira geral, foi observado que os níveis de fitotoxicidade do herbicida às plantas de arroz, em função de dose e de manejo, diminuíram da primeira (14 DAT - Fig. 10) para a última avaliação (28 DAT - Fig. 11).

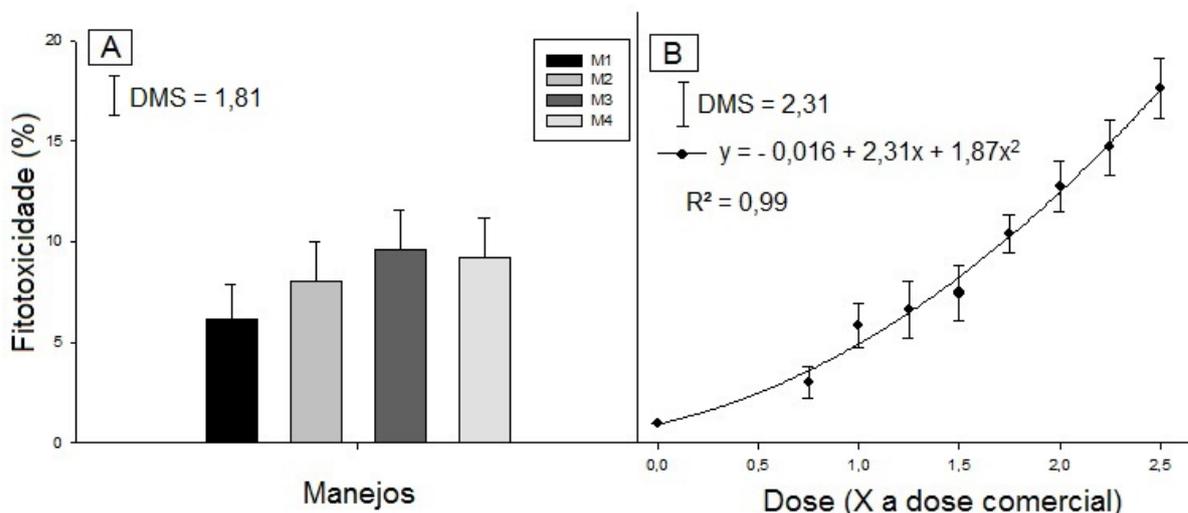


Figura 8 - Fitotoxicidade média entre manejo de tratamento de sementes (A) e doses herbicidas (B) às plantas de arroz aos 28 DAT avaliadas no híbrido Avaxi CL, em função da aplicação dos tratamentos herbicidas da mistura formulada de (imazapyr + imazapic). Capão do Leão, RS, 2012/13.

Para as avaliações de estatura de plantas de arroz (21, 28 e 35 DAT), não houve interação entre os fatores, mas houve diferença entre os manejos aos 21 e 28 DAT (Fig. 12A e 12C) e entre doses do herbicida (imazapyr + imazapic) aos 21, 28 e 35 DAT (Fig. 12B, 12D e 12F). A estatura média de plantas, observada nos manejos M3 e M4, até os 28 DAT (Fig. 12A e 12C), é menor em comparação aos manejos M1 e M2. No entanto, quando a avaliação é realizada aos 35 DAT (Fig. 12E) o comportamento se modifica, e desaparecem essas diferenças indicando que as plantas haviam se recuperado das injúrias causadas pelo herbicida clomazone. A avaliação das doses herbicidas até os 35 DAT (Fig. 12B, 12D e 12F) os resultados se ajustaram a modelos quadráticos cujos valores do coeficiente de determinação (R^2) variaram entre 0,95 e 0,97, indicando ajuste dos dados ao modelo. A curva que representa os resultados mostra que há redução significativa na estatura média das plantas com o aumento da dose do herbicida (imazapyr + imazapic).

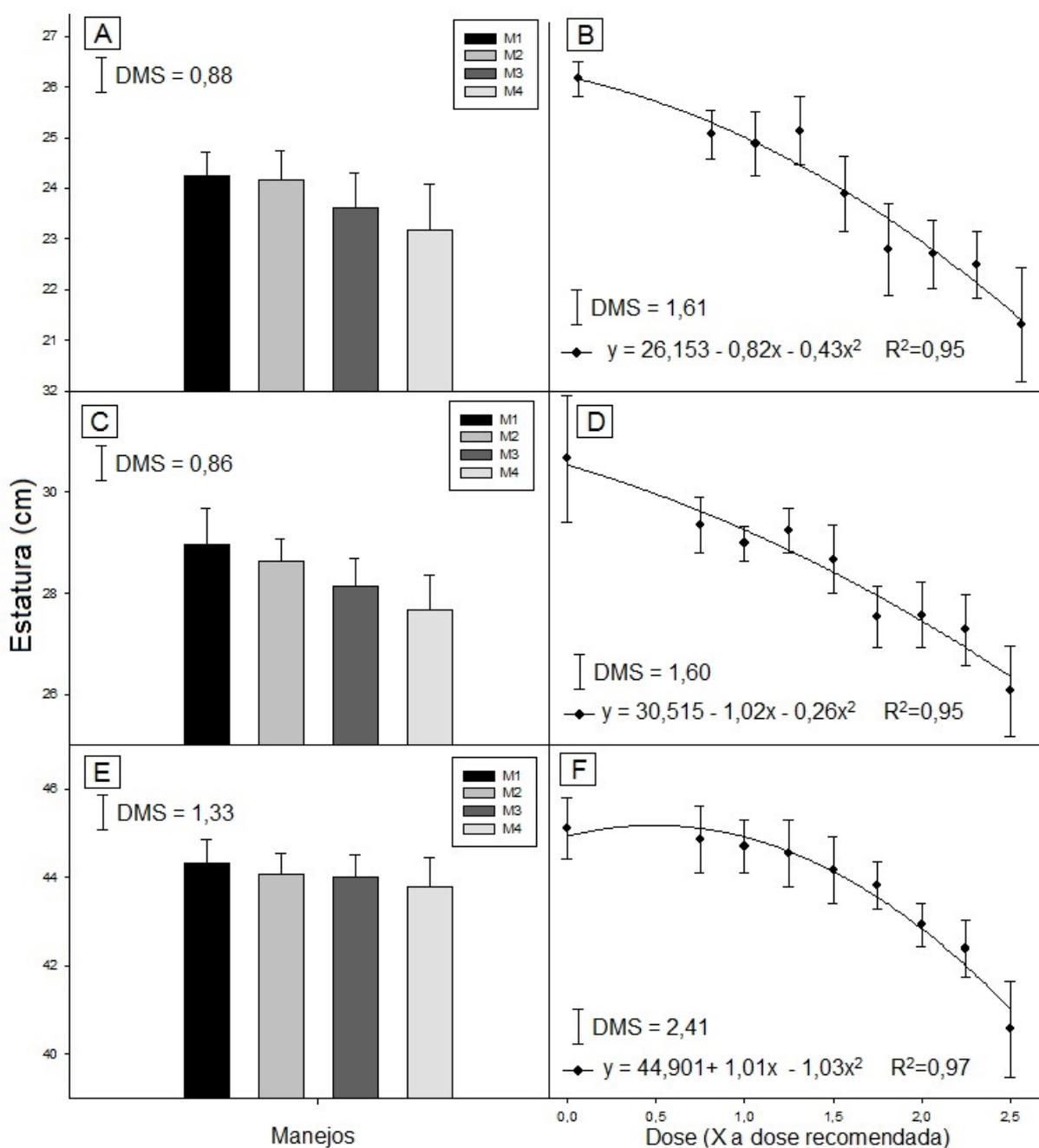


Figura 9 - Estatura média (cm) de plantas de arroz irrigado aos 21 (A e B), 28 (C e D) e 35 (E e F) DAT avaliadas no híbrido Avaxi CL, em função da aplicação dos tratamentos herbicidas da mistura formulada de (imazapyr + imazapic) e do tratamento de sementes com dietholate: M1 – não houve TS e não houve aplicação clomazone, M2 – houve TS e não houve aplicação de clomazone, M3 – houve TS e aplicação de clomazone com formulação microencapsulada – CS (C) e M4 – houve TS e aplicação de clomazone com formulação concentrado emulsionável – CE. Capão do Leão, RS, 2012/13.

A resposta das variáveis MSPA (Fig. 13A) e Área foliar (AF) (Fig. 13B) mostram resultados com tendência semelhante à estatura de plantas. A análise dos

dados acusou diferença significativa para doses do herbicida (imazapyr + imazapic). A análise dos dados geraram resultados que se ajustaram a modelos quadráticos cujos valores do coeficiente de determinação (R^2) foram de 0,96 e 0,92, para MSPA e AF, respectivamente. Os resultados mostram que ocorreu redução na produção da MSPA de 4,7% para uma vez a dose recomendada e de 19,6%, para o dobro da dose, respectivamente, enquanto que redução da AF foi respectivamente, de 5,7 e 11,4% para uma vez e o dobro da dose do herbicida.

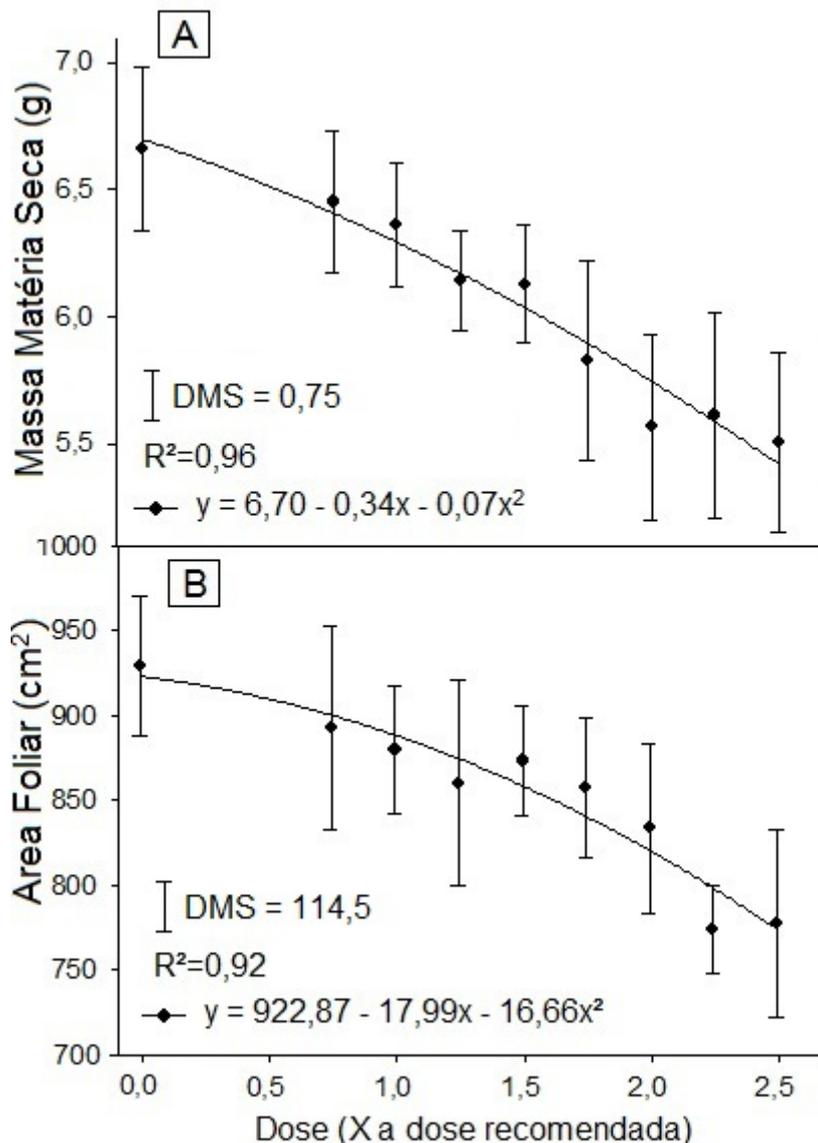


Figura 10 – Massa Seca da Parte Aérea (MSPA) e Área foliar de plantas de arroz irrigado aos 35 DAT avaliadas no híbrido Avaxi CL, em função da aplicação dos tratamentos herbicidas da mistura formulada de (imazapyr + imazapic) e do tratamento de sementes com dietholate. Capão do Leão, RS, 2012/13.

Para as variáveis relacionadas à fotossíntese (Fig. 14): fotossíntese líquida (A), taxa de transpiração (E) e condutância estomática (gs), não houve interação entre os fatores, apenas diferenças entre os manejos e entre as doses herbicidas.

Em relação à taxa fotossintética (A), foi verificado que os valores foram $M1 > M2 > M3 > M4$, com valores entre 26,2 e 21,9 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, para os manejos M1 e M4, respectivamente (Fig. 14A). Quando esta variável é analisada em função das doses herbicidas (Fig. 14B), verifica-se, que houve decréscimo na taxa fotossintética com o incremento da doses do herbicida. Segundo Concenço et al. (2008) a taxa fotossintética está diretamente relacionada com o consumo de CO_2 do meio e com o aumento de massa das plantas. Com o incremento da dose do herbicida, aumentou-se o nível de fitotoxicidade nas plantas de arroz (Fig. 10 e 11), causando paralização no crescimento e necrose foliar, causando possivelmente a redução na área foliar útil (Fig. 13B) para realização da fotossíntese.

A fotossíntese, e conseqüentemente a respiração, dependem de um constante fluxo de CO_2 e O_2 entrando e saindo da célula; este fluxo livre é função da concentração de CO_2 e O_2 nos espaços intercelulares que dependem da abertura estomática, controladora principal do fluxo de gases (TAYLOR JR.; GUNDERSON, 1986; MESSINGER et al., 2006). Esta, por sua vez, é em grande parte controlada pela turgescência tanto das células-guarda (que controlam a abertura dos estômatos) como das células epidérmicas dos estômatos (HUMBLE; HSIAO, 1970).

A taxa de transpiração (E) teve comportamento similar à taxa fotossintética (A) para a avaliação dos manejos, onde o manejo M1 e M4 obtiveram os valores com maior amplitude, que variou entre 15,8 e 14,5 $\text{mmol vapor d'água m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente (Fig. 14C). Já, a avaliação das doses do herbicida (Fig. 14D), a taxa de transpiração sofreu decréscimo com o incremento da dose herbicida, variando de 16,9 a 13,1 $\text{mmol vapor d'água m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, da testemunha sem aplicação herbicida para a maior dose (2,5 x a dose de registro) respectivamente. A análise desses dados geraram os resultados que se ajustaram ao modelo quadrático cujo valor do coeficiente de determinação (R^2) foi de 0,88.

O declínio de transpiração está associado ao fechamento dos estômatos, e variações na abertura estomática causam alterações no potencial hídrico, por atuarem sobre a transpiração (BRODRIBB; HILL, 2000). A planta tende a fechar os estômatos quando os níveis de luz estão abaixo da radiação fotossinteticamente ativa ou para evitar o estresse hídrico (COCHARD et al., 2002).

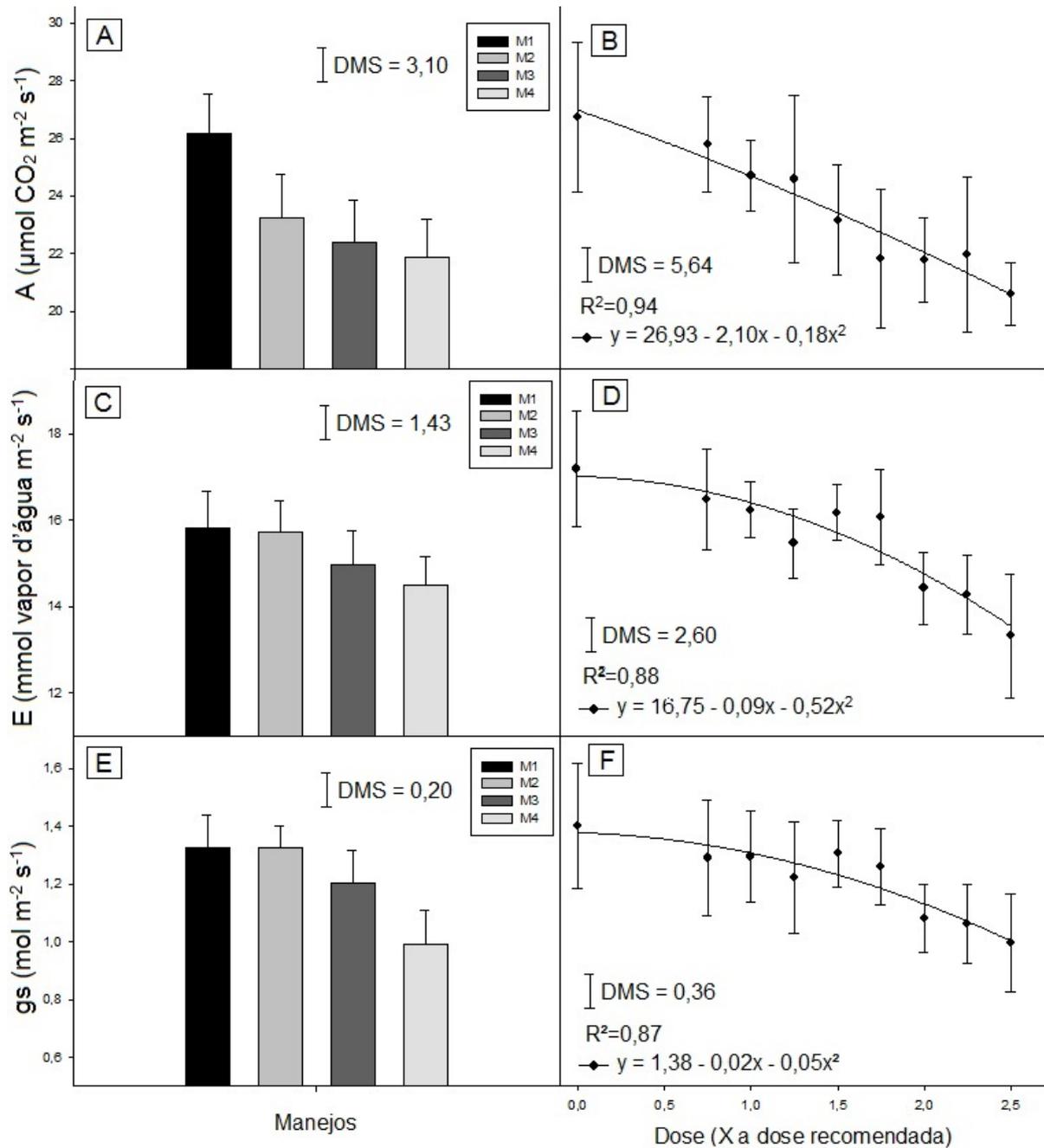


Figura 11 – Fotossíntese líquida (A e B), transpiração (C e D) e condutância estomática (E e F) avaliadas no híbrido Avaxi CL aos 14 DAT, em função da aplicação herbicida da mistura formulada de (imazapyr + imazapic) e do tratamento de sementes com dietholate: M1 – não houve TS e não houve aplicação clomazone, M2 – houve TS e não houve aplicação de clomazone, M3 – houve TS e aplicação de clomazone com formulação microencapsulada – CS (C) e M4 – houve TS e aplicação de clomazone com formulação concentrado emulsionável – CE. Capão do Leão, RS, 2012/13.

Taxas elevadas de transpiração pela planta podem ser benéficas para o desenvolvimento da planta, pois este fator está diretamente correlacionado com a

taxa fotossintética. A diminuição da transpiração foliar reforça a idéia do estresse promovido pela ação do herbicida do grupo químico das imidazolinonas que pode causar desbalanço metabólico, ocasionando colapso e desarranjo na formação e manutenção das estruturas da planta, devido à inibição da síntese dos aminoácidos de cadeia lateral, leucina, valina e isoleucina (ROMAN et al., 2007).

A condutância estomática (gs) apresentou o mesmo comportamento da taxa transpiratória (E) e da taxa fotossintética (A), onde o manejo M1 e M4 obtiveram os valores mais distintos, que variaram entre 1,33 e 0,99 mol m⁻² s⁻¹, respectivamente (Fig. 6E). Já, a avaliação das doses do herbicida (Fig. 6F), a gs sofreu decréscimo com o incremento da dose herbicida, variando de 1,40 a 1,00 mol m⁻² s⁻¹, da testemunha sem aplicação herbicida para a maior dose (2,5 x a dose de registro) respectivamente, os resultados se ajustaram ao modelo quadrático cujo valor do coeficiente de determinação (R²) foi de 0,87.

De acordo com Brodribb & Holbrook (2003) a condutância estomática é proporcional ao número e tamanho dos estômatos e diâmetro da abertura do estômato, características que dependem de outros fatores endógenos e ambientais. Entretanto, em condições de estresse a planta tende a fechar os estômatos como mecanismo de defesa contra a perda de água, aumentando a resistência e por consequência reduzindo a condutância estomática (TAIZ; ZEIGER, 2009).

O fechamento estomático influencia na redução da transpiração. A condutância estomática é responsável pelo fluxo de entrada e saída de água e CO₂ pelos estômatos. Quanto menor sua abertura, maior a resistência estomática e consequente diminuição na transpiração (TAIZ; ZEIGER, 2009).

A presença dos herbicidas reduz a condutância estomática nas plantas sensíveis e, muitas vezes, em plantas tolerantes. Isso geralmente ocorre pelo fechamento dos estômatos, que é influenciado por diversos fatores, como disponibilidade hídrica, luz e energia, poluição e herbicidas usados no controle de plantas daninhas (OMETTO et al., 2003).

A utilização de herbicidas do grupo químico das imidazolinonas inibe a síntese dos aminoácidos isoleucina, leucina e valina. Atuam diretamente no metabolismo das plantas sensíveis, como no bloqueio da síntese de DNA, acúmulo de cetubutirato (participante do metabolismo do propanoato, da síntese de alanina, valina, isoleucina e leucina, entre outras rotas), bloqueio da síntese de acetil-CoA e

inibição do transporte de fotossintetizados a partir das folhas verdes (KRAEMER et al., 2009).

A ação da mistura formulada de (imazapyr + imazapic) na fotossíntese é indireta, pois sua atuação é sobre a síntese dos aminoácidos de cadeia ramificada valina, leucina e isoleucina, responsáveis pela síntese de proteínas em plantas. Já, o clomazone, é um inibidor da síntese de carotenoides, compostos responsáveis pela proteção da clorofila contra o excesso de luz (SILVA et al., 2007). Além disso, a clorofila pode sofrer os danos causados pelas espécies reativas de oxigênio (EROs) (GUO et al., 2006; GAN, 2007), a medida que aumenta o estresse oxidativo em função do tempo de exposição à luz há peroxidação lipídica, senescência de membranas, danos as proteínas, principalmente a ATP sintase e ATPase vacuolar, ácidos nucléicos e aos tilacoides que perdem sua capacidade de realizar fotossíntese (GOMEZ et al., 1999; TRIPATHY et al., 2007; NEILSON et al., 2010). Na literatura, há relatos do aumento das EROs após a aplicação de herbicidas (ROMERO-PUERTAS et al., 2004; SONG et al., 2007; YIN et al., 2008; RAMEL et al., 2009; GROSSMAN et al., 2010).

Os resultados fisiológicos obtidos corroboram com os de Silveira et al. (2012) que avaliou o herbicida mesotrione na cultura da mandioca. No entanto, Almeida et al. (2012) não observaram diferenças significativas nos parâmetros fotossintéticos com a utilização de glifosato em soja RR.

4.4 Conclusões

O tratamento de sementes de arroz com dietholate combinado com a aplicação de clomazone em pré-emergência e a mistura formulada de (imazapyr + imazapic) afetam as características morfológicas do híbrido de arroz Avaxi CL.

As injúrias causadas pela aplicação do clomazone combinados com a aplicação da mistura formulada de (imazapyr + imazapic) não desaparecem totalmente, até 35 dias após a aplicação dos tratamentos.

As características fisiológicas: fotossíntese líquida (A), taxa de transpiração (E) e condutância estomática (gs) no híbrido Avaxi CL são afetadas negativamente com o aumento da dose de (imazapyr + imazapic).

5 CONCLUSÕES

A utilização da mistura formulada de (imazapyr + imazapic) é eficiente no controle de *Aeschynomene* spp., *Echinochloa* spp. e *Oryza sativa* L. quando associado a clomazone e dietholate, sendo seguro para os híbridos de arroz Avaxi CL e Arize CL.

A semeadura do arroz, cultivar IRGA 424, no início da época recomendada, final de setembro, afeta negativamente a seletividade dos herbicidas bispyribac-sodium, penoxsulam e profoxydim à cultura, porém não compromete a produtividade de grãos.

O tratamento de sementes de arroz com dietholate combinado com a aplicação de clomazone em pré-emergência e a mistura formulada de (imazapyr + imazapic) afetam características morfológicas e fisiológicas (fotossíntese líquida, taxa de transpiração e condutância estomática) do híbrido de arroz Avaxi CL.

6 REFERÊNCIAS

- ADATI, C.; OLIVEIRA, V. A.; KARAM, D. Análise matemática e biológica dos modelos de estimativa de perdas de rendimento na cultura devido à interferência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.24, p.1-12, 2006.
- AGOSTINETTO, D.; GALON, L.; MORAES, P.D.V.; TIRONI, S.P., DAL MAGRO, T.; VIGNOLO, G.K. Interferência de capim-arroz (*Echinochloa* spp.) na cultura do arroz irrigado (*Oryza sativa*) em função da época de irrigação. **Planta Daninha**, v.25, p.689-696, 2007.
- AGOSTINETTO, D.; GALON, L.; SILVA, J.M.B.V.; TIRONI, S. P., ANDRES, A. Interferência e nível de dano econômico de capim-arroz submetidos a quatro épocas de entrada d'água após a aplicação de doses reduzidas de herbicidas. **Planta Daninha**, v.28, p.993-1003, 2010.
- ALLEN, R.; SNIPES, C.E. Interactions of foliar insecticides applied with pyriithiobac. **Weed Technology**, v.9, p.512-517, 1995.
- ALMEIDA, A. et al. Paramêtros fotossintéticos de soja RR tratadas com diferentes saís de glyphosate. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 28., 2012. Campo Grande. **Anais...** Campo Grande:SBCPD, 2012. p.233-237.
- ALVES, E. **Atividade da enzima glutationa s-transferase induzida por herbicidas e anidrido naftálico em milho e efeito do safener na germinação e vigor das sementes**. 2004. 79 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- ANDRES, A.; MACHADO, S. L. O. Plantas daninhas em arroz irrigado. In: GOMES, A. S.; MAGALHÃES Jr., A. M. **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.457-546.
- ANDRES, A.; FREITAS, G.D.; CONCENÇO, G.; MELO, P.T.B.S.; FERREIRA, F.A. Desempenho do cultivar de arroz BRS Pelota e controle de capim-arroz (*Echinochloa* spp.) submetidos a quatro épocas de entrada d'água após a aplicação de doses reduzidas de herbicidas. **Planta Daninha**, v.25, p.859-867, 2007.
- ANDRES, A.; THEISEN, G. Época de controle de angiquinho e prejuízos em arroz irrigado cv. BRS Querência. Embrapa Clima Temperado. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, v.93. 2009. 16p.

AVILA, L.A.; SENSEMAN, S.A.; MCCAULEY, G.N.; CHANDLER, J.M.; O'BARR, J.H. Effect of flood timing on red rice (*Oryza* spp.) control with imazethapyr applied at different dry-seeded rice growth stages. **Weed Technology**, v.19, p.476-480, 2005.

BAERG, R. J.; BARRETT, M.; POLGE, N. D. Insecticide and insecticide metabolite interactions with cytochrome P₄₅₀ mediated activities in maize. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.55, p.10-20, 1996.

BASF BRASILEIRA. **Sistema Clearfield® de Produção**. 2004. Disponível em: <http://agro.basf.com.br/hotsites/clearfield/clearfield_arroz/cleararroz.asp?area=3>. Acesso em: 20 nov. 2012.

BRODRIBB, T. J.; HILL, R. S. Increases in water potential gradient reduce xylem conductivity in whole plants. Evidence from a low-pressure conductivity method. **Plant Physiology**, v. 23, p.1021-1028, 2000.

BRODRIBB, T. J.; HOLBROOK, N. M. Stomatal closure during leaf dehydration, correlation with other leaf physiological traits. **Plant Physiology**, v.132, p.2166-2173, 2003.

CASTRO NETO, M.D. et al. Características fotossintéticas de cultivares de mandioca tratadas com mesotrione. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 28., 2012. Campo Grande. **Anais...** Campo Grande:SBCPD, 2012. p.73-77.

COCHARD, H.; COLL, L.; ROUX, X.; AMEGLIO, T. Unraveling the effects of plant hydraulics on stomatal closure during water stress in walnut. **Plant Physiology**, v.128, p.282-290, 2002.

CONCENÇO, G.; ANDRES, A.; LOPES, N.F.; RIEFFEL FILHO, J.A.; SANTOS, M.Q.; GARCIA, C.A.N.; FERREIRA, F.A. Sensibilidade de plantas de arroz ao herbicida bispyribac-sodium em função de doses e locais de aplicação **Planta Daninha**, v.25, p.629-637, 2007.

CONCENÇO, G.; FERREIRA, E.A.; et al. Uso da água por plantas de arroz em competição com biótipos de *Echinochloa crusgalli* resistente e suscetível ao herbicida quinclorac. **Planta Daninha**, v.27, p.249-256, 2009.

CONCENÇO, G.; MELO, P.T.B.S.; ANDRES, A.; FERREIRA, E.A.; GALON, L.; FERREIRA, F.A.; SILVA, A.A. Método rápido para detecção de resistência de capim-arroz (*Echinochloa* spp.) ao quinclorac. **Planta Daninha**, v.26, p.429-437, 2008.

CONAB. Arroz - Brasil. Série Histórica de áreas, produtividade e produção. Disponível em: <www.conab.gov.br> Acesso em: 19 nov. 2012.

CULPEPPER, A.S.; YORK, A.C.; MARTH, J.L.; CORBIN, F.T. Effect of insecticides on clomazone absorption, translocation and metabolism in cotton. **Weed Science**, v.49, p.613-616, 2001.

DEVINE, M. D.; DUKE, S. O.; FEDTKE, C. Safeners for Herbicides. In: DEVINE, M. D.; DUKE, S. O.; FEDTKE, C. (Ed.), **Physiology of Herbicide Action**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1993. p.376-387.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro:Embrapa Solos, 2009. 412p.

ERASMO, E. A. L.; PINHEIRO, L.L.A.; COSTA, N.V. Levantamento fitossociológico das comunidades de plantas infestantes em áreas de produção de arroz irrigado cultivado sob diferentes sistemas de manejo. **Planta Daninha**, v.22, p.195-201, 2004.

FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.

FAO. Disponível em: < <http://www.fao.org/docrep/011/ai473e/ai473e04.htm>>. Acesso em: 06 nov. 2012.

FAUSTINO, L.A. et al. Eficiência do uso da água em cultivares de mandioca tratadas com fluazifop-p-butil e fomesafen. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 28., 2012. Campo Grande. **Anais...** Campo Grande:SBCPD, 2012. p.108-112.

FERHATOGLU, Y.; AVDIUSHKO, S.; BARRETT, M. The basis for the safening of clomazone by phorate insecticide in cotton and inhibitors of cytochrome P_{450s}. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.81, p.59-70, 2005.

FERREIRA, F.A. et al . Mecanismo de Ação de Herbicidas. In: Laercio Zambolim; Marcelo Coutinho Picanço; Antonio Alberto da Silva; Lino Roberto Ferreira; Francisco Affonso Ferreira e Waldir Cintra de Jesus Junior. (Org.). **Produtos Fitossanitários (Fungicidas, Inseticidas, Acaricidas e Herbicidas)**. 1ed.Viçosa: Suprema Gráfica e Editora Ltda, 2008, v.1, p.349-383.

FISCHER, A.J. et al. Herbicide-resistant *Echinochloa oryzoides* and *E. phyllopogon* in California *Oryza sativa* fields. **Weed Science**, Lawrence, v. 8, p.225-230, 2000.

FLECK, N.G.; AGOSTINETTO, D.; GALON, L.; SCHAEGLER, C.E. Competitividade relativa entre cultivares de arroz irrigado e biótipo de arroz-vermelho. **Planta Daninha**, v.26, p.101-111, 2008.

FLECK, N. G. et al. Manejo e controle de plantas daninhas em arroz irrigado. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (Eds.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p.251-321.

FONTANA, L.C.; AGOSTINETTO, D.; PINTO, J.J.O.; ROSENTHAL, M.D.; RIGOLI, R.P.; FIGUEREDO, S.S. Controle de arroz-vermelho (*Oryza* sp.) com o herbicida nicosulfuron ou a mistura formulada de imazethapyr + imazapic. **Planta Daninha**, v.25, p.783-790, 2007.

FRANS, R.E., et al. Experimental design and techniques for measuring and analyzing plant responses to weed control practices. **Southern Weed Science Society**, v.3, p.29-46, 1986.

FREITAS, T.F.S. et al. Produtividade de arroz irrigado e eficiência na adubação nitrogenada influenciadas pela época de semeadura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2397-2405, 2008.

FREITAS, G. D. **Desempenho do arroz (*Oryza sativa* L.) cultivar BRS Pelota e controle de capim-arroz (*Echinochloa* sp.) submetidos a quatro épocas de entrada de água após aplicação de doses reduzidas de herbicidas**. 2004. 54 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2004.

GALON, L.; AGOSTINETTO, D.; MORAES, P.D.V.; DAL MAGRO, T.; PANOZZO, L.E.; BRANDOLT, R.R.; SANTOS, L.S. Estimativa das perdas de produtividade de grãos em cultivares de arroz (*Oryza sativa*) pela interferência do capim-arroz (*Echinochloa* spp.). **Planta Daninha**, v.25, p.697-707, 2007.

GALON, L.; FERREIRA, F.A.; FERREIRA, E.A.; SILVA, A.A.; CONCENÇO, G.I.; SILVA, A.F.; REIS, M.R.; ASPIAZÚ, I; FIALHO, C.M.T.; BARBOSA, M.H.P.; TIRONI, S.P. Tolerância de novos genótipos de cana-de-açúcar a herbicidas. **Planta Daninha**. v.28, p.329-338, 2010.

GALON, L.; CONCENÇO, G.; FERREIRA, E.A.; SILVA, A.F.; FERREIRA, F.A.; NOLDIN, J.A.; FREITAS, M.A.M. Competição entre plantas de arroz e biótipos de capim-arroz (*Echinochloa* spp.) resistente e suscetível ao quinclorac. **Planta Daninha**, v.27, p.701-709, 2009.

GAN, S. **Senescence processes in plants**. Ames: Blackwell Publishing, 2007. 322p.

GEALY, D.R.; MITTEN, D.H.; RUTGER, J.N. Gene flow between red rice (*Oryza sativa*) and herbicide-resistant rice (*O. sativa*): Implication for Weed Management. **Weed Technology**, Lawrence, v.17, p.627-645, 2003.

GOMEZ, J. M.; HERNÁNDEZ, J. A.; JIMÉNEZ, A.; DEL RIO, L. A.; SEVILLA, F. Differential response of antioxidative enzymes of chloroplasts and mitochondria to long-term NaCl stress of pea plants. **Free Radical Research**, v.31, p.11-18, 1999.

GROSSMAN, K. The herbicide saflufenacil (KixorTM) is a new inhibitor of protoporphyrinogen IX oxidase activity. **Weed Science**, v.58, p.1-9, 2010.

GUO, Z.; OU, W.; LU, S.; ZHONG, Q. Differential responses of antioxidative system to chilling and drought in four rice cultivars differing in sensitivity. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.44, p.828-836, 2006.

HERNÁNDEZ, J.; MEURER, E.J. Disponibilidade de fósforo em seis solos do Uruguai afetada pela variação temporal das condições de oxirredução. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.19-26, 2000.

- HUMBLE, G. D.; HSIAO, T. C. Light-dependent influx and efflux of potassium of guard cells during stomatal opening and closing. **Plant Physiology**, v.46, p.483-487, 1970.
- HUTMACHER, R. B.; KRIEG, D. R. Photosynthetic rate control in cotton. **Plant Physiology**, v.73, p.658-661, 1983.
- IMAIZUMI, T. et al. Genetic diversity of sulfonylurea-resistant and -susceptible *Monochoria vaginalis* populations in Japan. **Weed Research**, Oxford, v.48, p.187-196, 2008.
- INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ - IRGA, 2011. Disponível em <http://www.IRGA.rs.gov.br/arquivos/20090819102316.pdf>. Acesso em: 15 out. 2012.
- INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ - IRGA, 2012. Disponível em: http://www.IRGA.rs.gov.br/uploads/anexos/1329418135Area_Producao_e_Produtividade.pdf. Acesso em: 15 dez. 2012.
- JORDAN, D.L.; YORK, A.C.; MCCLELLAND, M.R.; FRANS, R.E. Clomazone as a component in cotton (*Gossypium hirsutum*) herbicide programs. **Weed Technology**, v.7, p.202-211, 1993.
- JULIANO, L.M.; CASIMERO, M.C.; LLEWELLYN, R. Multiple herbicide resistance in barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in direct-seeded rice in the Philippines. **International Journal of Pest Management**, Nueva Ecija, v.56, p.299-307, 2010.
- KALSING, A. et al. Tolerância da cultura do arroz irrigado a herbicidas sob estresse por baixa temperatura do ar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 28., 2012. Campo Grande. **Anais...** Campo Grande:SBCPD, 2012. p.273-277.
- KARAM, D. et al. Seletividade da cultura do milho ao herbicida clomazone por meio do uso de dietholate. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, p.72-79, 2003.
- KISSMANN, K.G; GROTH,D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2.ed. São Paulo: BASF Brasileira, 1999. 978p.
- KRAEMER, A. F.; MARCHESAN, E.; AVILA, L. A.; MACHADO, S. L. O.; GROHS, M. Destino ambiental dos herbicidas do grupo das imidazolinonas. **Planta Daninha**, v.27, p.629-639, 2009.
- LAMEGO, F.P.; VIDAL, R.A.; BURGOS, N.R. Competitiveness of ALS inhibitors resistant and susceptible biotypes of greater beggarticks (*Bidens subalternans*). **Planta Daninha**, v.29, p.457-464, 2011.
- LAPLANTE, J.; RAJCAN, I.; TARDIF, F.J. Multiple allelic forms of acetohydroxyacid synthase are responsible for herbicide resistance in *Setaria viridis*. **Theoretical and Applied Genetics**, v.119, p.577-585, 2009.

LAW, R.D.; CRAFTS-BRANDNER, S. J. High temperature stress increases the expression of wheat leaf ribulose-1,5- bisphosphate carboxylase/oxygenase activase protein. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v.386, p.261-267, 2001.

LAZAROTO, C.A.; FLECK, N.G.; FERREIRA, F.B.; SCHAEGLER, C.E. Suscetibilidade de três espécies de angiquinho (*Aeschynomene* spp.) ao herbicida Only. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.14, p.117-120, 2008.

LEAH, J. M. et al. Age-related mechanisms of propanil tolerance in jungle-rice, *Echinochloa colona*. **Pesticide Science**, v.43, p.347-354, 1995.

LEE, D. J. et al. Soil characteristics and water potential effects on plant-available clomazone in rice. **Weed Science**, v. 2, p.310-318, 2004.

LOPEZ-MARTINEZ, N.; MARSHALL, G.; DEPRADO, R. Resistance of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) to atrazine and quinclorac. **Pesticide Science**, v.51, p.171-175, 1997.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil**: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. 3.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 291p.

LOUX, M. M.; REESE, K. D. Effect of soil type and pH on persistence and carryover of imidazolinones herbicides. **Weed Technology**, v.7, p.452-458, 1993.

LU, B.R. Sustainable and safe utilization of rice biodiversity in the biotechnology era. In: **Fourth International Temperate Rice Conference**, 2007, Novara Italy. p.4-5, 2007.

LU, B.R; SNOW, A.A. Gene Flow from Genetically Modified Rice and Its Environmental Consequences. **BioScience**, v.55, p.669-678, 2005.

LUZZARDI, R. et al. Avaliação preliminar da produtividade em campo e qualidade industrial de híbridos de arroz no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4., 2005, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria: SOSBAI, 2005. p.70-72.

MACHADO, A.F.L. et al. Eficiência fotossintética e uso da água em plantas de eucalipto pulverizadas com glyphosate. **Planta Daninha**, v.28, p.319-327, 2010.

MALIK, M.S.; BURGOS, N.R.; TALBERT, R.E. Confirmation and control of propanil-resistant and quinclorac-resistant barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) biotypes. **Weed Technology**, v.21, p.683-687, 2007.

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

MARIOT, C.H.P.; MENEZES, V.G. Época de semeadura: principal fator de produtividade de arroz irrigado no RS. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.56, p.51-53, 2008.

MARIOT, C.H.P.; MENEZES, V.G.; SOUZA, P.A. Resistência múltipla e cruzada de capim-arroz aos herbicidas na cultura de arroz no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS DANINHAS, 27., 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SBCPD, 2010. p.1455-1459.

MARIOT, C.H.P.; MENEZES, V.G.; TROJAN, S.C.; SOARES, D.C. Ensaio bioclimático de arroz irrigado nas regiões da planície costeira externa e fronteira oeste do RS - safra 2008/09. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 6., 2009, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SOSBAI, 2009. p.72-75.

MARIOT, C.H.P. et al. Influência da época de semeadura no rendimento de grãos de arroz irrigado – safra 2006/07. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 5.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 27., 2007, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. p.342-345.

MARIOT, C.H.P. et al. Influência da época de semeadura no rendimento de grãos de arroz irrigado – safras 2003/04 e 2004/05. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4., 2005, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Editora Orium, v.1, 2005. p.251-253.

MARIOT, C.H.P.; MENEZES, V. G.; RAMÍREZ, H. Influência da época de semeadura no rendimento de grãos e fenologia de genótipos de arroz irrigado – Safra 2000/01. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1., 2002, Florianópolis. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p.357-360.

MARIOT, C.H.P. et al. Influência da época de semeadura no rendimento de grãos de arroz irrigado na região sul do estado do Rio Grande do Sul – safra 2000/01. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 2001. p.145-147.

MARTINI, L.F.D. et al. Seletividade de herbicidas na cultura do arroz irrigado submetido ao estresse por baixas temperaturas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 28., 2012. Campo Grande. **Anais...** Campo Grande:SBCPD, 2012. p.253-257.

MASSA, D.; KRENZ, B.; GERHARDS, R. Target-site resistance to ALS-inhibiting herbicides in *Apera spica-venti* populations is conferred by documented and previously unknown mutations. **Weed Research**, v.51, p.294-303, 2011.

MATZENBACHER, F.O. **Caracterização e Controle de capim-arroz (*Echinochloa crus-galli*) resistente aos herbicidas do grupo das imidazolinonas e quinclorac em arroz irrigado.** 2012. 189f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MENEZES, V.G; MARIOT, C.H.P. Controle de angiquinho no Sistema Clearfield de produção de arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 5, 2007, Pelotas. **Anais...** Pelotas: SOSBAI, 2007. p.296-299.

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.

MENEZES, V.G. et al. Influência da época de semeadura no rendimento de grãos de arroz irrigado – safra 2002/03. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3., 2003, Balneário Camboriú. **Anais...** Itajaí: Epagri, 2003. p.196-198.

MEROTTO JR., A. et al. Resistência de capim-arroz (*Echinochloa crus-galli*) aos herbicidas inibidores da enzima ALS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 6., 2009, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SOSBAI, 2009. 619p.

MESSINGER, S. M. et al. Evidence for involvement of photosynthetic processes in the stomatal response to CO₂. **Plant Physiology**, v.140, p.771-778, 2006.

MILNER, L.J. et al. The effect of temperature on glutathione S-transferase activity and glutathione content in *Alopecurus myosuroides* (black grass) biotypes susceptible and resistant to herbicides. **Weed Research**, v.47, p.106-112, 2007.

MORSY, M. R. Alteration of oxidative and carbohydrate metabolism under abiotic stress in two rice (*Oryza sativa* L.) genotypes contrasting in chilling tolerance. **Journal of Plant Physiology**, v.164, p.157-167, 2007.

MURATA, N.; LOS, D.A. Membrane fluidity and temperature perception. **Plant Physiology**, v.115, p.875-879, 1997.

NAVES-BARBIERO, C. C. et al. Fluxo de seiva e condutância estomática de duas espécies lenhosas sempre-verdes no campo sujo e cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.12, p.119-134, 2000.

NEGRISOLI, E. et al. Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura da cana-de-açúcar tratada com nematicidas. **Planta Daninha**, v.22, p.567-575, 2004.

NEILSON, K. A. Proteomic analysis of temperature stress in plants. **Proteomics**, v.10, p.828-845, 2010.

NICOLAI, M. **Desempenho da cultura de milho (*Zea mays* L.) submetida a aplicação de herbicidas pós-emergentes, em diferentes situações de manejo.** 2004. 113f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidades de São Paulo, Piracicaba, 2004.

NOAL, A. de A.; DORNELLES, S.H.B.; MEZZOMO, R.F.; CAVEDON, A. Controle de *Aeschynomene denticulata* em sistema Clearfield. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4., 2005, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Orium, 2005. p.159-160.

NOLDIN, J.A.; YOKOYAMA, S.; STUKER, H. et al. Desempenho de populações híbridas F2 de arroz-vermelho (*Oryza sativa*) com arroz transgênico (*O. sativa*) resistente ao herbicida amônio-glufosinate. **Planta Daninha**, v.22, p.381-395, 2004.

OLIVEIRA, M.L.A. Sinopse taxonômica do gênero *Aeschynomene* L. (Leguminosae - Faboideae) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia**, v.57, p.279-301, 2002.

OLIVEIRA JR, R.S. Seletividade de herbicidas para culturas e plantas daninhas. In: Rubem Silvério de Oliveira Jr.; Jamil Constantin. (Org.). **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba, RS: Livraria e Editora Agropecuária, 2001, p.291-314.

OMETTO, J.P.H.B. et al. Variação temporal do isótopo estável do carbono em material arbóreo em florestas da região Amazônica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECOLOGIA, 4., 2003, Fortaleza. **Anais...** Rio Claro: Sociedade de Ecologia do Brasil, 2003.

OTTIS, B.V. et al. Imazethapyr application methods and sequences for imidazolinone-tolerant rice (*Oryza sativa*). **Weed Technology**, v.17, p.526-533, 2003.

PELLERIN, K.J.; WEBSTER, E.P. Imazethapyr em diferentes doses e horários de perfuração e água semeada de arroz tolerante a imidazolinonas. **Weed Technology**, v.18, p.223-227, 2004.

PETTER, F.A.; PACHECO, L.P.; ZUFFO, A.M.; ALCÂNTARA NETO, F.; RIBEIRO, W.R.M. Herbicidas inibidores da ALS aplicados em pós-emergência no arroz de terras altas. **Planta Daninha**, v.30, p.617- 625, 2012.

PIESANTI, S.R. et al. Fisiologia de plantas de arroz submetidas à aplicações de herbicidas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 28., 2012. Campo Grande. **Anais...** Campo Grande:SBCPD, 2012. p.133-137.

PINTO, J.J.O.; GALON, L.; CONCENÇO, G.; DAL MAGRO, T.; PROCÓPIO, S.O.; PINHO, C.F.; FERREIRA, R.A. Controle de capim-arroz (*Echinochloa* spp.) em função de métodos de manejo da cultura do arroz irrigado. **Planta Daninha**, v.26, p.767-777, 2008.

RAHMAN, M.M.; BIN SAHID, I.; JURAIMI, A.S. Study on resistant biotypes of *Echinochloa crus-galli* in Malaysia. **Australian Journal of Crop Science**, v.4, p.107-115, 2010.

RAJGURU, S.N.; BURGOS, N.R.; SHIVRAIN, V.K.; MCD STEWART, J. Mutations in the red-rice ALS gene associated with resistance to imazethapyr. **Weed Science**, v.53, p.567-577, 2005.

RAMEL, F. et al. Differential patterns of reactive oxygen species and antioxidative mechanisms during atrazine injury and sucrose-induced tolerance in *Arabidopsis thaliana* plantlets. **BMC Plant Biology**, v.28, p.1-18, 2009.

RIDDEL, P.J.;GUJJA, B. A Partnership response to the water resource implications of expected increases in irrigated rice production. 4th International Temperate Rice Conference, 2007, Novara. **Abstracts...** Novara, Itália, 2007, p.6-7.

ROMAN, E.S. et al. **Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação**. Passo Fundo: Gráfica Editora Berthier, 2007. 160p.

ROMERO-PUERTAS, M. C. et al. Reactive oxygen species-mediated enzymatic systems involved in the oxidative action of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid. **Plant, Cell and Environment**, v.27, p.1135-1148, 2004.

SALES, M. A.; SHIVRAIN, V. K.; BURGOS, N. R.; KUK, Y. I. Amino acid substitutions in the acetolactate synthase gene of red rice (*Oryza sativa*) confer resistance to imazethapyr. **Weed Science**, v.56, p.485-489, 2008.

SANTOS, L.O. **Estudo do comportamento de misturas formuladas de herbicidas do grupo químico das imidazolinonas no manejo de plantas daninhas no arroz Clearfield® e atividade residual para culturas em sucessão e rotação**. 2012. 108f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Curso de Pós-graduação em Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas.

SANTOS, F.M. et al. Controle químico de arroz-vermelho na cultura do arroz irrigado. **Planta Daninha**, v.25, p.405-412, 2007.

SATAKE, T. Sterile-type cool injury in paddy rice plants. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE (Los Baños, Philippines). **Climate and rice**. Los Baños, 1976. p.281-300.

SCHWANKE, A. M. L.; NOLDIN, J. A.; ANDRES, A.; PROCÓPIO, S.O.; CONCENÇÃO, G. Caracterização morfológica de ecótipos de arroz daninho (*Oryza sativa*) provenientes de áreas de arroz irrigado. **Planta Daninha**, v.26, p.249-260, 2008.

SENSEMAN, S.A. **Herbicide Handbook**. 9.ed. Lawrence: WSSA, 2007. 458p.

SHANER, D.L.; SINGH, B.K. Phytotoxicity of acetohydroxyacid synthase inhibitors is not due to accumulation of 2-ketobutyrate and/or 2-aminobutyrate, **Plant Physiology**, v.103, p.1221–1226, 1993.

SHEEHY, J.E. et al. **Charting new pathways to C₄ rice**. Los Baños: International Rice Research Institute, 2007.422p.

SHERDER, E.F.; TALBERT, R.E.; CLARK, S.D. Rice (*Oryza sativa*) cultivar tolerance to clomazone. **Weed Technology**, v.18, p.140-144, 2004.

SIGMAPLOT – **Scientific Graphing Software**. Version 10.0, 2007.

SILVA, A.A. et al. Competição entre plantas daninhas e culturas. In: SILVA, A.A.; SILVA, J.F. (Ed.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.17-61.

SILVA, L.S. da; SOUSA, R.O.de; BOHNEN, H. Alterações nos teores de nutrientes em dois solos alagados, com e sem plantas de arroz. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, p.487-490. 2003.

SILVEIRA, H.M. et al. Eficiência do uso da água em cultivares de mandioca tratadas com mesotrione. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 28., 2012. Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBCPD, 2012. p.21-25.

SKUTERUD, R. et al. Effect of herbicides applies at diferent times of the day. **Crop Protection**, v.17, p.41-46, 1998.

SNIPES, C.E.; SEIFERT, S. Influence of malathion timing on cotton (*Gossypium hirsutum*) response to pyriithobac. **Weed Technology**, v.17, p.266-268, 2003.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO - SOSBAI. **Arroz irrigado: Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil**. Itajaí, SC; 2012. 179p.

SONG, N.H.; YIN, X. L.; CHEN, G.F.; YANG, H. Biological responses of wheat (*Triticum aestivum*) plants to the herbicide chlorotoluron in soils. **Chemosphere**, v.68, p.1779-1787, 2007.

SOUSA, C.P. **Crescimento de plantas de arroz sob aplicação de herbicidas do grupo das imidazolinonas e sua atividade residual em plantas bioindicadoras**. 2010. 59f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Instituto de Biologia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

STANSEL, J.W. Effective utilization of sunlight. In: SIX DECADES OF RICE RESEARCH IN TEXAS. Beaumont: **Texas Agricultural Experiment Station**, 1975. p.43-50.

STEELE, G.L.; CHANDLER, J.M.; McCAULEY, G.N. Control of red rice (*Oryza sativa*) in imidazolinone-tolerant rice (*O. sativa*). **Weed Technology**, v.16, p.627-630, 2002.

STEINMETZ, S., BRAGA, H.J. Zoneamento de arroz irrigado por épocas de semeadura nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, p.429-438, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4ed. Porto Alegre: Artmed, 848p. 2009.

TAN, S.; EVANS, R.R.; SINGH, B.K. Herbicidal inhibitors of amino acid biosynthesis and herbicide-tolerant crops. **Amino Acids**, v.30, p.195-204, 2006.

TARDIF, F.J.; POWLES, S.B. Effect of malathion on resistance to soil-applied herbicides in a population of rigid ryegrass. **Weed Science**, v.47, p.258–261, 1999.

TAYLOR JR, G.E.; GUNDERSON, C.A. The response of foliar gas exchange to exogenously applied ethylene. **Plant Physiology**, v.82, p.653-657, 1986.

TENBROOK, P.L.; TJEERDEMA, R.S. Biotransformation of clomazone in rice (*Oryza sativa*) and early watergrass (*Echinochloa oryzoides*). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.85, p.38-45, 2006.

- TERRES, A.L.; GALLI, J. Efeitos do frio em cultivares de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária de Terras Baixas de Clima Temperado (Pelotas, RS). **Fundamentos para a cultura do arroz irrigado**. Campinas: Fundação Cargill, 1985, p.83-94.
- TIRONI, S.P. et al. Habilidade competitiva de plantas de arroz com biótipos de capim-arroz resistente ou suscetível ao quinclorac. **Planta Daninha**, v.27, p.257-263, 2009.
- TIRONI, S.P. et al. Efeito do Trinexapax-ethyl nas características morfofisiológicas da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 28., 2012. Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBCPD, 2012. p.258-262.
- TORRES, L.G. et al. Alterações nas características fisiológicas de cultivares de cana-de-açúcar submetida à aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, v.30, p.581-587, 2012.
- TRANDEL, P.J.; WRIGHT, T.R. Resistance of weeds to ALS-inhibiting herbicides: what have we learned? **Weed Science**, v.50, p.700-712, 2002.
- TRIPATHY, B.C. et al. Impairment of the photosynthetic apparatus by oxidative stress induced by photosensitization reaction of protoporphyrin IX. **Biochemistry Biophysics Acta**, v.1767, p.860-868, 2007.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA, Foreign Agricultural Service. Production, supply and distribution online: custom query. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdQuery.aspx>> Acesso em: 05 fev. 2013.
- ULGUIN, A.D.R. et al. Ocorrência de capim-arroz (*Echinochloa colonum* (L.) Link) resistente a herbicidas inibidores de ALS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS, 27., 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SBCPD, 2010. p.1328-1332.
- VAN EERD, L.L. et al. Pesticide metabolism in plants and microorganisms. **Weed Science**, v.51, p.472-495, 2003.
- VILLA, S.C.C.; MARCHESAN, E.; MASSONI, P.F.S.; SANTOS, F.M.; AVILA, L.A.; TELO, G.M. Controle de arroz-vermelho em dois genótipos de arroz (*Oryza sativa*) tolerantes a herbicidas do grupo das imidazolinonas. **Planta Daninha**, v.24, p.549-555, 2006.
- WHALEY C.M.; WILSON H.P.; WESTWOOD J.H. A new mutation in plant ALS confers resistance to five classes of ALS-inhibiting herbicides. **Weed Science**, v.55, p.83-90, 2007.
- YASUOR, H. et al. Mechanism of resistance to penoxsulam in late watergrass (*Echinochloa phyllopogon* (Stapf) Koss.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.57, p.3653-3660, 2009.

YASUOR, H. et al. Responses to clomazone and 5-ketoclorazone by *Echinochloa phyllopogon* resistant to multiple herbicides in Californian rice fields. **Pest Management Science**, v.64, p.1031-1039, 2008.

YIN, X. L. Toxic Reactivity of Wheat (*Triticum aestivum*) Plants to Herbicide Isoproturon. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.56, p.4825-4831, 2008.

YOKOYAMA, S.; ISHIY, T.; NOLDIN, J. A. et al.. Obtenção de cultivares de arroz irrigado resistentes a herbicidas do grupo das imidazolinonas (arroz Clearfield). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3., 2003. Balneário Camboriú. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, 2003. p.117-119.

YORK, A.C.; JORDAN, D.L. FRANS, R.E. Insecticides modify cotton (*Gossypium hirsutum*) response to clomazone. **Weed Technology**, v.5, p.729-735, 1991.

YORK, A.C.; JORDAN, D.L. Cotton (*Gossypium hirsutum*) response to clomazone and insecticide combinations. **Weed Technology**, v.6, p.796-800, 1992.

YOSHIDA, S.; PARAO, F.T. Climatic influence on yield and yield components of lowland rice in the tropics. In: **Climate and Rice**. Los Baños: International Rice Research Institute, 1976. p.471-494.

YUN, M. S. et al. Cytochrome P-450 monooxygenase activity in herbicide-resistant and susceptible late watergrass (*Echinochloa phyllopogon*). **Pesticide Biochemistry Physiology**, v.83, p.107-114, 2005.

VITA

Leonard Bonilha Piveta é filho de Avelino Mario Piveta e Ana Beatriz Urquiza Bonilha Piveta. Nasceu em 10 de setembro de 1986, no Município de Dom Pedrito, Rio Grande do Sul. Formou-se pelo Colégio da Urcamp onde em concomitância fez o curso profissionalizante de Técnico em Informática – Dom Pedrito/RS, no ano de 2004. No ano de 2005 ingressou na Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” (FAEM) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), onde se graduou como Engenheiro Agrônomo em 2010. No período de 2006 a 2009 desenvolveu atividades como estagiário do Departamento de Fitossanidade sob orientação do prof. Dr. Jesus Juarez Oliveira Pinto, na área de Herbologia, com ênfase na cultura do arroz irrigado e pastagens. Em 2010 após concluir estágio obrigatório de conclusão de curso nas Granjas 4 Irmãos S.A – Rio Grande/RS, foi efetivado como engenheiro agrônomo responsável pela implementação de pastagens e da lavoura de soja. Em 2011, 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.