

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade**



**Dissertação**

**Tratamento de sementes, herbicidas, temperatura do ar e  
seus efeitos em arroz irrigado**

**Thaís D'Avila Rosa**

Pelotas, 2015

**THAÍS D'AVILA ROSA**

**TRATAMENTO DE SEMENTES, HERBICIDAS, TEMPERATURA DO AR E SEUS  
EFEITOS EM ARROZ IRRIGADO**

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

Orientador: Luis Antonio de Avila, Ph.D.

Co-Orientadores: Fabiane Lamego, Dr<sup>a</sup>.

Tiago Zanatta Aumonde, Dr.

Bibiana Silveira Moraes, Dr<sup>a</sup>.

Pelotas, 2015

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas  
Catalogação na Publicação

R788t Rosa, Thaís D'Avila

Tratamento de sementes, herbicidas, temperatura do ar e seus efeitos em arroz irrigado / Thaís D'Avila Rosa ; Luis Antonio de Avila, orientador. — Pelotas, 2015.

127 f.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2015.

1. Baixa temperatura. 2. Estresse. 3. Época de semeadura. 4. *Oryza sativa*. I. Avila, Luis Antonio de, orient. II. Título.

CDD : 633.18

Elaborada por Gabriela Machado Lopes CRB: 10/1842

**Banca Examinadora**

---

André Andres, Dr.

---

Andréia da Silva Almeida, Dr<sup>a</sup>.

---

Sidnei Kuster Ranno, Dr.

---

Luis Antonio de Avila, Ph.D.  
(Orientador)

Aos meus pais, Mario e Denise;  
Aos meus irmãos, Rodrigo, Thaiany e Thailon;  
Ao meu marido, Diogo.

**OFEREÇO E DEDICO**

*“Não importa o que você seja,  
quem você seja, ou que deseje na vida,  
a ousadia em ser diferente reflete na sua personalidade,  
no seu caráter, naquilo que você é.  
E é assim que as pessoas lembrarão de você um dia.”*

**(Ayrton Senna)**

## **Agradecimentos**

A DEUS, pela fonte de proteção, acompanhamento, sabedoria e perseverança em todos os momentos da minha caminhada.

A minha família, pelo carinho, compreensão, dedicação, incentivo e pelas horas de convivência que lhes foram suprimidas.

Ao meu marido Diogo Balbé Helgueira que esteve presente em todos os momentos, pelo auxílio, amor, carinho, compreensão, paciência e incentivo.

Ao professor Luis Antonio de Avila, pela amizade, dedicação, ensinamentos e orientação durante os cursos de Graduação e Pós-graduação.

Aos professores Tiago Aumonde, Sidnei Deuner pela colaboração nos trabalhos da dissertação.

À Universidade Federal de Pelotas pela oportunidade de realização do curso de Graduação e Pós-graduação. Ao Programa de Pós-graduação em Fitossanidade pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

À CAPES pelo apoio financeiro na condução da pesquisa e pela bolsa de mestrado.

Ao pós-doutorando Sidnei Kuster Ranno pela revisão e auxílio na elaboração da dissertação.

A amiga querida Neide Ritter Quevedo, pelo auxílio durante o mestrado.

Aos amigos Ítalo Moraes e Gabriele Espinel pelo auxílio e colaboração dos trabalhos.

Aos meus colegas de pós-graduação Ananda Scherner, Fábio Schreiber, Alfran Tellechea Martini, Diogo da Silva Moura, Diogo Balbé Helgueira, Marcos Garcia Marchezan, Mariah Marques, Karen Martins, Luis Fernando Dias Martini,

João Paulo Refatti, Marcelo Zimmer, Luiza Piccinni, Joice Bonow, Fernanda Carati Anderson Feijó, Leonard Piveta, Guilherme Cassol, Kelen Muller Souto, Marlon Bastiani e Vinicius Gehrke pelo convívio, amizade, companheirismo e auxílio na execução dos trabalhos.

Aos estagiários e bolsistas do laboratório de Dinâmica de Herbicidas no Ambiente: Andrey Pivetta, Cédric Benetti, Cleiton Brandão, Diego Medeiros, Mauro Mesko, Luciano Cassol, Rodrigo Pestana, Rodrigo Langes, Igor Pacheco, Tiago Coutinho, Klaus Matheus Egewarth e Willian Siqueira pela amizade e auxílio na execução dos experimentos.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para o êxito do trabalho, os meus sinceros agradecimentos.

## Resumo

ROSA, Thaís D'Avila. **Tratamento de sementes, herbicidas, temperatura do ar e seus efeitos em arroz irrigado**. 2015. 127f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

A época de semeadura é um dos principais fatores a ser considerado para a obtenção de altas produtividades em arroz irrigado. Contudo, quando a semeadura é realizada precocemente, as baixas temperaturas podem causar estresse à cultura, reduzindo sua velocidade de emergência e o estande de plantas, além de reduzir a seletividade de herbicidas aplicados. O tratamento de sementes pode ser uma alternativa para aumentar a velocidade de emergência do arroz e melhorar a seletividade a herbicidas na fase inicial de desenvolvimento da cultura. Em vista do exposto, os objetivos deste trabalho foram: efetuar uma revisão de literatura a cerca do tratamento de sementes (Capítulo I); avaliar o efeito do tratamento de sementes na germinação e estabelecimento inicial de plântulas de arroz irrigado em diferentes épocas de semeadura e na seletividade à herbicidas (Capítulo II); caracterizar os parâmetros bioquímicos do estresse oxidativo em arroz irrigado submetido a baixas temperaturas e a aplicação de herbicidas (Capítulo III); e avaliar o desempenho inicial decorrente da aplicação de fertilizantes na seletividade de herbicidas na cultura do arroz irrigado. Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que o tratamento de sementes com ácido giberélico influenciou positivamente o desenvolvimento inicial das plântulas de arroz, na temperatura ótima (25°C) e subótima (17°C), tratamento com dietholate e a combinação de dietolate+fipronil+carboxina+tiram, influenciaram negativamente a germinação e o vigor em ambas as temperaturas, diminuindo o desempenho fisiológico das

sementes de arroz em laboratório. À campo os tratamentos de sementes não influenciaram na fitotoxicidade e seletividade de herbicidas, sendo a temperatura o fator determinante. O herbicida bispiribaque-sódico apresentou maior toxicidade às plantas quando a semeadura ocorreu no início do mês de setembro, já quando semeadas em outubro os maiores sintomas de fitotoxicidade foram apresentados pelas plantas tratadas com o herbicida profoxidim. O tratamento de sementes não influencia nas respostas de defesa das plantas e os tratamentos herbicidas induzem respostas distintas nas plantas de arroz, estimulando o metabolismo secundário das mesmas. Situações de baixa temperatura juntamente com a aplicação do herbicida podem prejudicar a absorção pela planta. A aplicação de fertilizantes líquidos na cultura do arroz não influencia no desenvolvimento inicial e na sensibilidade da cultura do arroz irrigado a herbicidas. A aplicação do herbicida profoxidim apresenta elevado nível de fitotoxicidade na cultura do arroz.

**Palavras-chave:** baixa temperatura; estresse; época de semeadura; *Oryza sativa*.

## Abstract

ROSA, Thaís D'Avila. **Treatment of seeds, herbicides, air temperature and its effects on rice**. 2015. 127f. Master of Science - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

The sowing time is a major factor to be considered to obtain high yields in irrigated rice. However, when sowing is performed early, low temperatures can cause stress to culture, reducing its emergence rate and the shelf plants and reduce the selectivity of herbicides applied. Seed treatment can be an alternative to increase rice emergence speed and improve the selectivity to herbicides in the initial phase of development of culture. In view of the above, the objectives of this study were to make a literature review about the seed treatment (Chapter I); evaluate the effect of seed treatment on germination and early establishment of rice seedlings in different sowing times and selectivity to herbicides (Chapter II); characterize the biochemical parameters of oxidative stress in rice subjected to low temperatures and the application of herbicides (Chapter III); and evaluate the initial performance resulting from the application of fertilizers in the herbicide selectivity in irrigated rice. Based on the results obtained it can be concluded that the treatment of seeds with gibberellic acid positive influence on the initial growth of the rice seedlings, the optimum temperature (25 °C) and suboptimal (17 °C) and treatment with the combination of dietholate dietolate + fipronil + carboxin + thiram, adversely affected the germination and vigor at both temperatures, reducing the physiological performance of rice seeds in the laboratory. In the field the seed treatments had no effect on phytotoxicity and selectivity of herbicides, which temperature is the determining factor. The bispyribac-

sodium herbicide was more toxic to plants when planting occurred at the beginning of September, since when sown in October the major symptoms of phytotoxicity were presented by plants treated with the herbicide profoxidim. Seed treatment does not influence in plant defense responses and the herbicide treatments induce different responses in rice plants by stimulating the secondary metabolism of the same. Low temperature situations with herbicide application may impair the absorption by the plant. The application of liquid fertilizer in rice does not influence the initial development and the sensitivity of the rice herbicide culture. The application of herbicide profoxidim was the treatment that presented the highest level of phytotoxicity in rice.

Keywords: low temperature; stress; sowing; *Oryza sativa*

## Lista de Figuras

### Artigo I. Tratamento de sementes: Uma Revisão

- Figura 1.** Evolução da Produção (1.000 t), produtividade (Kg/ha) e área plantada (1.000 ha) de grãos no Brasil. Fonte: Conab (2013) .....28
- Figura 2.** Pedidos de Proteção por ano no País. Fonte: Anuário Abrasem (2013).. 29

### Artigo II. Efeito do tratamento de sementes no estabelecimento inicial do arroz irrigado em diferentes temperaturas e épocas de semeadura

- Figura 1.** Visualização do efeito dos tratamentos de semente na cultivar IRGA 424 na primeira contagem de germinação na temperatura de 25 °C. T1: sem aplicação; T2: tiametoxam; T3: dietholate; T4: fipronil; T5: GA3 ; T6: carboxina+tiram; T7: dietolate + fipronil + carboxina+tiram. ....62
- Figura 2.** Teste de envelhecimento acelerado da cultivar IRGA 424. Sementes tratadas e submetidas à temperatura de 17°C.T1: sem aplicação; T2: tiametoxam; T3: dietholate;T4:fipronil;T5:GA<sub>3</sub>; T6:carboxina+tiram; T7:dietolate+fipronil+carboxina+tiram. . ....65
- Figura 3.** Temperaturas máxima, mínima e média nos meses de Setembro, Outubro e Novembro durante a semeadura e aplicação dos herbicidas em 2013/14. SPE: Semeadura primeira época; SSE: Semeadura segunda época; APE: Aplicação primeira época; ASE: Aplicação segunda época. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS, 2013/14. ....70
- Figura 4.** Avaliação de fitotoxicidade 14 DAH de plantas de arroz semeadas na época recomendada (Outubro) em relação aos herbicidas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS, 2013/14. ....71

**Figura 5.** Radiação solar nos meses de Setembro, Outubro e Novembro durante a semeadura e aplicação dos herbicidas em 2013/14. SPE: Semeadura primeira época; SSE: Semeadura segunda época; APE: Aplicação primeira época; ASE: Aplicação segunda época. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS, 2013.. .....72

**Figura 6.** Precipitação nos meses de Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro durante a semeadura e aplicação dos herbicidas em 2013/14. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS, 2013.. .....75

**Figura 7.** Produtividade de arroz irrigado em duas épocas de semeadura. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS, 2013/14. ....77

**Artigo III. Alterações bioquímicas em arroz irrigado em resposta ao estresse causado por herbicidas e temperatura**

**Figura 1.** Vista das unidades experimentais na semeadura FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS, 2014. ....89

**Figura 2.** Atividade da superóxido dismutase (SOD), FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS, 2014.....92

**Artigo IV. Avaliação do desempenho inicial decorrentes da aplicação de fertilizantes na seletividade de herbicidas em arroz irrigado**

**Figura 1.** Avaliação de fitotoxicidade aos 14 dias após a aplicação dos herbicidas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS, 2014.....117

## Lista de Tabelas

### **Artigo II. Efeito do tratamento de sementes no estabelecimento inicial do arroz irrigado em diferentes temperaturas e épocas de semeadura**

- Tabela 1.** Características físico-químicas da camada de 0-0,2 m de profundidade do solo (Planossolo Hidromórfico Eutrófico solódico) da área experimental. FAEM/UFPeI, Capão do Leão RS, 2014. ....54
- Tabela 2.** Produtos utilizados para tratamento de sementes (TS) na cultura do arroz irrigado. FAEM/UFPeI - Capão do Leão, RS, 2013/14.....55
- Tabela 3.** Tratamentos herbicidas aplicados na cultura do arroz irrigado para o controle de plantas daninhas. FAEM/UFPeI - Capão do Leão, RS, 2013/14.. .....57
- Tabela 4.** Germinação, primeira contagem da germinação, índice de velocidade de germinação, teste de frio para sementes de arroz tratadas com diferentes produtos e submetidas a diferentes temperaturas. . ....61
- Tabela 5.** Teste de envelhecimento acelerado, comprimento de parte aérea, comprimento de raiz e massa da matéria seca para sementes de arroz tratadas e submetidas a diferentes temperaturas. ....67
- Tabela 6.** Fitotoxicidade na cultura do arroz irrigado em duas épocas de semeadura, em função dos tratamentos herbicidas aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação dos herbicidas FAEM/UFPeI - Capão do Leão, RS, 2013/14.. .....68
- Tabela 7.** Estande inicial e número de perfilhos na cultura do arroz irrigado em diferentes épocas de semeadura, em função dos tratamentos herbicidas. FAEM/UFPeI - Capão do Leão, RS, 2013/14. ....74

**Tabela 8.** Panículas (metro linear), grãos/panículas e peso de 100 grãos na cultura do arroz irrigado em diferentes épocas de semeadura. FAEM/UFPeI - Capão do Leão, RS, 2013/14. ....75

### **Artigo III. Alterações bioquímicas em arroz irrigado em resposta ao estresse causado por herbicidas e temperatura**

**Tabela 1.** Produtos utilizados e registrados para tratamento de sementes na cultura do arroz. FAEM/UFPeI - Capão do Leão, RS, 2014. ....88

**Tabela 2.** Herbicidas registrados e recomendados para o controle de plantas daninhas na cultura do arroz irrigado no RS e SC. FAEM/UFPeI - Capão do Leão, RS, 2014. ....89

**Tabela 3.** Concentração de clorofila total ( $\text{mg g}^{-1}$  MF) e carotenóides ( $\text{mg g}^{-1}$  MF) cinco dias após a aplicação dos herbicidas em folhas de arroz da cultivar IRGA 424, submetidas a temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$ . FAEM/UFPeI - Capão do Leão, RS, 2014. ....93

**Tabela 4.** Níveis de peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) ( $\mu\text{mol g}^{-1}$  MF) e níveis de TBARS ( $\text{nmol MDA g}^{-1}$  de MF) aos cinco dias após a aplicação dos herbicidas, de folhas de arroz, cultivar IRGA 424 submetidas a temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$ . FAEM/UFPeI, Capão Leão, RS, 2014. ....94

**Tabela 5.** Atividade da enzima superóxido dismutase SOD ( $\mu\text{mg}^{-1}$  Proteína), catalase CAT ( $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$  Prot.) e ascorbato peroxidase APX ( $\mu\text{mol ASA min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$  Prot.) cinco dias após a aplicação dos herbicidas em folhas de arroz cultivar IRGA 424, submetidas a temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$ . FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS, 2014. ....96

**Tabela 6.** Concentração de clorofila total ( $\text{mg g}^{-1}$  MF) e carotenóides ( $\text{mg g}^{-1}$  MF) cinco dias após a aplicação dos herbicidas, em folhas de arroz da cultivar IRGA 424, submetidas a temperatura de  $17^{\circ}\text{C}$ . FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS, 2014. ....98

**Tabela 7.** Níveis de peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) ( $\mu\text{mol g}^{-1}$  MF) e níveis de peroxidação lipídica(TBARS) ( $\text{nmol MDA g}^{-1}$  de MF) aos cinco dias após a aplicação dos herbicidas, de folhas de arroz da cultivar IRGA 424 submetidas à temperatura de  $17^{\circ}\text{C}$ . FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS, 2014. ....100

**Tabela 8.** Atividade da enzima superóxido dismutase SOD ( $\mu\text{mg}^{-1}$  Proteína), catalase CAT ( $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$  Prot.) e ascorbato peroxidase APX ( $\mu\text{mol ASA min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$  Prot.) aos cinco dias após a aplicação dos herbicidas em folhas de arroz da cultivar IRGA 424, submetidas à temperatura de  $17^{\circ}\text{C}$ . FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS, 2014. ....101

#### **Artigo IV. Avaliação do desempenho inicial decorrentes da aplicação de fertilizantes na seletividade de herbicidas em arroz irrigado**

- Tabela 1.** Herbicidas registrados e recomendados para o controle de plantas daninhas na cultura do arroz irrigado no RS e SC. FAEM/UFPel, Capão do Leão, RS, 2014..... 112
- Tabela 2.** Comprimento da parte aérea na cultura do arroz irrigado, me função da aplicação de fertilizantes aos sete dias após a aplicação. FAEM/UFPel- Capão do Leão, RS, 2014 ..... 114
- Tabela 3.** Comprimento da parte aérea na cultura do arroz irrigado, em função dos tratamentos herbicidas aos 14 dias após a aplicação. FAEM/UFPel - Capão do Leão, RS, 2014..... 116
- Tabela 4.** Fitotoxicidade na cultura do arroz irrigado, em função dos tratamentos herbicidas aos sete, 14 e 21 dias após a aplicação dos herbicidas. FAEM/UFPel - Capão do Leão, RS, 2014. .... 116
- Tabela 5.** Índices obtidos pelo clorofilômetro SPAD 502 na cultura do arroz irrigado, em função dos tratamentos herbicidas aos 14 dias após a aplicação. FAEM/UFPel - Capão do Leão, RS,2014 ..... 118

## Sumário

<b>1. Introdução .....</b>	<b>19</b>
<b>2. Artigo I – Tratamento de Sementes: Uma Revisão</b>	
2.1 Introdução .....	27
2.2 Mercado brasileiro de sementes .....	27
2.3 Histórico do tratamento de sementes .....	30
2.4 Importância do tratamento de sementes .....	31
2.5 Métodos de tratamento de sementes.....	32
2.5.1 Método físico.....	33
2.5.2 Método biológico.....	35
2.5.3 Método químico.....	37
2.5.3.1 Uso de fungicida.....	37
2.5.3.2 Uso de inseticidas.....	38
2.6 Bioativadores.....	40
2.7 Uso de reguladores de crescimento.....	41
2.8 Recobrimento de sementes.....	42
2.8.1 Polímeros.....	43
2.8.2 Protetores de sementes ( <i>safeners</i> )..	44
2.9 Referências Bibliográficas.....	45
<b>3. Artigo II - Efeito do tratamento de sementes no estabelecimento inicial do arroz irrigado em diferentes temperaturas e épocas de semeadura</b>	
3.1 Resumo.....	50
3.2 Introdução.....	52
3.3 Material e Métodos .....	54
3.4 Resultados e Discussão .....	59
3.5 Referências Bibliográficas .....	78
<b>4. Artigo III - Alterações bioquímicas em arroz irrigado em resposta ao estresse causado por herbicidas e temperatura</b>	
4.1 Resumo.....	83
4.2 Introdução.....	85
4.3 Material e Métodos .....	88
4.4 Resultados e Discussão .....	93
4.5 Referências Bibliográficas .....	103

**5. Artigo IV - Avaliação do desempenho inicial decorrentes da aplicação de fertilizantes na seletividade de herbicidas em arroz irrigado**

5.1	Resumo .....	107
5.2	Introdução.....	109
5.3	Material e Métodos.....	111
5.4	Resultados e Discussão.....	114
5.5	Referências Bibliográficas .....	119
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÕES GERAIS.....</b>	<b>122</b>
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>124</b>
<b>8.</b>	<b>VITA.....</b>	<b>127</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O arroz é um dos alimentos mais importantes para a nutrição humana, sendo a base alimentar de mais de três bilhões de pessoas. O Estado do Rio Grande do Sul (RS) é responsável por 66,4% da produção nacional de arroz (CONAB, 2014). A produtividade média alcançada no RS foi de 7.243 kg ha<sup>-1</sup>, com área semeada de 1.120,130 hectares e produção de 8.112,900 toneladas na safra 2013/14 (CONAB, 2014).

A elevada produtividade da cultura conduzida, principalmente, sob o sistema de irrigação por inundação em solos de terras baixas, deve-se, entre outros fatores, às práticas de manejo que vêm sendo utilizadas nas lavouras do Rio Grande do Sul, destacando-se o tratamento de sementes; melhoria nos níveis de adubação; desenvolvimento de cultivares mais produtivas e semeadura efetuada em época precoce (SOSBAI, 2012). Entretanto, observa-se quedas na produtividade causadas, fundamentalmente, por condições climáticas adversas, como a ocorrência de chuvas excessivas (inundações), estiagens (implantação e/ou irrigação da lavoura), vendavais, granizos, e principalmente, a ocorrência de baixas temperaturas (BURIOL et al., 1998; STEINMETZ; BRAGA, 2001) e baixa disponibilidade de radiação solar (YOSHIDA, 1981) durante as fases críticas da planta. Os estresses abióticos podem impor limitações à produtividade das culturas, bem como limitar a área disponível para a prática da agricultura. Em regiões que ocorrem tais restrições, há certa necessidade de compreensão de como as plantas respondem às condições adversas, com o intuito de melhorar a tolerância destas ao estresse imposto.

Uma das práticas de manejo mais enfatizadas para a cultura do arroz irrigado é a semeadura em épocas recomendadas, principalmente em período precoce, promovendo a sincronia do período de maior luminosidade com o estágio fenológico da cultura de maior demanda (YOSHIDA, 1981). A semeadura precoce no Estado do Rio Grande do Sul caracteriza-se pela baixa temperatura do solo e do ar, o qual é um dos fatores de estresse abiótico mais importante para a cultura do arroz irrigado, tanto no seu estabelecimento inicial quanto no período reprodutivo. A sincronia da floração e início do enchimento de grãos com esse período é um dos fatores determinantes para elevadas produtividades e, conseqüentemente, para

determinar a recomendação da época de semeadura do arroz (STEINMETZ; BRAGA, 2001). Semeadura efetuada em época precoce proporciona melhor eficiência no aproveitamento do nitrogênio durante o estágio da microsporogênese, formação e início do enchimento de grãos e conseqüentemente proporciona maiores produtividades (YOSHIDA, 1981; FREITAS et al., 2008). Independente do ciclo, cultivares de arroz irrigado apresentam tendência de maiores produtividades quando semeadas no cedo, ou seja, no RS no mês de setembro/outubro e tendem a sofrer um decréscimo quando semeadas tardiamente (início de dezembro) (MARIOT et al., 2005).

A temperatura é um dos elementos climáticos de maior importância para o crescimento, desenvolvimento e produtividade do arroz. Cada estágio fisiológico da planta tem as suas temperaturas críticas ótima, mínima e máxima. A temperatura ótima para o desenvolvimento do arroz situa-se na faixa de 20 a 35°C para a germinação, de 30 a 33°C para a floração e de 20 a 25°C para a maturação (YOSHIDA, 1981). A planta de arroz é mais sensível a baixas temperaturas no estágio de pré-floração, ou seja, microesporogênese (SOSBAI, 2012).

Efetuar semeadura em época precoce é uma alternativa para minimizar os problemas causados pelo frio e pouca luminosidade na época mais sensível da cultura, porém, como consequência, pode ocorrer dificuldade na germinação das sementes e prejudicar o estabelecimento inicial das plântulas, devido às baixas temperaturas do solo e do ar, nos meses de setembro e outubro (MERTZ et al., 2009). Nas regiões Sul e Sudoeste do RS observam-se maiores riscos de ocorrência de estresse por frio, devido à maior frequência de temperaturas baixas em comparação às demais regiões do estado (STEINMETZ; BRAGA, 2001). A ocorrência de frio no estabelecimento da cultura ocasiona atraso tanto na germinação quanto na emergência de plântulas (AMARAL; SANTOS, 1983), e um bom desempenho nesses estágios é importante para garantir o rápido e uniforme estabelecimento da cultura, incrementando a capacidade competitiva dessa em relação às plantas daninhas (CONCENÇO et al., 2007).

No geral, os efeitos negativos provocados por estresses abióticos sobre as plantas, podem ser explicados através de reações deletérias ao seu desenvolvimento, como a diminuição da fotossíntese e, conseqüentemente, do crescimento, associadas com a alteração do metabolismo do carbono e nitrogênio (LAW; CRAFTS-BRANDNER, 2001), e produção de espécies reativas de oxigênio (EROs), tais como o radical superóxido, peróxido de hidrogênio, oxigênio singleto e radicais hidroxila (GUO et al., 2006). Essas moléculas tóxicas são formadas durante funções metabólicas normais nos peroxissomos ou induzidas por estímulos ambientais aos quais as plantas estão constantemente expostas (MITTLER, 2002).

As EROs causam peroxidação lipídica, desintegração das membranas, danos a proteínas e ácidos nucleicos (GOMEZ et al., 1999), efeitos comuns em plantas submetidas a condições de estresse por baixas temperaturas (MORSY et al., 2007). No cloroplasto, as EROs ocasionam a diminuição da atividade de proteínas como a ATP sintase e ATPase vacuolar, explicando o decréscimo na taxa fotossintética e a conseqüente diminuição de crescimento (NEILSON et al. 2010).

No decorrer da evolução, as plantas superiores desenvolveram inúmeros mecanismos de respostas a estresses, como por exemplo, a habilidade de alterar o seu desenvolvimento em reflexo a algum fator externo desfavorável como ataques de pragas, patógenos e fatores abióticos (SOARES; MACHADO, 2007). As plantas possuem um ativo sistema de detoxificação, com a ação de enzimas antioxidantes como superóxido dismutase, peroxidase, glutathione S-transferase, ascorbato peroxidase e catalase (FOYER; NECTOR, 2000), bem como antioxidantes não enzimáticos de baixo peso molecular como o ascorbato e a glutathione reduzida. Esse sistema protege a integridade das membranas contra o efeito das EROs, possibilitando uma maior tolerância de certas espécies a condições ambientais adversas (NOCTOR; FOYER, 1998). A tolerância do arroz à seca ou ao frio está diretamente relacionada à capacidade do sistema antioxidante enzimático (GUO et al. 2006).

Na produção agrícola, a etapa de germinação das sementes é fundamental, pois dela depende o estabelecimento das culturas (ALMEIDA et al. 2001). Vários fatores podem comprometer a germinação das sementes de arroz como, por exemplo, a ação de insetos pragas, fungos, bactérias e fitotoxicidade por herbicidas,

tendo como conseqüências a redução do estande inicial de plantas e a diminuição no vigor das sementes, reduzindo seu potencial produtivo.

Atualmente, existem várias alternativas de tratamentos de sementes que podem reduzir consideravelmente os danos causados por fatores bióticos e abióticos. Apresenta custo relativamente baixo e impacto ambiental reduzido visto que a área que recebe produto é pequena, se comparada à aplicação de agroquímicos em parte aérea (MENTEM; MORAES, 2010).

Tratamento de sementes, no sentido amplo, é a aplicação de processos e substâncias que preservem ou aperfeiçoem o desempenho das sementes, permitindo que as culturas expressem todo seu potencial genético. Inclui a aplicação de agrotóxicos (fungicidas, inseticidas, herbicidas), produtos biológicos, inoculantes, estimulantes, micronutrientes, ou a submissão a tratamento térmico e outros processos físicos (MENTEM; MORAES, 2010). No sentido mais restrito, refere-se à aplicação de produtos químicos eficientes contra o ataque de fitopatógenos (MACHADO, 2000).

O estabelecimento da lavoura é o momento onde há maior competição com a cultura por parte das plantas daninhas, que se aproveitam do fertilizante e da luz assim como do CO<sub>2</sub>, por isso é necessário um bom manejo de espécies invasoras para ter sucesso no empreendimento. Dentre os métodos de controle de plantas daninhas destacam-se o controle químico por meio de herbicidas, prática muito utilizada por apresentar menor custo e maior eficiência, quando comparado a outros métodos de controle (DAN et al., 2011).

O arroz, como qualquer cultura agrícola, está sujeito a uma série de fatores ambientais que, direta ou indiretamente influenciam o rendimento, qualidade e custo de produção. Dentre estes fatores, as plantas daninhas assumem lugar de destaque, face aos efeitos negativos observados no crescimento, desenvolvimento e produtividade (FLECK, 2000). No entanto, a aplicação de herbicidas, dependendo das condições edafoclimáticas, assim como do nível de suscetibilidade das culturas, pode causar injúrias e/ou redução no desenvolvimento da cultura, tornando necessárias ações estratégicas para assegurar a seletividade em níveis desejáveis para o controle de plantas daninhas (GALON, 2011).

A seletividade de herbicidas às culturas caracteriza-se como ponto crucial na produção agrícola devido ao eficiente controle químico de plantas daninhas sem afetar de forma significativa a cultura, observando-se que quanto maior a diferença de tolerância entre a cultura e a planta daninha, maior é a segurança de controle (OLIVEIRA, 2001). A seletividade se manifesta de formas diferenciadas, pois se trata de uma combinação entre os fatores cultura, 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 (ROUCHAUD et.al., 2000; BEULKE et. al., 2004; SONG et.al., 2007).

Um dos fatores que pode reduzir a eficiência dos herbicidas é o decréscimo da temperatura, uma vez que o metabolismo da planta é reduzido a tal ponto que a translocação tanto pelo xilema quanto pelo floema é limitada, impedindo a sua chegada ao sítio alvo (TAIZ; ZEIGER, 2004). Também pode ocorrer a diminuição do metabolismo da planta em decorrência da baixa atividade enzimática termo dependente. A diminuição do metabolismo acarreta a diminuição da tolerância á herbicidas devido à menor taxa de detoxificação da planta em relação ao herbicida. Da mesma forma, a diminuição da temperatura ocasiona maior enrijecimento da membrana, desacelerando processos que dependem de proteínas de membrana, como a atividade da enzima P450 monoxigenase, a qual se caracteriza pela grande importância na oxidação de herbicidas e sua posterior detoxificação. Baixas temperaturas também podem ocasionar menor deposição de ceras bem como maior facilidade de aparecimento de fissuras, proporcionando maior absorção dos herbicidas (GHINI et al., 2008).

Um dos possíveis efeitos secundários de herbicidas é o aumento de EROs após sua aplicação, conforme observado em diversos estudos (DE PRADO et al, 1999; ROMERO-PUERTAS et al., 2004; SONG et al, 2007; YIN et al., 2008; RAMEL et al., 2009; GROSSMAN et al., 2010). Entretanto, tem-se observado em lavouras orizícolas da região da Campanha e Sul do RS, que plantas submetidas a condições de estresse por baixas temperaturas, combinadas com a aplicação de herbicidas seletivos à mesma, apresentam elevada fitotoxicidade, podendo dessa forma, afetar negativamente seu desenvolvimento e conseqüentemente sua produção.

Para a cultura do arroz, nas aplicações em pré-emergência, a seletividade se deve, principalmente, à posição do herbicida com relação à semente de arroz no solo. Já nas aplicações em pós-emergência, a seletividade é principalmente de natureza fisiológica, através de mecanismos de degradação que evitam injúrias às plantas. Isso sugere que a sensibilidade do arroz aos herbicidas varia de acordo com as cultivares, as quais possuem mecanismos diferenciados de metabolização das moléculas dos herbicidas (EMBRAPA, 2006), o que pode ser maximizado com o uso de protetores.

A seletividade de um herbicida pode ser melhorada com a utilização de produtos que protegem a cultura do dano herbicida sem reduzir a atividade nas espécies-alvo. Devido à sua habilidade de aumentar a seletividade da cultura, os protetores de sementes têm distintos potenciais de uso, que incluem a proteção das culturas contra os danos causados por resíduos de herbicidas e o uso de herbicidas sob condições adversas, onde o dano na cultura é provável de ocorrer. Teoricamente, o aumento na tolerância com o uso de protetores pode ser conseguido através do estímulo do metabolismo do herbicida em enzimas-alvo, redução na absorção e translocação do herbicida, ou metabolização do herbicida a compostos menos tóxicos (DAVIES; CASELEY, 1999).

Diante do exposto, pesquisas foram conduzidas com o objetivo de avaliar os efeitos do tratamento de sementes no estabelecimento inicial de plantas de arroz irrigado e na tolerância a herbicidas submetidas a baixas temperaturas.

## 2. Artigo I - Tratamento de sementes: Uma Revisão<sup>3</sup>

Seed treatment: A Review

**ROSA, T. D<sup>1</sup>; AVILA, L.A.<sup>2</sup>**

**RESUMO** - No contexto da agricultura moderna, a qual prioriza a adoção de alto nível tecnológico na produção, uma série de fatores devem ser considerados e dentre esses a utilização de sementes em boas condições sanitárias, é o primeiro passo para que o produtor tenha retorno dos seus investimentos. A fim de que as sementes possam desempenhar todo seu potencial genético essas, devem estar livres do ataque de patógenos. Diversos patógenos podem causar prejuízos à qualidade das sementes, podendo refletir negativamente no estabelecimento, desenvolvimento e produtividade das culturas. O tratamento de sementes é a primeira etapa para a prevenção, contra o ataque de patógenos como, por exemplo, *Oryzophagus oryzae* e *Pyricularia grisea* na cultura do arroz oferecendo garantia adicional de sanidade a custos reduzidos. O tratamento de sementes pode ainda agir como agente potencializador da qualidade fisiológica em condições de estresse. Atualmente com avanços tecnológicos, os níveis de produtividade das lavouras do Brasil estão crescendo, sendo a semente, o principal veículo de transferência de tecnologia ao produtor. Diante disso, a semente é um dos principais elementos para a produção agrícola, sendo sua qualidade fisiológica característica fundamental para que o produtor obtenha sucesso em sua produção.

**Palavras-chave:** qualidade fisiológica, patógenos, potencial genético.

---

<sup>1</sup> Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas - UFPel, Bolsista CAPES; <sup>2</sup> Professor Adjunto, Ph.D., Departamento de Fitossanidade, UFPel, Caixa Postal 354, 96010-900 Pelotas-RS, Brasil, <[laavilabr@gmail.com](mailto:laavilabr@gmail.com)>; <sup>3</sup> Artigo formatado segundo normas da revista Planta Daninha.

*ABSTRACT - In the context of modern agriculture, which prioritizes the adoption of high technological level in production, a number of factors must be considered, among which the use of seed in a sanitary condition, the first step is for the producer to return their investments. In order that the seeds may play all these genetic potential, should be free from attack by pathogens. Several pathogens can cause damage to seed quality, and may reflect negatively on the establishment, development and crop productivity. Seed treatment is the first step to prevention against attack by pathogens such as *Oryzophagus oryzae* and *Pyricularia grisea* in rice offering additional guarantee of sanity at reduced costs. Seed treatment can still act as a potentiating agent of physiological quality in conditions of stress. Currently technological advances, productivity levels of crops in Brazil are growing, with the seed, the main vehicle for technology transfer to the producer. Thus, the seed is a key element for agricultural production, and physiological quality key feature for the producer succeeds in its production.*

**Keywords:** *physiological quality, pathogens, genetic potential*

## INTRODUÇÃO

O tratamento de sementes visa à aplicação de substâncias que possibilitem a preservação e a otimização do desempenho de sementes a fim de expressar todo seu potencial genético. Existem vários métodos que podem ser encontrados na literatura, dentre esses se destacam os métodos físicos como tratamentos térmicos, aplicação de estimulantes e de micronutrientes, o método biológico com a aplicação de antagonistas na superfície das sementes e o método químico, provavelmente o mais utilizado, com aplicações de agrotóxicos como, por exemplo, inseticidas e fungicidas. Cada método possui suas peculiaridades sendo, portanto, utilizado de acordo com a necessidade.

O tratamento de sementes tem como objetivo a proteção contra o ataque de patógenos que possam estar associados às sementes ou presentes no solo. A importância da boa sanidade das sementes se deve ao fato de que praticamente 90% das culturas que são utilizadas como alimentação animal e humana se dá através da propagação via semente, dentre elas têm-se o arroz, soja, milho, entre outros. Além dessa proteção, estudos apontam que alguns produtos podem também assegurar um bom vigor e estande inicial (Henning, 2005).

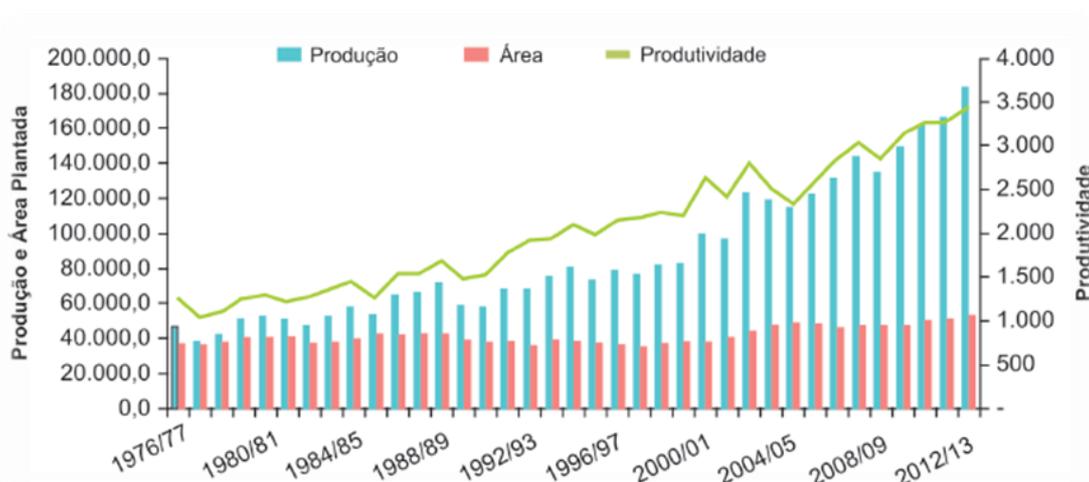
Por se tratar de um método barato e seguro, culturas como soja e milho possuem praticamente 100% das sementes tratadas, pois é uma prática que representa 0,5 a 1% do seu custo de produção (Menten et al., 2010). As vantagens dessa tecnologia como retorno econômico, redução dos riscos de contaminação ambiental e sanidade no manejo de pragas e doenças asseguram importância de sua utilização para as culturas.

### **2.2 Mercado brasileiro de sementes**

Nos últimos anos, a produção brasileira de sementes partiu de 1,6 milhão de toneladas em 2001 para mais de 3,0 milhões de toneladas na safra 2012/13. Destacam-se a produção de sementes de soja (1,4 milhão de ton.) e milho (323 mil ton.), que permanecem como as principais espécies produzidas no País, responsáveis por movimentar mais da metade do valor do mercado interno brasileiro (ABRATES, 2014).

O aumento da produção de sementes certificadas no Brasil é estimulado pelo avanço do uso de cultivares transgênicas que passou dos 20% na safra 2011/12, representando 2,99 milhões de toneladas de sementes produzidas nas sementeiras do País (ABRATES, 2012), sendo as principais culturas a soja, milho, trigo e arroz.

A agricultura brasileira vem destacando-se frente a outros países de grande potencial produtivo. Nos últimos 38 anos, o país aumentou sua produção em mais de 300% enquanto a área cultivada nesse mesmo período teve um acréscimo de apenas 38% (CONAB, 2013). A eficiência e o crescimento da produção devem-se principalmente a ganhos na produtividade, demonstrando a habilidade do setor produtivo (Figura 1). Outra vantagem do Brasil em relação ao mercado agrícola é a disponibilidade de área ainda a ser explorada, esse fator favorece os incentivos a investimentos por parte de empresas estrangeiras no agronegócio sendo observado crescimento nas últimas décadas.



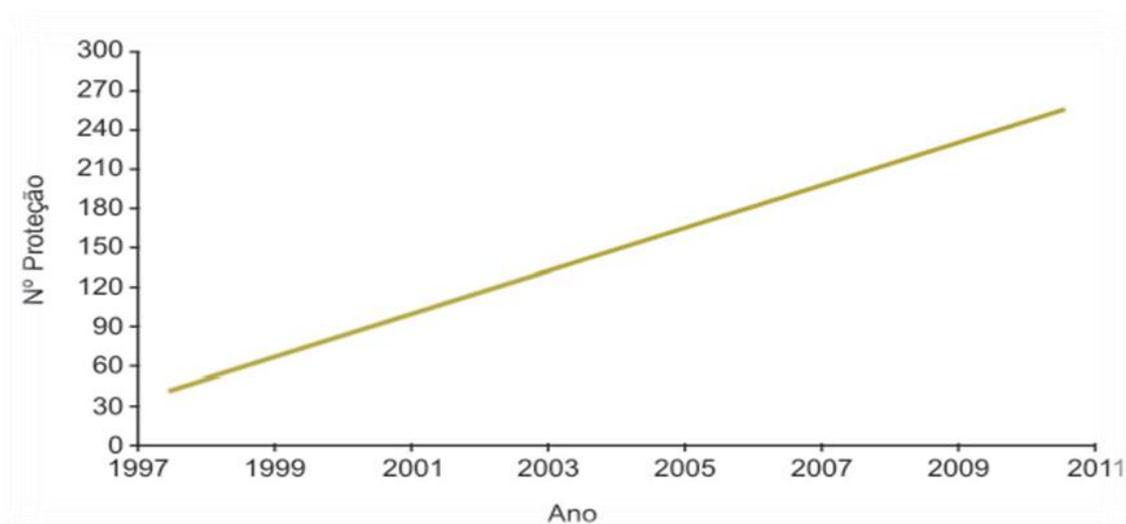
**Figura 1.** Evolução da Produção (1.000 t), produtividade (Kg/ha) e área plantada (1.000 ha) de grãos no Brasil. Fonte: Conab (2013).

O Ministério da Agricultura detém a responsabilidade pela produção de sementes, formulação e execução de leis de sementes em todo território nacional, competindo às Secretarias Nacionais de Agricultura: Agências Certificadoras a obtenção de novas cultivares, produção de sementes genéticas, básicas e certificadas bem como fiscalização da produção e do comércio sementeiro, sendo atribuído, portanto, as entidades e aos órgãos, a obtenção de novas cultivares e as pesquisas em tecnologia de sementes (ABRASEM, 2013).

Em 25 de abril de 1997, conforme regulamento, foi sancionada a Lei 9.456 de Proteção de Cultivares que objetiva o fortalecimento e a padronização dos direitos de propriedade intelectual referente a cultivar efetuada, mediante a concessão do Certificado de Proteção de Cultivar. A nova cultivar não pode ser oferecida para ser vendida no país no período de um ano, desde a data do pedido de proteção com

autorização o obtentor, no período superior de seis anos para árvores e videiras e de quatro anos para demais espécies. O período de duração de proteção da nova cultivar é de 15 anos, decorridos o prazo a nova cultivar, fica sobre domínio público (MAPA, 2014).

A competência pela proteção de cultivares no Brasil fica a cargo do Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC) junto ao Ministério da Agricultura. No País, a efetiva implementação de proteção de cultivares foi a partir de dezembro de 1997 quando o SNPC aprovou e disponibilizou os instrumentos necessários à formulação dos pedidos de proteção (MAPA, 2014), havendo um acréscimo a partir de 1997 do número de pedidos de proteção (Figura 2).



**Figura 2.** Pedidos de Proteção por ano no País. Fonte: Anuário Abrasem (2013).

A aprovação da lei que visa proteção aos obtentores vegetais da tecnologia trouxe vários benefícios para o setor tecnológico e para o melhoramento genético, sendo que empresas obtentoras da tecnologia obtiveram oportunidade segura para seus investimentos, gerando preocupação por parte das empresas estrangeiras em iniciar investimentos em um importante mercado agrícola como o Brasil, sendo assim, muitas cultivares foram lançadas e disponibilizadas aos agricultores brasileiros (Abrasem, 2013).

Através de incentivos a tecnologia houve o fortalecimento do sistema de proteção de cultivares do país, esse processo resultou em benefícios tanto aos obtentores da tecnologia através do pagamento de royalties quanto aos produtores por usufruir de sementes de alto nível tecnológico.

O panorama estatístico da proteção de cultivares no Brasil obteve mais de 100 espécies incluídas no regime de proteção, até 2010, divididas em diferentes grupos de cultivos como, ornamentais, forrageiras, olerícolas (MAPA, 2011).

### **2.3 Histórico do tratamento de sementes**

As primeiras referências encontradas de sementes tratadas são registradas ainda no início do século XVII. Nesse século, foram resgatadas por agricultores sementes de trigo de um navio naufragado próximo a Austrália, devido essas sementes estarem com alto teor de sódio e, portanto, imprópria para consumo, foram semeadas. Após a semeadura os agricultores perceberam que as plântulas provenientes dessas sementes apresentaram baixa incidência de cárie (*Tilletia caries*), portanto acidentalmente foi descoberta a utilização de solução salina para proteger as sementes da ação de fungos (Parisi, 2012).

Em 1750 na França, sementes foram tratadas com uma solução contendo sal, cal e lixívia (composto químico utilizado para desinfecção, posteriormente no mesmo país no século XIX foram utilizados sulfato de cobre e outros componentes como o mercúrio) (Parisi, 2012).

No mesmo século, nos Estados Unidos e na Europa, houve o aperfeiçoamento da utilização do sulfato de cobre com a técnica de submersão das sementes, e a utilização de outros produtos inorgânicos como hidróxido de sódio, carbonato de cálcio entre outros. Em 1888, na Dinamarca, foi constatada a utilização do tratamento térmico no controle do carvão (*Ustilago tritici*) em culturas do trigo e cevada (Menten et al., 2010).

No início do século XX, a aplicação do tratamento de sementes era efetuada via seca, passando nos anos 1920-50 a ser executada por via líquida, seca e pasta fluida com a aplicação de organo mercuriais como o fungicida chloranil no ano de 1938, e o registro da utilização do thiram (fungicida) em 1942 (Menten et al., 2010).

Em 1950 foi registrado o uso do fungicida carboxin (sistêmico), para tratamento das sementes, a partir de 1960 houve grande impulso na utilização do tratamento químico de sementes, com a proibição da utilização de produtos mercuriais no Brasil, devido a esse cenário se tornou necessário o desenvolvimento de produtos que pudessem substituir os produtos utilizados anteriormente, ocorrendo o surgimento

de vários fungicidas utilizados no tratamento de sementes, como fludioxonil (Menten et al., 2010).

#### **2.4 Importância do tratamento de sementes**

No Brasil a propagação de doenças em solos, é bastante preocupante, principalmente devido ao clima favorável a essa disseminação (Dhingra et al., 1985), Para isso o uso de produtos que possibilitem proteger sementes contra possíveis ataques de patógenos se faz necessário. Sementes saudáveis e vigorosas desempenham seu máximo potencial germinativo, assegurando bom rendimento final da cultura.

Estudos evidenciam ainda que o uso de produtos para o tratamento de sementes vai muito além da proteção contra o ataque de patógenos (Henning et al., 2010), destacou a importância do tratamento de sementes na safra de soja tratadas com fungicidas no ano, decorrentes do fenômeno “La niña”. Em anos que o fenômeno ocorre poucos eventos de chuva de forma isolada são observados, principalmente nos meses que a cultura de verão, como a soja, está sendo implementada. O autor e seus colaboradores afirmam que o tratamento de semente é de suma importância devido à garantia de proteção contra patógenos presentes no solo, pois em anos com poucas chuvas o ataque de insetos como lagartas e corós se torna mais evidente, tornando essencial que as sementes possuam um meio de proteção.

Microrganismos patogênicos estão muitas vezes localizados na superfície ou no interior das sementes, sendo transportados junto às sementes podendo resultar em condenação do lote. Esses microrganismos estão associados a doenças como podridão das sementes que conseqüentemente podem gerar baixo estande inicial da cultura, requeima das plântulas bem como podridão da raiz e do colo da plântula (Terao, et al. 2010).

As plântulas sobreviventes do ataque de patógenos são frágeis e seu processo de germinação e emergência é atrasado em relação às plântulas saudáveis, sendo que as primeiras podem ainda ser fonte de inóculo, pois as lesões presentes nessas servem como local de multiplicação de patógenos e produção de inóculo secundário, possibilitando o início de uma epidemia (Henning et al., 2010).

Em relação aos patógenos que estão presentes no solo, esses podem atacar sementes que estão no processo germinativo, como plântulas emergidas, provocando tombamento das mesmas (Henning et al., 2010). A multiplicação do inóculo garante a sobrevivência do patógeno, devido ao aumento de densidade do mesmo, ocorrendo pressão de seleção que garante a estabilidade de cepas mais agressivas.

Pesquisas referentes aos efeitos secundários dos tratamentos de sementes apontam o uso desse como potencializador no desenvolvimento fisiológicos de algumas culturas além da proteção que os produtos oferecem as sementes. Em trabalho com sementes de soja, Dan, 2012, demonstrou que o tratamento de sementes com alguns inseticidas como, por exemplo, tiametoxam e fipronil ocasionam uma boa qualidade fisiológica de sementes de soja, e que sementes tratadas com esses inseticidas não interferiram negativamente no seu desenvolvimento inicial.

Ainda em relação aos efeitos secundários que o tratamento de sementes proporciona, Almeida (2011) estudando o efeito do inseticida tiametoxam observou o efeito bioativador que o produto promove às sementes. O autor evidenciou que o inseticida é transportado dentro da planta através de suas células e pode ativar várias reações fisiológicas como a expressão de proteínas. Essas proteínas interagem com mecanismos de defesa de estresses, permitindo que a planta suporte melhor condições adversas, tais como secas, baixo pH, salinidade, radicais livres, estresses por elevadas temperaturas, efeitos tóxicos de níveis elevados de alumínio, danos causados por pragas, ataque de viroses e deficiência de nutrientes.

O conhecimento técnico sobre o tratamento de sementes leva a correta tomada de decisão, sendo que cada situação requer a adoção do método mais adequado, seja ele físico, químico ou biológico. O entendimento sobre a presença de patógenos no solo, seu ciclo de vida, meios de disseminação, são pontos importantes a serem considerados antes de optar pelo melhor método.

## **2.5 Métodos de tratamento de sementes**

São vários os estudos que apontam os efeitos que o tratamento de sementes proporciona, apresentando benefícios a curto e longo prazo, como custo baixo de aplicação, garantia de estande inicial de plântulas, sistema de produção equilibrado, menor contaminação ao meio ambiente, entre outros. Além do tratamento químico que é

considerado os mais utilizados, existem outras formas de tratamento que serão apresentados a seguir.

### **2.5.1 Método físico**

Um dos métodos utilizados para o tratamento de sementes é o físico, sendo a termoterapia um exemplo. A termoterapia é um dos meios mais eficientes na erradicação, não contaminando o meio ambiente, em contrapartida, a termoterapia não possui ação residual o que pode comprometer a sanidade das mesmas após o tratamento. O método quando não empregado corretamente pode provocar danos ao tegumento das sementes devido à ação do calor, bem como a deterioração acelera quando armazenadas em comparação com sementes que não receberam o tratamento (Coutinho et al., 2007).

Na termoterapia, as sementes são submetidas ao calor pela água ou pelo ar em combinação com o tempo de tratamento, com o objetivo de eliminar ou reduzir o patógeno, sendo importante nesse processo que o patógeno seja mais sensível que a semente ao calor para evitar danos (MACHADO, 2000). As temperaturas da água podem variar de 49°C a 52°C no tempo de 15 a 30 minutos de submersão das sementes, e submissão ao ar quente (90°-100 °C / 12 h), vapor arejado (50°- 57 °C / 30 min) (Menten et al., 2010). Segundo Grondeau e Samson (1994), a ação do calor por via úmida é mais eficiente, pois a condutividade de calor é mais acentuada quando a água está em seu estado líquido. A temperatura do ar e/ou da água e o tempo de submissão das sementes variam de acordo com a sensibilidade e a capacidade das sementes para suportar altas temperaturas, bem como das condições ideais para o controle do patógeno.

Deve-se destacar a importância da sensibilidade diferencial entre semente e patógeno, sendo que a tolerância das sementes ao calor dependerá de fatores como umidade, vigor, dormência, injúrias e qualidade fisiológica da semente (Braga, 2010). Em um estudo utilizando o tratamento térmico em sementes de tomate o mesmo autor, avaliou variáveis como germinação, vigor e sanidade das sementes quando submetidas ao tratamento térmico.

Testando várias temperaturas combinadas com diferentes períodos de tratamento, Braga, 2010, concluiu que sementes tratadas por via úmida sob temperatura de 55 °C por 30 minutos é uma alternativa eficaz para o controle dos fungos como

*Rhizopus* sp., *Aspergillus* sp. e *Cladosporium* sp. presentes nas sementes de tomate, e que a aplicação desse tratamento não afeta o potencial fisiológico das sementes de tomate. Em contrapartida, na temperatura de 60°C em períodos de 30 ou 60 minutos de submersão os fungos foram controlados, porém, foi prejudicial às sementes ocasionando a morte das mesmas.

A termoterapia é a técnica mais utilizada dentro do tratamento de sementes pelo método físico, mas existem outros recursos como a utilização de energia solar, ultrassom, entre outros. Apesar de ser um método seguro e barato, a utilização de recursos físicos não garante total eficácia, pois existe a ausência de residual no processo. Portanto, associado ao uso do tratamento físico de semente, deve-se utilizar outro método de prevenção ao ataque de patógenos em sementes, para assim obter máxima proteção e eficácia.

A utilização da combinação de tratamentos foi evidenciada no trabalho apresentado por Oliveira (2011), que associou o tratamento físico e químico e avaliou a qualidade fisiológica de sementes de *Amburana cearensis*, conhecida popularmente no Brasil como cumaru, cerejeira, cumaru-do-Ceará, entre outras (Lorenzi e Matos, 2002). Segundo Oliveira (2011), a utilização desses tratamentos possui erradicação eficaz contra *Aspergillus niger*, não influenciando na qualidade fisiológica das sementes de cerejeira, sendo um método não poluente e indicado na erradicação de patógenos.

Outra importância do uso de tratamento físico é na erradicação de patógenos em sementes provenientes de outros países. Sementes importadas da Holanda infectadas por *Ditylenchus dipsaci* foram tratadas com água quente. O autor concluiu que o tratamento a temperatura de 40°C durante 20 minutos seguido de 60°C por 10 minutos foi eficiente na erradicação do nematóide, podendo, portanto, ser utilizado em práticas quarentenárias no controle dessa praga. O controle de nematóides com a utilização do tratamento térmico de sementes também foi evidenciado por Tenente et al. (2000) em milho (*Zea mays* L.) e trigo (*Triticum aestivum* L.).

O tratamento físico é uma alternativa no controle e erradicação de patógenos presentes nas sementes, não sendo recomendando seu uso isolado. Dentre as vantagens da utilização desse método destacam-se a menor contaminação ambiental e a redução do custo comparado com o tratamento químico, porém a aplicação dessa metodologia requer conhecimento e pesquisa para a obtenção da eficácia do tratamento.

Algumas alternativas estão sendo estudados com o propósito de diminuir os riscos de contaminação para o ambiente, homens e animais, bem como diminuir os danos causados as sementes tanto pela ação de patógenos como também devido ao método utilizado como a termoterapia, e ao mesmo tempo proporcionar à proteção a semente. Uma das alternativas analisadas é o tratamento de sementes pelo método biológico, porém o mesmo ainda é pouco encontrado na literatura, mas vem apresentando resultados promissores.

### **2.5.2 Método biológico**

A principal preocupação da presença de patógenos nas sementes é em relação à interferência que os mesmos podem proporcionar as sementes, causando danos na emergência e estabelecimento da cultura. A presença de fungos, por exemplo, pode se tornar fonte de inóculo, o que pode acarretar na transmissão de doenças, comprometendo a sanidade de outras sementes.

O tratamento biológico consiste na inoculação de agentes biológicos (vivos) como *Trichoderma bacillus* (Menten, 2010), nas para o controle de doenças ou promover o crescimento de planta (Huang, 1992 e Melo,1996). É um método que vem sendo estudado e visa além da proteção, à redução da quantidade de agrotóxicos usualmente empregados no tratamento de sementes.

O gênero *Trichoderma* se destaca quanto à eficiência no controle de fungos fitopatogênicos e pelo aumento do crescimento de plantas através de mecanismos essenciais às plantas, como produção de hormônios (Melo, 1996). Em culturas como hortaliças, o gênero *Trichoderma* pode estimular o crescimento e florescimentos de plantas (Baker, 1989 e Faria, 2003). Em leguminosas o gênero promove a germinação em feijão e o aumento do índice de germinação em soja (Menezes, 1992).

Apesar da comercialização e recomendação de agentes considerados bioprotetores para o tratamento de sementes de diversas culturas, ainda há poucas informações sobre os efeitos que o método biológico proporciona. Assim como ocorre com os produtos químicos, as informações encontradas na literatura na área de tratamento de sementes com produtos biológicos ainda são escassas.

Embora ocorra a escassez de informações sobre o assunto, alguns estudos estão sendo realizados avaliando o efeito que as incorporações desses agentes causam as sementes. Na cultura da soja, por exemplo, cerca de 90% das sementes comercializadas no Brasil são tratadas com produtos químicos (Mertz et al., 2009).

Essa percentagem demanda de estudos que visem alternativas capazes de desempenhar o mesmo papel de proteção que o tratamento químico fornece, bem como garantir o bom estabelecimento da lavoura com custos baixos (Henning, 2005).

Em um estudo visando o desempenho que os agentes biológicos, oferecem à cultura da soja, Mertz et al. 2009, observou que os mesmos quando avaliados isoladamente não desempenham papel de proteção contra fungos fitopatogênicos. O estudo foi desenvolvido testando diferentes bioprotetores e fungicidas químicos, os resultados obtidos demonstraram que as sementes tratadas pelo método biológico não ofereceram proteção às sementes no solo, em contrapartida, sementes tratadas pelo método químico além do efeito protetor ocasionou aumento da germinação e emergência das plantas de soja.

Em outro estudo, Luz (2003) avaliou sementes de milho tratadas com a combinação do tratamento biológico com o químico. Nesse estudo os resultados observados evidenciaram que a combinação entre o bioprotetor e fungicidas acarretou em benefícios as sementes de milho, havendo eliminação completa dos patógenos. É importante ressaltar que neste mesmo trabalho foram reduzidas as doses fungicidas e de agentes biológicos, sendo que a redução das doses, comparadas com os testes realizados com os tratamentos isolados e nas doses recomendadas, não interferiram no nível de controle dos patógenos que atacavam as sementes de milho (Luz, 2003).

Os trabalhos encontrados na literatura sobre tratamento de sementes demonstram que o método biológico quando analisado isoladamente não apresenta proteção necessária para que a semente desempenhe seu máximo potencial. As pesquisas encontradas inferem que a combinação de agentes biológicos com fungicidas, por exemplo, proporcionam alta proteção às sementes.

Mesmo evidenciando que o tratamento de sementes por meio de produtos sintéticos é o método mais eficiente, pesquisas estão buscando a utilização da interação mais métodos com o tratamento químico a fim de diminuir a aplicação de fungicidas e inseticidas que, se mal empregadas, podem fornecer riscos ao ambiente e ao homem.

### **2.5.3 Método químico**

O tratamento de sementes através do método químico é considerado de fácil execução, além de ser um método de baixo custo e, em virtude de pequena quantidade de produto adicionado diretamente na superfície da semente, é considerado de baixo risco ao homem e ao ambiente. Por esse motivo, se comparado aos sistemas convencionais de tratamento de pragas e doenças por via aérea, por exemplo, o tratamento de sementes é o menos prejudicial ao ambiente.

Esta prática representa cerca de 1% do custo de produção das culturas, onde o tratamento com fungicidas em sementes de soja no Brasil representa 90%, e com inseticidas 80%. Em milho híbrido, 100% das sementes são tratadas com fungicidas e 85% com inseticidas (Parisi, 2012).

#### **2.5.3.1 Uso de fungicidas**

Nos últimos anos, o tratamento de sementes com fungicidas partiu de cinco para 100% em sementes de soja e milho, havendo crescimento também em culturas como arroz, trigo e feijão. Geralmente, os fungicidas aplicados as sementes pertencem ao grupo químico das carboxamidas, estrobirulinas e triazóis (Juliatti, 2010).

Para a obtenção de respostas positivas ao tratamento de sementes com fungicidas, deve-se considerar o produto utilizado, a dose, a espécie vegetal, bem como seu grau de umidade, condições e período de armazenamento.

Quando se trata da aplicação de fungicidas, deve-se observar a relação patógeno-semente que pode favorecer a disseminação e a sobrevivência desses agentes. A semente, comparado a outras partes vegetais de propagação, é o meio com maior potencial de viabilidade no tempo, mesmo com lotes de sementes sadias, os fungos podem estar presentes no solo e causar prejuízos ao desenvolvimento das plântulas (Embrapa, 2004).

É importante o conhecimento do tipo de associação entre patógeno e semente, pois a presença do patógeno na semente não é suficiente para considerar que a semente será infectada pelo agente, pois para isso deve ocorrer o processo de transmissão. A associação patógeno-semente pode ocorrer por infecção, como no caso dos carvões (*Ustilago* spp.), e contaminações, como nas cáries (*Tilletia* spp.) (Embrapa, 2004).

Os fungos presentes nas sementes, ou mesmo no solo, podem causar vários prejuízos, como queda da germinação e do vigor, deterioração das sementes, produção de micotoxinas, transmissão de doenças, entre outros. Na cultura da soja, por exemplo, a rápida disseminação da ferrugem asiática, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizii*, tem exigido a utilização de produtos com fins preventivos, evitando ou dificultando o estabelecimento da doença ou mesmo controlando o inoculo inicial transmitido através da própria semente infectada (Juliatti, 2010).

Para o controle do fungo *Sclerotinia sclerotiorum*, o tratamento de sementes é o método mais eficiente (Furlan, 2011). O fungo de difícil controle é importante patógeno em várias culturas e causa muitos prejuízos em soja, feijão, algodão e hortaliças. O aumento da disseminação desse fungo está relacionado principalmente à presença de sementes infectadas pelo micélio do fungo, ou por meio da contaminação através da presença de estruturas de sobrevivência que são transportadas junto às sementes ou presentes no solo (Furlan, 2011).

Em gramíneas, o tratamento de sementes também é considerado importante. O uso do fungicida carboxina+thiram promove a proteção da semente contra o ataque de patógenos, mesmo em condições desfavoráveis ao seu desenvolvimento (Bittencourt et al., 2007). No trigo foi observado acúmulo de massa seca com a aplicação do fungicida (Hossen et al., 2014).

Pesquisas sobre tratamento de sementes avaliam a mistura de fungicidas de diferentes modos de ação e também a combinação com inseticidas na mesma formulação, a fim de garantir a boa sanidade das sementes contra o ataque de pragas e doenças. Essa prática permite o aumento do controle, pois, atinge um número maior de patógenos.

### **2.5.3.2 Uso de inseticidas**

O uso de inseticidas no tratamento de sementes está relacionado à proteção das sementes no processo de armazenamento e de plântulas contra o ataque inicial de pragas específicas no solo, garantindo o estande e o estabelecimento inicial.

As pragas de armazenamento são da ordem dos Coleópteros (carunchos) e Lepidópteros (traças) e sementes armazenadas em ambientes com temperatura abaixo dos 15°C e teor de água abaixo de 9% desfavorecem o desenvolvimento desses insetos. (Tonin et al., 2014). Neste trabalho, onde foram testados diferentes tratamentos com inseticidas em sementes de milho e diferentes condições de armazenagem foi confirmada esta observação. Foi verificado que a qualidade das sementes de milho é influenciada pelo produto utilizado no tratamento de sementes e também pelas condições do ambiente de armazenamento.

O uso de produtos no tratamento de sementes pode algumas vezes causar danos, sendo que o efeito negativo na qualidade fisiológica de sementes de soja foi observado por Picinnin et al. (2013). Estes autores, utilizando inseticidas como fipronil e tiametoxan armazenadas por seis meses verificaram que os inseticidas provocaram alterações no seu metabolismo, ocasionando redução no vigor das sementes.

O tratamento de sementes com inseticidas na cultura da soja pode custar ao produtor entre 16 e 22% do valor total necessário para adquirir a semente no Brasil (PESKE, 2007). Para Menten (2005), o uso de inseticidas no tratamento de sementes é prática que reduz, na maioria dos casos, o número de aplicações de inseticidas após a emergência da cultura.

Dentre o grupo dos inseticidas utilizados no tratamento de sementes estão os neonicotinóides, que possuem como principal característica ação sistêmica controlando insetos-pragas na fase inicial de desenvolvimento das plântulas, evitando pulverizações nos primeiros 20 dias (Juliatti, 2010).

Apesar de ser considerada uma operação segura, protegendo as sementes contra o ataque de insetos-pragas, alguns trabalhos destacam os prejuízos na germinação e no vigor das sementes. A queda da germinação é evidenciada no trabalho de Dan et al., (2012), no qual foi observado que utilizando alguns inseticidas como imidacloprido+tiodicarbe, acefato e carbofuram, ocasionaram efeito negativo na germinação e vigor de sementes de soja, principalmente em condições de estresse.

Outro aspecto a ser considerado é o aumento da resistência de insetos-pragas devido ao uso contínuo do mesmo inseticida, para isso tem sido empregada à combinação de inseticidas com diferentes mecanismos de ação a fim de diminuir a taxa

de resistência. Esse método também aumenta o espectro, podendo atingir um número maior de insetos que atacam as sementes (Juliatti, 2010).

Há pouco tempo, estudando os efeitos dos inseticidas nas sementes, foi destacado que a utilização do tiametoxan em sementes de arroz, por exemplo, favorece positivamente sua qualidade fisiológica (Almeida et al., 2011). Esse efeito também foi observado em sementes de cenoura (Almeida et al., 2009).

## 2.6 Bioativadores

Os bioativadores são substâncias orgânicas muito complexas capazes de modificar o crescimento da planta, atuando na transcrição do DNA, na expressão gênica e nas enzimas metabólicas, entre outras funções (Castro et al., 2007).

O tiametoxan (3(2-cloro-tiazol-5-ilmetil)-5-metil-(1,3,5) oxadiazinan-4-ilideno-N-nitroamina)), é um inseticida sistêmico do grupo neonicotinóide, da família nitroguanidina e tem demonstrado efeito positivo, aumentando a expressão do vigor de sementes, proporcionando acúmulo de fitomassa, alta taxa fotossintética e raízes mais profundas (Almeida et al., 2011).

Transportado dentro da planta por meio de células, o tiametoxan pode ativar algumas reações fisiológicas como, por exemplo, a expressão de proteínas. Em condições de estresse da planta, essas proteínas agem em vários mecanismos de defesa, permitindo que a planta responda melhor as condições adversas como temperatura, salinidade e ataque de patógenos (Castro, 2006).

O efeito fitotônico, ou seja, o desenvolvimento mais rápido das plântulas no processo germinativo gera maior vigor (Almeida et al., 2013). Esse processo foi observado em sementes de soja tratadas com o inseticida, onde houve aumento do vigor das sementes, bem como aumento da produtividade, área foliar e radicular, resultando em uniformidade do estande durante a emergência das plântulas e melhorias no desenvolvimento inicial (Castro, 2006).

Na cultura do arroz, avaliando diferentes doses do produto, Almeida et al. (2011) verificou o favorecimento do desempenho fisiológico das sementes, e que as doses 10,5 e 14 g i.a do produto, mostram-se eficientes na melhoria do vigor das sementes de arroz.

O mesmo autor observou efeito fitotônico em sementes de cenoura submetidas ao estresse hídrico, as quais apresentaram bom desempenho fisiológico quando tratadas com tiametoxam, apresentando acréscimos na sua germinação e vigor. Os resultados apresentados destacam que a utilização de sementes de alta qualidade genética e fisiológica, aliadas ao uso de inseticidas, pode potencializar a capacidade produtiva das culturas.

## **2.7 Uso de reguladores de crescimento**

Os reguladores de crescimento são substâncias naturais ou sintetizadas e, quando aplicadas nas plantas, possuem ações similares aos hormônios vegetais conhecidos (Castro, 2001). Os reguladores de crescimento e/ou hormônios desempenham um papel importante na regulação da maturação, dormência e germinação das sementes, além de estarem envolvidos no crescimento de frutos e outros fenômenos fisiológicos dos vegetais (Bewlwy, 1985). Hormônio vegetal é um composto orgânico, não nutriente, de ocorrência natural, produzido na planta que inibe, promove ou modifica processos morfológicos e fisiológicos do vegetal (Bewlwy, 1985).

As auxinas, citocininas, giberelinas, e o etileno vêm sendo bastante estudados nos últimos 50 anos. Os brassinosteróides, as poliaminas, o ácido jasmônico e o ácido salicílico são compostos que podem afetar o crescimento e o desenvolvimento vegetal, porém muitas dúvidas ainda permaneçam quanto à sua classificação como hormônios vegetais (Colli, 2013).

Em sementes de milho doce, a utilização de ácido giberélico ( $GA_3$ ) na concentração de  $50 \text{ mg L}^{-1}$  na pré-embebição das sementes ocasionou aumento na germinação e vigor, e um menor teor de proteínas totais e maior atividade amilolítica (Aragão et al., 2003).

Em sementes de melancia o uso do  $GA_3$ , não afeta a percentagem de germinação, favorecendo maior desenvolvimento da parte aérea nas doses de 50 e  $100 \mu\text{g.g}^{-1}$ . Em contrapartida, em doses elevadas ocorre efeito fitotóxico nas sementes e plântulas da cultura (Silva et al., 2014).

Santos et al (2013) avaliaram a ação do  $GA_3$  na germinação de sementes e vigor das plântulas de maracujá e concluíram que houve estímulo na germinação da cultura com o uso do  $GA_3$ , diminuindo também a percentagem de sementes mortas.

Os efeitos dos reguladores de crescimento ainda estão sendo muito estudados, alguns podem promover efeitos benéficos no vigor das plântulas, aumentando o comprimento da parte aérea e total, porém há necessidade de mais pesquisas para elucidar o assunto.

## **2.8 Recobrimento de sementes**

O recobrimento é tecnologia utilizada há muito tempo em sementes de hortaliças, ornamentais, florestais e recentemente em forrageiras. Consiste na deposição de camada fina e uniforme de polímero à superfície da semente, tem por objetivo melhorar a ação fungicida e inseticida, facilitando a identificação das sementes e o plantio. Existem três tipos de revestimentos de sementes no mercado: peliculização, incrustação e peletização (Bays et al., 2007).

A peliculização trata-se de um revestimento através da aplicação de um polímero nas sementes, sendo uma película semipermeável, que impede a absorção de água quando a disponibilidade for pequena. Esse processo impede que a semente inicie o processo de germinação e morra por falta de umidade. A proteção também ocorre no processo inverso com excesso de água (Matsuda, 2010).

O polímero regula a velocidade e quantidade de água que entra nas sementes, já que cerca de 4% das sementes em estresse hídrico morrem durante o processo de germinação, pois, a quantidade de água absorvida é alta e muita rápida, desencadeando o rompimento da parede celular, devido à turgidez das células, resultando assim em morte das sementes (Bays et al., 2007).

A incrustação consiste no aumento de até cinco vezes o peso das sementes, facilitando o plantio, através da aplicação de materiais não prejudiciais, podendo ser acrescidos alguns nutrientes, polímeros, fungicida e inseticida. Esse processo é usado em sementes forrageiras e sua utilização além de melhorar a aderência de fungicidas e inseticidas às sementes, também controla a absorção de água (Matsuda, 2010).

A peletização é um processo idêntico a incrustação, diferenciando-se no aumento de peso, chegando esse até 200 vezes em relação ao peso das sementes. A peletização é utilizada em sementes de hortaliças e florestais, podendo ser incorporados fungicidas, inseticidas, reguladores de crescimento, micronutrientes (Rigrantec, 2014).

### 2.8.1 Polímeros

O tratamento comumente utilizado nas sementes é atribuído a produtos químicos como fungicidas e inseticidas, protegendo sementes e plântulas contra patógenos e pragas iniciais das culturas. É muito utilizado como prática agrônômica em sementes de praticamente todas as espécies, sendo rotina no beneficiamento. Porém, o tratamento convencional de sementes, com produtos apresentados na forma de pó, é limitado quanto à diversidade de produtos a serem aplicados e pode apresentar riscos para a saúde dos operadores, devido à poeira gerada pelo manuseio de produtos altamente tóxicos. Neste sentido, foi desenvolvido um novo procedimento, o recobrimento de sementes com polímeros, nos quais o ingrediente ativo do fungicida ou inseticida encontra-se diluído.

A partir da década de 90, esta tecnologia vem se destacando e ganhando cada vez mais importância na indústria sementeira, em função das preocupações relativas à segurança no trabalho e proteção do meio ambiente, bem como a semeadura de precisão, uma vez que o processo serve para melhorar a semeadura (Baudet e Peres, 2004).

Os polímeros são produtos aplicados às sementes, servindo como proteção, aumento da aderência e conferem persistência de produtos aplicados como fungicidas e inseticidas, por meio do isolamento dos ingredientes ativos.

Os produtos (adesivos) devem ser solúveis em água, sendo geralmente utilizados polímeros orgânicos, como amidos, resinas naturais, açúcares, colas de origem animal e mucilagens vegetais que são dispersos em água para produzir um fluído pulverizável (Baudet e Peres, 2004). Quando a semente entra em contato com o solo, o recobrimento não deve oferecer resistência à radícula e a estrutura que irá formar a parte aérea da planta, devendo permitir a entrada de água e oxigênio para que a semente comece o processo de germinação.

Basicamente, o recobrimento com polímero consiste na aplicação de um adesivo mais um aglomerante (aditivo, corante ou polímero) nas sementes. Os detalhes da metodologia empregada são geralmente segredos comerciais, logo, somente estão disponíveis descrições gerais. A garantia do bom funcionamento do recobrimento das sementes inclui a seleção do adesivo apropriado, da formulação apropriada, da intensidade de mistura e de um adequado balanceamento entre as partes do sistema:

semente, adesivo, método de trabalho, tempo de secagem e duração do tratamento (Baudet e Peres, 2004).

### **2.8.2 Protetores de sementes (*safeners*)**

Os protetores são agentes químicos que reduzem a fitotoxicidade de herbicidas nas culturas, através de mecanismo fisiológico ou molecular, sem comprometer a eficiência do controle de plantas daninhas. Estes agentes são usados para a proteção de sementes de algumas gramíneas, assim como milho, sorgo e arroz. Segundo Hatzios & Burgos (2004).

Apesar da comprovação dos efeitos desses produtos encontrados no mercado em relação à proteção desempenhada sobre algumas culturas, os mecanismos bioquímicos e fisiológicos envolvidos na seletividade são pouco estudados e muitas vezes pouco compreendidos (Ezra et al., 1983).

Um dos exemplos mais conhecidos e utilizados desses protetores está relacionado à cultura do arroz. Tem-se utilizado o protetor de sementes dietholate, para inibição da enzima citocromo P450 monooxigenase, a qual é responsável pela ativação do herbicida clomazone (Ferhatoglu et al., 2005). O uso do dietholate nas sementes permite a cultura do arroz tolerância de doses maiores do herbicida clomazone (Karam et al., 2003).

O clomazone é conceituado como um pré-herbicida, ou seja, é necessária sua ativação na forma de 5-ceto clomazone, sendo esse o metabólito com atividade herbicida (Tenbrook et al., 2006). De maneira geral, a enzima citocromo P-450 presente nas plantas possui função de detoxificação, porém em relação ao clomazone é responsável pelo processo de oxidação (Ferhatoglu et al., 2005 e Yun et al., 2005). O tratamento de sementes com dietholate ocasiona a inibição da enzima, não havendo, portanto, a transformação do herbicida e, com esse impedimento a planta não sofre danos.

Tendo em vista os problemas ocasionados por diversos patógenos que podem interferir no potencial genético das sementes, o tratamento de sementes é uma ferramenta importante, garantindo a qualidade inicial do lote de sementes, além de ser um método de custo relativamente baixo, que causa menor impacto ambiental e confere maior segurança ao operador.

Os benefícios que o tratamento de sementes desempenha vão além da proteção contra o ataque de patógenos associados às sementes e aqueles presentes no solo, pois, muitos produtos conferem aumento do vigor das sementes, resultando em maior produtividade, uniformidade do estande de emergência de plântulas, assim melhorando seu desenvolvimento inicial.

Para que o tratamento de sementes apresente seus efeitos esperados e o produtor obtenha maior eficiência na execução da técnica, é necessário o conhecimento de vários fatores, como a qualidade do lote de sementes, qual tipo de patógeno está presente no solo e seu ciclo de vida, seus meios de disseminação e formas de sobrevivência. Dada às condições, e com base no conhecimento desses fatores, deve-se escolher o melhor e mais eficiente tratamento.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SEMENTES E MUDAS. **Anuário Abrasem** 2013. <<http://www.abrasem.com.br/>> Acesso em: Julho de 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TECNOLOGIA DE SEMENTES- **ABRATES**, 2014. <<http://www.abrates.org.br/pesquisar?searchword=sEMENTES%20%C3%89%20TECNOLOGI&searchphrase=all>> Acesso em: Junho de 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TECNOLOGIA DE SEMENTES- **ABRATES**, 2012. <<http://www.abrates.org.br/institucional-revista>> Acesso em: Junho de 2014.

ALMEIDA, A.S. et al. Bioativador no desempenho fisiológico de sementes de cenoura. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, p. 87-95, 2009.

ALMEIDA, A.S. et al. Bioativador no desempenho fisiológico de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, p. 501-510, 2011.

ALMEIDA, A, S. et al. Thiamethoxam: An Inseticide that Improve Seed Rice Germination at Low Temperature. *Insecticides - Development of Safer and More Effective Technologies*. **Intech**, v. 14, p.417-425, 2013.

ARAGÃO, C. A. et al. Atividade aminolítica e qualidade fisiológica de sementes armazenadas de milho super doce tratadas com ácido giberélico. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 25, p. 43-48, 2003.

BAKER, R. Improved *Trichoderma* spp. for promoting crop productivity. **Trends of Biotechnology**, v.7, p.34-38, 1989.

BAUDET, L. PERES, W. Recobrimento de Sementes. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: UFPel, 2004. <<http://www.seednews.inf.br/portugues/seed81/artigocapa81.shtml>> Acesso em: Agosto de 2014.

BAYS, R. et al. Recobrimento de sementes de soja com micronutrientes, fungicida e polímero. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, p. 60-67, 2007.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. Seeds: physiology of development and germination. New York: **Plenum**; v. 7, p. 74-84, 1985.

BITTENCOURT, S. R. M. et al. Eficiência do fungicida carboxim + thiram no tratamento de sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, p. 214-222, 2007.

BRAGA, M.P. et al. Relações entre tratamento térmico, germinação, vigor e sanidade de sementes de tomate. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, p. 101-110, 2010.

CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. Aplicação de reguladores vegetais na agricultura tropical. Guaíba: **Agropecuária**, p. 132, 2001.

CASTRO, P.R.C Tiametoxam. **Uma revolução na agricultura brasileira**. São Paulo, p. 410, 2006.

CASTRO, P.R.C. et al. Análise da atividade reguladora de crescimento vegetal de tiametoxam através de biotestes. **Publicatio**, v.13, p.25-29, 2007.

COLLI, S. Outros reguladores: Brassinoesteróides, poliaminas, ácidos jasmônico e salicílico. In: Kerbauy G B. **Fisiologia Vegetal**. 2nd. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 297-302, 2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2013. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos – Safra 2013/14**. <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_11\\_11\\_08\\_54\\_13\\_boletim\\_portugues\\_novembro\\_2013\\_-\\_ok.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_11_11_08_54_13_boletim_portugues_novembro_2013_-_ok.pdf)> Acesso em: Julho de 2015.

COUTINHO, W.M. et al. Qualidade sanitária e fisiológica de sementes de milho submetidas à termoterapia e condicionamento fisiológico. **Fitopatologia Brasileira**, v.32, p. 458-464, 2007.

DAN, L.G.M.; DAN, H.A.; PICCININ, G.G.; RICCI, T.T.; ORTIZ, A. H.T. Tratamento de sementes com inseticida e a qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Caatinga**, v. 24, p. 45-51, 2012.

DHINGRA, O.D. Importância e Perspectiva do tratamento de sementes no Brasil. . **Revista Brasileira de Sementes**, v. 7, p. 133-138, 1985.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Patologia e tratamento de sementes**. 2.ed. Rio de Janeiro, p. 306, 2004. <<http://www.cnpso.embrapa.br/download/alerta/documento235.pdf>> Acesso em: Maio de 2014.

EZRA, G., et al. Rapid multilevel interactions of a thiocarbamate herbicide and its protectants in maize cell culture. In: Miyamoto, J., Kearney, P.C. (Eds.), **Pesticide Chemistry: Human Welfare and the Environment**, v. 3, p. 225–231, 1983.

FARIA, A. Y. K., et al.. Qualidade fisiológica de sementes de algodoeiro submetidas a tratamentos químico e biológico. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 25, p. 134-138, 2003.

FERHATOGLU, Y.; et al. The basic for safening of clomazone by phorate insecticide in cotton and inhibitors of cytochrome P-450. **Pesticide Biochemistry Physiology**, v. 81, p. 59-70, 2005.

FURLAN, S. Atividades fungicidas sobre o ciclo de vida de mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*). FANCELLI, A.L. (Eds.). Feijão - tecnologia da produção. Piracicaba:USP/ESALQ/LPV, p. 99-106, 2011.

GRONDEAU, C.; SAMSON, R. A review of thermotherapy to free plant materials from pathogens, especially seeds from bacteria. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.13, p.57-75, 1994.

HENNING, A.A. **Patologia e tratamento de sementes: noções gerais**. Londrina: EMBRAPA- CNPSO, p. 52, 2005.

HENNING, A.A. et al. Importância do tratamento de sementes de soja com fungicidas na safra 2010/2011, ano de “La Niña”. Circular Técnica, 82. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. 2010.

HOSSEN, D.C. et al. Tratamento químico de sementes de trigo. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**. Nota Técnica, v. 44, p. 104-109, 2014.

HUANG, H. C. Ecological basis of biological control of soilborne plant pathogens. Canadian. **Journal of Plant Pathology**, v. 14, p. 86-91, 1992.

JULIATTI, F. C. Avanços no tratamento químico de sementes. **Informativo ABRATES**, v.20, n.3, p.54-55, 2010. <<http://www.abrates.org.br/portal/images/stories/informativos/v20n3/minicurso03.pdf>> Acesso em: Junho de 2014.

KARAM, D. et al. Seletividade da cultura do milho ao herbicida clomazone por meio do uso de dietholate. **Revista Brasileira Milho Sorgo**, v. 2, p. 72-79, 2003.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002.

LUZ, W.C. da. Combinação dos tratamentos biológico e químico de semente de milho. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, p. 37-40, 2003.

MACHADO, J.C. Tratamento de sementes no controle de doenças. Lavras MG. **Editora UFLA**. 2000.

MATSUDA. Uso de sementes tratadas permite ao produtor acesso às sementes de ponta. **Artigo Técnico**, 2010. <[http://www.matsuda.com.br/Matsuda/upload/artigostecnicos/uso\\_de\\_sementes\\_tratadas\\_2.pdf](http://www.matsuda.com.br/Matsuda/upload/artigostecnicos/uso_de_sementes_tratadas_2.pdf)> Acesso em: Agosto de 2014.

MELO, I. S. *Trichoderma* e *Gliocladium* como bioprotetores de plantas. **Revista Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 4, p. 261-295, 1996.

MENEZES, M. Avaliação de espécies de *Trichoderma* no tratamento de feijão e do solo, visando o controle de *Macrophomina phaseolina*. In: Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 1992, Gramado, RS. **Resumos...**Brasília: SBS, p. 159, 1992.

MENTEN, J.O. et al. Evolução dos produtos fitossanitários para tratamento de sementes no Brasil. In: ZAMBOLIM, L., ed. **Sementes: qualidade fitossanitária**. p. 333-374, 2005.

MENTEN, J. O.; MORAES, M. H. D. Tratamento de sementes: histórico, tipos, características e benefícios. **Informativo ABRATES**, v. 20, p. 52-53, 2010. <<http://www.abrates.org.br/portal/images/stories/informativos/v20n3/minicurso03.pdf>> Acesso em: Julho de 2014.

MERTZ, L. M. et al.; Bioprotetores e fungicidas químicos no tratamento de sementes de soja. **Ciência Rural**, v. 29, p. 13-18, 2009.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Proteção de Cultivares no Brasil**, 2011. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/Livro\\_Protecao\\_Cultivares.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Livro_Protecao_Cultivares.pdf)> Acesso em: Junho de 2014.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Proteção de Cultivares**, 2014. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/legislacao>> Acesso em: Maio de 2013.

OLIVEIRA, M.D.M.; et al. Qualidade sanitária e fisiológica de sementes de *Amburana cearensis* A.C. Smith submetidas à termoterapia e tratamento químico. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, p. 45-50, 2011.

PARISI, J.J.D.; MEDINA, P.F. Tratamento de Sementes. **Instituto Agrônomo- IAC**. 2012. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/ruralpecuariapecuaria/81-26834132>> Acesso em: Agosto de 2014.

PICININI, E. C.; PRESTES, A. M. Fungicidas recomendados para o tratamento de sementes de trigo. In: SOAVE, J; OLIVEIRA, M. R. M.; MENTEN, J. O. M. (Eds.). Tratamento químico de sementes. In: Simpósio Brasileiro de Patologia de Sementes, 4, Gramado, 1996. **Anais**. Campinas: Fundação Cargil, p. 58-63, 1996.

RIGRANTEC. **Peletização e Incrustação de Sementes**, 2014. <<http://www.rigrantec.com.br/site/view/produtos.php?id=62>> Acesso em: Julho de 2013.

SANTOS, A.C. et al. Germinação de sementes e vigor de plântulas demaracujazeiro amarelo submetidos à ação do ácidogiberélico. **Journal of Biosciences**, v. 29, p. 400-407, 2013.

SILVA, T.C.F.S. et al. Germinação de sementes de melancia sob diferentes métodos de tratamento com reguladores vegetais. **Scientia Plena**, v. 10, 2014.

SOUZA, A. A. et al. Micoflora e qualidade fisiológica de sementes do algodoeiro tratadas com fungicidas químicos e extrato de aroeira. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 25, p. 56-64, 2003.

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

TENENTE, R.C.V.; et al. Nematóides dectados em germoplasma vegetal importado e sua erradicação nos anos 1995 a 1998. **Nematologia Brasileira**, v. 24, p. 79-82, 2000.

TERAO, D. et al. Sistema de Produção de Melancia. **Embrapa Semiárido**, 2010. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Melancia/SistemaProducaoMelancia/doencas.htm>> Acesso em: Maio de 2014.

TONIN, R.F.B. et al. Potencial fisiológico de sementes de milho híbrido tratadas com inseticidas e armazenadas em duas condições de ambiente. **Scientia Agropecuaria**, v. 5, p. 7-16, 2014.

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.

### **3. Artigo II - Efeito do tratamento de sementes no estabelecimento inicial do arroz irrigado em diferentes temperaturas e épocas de semeadura<sup>5</sup>**

Effect of seed treatment in the early establishment of irrigated rice at different temperatures and sowing dates

**ROSA, T. D<sup>1</sup>; AVILA, L.A.<sup>2</sup>; HELGUEIRA, D. B.<sup>1</sup>; AUMONDE, T.Z.<sup>3</sup>;  
BENETTI, C<sup>4</sup>**

RESUMO- Este estudo objetivou avaliar os efeitos do tratamento de sementes no estabelecimento inicial de plantas de arroz irrigado e na tolerância a herbicidas sob baixas temperaturas. Para a realização da pesquisa foram conduzidos dois experimentos, um em laboratório e outro à campo. No primeiro experimento, o delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial (7x2) onde o fator A foi composto por seis tratamentos de sementes T1: testemunha; T2: tiametoxam; T3: dietholate; T4: fipronil; T5: GA<sub>3</sub>; T6: carboxina+thiram; T7: fipronil+dietholate+carboxina+thiram, e o fator B composto por duas temperaturas 25 e 17°C, sendo as seguintes avaliações: teste de germinação, primeira contagem da germinação, teste de frio, envelhecimento acelerado, índice de velocidade de germinação, comprimento de parte aérea e raiz, massa da matéria seca. No experimento a campo, foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial (7x3x2) onde o fator A foi composto pelos mesmos tratamentos de sementes, o fator B composto por dois herbicidas bispiribaque-sódico (50 g i.a ha<sup>-1</sup>) e profoxidim (170 g i.a ha<sup>-1</sup>) e testemunha sem herbicida e o fator C por duas épocas de semeadura (setembro e outubro) as avaliações foram fitotoxicidade aos sete, 14, 21 e 28 dias após a aplicação dos herbicidas, estande inicial, número de perfilhos, número de panícula, grãos/panícula, peso de 100 grãos e produtividade. Os resultados do laboratório demonstram que o ácido giberélico proporciona maior germinação inicial de sementes de arroz sob estresse por frio e em temperaturas ideais, sendo que o tratamento com dietholate e a combinação dietholate+fipronil+carboxina+thiram apresentam

---

<sup>1</sup>Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas - UFPel, Bolsista CAPES; <sup>2</sup> Professor Adjunto, Ph.D., Departamento de Fitossanidade, UFPel, Caixa Postal 354, 96010-900 Pelotas-RS, Brasil, <laavilabr@gmail.com>; <sup>3</sup>Professor Adjunto, Dr. Departamento de Fitotecnia UFPel, Pelotas-RS, Brasil <tiago.aumonde@gmail.com>; <sup>4</sup>Graduando, Universidade Federal de Pelotas-UFPel, <cedrickbenetti@yahoo.com.br>;

<sup>5</sup> Artigo formatado segundo normas da revista Planta Daninha.

decréscimos nas variáveis avaliadas em ambas as temperaturas 25 e 17°C. A campo não houve efeito do tratamento de sementes e, houve maior fitotoxicidade do herbicida profoxidim nas plantas de arroz semeadas em outubro, porém esse fator não influenciou na sua produtividade obtendo maiores rendimentos em relação ao arroz semeado no mês de setembro.

**Palavras-chave:** desempenho inicial, estresse abiótico, *Oryza sativa*, seletividade.

*ABSTRACT- This study aimed to evaluate the effects of seed treatment in the initial establishment of rice plants and herbicide tolerance at low temperatures. For the research were conducted two experiments, one laboratory and one on the field. In the first experiment, the experimental delineamento was completely randomized in a factorial scheme (7x2) where factor A was composed of six seed treatments T1: control; T2: thiamethoxam; T3: dietholate; T4: fipronil; T5: GA3; T6: carboxin + thiram; T7: fipronil + dietholate + carboxin + thiram, and factor B consists of two temperatures 25 and 17 ° C, the following evaluations: germination test, first count of germination, cold test, accelerated aging, germination rate index, shoot length and root dry matter. In a field experiment, we used the design in randomized blocks in a factorial scheme (7x3x2) where factor A was composed of the same seed treatments, factor B consists of two herbicides bispyribac-sodium (50 g ai ha<sup>-1</sup>) and profoxidim (170 g ai ha<sup>-1</sup>) and the other treatments and the C factor of two sowing dates (September and October) evaluations were phytotoxicity at seven, 14, 21 and 28 days after herbicide application, initial stand, number of tillers, number of panicle, grains / panicle, 100-grain weight and productivity. The laboratory results showed that gibberellic acid affords higher initial germination of rice seeds under cold stress and optimal temperatures, whereas treatment with the combination dietholate, fipronil, carboxin + thiram, show decreases in the parameters evaluated in both temperatures 25 and 17 ° C. The field there was no effect of seed treatment and there was a higher phytotoxicity of profoxidim herbicide in rice plants sown in October, but this factor did not influence the productivity obtaining higher yields for rice sown in September.*

*Keywords: initial performance, abiotic stress, Oryza sativa, selectivity.*

## INTRODUÇÃO

O Rio Grande do Sul destaca-se como principal estado produtores de arroz no Brasil, através do cultivo de arroz irrigado em uma área de 1,12 milhões de hectares, com produtividade média de 7,2 t.ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2014). A lavoura de arroz no Rio Grande do Sul tem importância fundamental no cenário agro econômico do estado, respondendo por cerca de 61% do volume total de arroz produzido no Brasil (IRGA, 2012). No entanto, a cultura passa por estresses que podem comprometer o potencial produtivo, dentre os quais existem fatores bióticos, como pragas e plantas daninhas e abióticos, como temperatura e luminosidade.

Neste sentido, tem-se buscado alternativas que possibilitem uma melhor utilização do potencial genético das cultivares e a diminuição dos custos de produção. Uma das alternativas que tem se destacado nos últimos anos é a realização da semeadura no início da época preferencial, proporcionando ganhos no rendimento, aliado a busca de alternativas que possibilitem as plantas tratadas, maior tolerância a fatores de estresse e conseqüentemente, possam se desenvolver vigorosamente em condições subótimas, permitindo melhores chances de atingir maiores produtividades (Almeida et al., 2013).

No RS, semeadura precoce, realizada no final setembro e início de outubro, sincroniza o período de maior disponibilidade de radiação solar, que ocorre nos meses de dezembro e janeiro no Rio Grande do Sul (Steinmetz et al., 2001), com a fase reprodutiva do arroz, fator importante para obtenção de altas produtividades decorrente da maior eficiência na assimilação do nitrogênio durante o estágio da microsporogênese (formação do grão de pólen) e enchimento de grãos (Freitas et al., 2008).

Em contrapartida, um dos problemas ocasionados pela semeadura precoce da cultura é o estresse por baixa temperatura, o que pode repercutir em baixa germinação das sementes, conseqüentemente baixo estande inicial de plântulas, refletindo em perdas de produtividade e redução da tolerância a herbicidas. Esse relato tem sido observado principalmente na região da Campanha e Sul do RS, onde se verifica que lavouras semeadas precocemente apresentam elevada fitotoxicidade ocasionada por herbicidas classificados como seletivos (Martini, 2014)

A seletividade de herbicidas é ferramenta chave no controle de plantas daninhas e depende da interação de três fatores principais: a cultura, o herbicida e o ambiente. Baixas temperaturas podem influenciar no aumento da concentração de espécies reativas de oxigênio (EROs), pois geram efeitos negativos sobre o metabolismo das plantas (Hashimoto & Komatsu, 2007). O metabolismo dos herbicidas também pode ser afetado diretamente devido a esse aumento (Vila-Aiub et al., 2012), fato intimamente relacionado com a redução da tolerância aos herbicidas, podendo causar decréscimo de produtividade.

Outro fator que pode limitar a produtividade da cultura do arroz irrigado no RS é a competição com plantas daninhas (Lilgeet al., 2003). Um controle mais efetivo das plantas daninhas pelos herbicidas sem que os mesmos causem injúrias severas à cultura é desejável. Para tanto, uma das alternativas utilizadas é o tratamento de sementes com protetores, visando minimizar os efeitos fitotóxicos causados por alguns herbicidas.

Alguns produtos possuem ação protetora e está relacionada com o aumento da tolerância das plantas, permitindo que estas metabolizem o produto químico de forma mais rápida do que as plantas daninhas, causando menor dano a cultura (Yazbek Júnior e Foloni, 2004).

O tratamento de sementes é uma prática utilizada para minimizar perdas de produtividade causadas por pragas e doenças que possam afetar o desenvolvimento inicial das culturas. Essa prática baseia-se na aplicação de produtos químicos como inseticidas, fungicidas, reguladores de crescimento ou ainda micronutrientes nas sementes em período que antecede a semeadura. Além da proteção que o produto oferece as sementes, estudos indicam que pode ocorrer melhoria na velocidade de emergência das plântulas (Almeida et al., 2014).

Muitos trabalhos atribuem alguns produtos utilizados para o tratamento de sementes certo efeito fitotônico, ou seja, desenvolvimento mais rápido das plântulas, melhor germinação e maior vigor (Almeida et al., 2014). Esse efeito pode ser relevante, visto que fatores como a temperatura regulam de forma direta a velocidade desse processo (Marcos Filho, 2005).

Este estudo objetivou avaliar os efeitos do tratamento de sementes no estabelecimento inicial de plantas de arroz irrigado e na tolerância a herbicidas quando submetidas a baixas temperaturas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo compreendeu dois experimentos, onde a primeira etapa foi realizada no Laboratório de Sementes e Tecnologia do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) e a segunda etapa foi conduzida em campo, em área sistematizada, no Centro Agropecuário da Palma (CAP), pertencente à Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), durante o ano agrícola 2013/14. O solo do local é classificado como Planossolo Háptico Eutrófico solódico, pertence à unidade de mapeamento Pelotas (EMBRAPA, 2012). As características físico-químicas da camada de 0-0,2 m de profundidade do solo em que o experimento foi conduzido encontram-se na Tabela 1:

**Tabela 1.** Características físico-químicas da camada de 0-0,2 m de profundidade do solo (Planossolo Hidromórfico Eutrófico solódico) da área experimental. FAEM/UFPEL - Capão do Leão, RS, 2014.

<b>pH<sub>água</sub></b>	<b>Argila</b>	<b>M.O</b>	<b>Fósforo</b>	<b>Potássio</b>	<b>Cálcio</b>	<b>Magnésio</b>	<b>Alumínio</b>
(1:1)	(%)		mg dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
5,7	16	1,3	6,7	43	4,3	2,0	0,1

### **Experimento 1 - Efeito de diferentes tratamentos de semente sob o potencial fisiológico de sementes de arroz irrigado**

O experimento foi arranjado em esquema fatorial 7x2, no delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições. O fator A foi composto por uma testemunha, sem tratamento de sementes, e seis produtos (ou combinação de produtos) para o tratamento de sementes (Tabela 2). Já o fator B foi constituído por duas temperaturas ambientais (25 e 17°C) para o desenvolvimento das plântulas de arroz. Utilizou-se a cultivar de arroz IRGA 424, escolhida devido ao alto potencial produtivo e boa adaptação às condições de baixa temperatura (SOSBAI, 2012).

**Tabela 2.** Produtos utilizados para tratamento de sementes (TS) na cultura do arroz irrigado. FAEM/UFPeL - Capão do Leão, RS, 2013/14.

<b>Tratamentos</b>	<b>Fator A: Ingrediente Ativo no TS</b>	<b>Dose g i.a. 100 kg<sup>-1</sup></b>
1	Sem aplicação	---
2	Tiametoxam	140,0
3	Dietholate	600,0
4	Fipronil	62,5
5	Ácido Giberélico	2,0
6	Carboxina+Tiram	60,0 + 60,0
7	Dietolate+Fipronil+Carboxina+Tiram	600,0+62,5+60,0+60,0

Os tratamentos de sementes foram realizados diretamente nas sementes com válvula pressurizada, 24 horas antes da instalação dos experimentos, sendo colocadas em sacos plásticos com capacidade para cinco litros, utilizando-se um (1) kg de sementes por saco. O volume de calda utilizado foi de 1,5 L 100 kg<sup>-1</sup> de sementes e, para o tratamento controle, utilizou-se apenas água destilada.

A avaliação da influência do tratamento de sementes e das temperaturas ambientais sobre as diferentes características fisiológicas das sementes de arroz foi realizada por meio das seguintes análises:

**1) Teste de germinação:** realizado em quatro amostras de quatro subamostras de 50 sementes, totalizando 16 unidades experimentais por tratamento, dispostas para germinar em rolos formados por três folhas de papel germitest, umedecidas com água destilada na quantidade 2,5 vezes o peso do papel seco. Os rolos foram transferidos para câmara de germinação tipo BOD a 17 °C e a 25 °C com fotoperíodo de 12h. As avaliações foram efetuadas aos 14 dias após a semeadura e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais, conforme as Regras de Análise para Sementes (Brasil, 2009).

**2) Primeira contagem de germinação:** conduzida conjuntamente com o teste de germinação, aos cinco dias após a semeadura, conforme as RAS (Regras para Análise de Sementes), para as temperaturas de 25 e 17°C. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

**3) Índice de velocidade de germinação (IVG):** obtido a partir de contagens diárias das sementes germinadas (protrusão radicular mínima de 3 a 4 mm). As contagens foram realizadas até a obtenção do número constante de sementes

germinadas. Para o cálculo do índice de velocidade de germinação (IVG) foi utilizada a equação sugerida por Popinigis (1985):

$IVG = N_1/D_1 + N_2/D_2 + N_n/D_n$ , onde:

$N_1$  = número de plântulas emergidas no primeiro dia;

$N_n$  = número acumulado de plântulas emergidas;

$D_1$  = primeiro dia de contagem;

$D_n$  = número de dias contados após a sementeira.

**4) Envelhecimento acelerado:** As sementes foram acondicionadas em caixas acrílicas (mini-câmaras), tipo gerbox com tela metálica horizontal fixada na posição mediana. Foram distribuídas uniformemente 50 sementes, para cada tratamento, sobre tela e adicionados 40 ml de água destilada (para a obtenção de aproximadamente 100% de U.R.). Logo após, as caixas foram fechadas e condicionadas em incubadora do tipo BOD, com temperatura regulada a 41°C, onde permaneceram durante 120 horas (AOSA, 1983). Após esse período de envelhecimento, as sementes foram alocadas em papel germitest e colocadas para germinar nas mesmas condições do teste de germinação nas temperaturas de 17 e 25°C, sendo avaliadas no quinto dia após a instalação do teste. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

**5) Teste de frio:** realizado em quatro subamostras de 50 sementes por amostra, distribuídas em rolo de papel germitest previamente umedecido com água destilada na razão de 2,5 vezes o peso do papel seco e submetido à temperatura constante. Os rolos foram cobertos com sacos plásticos para evitar a perda de umidade, e mantidos em B.O.D. com temperatura de 10°C por um período de sete dias, conforme metodologia proposta pelo Comitê de Vigor da International Seed Testing Association (ISTA, 1995). Após este período, os rolos foram transferidos para germinador à temperatura de 25 e de 17°C, e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais, conforme as Regras de Análise para Sementes (Brasil, 2009).

**6) Comprimento de parte aérea e raiz:** foram utilizadas quatro repetições de 10 sementes, semeadas sobre papel germitest, sendo avaliado após sete dias o comprimento radicular e da parte aérea das plântulas normais, com auxílio de uma régua milimétrica.

**7) Massa da matéria seca de plântula:** foi determinada em quatro repetições de dez plântulas após 14 dias, e mantida em sacos de papel, em estufa à 60°C, até a obtenção de massa constante, pesada em balança de precisão (0,001 g). O valor obtido pela soma de cada repetição foi dividido pelo número de plântulas utilizadas e os resultados foram expressos em mg. plântula<sup>-1</sup>.

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando comprovada a significância do efeito dos tratamentos pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ), as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Os dados da característica porcentagem de germinação foram transformados segundo RAIZ ( $Y + 1$ ).

### **Experimento 2 - Efeito do tratamento de sementes no estabelecimento inicial da cultura do arroz irrigado em diferentes épocas de semeadura em campo**

O estudo foi conduzido em campo durante o ano agrícola 2013/14, em área sistematizada, no Centro Agropecuário da Palma (CAP), pertencente à Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), O experimento foi arranjado em esquema fatorial 7x3x2, no delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições.

O fator A foi composto por seis produtos utilizados no tratamento de sementes para a cultura do arroz irrigado, nas doses recomendadas pela empresa fabricante e, um controle (sem tratamento de sementes), conforme apresentado na Tabela 2.

O fator B foi constituído por dois tratamentos herbicidas e um controle (Tabela 3).

**Tabela 3.** Tratamentos herbicidas aplicados na cultura do arroz irrigado para o controle de plantas daninhas. FAEM/UFPEL - Capão do Leão, RS, 2013/14.

<b>Fator B: Ingrediente Ativo em Pós-emergência</b>	<b>Dose de registro do p.c (g i.a. ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Época de Aplicação</b>
controle	-	-
bispiribaque-sódico	50	Pós-emergência
profoxidim	170	Pós-emergência

O fator C corresponde a duas épocas de semeadura as quais foram definidas com base no zoneamento agroclimático para o cultivo do arroz no Estado do Rio Grande do Sul (SOSBAI, 2012). A primeira época de semeadura foi implantada dia 13

de setembro (anterior ao período recomendado) e a segunda época dia 18 de outubro (período recomendado).

As unidades experimentais foram compostas por nove linhas de semeadura espaçadas em 17 cm por cinco metros de comprimento, totalizando 7,65 m<sup>2</sup>. O preparo de solo foi realizado no sistema de cultivo convencional. A cultivar de arroz utilizada foi a cultivar IRGA 424, na densidade de 100 kg de sementes ha<sup>-1</sup>.

A adubação de base constituiu-se da aplicação de 350 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 05-20-30, correspondendo ao fornecimento de 17,5 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (N), 70 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 105 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada com ureia (46-00-00) em três etapas, sendo a primeira aplicação realizada por ocasião do início do perfilhamento (V<sub>3</sub>-V<sub>4</sub>), com aplicação de 70 kg ha<sup>-1</sup> de N, a segunda aplicação realizada durante o estágio V<sub>6</sub>, com a aplicação de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N e, a terceira aplicação, realizada no estágio de iniciação do primórdio floral, aplicando-se 30 kg ha<sup>-1</sup> de N. Os demais tratos culturais foram efetuados conforme as indicações técnicas da pesquisa para o cultivo de arroz irrigado no Sul do Brasil (SOSBAI, 2012).

A área experimental possuía infestação natural de capim-arroz (*Echinochloa* sp.), sendo que a população média no experimento era de 500 plantas m<sup>-2</sup>. Antes da instalação de cada época de semeadura, realizou-se a dessecação da área com a aplicação do herbicida glifosato na dose de 1440 g i.a. ha<sup>-1</sup>. Os tratamentos herbicidas foram aplicados em pós-emergência do arroz irrigado, quando as plantas invasoras se encontravam no estágio fisiológico V<sub>3</sub>-V<sub>4</sub> (3 a 4 folhas), seguindo as recomendações de utilização do fabricante.

A aplicação foi realizada com auxílio de um pulverizador costal de precisão, pressurizado com CO<sub>2</sub>, equipado com barra de quatro bicos de jato plano em leque, série 110-02, espaçadas em 0,5 m, calibrado para aplicar um volume de calda de 150 l ha<sup>-1</sup>. Logo após a realização da aplicação dos herbicidas, efetuou-se a primeira adubação nitrogenada de cobertura. No dia seguinte a aplicação, a área foi inundada, mantendo a lâmina d'água de oito cm até a maturação fisiológica da cultura.

As avaliações realizadas foram: fitotoxicidade, estande inicial, número de perfilhos, número de panículas, número de grãos por panícula, peso de 100 grãos e produtividade.

A fitotoxicidade foi avaliada aos sete, 14, 21 e 28 dias após a aplicação dos herbicidas (DAH), visualmente, através da atribuição de notas baseadas em escala percentual de 0 a 100%, onde zero corresponde à ausência de injúrias e 100% corresponde à morte das plantas (Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas 1995).

O estande inicial foi determinado aos 10 dias após a emergência (DAE), através da contagem do número de plantas em um metro da linha de semeadura. Neste local, determinou-se o número de perfilhos e o número de panículas por metro quadrado e através da coleta de 10 panículas em sequência na linha de semeadura, determinou-se o número de grãos por panícula e a massa de cem grãos.

Para avaliar a produtividade de grãos foi realizada colheita manual da área útil de cada parcela (4,76 m<sup>2</sup>), 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.

Os dados obtidos foram analisados previamente quanto ao atendimento das pressuposições da análise de variância (normalidade e homocedasticidade da variância  $p \leq 0,05$ ), transformando-se os mesmos quando necessário. Em caso de significância dos efeitos dos tratamentos, aplicou-se o teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para comparação das médias dos tratamentos herbicidas e, aplicou-se o teste t ( $p \leq 0,05$ ) para a comparação das épocas de semeadura.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### **Experimento 1 - Efeito de diferentes tratamentos de semente no potencial fisiológico de sementes de arroz irrigado**

Houve interação entre os fatores tratamento de sementes e temperatura. Nas condições que as sementes de arroz foram submetidas observou-se que o tratamento de sementes influenciou o desenvolvimento inicial de plântulas nas temperaturas de 25 e 17°C.

Com relação à germinação, houve diferença significativa entre as temperaturas e, quando as sementes foram submetidas à temperatura ótima (25°C), as diferenças entre os produtos e o controle (sem tratamento) tornaram-se menos expressivas, sendo que apenas os tratamentos com dietholate e a combinação de

dietholate+fipronil+carboxina+tiram diferiram dos demais, resultando nos menores valores de germinação (Tabela 4).

Quando submetidas ao estresse por frio (17°C), o efeito do tratamento de sementes se tornou mais visível, havendo diferença entre os tratamentos (Tabela 4).

O tratamento contendo GA<sub>3</sub> destacou-se na germinação das sementes quando a mesma foi conduzida na temperatura de 17°C. Isto possivelmente deve-se ao efeito do hormônio, considerado ativador enzimático endógeno (Levitt, 1974), na uniformidade de germinação.

Há vários relatos que confirmam a melhoria na germinação pelo uso de GA<sub>3</sub>, como, o resultado na poaceae *Trisacum dactyloides*, observado por Rogis et al. (2004). O uso de reguladores de crescimento, como giberelinas (Bevilaqua et al., 1993), citocininas (Cunha & Casali, 1989), e etrel (Suge, 1971), na fase de germinação, pode melhorar o desempenho de sementes de várias espécies, principalmente sob condições adversas. Esse fator é observado nos resultados obtidos quando as sementes encontravam-se em condição de estresse por baixa temperatura (17°C). Todavia a influência do GA<sub>3</sub> na germinação de sementes depende da espécie (King et al., 1987).

Na avaliação de germinação nas duas temperaturas, a aplicação do inseticida tiametoxam não apresentou diferença em relação ao tratamento sem aplicação de tratamento de sementes (controle). Segundo os resultados apresentados por Almeida (2011), em condições controladas, em que foram utilizadas diferentes cultivares de arroz, incluindo a cultivar IRGA 424, e foi avaliado o desempenho fisiológico das sementes de arroz com a aplicação do tiametoxan, os resultados demonstraram favorecimento da qualidade fisiológica das sementes.

Foi observado que o uso do dietholate interferiu de forma negativa na germinação e primeira contagem da germinação, aos 25°C (Figura 3) e aos 17°C, quando utilizado de forma isolada ou em combinação com inseticida e fungicida (Tabela 4). Essa combinação é comumente utilizada pela maioria dos produtores, porém, no teste de germinação, este foi o tratamento que mais prejudicou o processo germinativo em ambas as condições de temperatura.

**Tabela 4.** Germinação, primeira contagem da germinação, índice de velocidade de germinação, teste de frio para sementes de arroz tratadas com diferentes produtos e submetidas a diferentes temperaturas.

Tratamentos	Germinação (%)		Primeira Contagem da Germinação (%)		Índice de Velocidade de Germinação (IVG) (%)			Teste Frio (%)	
	25°C	17°C	25°C	17°C	25°C	25°C	17°C	25°C	17°C
T1-sem tratamento	91,4 a <sup>1</sup> A <sup>2</sup>	43,0 cB	96,1 ab <sup>1</sup> A <sup>2</sup>	16,1 bcdB	21,7 d <sup>1</sup> A <sup>2</sup>	3,1 aB	92,0 a <sup>1</sup> A <sup>2</sup>	27,1 cB	
T2-tiametoxam	90,6 aA	35,8 cB	95,0 aA	13,0 cdB	47,1 abA	2,0 abB	77,1 cdA	35,0 cB	
T3-dietholate	86,6 bA	37,1 cB	85,0 bA	9,3 deB	42,2 cA	1,2 bB	75,2 cdA	33,1 cB	
T4-fipronil	90,8 aA	46,2 bcB	96,0 aA	17,2 bcB	48,1 aA	2,4 abB	82,3 bcA	37,8 bcB	
T5-GA <sub>3</sub>	92,2 aA	78,3 aB	95,2 aA	36,1 aB	47,8 abA	3,8 aB	90,0 abA	64,1 aB	
T6-carboxina + tiram	94,4 aA	62,4 bB	93,0 aA	22,0 bB	46,1 bA	3,4 aB	89,0 abA	37,7 bcB	
T7-DFCT <sup>3</sup>	85,1 cA	15,3 dB	82,2 bA	4,2 eB	41,2 cA	0,9 bB	67,3 dA	18,2 dB	
CV (%)	15,5		15,03		3,97			9,2	

<sup>1</sup> Médias com letras maiúsculas distintas na linha diferem pelo teste "t" de student ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>2</sup> Médias com letras minúsculas distintas na coluna diferem pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>3</sup> Combinações dietolate, carboxina + tiram + fipronil.



**Figura 1.** Visualização do efeito dos tratamentos de semente na cultivar IRGA 424 na primeira contagem de germinação na temperatura de 25 °C. T1: sem aplicação; T2: tiametoxam; T3: dietholate; T4: fipronil; T5: GA<sub>3</sub>; T6: carboxina+tiram; T7: dietolate + fipronil + carboxina + tiram.

De acordo com Deridder et al. (2002), os protetores de sementes aumentam a tolerância dos cereais aos produtos químicos por meio de mecanismos fisiológicos. O efeito protetor do dietholate está relacionado com o aumento da expressão da enzima glutationa S-transferase (GSTs), provocando alterações na planta pela ativação de reações de oxidação, redução e hidrólise. Assim, a redução da germinação possivelmente ocorreu devido às alterações no metabolismo das sementes tratadas durante a fase de germinação.

Para o tratamento composto pela combinação dos produtos dietholate+fipronil+carboxina+thiram, houve redução da percentagem de germinação conduzida tanto em baixa temperatura (17°C) como em temperatura ótima (25°C) (Tabela 4). Possivelmente, houve interação dos produtos aplicados, acarretando em redução das plântulas normais, aliado ao estresse por baixa temperatura (Mertz, et al., 2009).

O ácido giberélico foi o tratamento que mais afetou o vigor, sendo representado pela primeira contagem de germinação, aos cinco dias após a semeadura (cinco DAS), principalmente quando submetida à temperatura de 17°C (Tabela 4). O estímulo à germinação com o ácido giberélico se deve à rápida sintetização de enzimas hidrolíticas em resposta a presença do hormônio (GA<sub>3</sub>). Essas enzimas são transportadas para a camada da aleurona da semente, responsável pela conversão do

amido em açúcar, sendo, portanto, utilizada no crescimento da nova plântula (Schwechheimer, 2008).

Conforme os resultados obtidos, houve melhoria no desempenho inicial de sementes de arroz com a aplicação do GA<sub>3</sub>, representado pela avaliação da primeira contagem de germinação. O uso de regulador de crescimento para tratamento de sementes pode influenciar positivamente o desenvolvimento de plântulas de arroz, auxiliando no estabelecimento inicial de plântulas submetidas ao estresse (Bevilaqua et al., 1993).

Apesar de ser considerada uma cultivar com boa adaptação às condições de média e baixa temperatura em ensaio de sensibilidade ao frio, a cultivar IRGA 424 apresentou sobrevivência de apenas 2,5% de plântulas no trabalho desenvolvido por Cruz et al. (2010).

Cabe ressaltar que quando a germinação é elevada, esses resultados não irão garantir um desempenho similar posteriormente, já que isto depende do potencial fisiológico e das condições do ambiente. De acordo com Krohn & Malavasi (2004), as sementes tratadas apresentam desempenho superior aquelas que não receberam nenhum tratamento na maioria das vezes.

Na avaliação da primeira contagem de germinação aos 25°C, os tratamentos tiametoxam, fipronil e carboxina+thiram não diferiram entre si. Em contrapartida, os tratamentos com dietholate e a combinação de dietholate+fipronil+carboxina+thiram reduziram a porcentagem de germinação, devido ao grau de sensibilidade das sementes tratadas, o qual contribuiu para a perda de vigor (Tabela 4).

O mesmo ocorreu na temperatura de 17°C, quando os tratamentos tiametoxam, fipronil, carboxina+thiram e controle não diferiram entre si. No entanto, houve decréscimo significativo de plântulas normais nesta avaliação para os tratamentos dietholate e dietholate+fipronil+carboxina+thiram (Tabela 4).

Uma das técnicas usadas para estimar o vigor das sementes é o índice de velocidade de germinação, sendo que quanto mais rápido a semente germina, maior o seu vigor (Lima et al., 2005). Os resultados obtidos neste trabalho permitem inferir que a aplicação dos tratamentos nas sementes aumenta o estabelecimento inicial das plântulas de arroz submetidas à temperatura de 25°C, comparadas as sementes sem

tratamento (Tabela 4). Observou-se que os tratamentos tiametoxam, fipronil, GA<sub>3</sub> e carboxina+thiram não diferiram entre si.

As sementes que receberam os tratamentos com dietholate e a combinação dietholate+fipronil+carboxina+tiram apresentaram reduções no vigor. Isto ocorre, possivelmente, porque as sementes possuem algum grau de sensibilidade a aplicação dos produtos, a qual contribui para a redução do vigor. Além disso, outra hipótese é que a cobertura das sementes com este protetor reduza a velocidade de absorção de água, a qual é indispensável para desencadear os processos metabólicos e bioquímicos da germinação, ocasionando desse modo redução do IVG.

Os tratamentos controle (sem tratamento), thiametoxam, dietholate, fipronil e carboxina+thiram, e sem tratamento não apresentaram diferença significativa na temperatura de 17°C (Tabela 4).

De acordo com Almeida et al. (2009), o tiametoxam, dentre os tratamentos testados, estimulou o desempenho fisiológico de sementes de cenoura submetidas ou não ao estresse hídrico, porém em outras condições de estresse (temperatura), esses resultados não foram observados.

O teste de frio é baseado na avaliação da qualidade de sementes sob condições adversas de temperatura, comumente utilizado para diferenciar níveis de vigor relacionados com a forma, peso tamanho e tratamento de sementes (Marcos-Filho et al., 1977 e Silva & Marcos-Filho, 1979).

Na Tabela 4, são apresentados os resultados do teste de frio, onde para a temperatura de 25°C, o tratamento controle, não diferiu dos tratamentos com GA<sub>3</sub> e carboxina + tiram, apresentando resultados semelhantes no percentual de plântulas normais. Os tratamentos tiametoxam, dietholate, fipronil não diferiram entre si. Para a combinação dos produtos dietholate + fipronil + carboxina + thiram houve redução de plântulas normais no teste, diferindo dos demais tratamentos, sendo, portanto o tratamento que mais influenciou no vigor das plântulas de arroz.

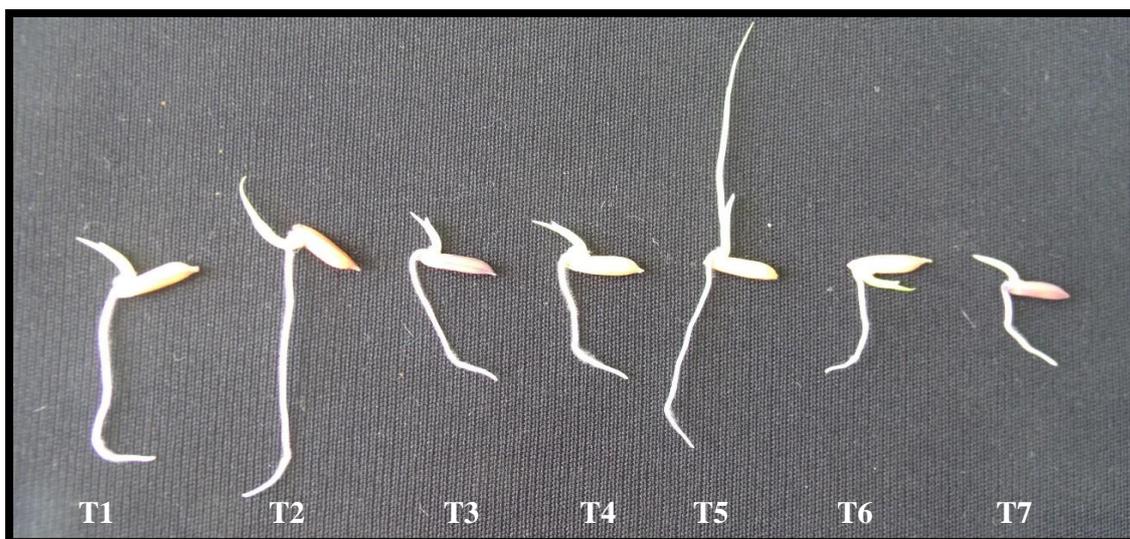
Para a combinação de dietholate + fipronil + carboxina + thiram, houve um decréscimo no vigor para o teste de frio na temperatura de 17°C (Tabela 4). Tal fato pode ser explicado, possivelmente, pela ocorrência de interação entre os produtos, sendo outra hipótese possível o fato da semente primeiramente metabolizar o produto, havendo gasto de energia, causando um déficit de energia para o seu crescimento

(Salgado et al., 2013), aliado as condições em que as sementes são submetidas de temperatura no teste de frio.

O teste de envelhecimento acelerado consiste na exposição das sementes em condições de umidade e temperatura elevadas, processo que ocasiona efeito deteriorativo, e reduz o conteúdo de açúcar das sementes (Kapoor et al., 2011).

Ao avaliar o efeito do tratamento de sementes, no teste de envelhecimento acelerado, os resultados não diferiram dos demais resultados observados, destacando o efeito negativo quando as sementes receberam o produto dietholate, evidenciado na temperatura de 25°C, e principalmente na combinação dos produtos dietholate+fipronil+carboxina+thiram na temperatura de 17°C (Tabela 5).

Quando as sementes foram expostas a condições de estresse (temperatura baixa), depois de transcorrer por um processo de deterioração como ocorre com o teste de envelhecimento acelerado, o tratamento com ácido giberélico mostrou eficiente, tornando expressiva a percentagem de plântulas normais (Figura 2).



**Figura 2.** Teste envelhecimento acelerado da cultivar IRGA 424. Sementes tratadas e submetidas à temperatura de 17°C. T1: sem aplicação; T2: tiametoxam; T3: dietholate; T4: fipronil; T5: GA<sub>3</sub>; T6: carboxina+tiram; T7: dietolate + fipronil + carboxina + tiram.

Houve aumento do comprimento da parte aérea em sementes tratadas com ácido giberélico, (Tabela 5). Esses resultados também foram evidenciados em trabalho com diferentes cultivares de arroz, por Flores et al. (2002), em que a ação do GA<sub>3</sub> em estágio de plântula encontrou diferenças significativas no comprimento das mesmas.

Outros autores também observaram respostas semelhantes quanto à ação do ácido giberélico (Dias et al. 1995, Peskeet al., 1991, Souza e Menezes, 1991 e Bevilaqua et al., 1993).

A redução do crescimento sugere a existência de sensibilidade das sementes de arroz ao protetor estudado, visto que os tratamentos que continham o dietholate inibiu o crescimento inicial da parte aérea das plântulas nas duas temperaturas testadas (Tabela 5). Resultados semelhantes foram obtidos em sorgo, usando o protetor de sementes flurazole, que levou a inibição do crescimento de plântulas (Hirase & Molin, 2003), e em arroz, com o protetor dietilfenilfosforotioato (Mistura, 2008).

Na Tabela 6 são apresentados os resultados de comprimento de raiz das plântulas de arroz. Não houve diferença entre os tratamentos na temperatura de 25°C. Esse resultado pode estar relacionado ao fato de que o desenvolvimento das raízes é mais dependente da temperatura do que a parte aérea (Mendanyet al., 2007).

Quando submetidas às condições de estresse, houve diferença entre os tratamentos. Os tratamentos controle, tiametoxam, fipronil, GA<sub>3</sub> e carboxina+tiram, não diferiram entre si (Tabela 5). O tratamento com a combinação de dietolate+fipronil+carboxina+tiram, reduziu o comprimento da raiz, não diferindo dos tratamentos controle, fipronil e GA<sub>3</sub> (Tabela 5).

O uso do ácido giberélico, mesmo influenciando positivamente os demais testes, não afetou o comprimento da raiz. Estudos evidenciam que o regulador de crescimento não apresenta efeito sobre o sistema radicular em função de desenvolver o crescimento da parte aérea (Wahyuni et al. 2003), evidenciado no presente trabalho na temperatura de 25°C. No entanto, Flores et al. (2002) observaram efeito positivo do GA<sub>3</sub> no comprimento de raiz em diferentes cultivares de arroz.

Para avaliação da massa da matéria seca de plântula houve diferença entre as temperaturas (25 e 17°C). Na temperatura de 25°C novamente a combinação dos produtos (dietholate+fipronil+carboxina+thiram) junto com o tratamento controle, apresentaram diferença entre os outros tratamentos, sendo esses os menores valores (Tabela 5).

**Tabela 5.** Teste de envelhecimento acelerado, comprimento de parte aérea, comprimento de raiz e massa da matéria seca para sementes de arroz tratadas e submetidas a diferentes temperaturas.

Tratamentos	Envelhecimento Acelerado (%)		Comprimento da Parte Aérea (cm)		Comprimento da Raiz (cm)		Massa da matéria seca de plântula (g)	
	25°C	17°C	25°C	17°C	25°C	17°C	25°C	17°C
T1-sem tratamento	77,0 ab <sup>1</sup> A <sup>2</sup>	71,7 bA	10,05 b <sup>1</sup> A <sup>2</sup>	0,65 bB	10,35 ns <sup>4</sup>	1,52 abB	0,0752 bc <sup>1</sup> A <sup>2</sup>	0,0195 aB
T2-tiametoxam	74,0 abcA	74,8 abA	9,76 bA	0,59 bcB	9,57	1,09 abcB	0,0820 abA	0,0147 aB
T3-dietholate	63,1 cA	68,1 bA	9,10 bA	0,35 bcB	10,35	0,54 bcB	0,0805 abA	0,0032 bB
T4-fipronil	83,0 aA	68,1 bB	9,05 bA	0,61 bcB	9,10	1,39 abB	0,0822 abA	0,0145 aB
T5-GA <sub>3</sub>	83,3 aA	83,8 aA	13,88 aA	1,56 aB	10,07	1,95 aB	0,0940 aA	0,0127 aB
T6-carboxina + tiram	67,3 bcA	43,1 cB	9,32 bA	0,60 bcB	10,32	1,07 abcB	0,0790 bA	0,0142 aB
T7-DFCT <sup>3</sup>	64,3 cA	29,3 dB	6,60 cA	0,14 cB	9,05	0,14 cB	0,0615 cA	0,0012 bB
CV (%)	7,9		15,05		20,6		15,03	

<sup>1</sup> Médias com letras maiúsculas distintas na linha diferem pelo teste “t” de student ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>2</sup> Médias com letras minúsculas distintas na coluna diferem pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>3</sup> Combinações dietolate, carboxina + tiram + fipronil.

<sup>4</sup> Não significativo

As diferenças entre os tratamentos e o controle tornaram-se menos evidentes para o teste na temperatura de 25°C. Em relação às sementes submetidas à temperatura de 17°C, as sementes que receberam os tratamentos com dietholate e a combinação do mesmo com fungicida e inseticida, também representou diminuição da massa da matéria seca de plântulas.

### **Experimento 2 - Efeito do tratamento de sementes no estabelecimento inicial do arroz irrigado em diferentes épocas de semeadura.**

Para a fitotoxicidade, houve interação entre os tratamentos herbicidas aplicados e entre as épocas de semeadura (Tabela 6), não havendo efeito do tratamento de sementes. Para as avaliações de fitotoxicidade antes da época recomendada (1ª Época), aos 14 e 21 DAH, houve diferença entre os herbicidas. Os dados da avaliação de fitotoxicidade aos 28 DAH, não foram apresentados, pois as plantas não apresentaram mais sinais de toxicidade pelo herbicida.

Esse resultado também foi observado por Martini (2014) em que aos sete e 28 DAH, também não observou sintomas de injúrias em plantas de arroz quando semeadas antes da época recomendada, o autor utilizou alguns herbicidas, entre eles o bispiribaque-sódico.

Alguns fatores podem afetar a relação entre fitotoxicidade e a temperatura, tais como a espécie vegetal avaliada, a taxa de detoxificação e o herbicida utilizado (Geier, Stahlman, Hargett, 1999; Koeppe et al., 2000; Mccullough e Hart, 2006). O herbicida bispiribaque-sódico foi o que apresentou maior fitotoxicidade comparado ao tratamento controle e ao profoxidim, na 1ª época de semeadura (Tabela 6).

**Tabela 6.** Fitotoxicidade na cultura do arroz irrigado em duas épocas de semeadura, em função dos tratamentos herbicidas aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação dos herbicidas FAEM/UFPel - Capão do Leão, RS, 2013/14.

Herbicida	Fitotoxicidade		
	Dose (g i.a. ha <sup>-1</sup> )	07 DAH <sup>3</sup>	
		1ª Época	2ª Época
T1-controle	-	0,0 b <sup>2</sup> A <sup>1</sup>	0,0 cA
T2-bispiribaque-sódico <sup>4</sup>	50	9,16 aB	27,08 bA
T3-profoxidim <sup>4</sup>	170	10,83 aB	53,90 aA
CV(%)		48,4	36,90

Herbicida	Fitotoxicidade (%)		
	Dose (g i.a. ha <sup>-1</sup> )	14 DAH <sup>3</sup>	
		1ª Época	2ª Época
T1-controle	-	0,0 c <sup>2</sup> A <sup>1</sup>	0,0 cA
T2-bispiribaque-sódico <sup>4</sup>	50	17,7 aA	30,2 bA
T3-profoxidim <sup>4</sup>	170	8,9 bB	39,7 aA
CV(%)		45,9	41,2

Herbicida	Fitotoxicidade (%)		
	Dose (g i.a. ha <sup>-1</sup> )	21DAH <sup>3</sup>	
		1ª Época	2ª Época
T1-controle	-	0,0 c <sup>2</sup> A <sup>1</sup>	0,0 bA
T2-bispiribaque-sódico <sup>4</sup>	50	15,5 aA	15,0 aA
T3-profoxidim	170	11,8 bB	17,0 aA
CV(%)		45,4	43,5

<sup>1</sup>Médias com letras maiúsculas distintas na linha diferem pelo teste de t-student ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>2</sup>Médias com letra minúscula distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>3</sup>Dias após a aplicação dos herbicidas.

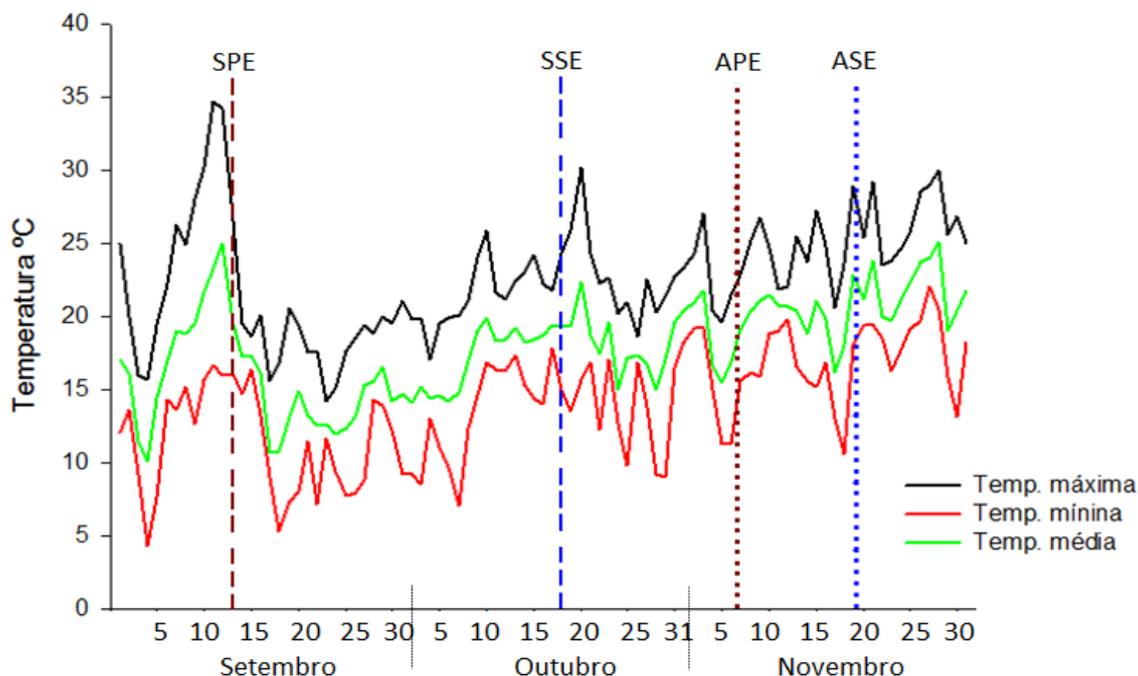
<sup>4</sup>Aplicações em pós-emergência (V<sub>3</sub>-V<sub>4</sub>).

Na avaliação de fitotoxicidade das plantas de arroz, quando semeadas na época recomendada (2ª Época), houve maior fitotoxicidade do herbicida inibidor da ACCase, aos sete e 14 DAH comparado ao controle. Aos 21 DAH não foi detectado diferença entre os herbicidas na mesma época (Outubro). Quando as avaliações são observadas a campo, as condições adversas são fundamentais para os resultados, como temperatura, radiação solar e precipitação.

Sendo a temperatura do ar uma das principais variáveis ambientais a serem observadas no momento da aplicação de herbicidas, principalmente para a aplicação dos herbicidas da família das ACCases, relacionados à cultura e o controle de plantas daninhas.

Esse efeito foi observado por Medd et al., (2001), onde foram avaliados os efeitos da temperatura máxima do ar no dia da aplicação e a soma das temperaturas do ar mínimas diárias dos sete dias antes da aplicação de clodinafop-propargyl. Constatou-se que condições de baixa temperatura do ar no momento ou após a aplicação do herbicida atrasaram as respostas em *Avena* spp. No ano em que o experimento foi conduzido (2013/14), a temperatura média no mês de aplicação dos tratamentos foi contrastante. Observou-se que após a aplicação dos herbicidas, a temperatura e a radiação, se elevaram e depois diminuíram, quando a cultura foi conduzida antes da

época recomendada (1<sup>o</sup> Época). Em contrapartida, a aplicação dos tratamentos na época recomendada (2<sup>o</sup> Época), a temperatura média do ar diminui e logo após se elevou, já a radiação solar se elevou após a aplicação dos herbicidas (Figura 3).



**Figura 3.** Temperaturas máxima, mínima e média nos meses de Setembro, Outubro e Novembro durante a sementeira e aplicação dos herbicidas em 2013/14. SPE: Sementeira primeira época; SSE: Sementeira segunda época; APE: Aplicação primeira época; ASE: Aplicação segunda época. FAEM/UFPel, Capão do Leão, RS, 2013.

Para os herbicidas inibidores da enzima da ACCase a eficácia é determinada pelo aumento da temperatura do ar, até certo limite. Estresse por baixas temperaturas aumentam o conteúdo de cera das folhas e diminuem o metabolismo das plantas, ocasionando em menor absorção e translocação do produto (Cieslik, 2013).

A seletividade do arroz aos herbicidas inibidores da enzima ACCases de forma geral, ocorre em nível de sítio de atuação, ou seja, através da insensibilidade da ACCase (Oliveira Jr. 2011). Para Dan Hess, (1994) não ocorre diferença entre a absorção, translocação ou metabolismo entre as espécies de plantas.

Sob temperaturas elevadas, pode ocorrer redução do efeito dos herbicidas inibidores da ACCase, devido à maior detoxificação (Cieslik, 2013). A detoxificação dos herbicidas pelas plantas impacta na seletividade para as culturas e plantas daninhas porque inativa a molécula do herbicida (Vidal, 2002; Cobb e Reade, 2010). A tolerância

conferida por detoxificação de herbicidas está geralmente associada a famílias de enzimas citocromo P450 monooxigenases e glutathiona-S-transferases (GSTs) (Reade, Milner e Cobb, 2004).

Avaliando o efeito da fitotoxicidade em plantas de trigo, com a aplicação dos herbicidas inibidores da ALS, destacou-se o aumento dos sintomas de injúrias decorrentes do aumento da temperatura (Geier, Stahlman, Hargett, 1999) e (Hoskinset al., 2005) corroborando com os resultados do presente trabalho.

A possível explicação da fitotoxicidade aos sete e 14 DAH na segunda época deve-se as alterações de temperatura entre o dia da aplicação e os dias posteriores a aplicação. As condições de clima no período da aplicação dos herbicidas na época recomendada, onde ocorreram dias de baixas temperaturas (Figura 6), favoreceu para o aumento de sintomas e morte das plantas de arroz.

As possíveis alterações fisiológicas provocadas pela temperatura, provavelmente possam ter aumentado a suscetibilidade do tecido foliar à ação do herbicida, aumentando à absorção do produto no dia da aplicação. Com o posterior aumento da temperatura, os sintomas de fitotoxicidade ficaram mais visíveis, causando cloroses, necroses e morte de algumas plantas (Figura 4).

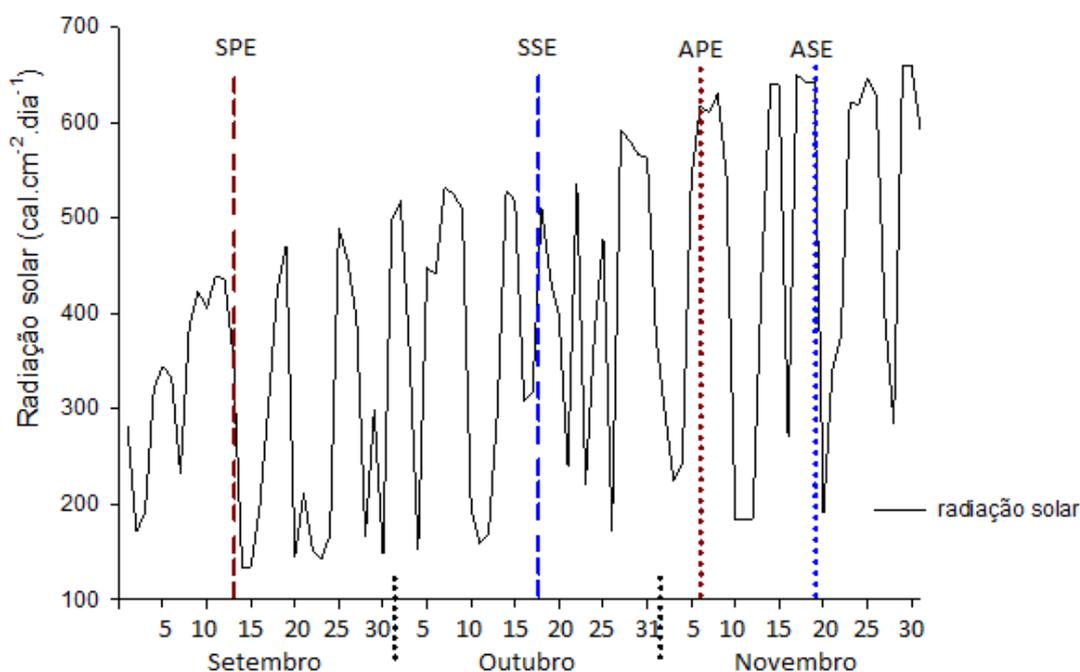


**Figura 4.** Avaliação de fitotoxicidade 14 DAH de plantas de arroz semeadas na época recomendada (Outubro) em relação aos herbicidas. FAEM/UFPel, Capão do Leão, RS, 2013/14.

A intensidade luminosa afeta a atividade dos herbicidas inibidores da enzima ALS nas plantas (Xie, Hsiao, Quick 1996; Camargo et al., 2012; Maciel et al., 2011), porém o efeito positivo ou negativo, não está claro na literatura.

Mesmo sendo considerado um fator de efeito controverso, a radiação solar deve ser levada em conta, em relação à absorção dos herbicidas inibidores das ACCases. Normalmente, elevados índices de irradiância favorece a atividade desses herbicidas (Kells et al., 1984; HattermanValenti et al., 2006).

Esse fator pode ser evidenciado nos dias após a aplicação dos herbicidas, onde houve diminuição expressiva e posterior aumento da taxa de radiação solar observados na Figura 5. A taxa de radiação solar dois dias após a aplicação do herbicida chegou a aproximadamente  $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , essa condição pode ter favorecido o aparecimento de sintomas das plantas de arroz, devido a possível redução da detoxificação e condições desfavoráveis para seu metabolismo.



**Figura 5.** Radiação solar nos meses de Setembro, Outubro e Novembro durante a semeadura e aplicação dos herbicidas em 2013/14. SPE: Semeadura primeira época; SSE: Semeadura segunda época; APE: Aplicação primeira época; ASE: Aplicação segunda época. FAEM/UFPel, Capão do Leão, RS, 2013.

Após a aplicação do herbicida, houve diminuição da taxa de radiação solar, de aproximadamente  $600 \text{ cal. cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  para  $200 \text{ cal. cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ , essa condição pode ter resultado em maior absorção do herbicida. Esse fato, também foi observado por (Xie, Hsiao e Quick 1996), em que taxas menores de radiação, resultaram em maior absorção do herbicida  $^{14}\text{C}$ -imazametabenz-metil em *Avena fatua*.

Por outro lado, trabalho com o herbicida  $^{14}\text{C}$ -imazetapir em plantas de arroz vermelho (*Oryza* sp.) tolerantes ao herbicida, mantidas em condições de câmara de crescimento demonstrou absorção superior do herbicida em condições maiores de intensidades luminosas do que em condições de irradiância reduzida (Camargo et al., 2012).

As baixas taxas de radiação solar comprometem principalmente a fotossíntese, o que influencia diretamente a translocação do produto na planta. Esse processo foi observado por (Hill & Stobbe, 1978) em *Avena fatua*, onde a diminuição da irradiância reduziu a detoxificação do herbicida via conjugação, esse efeito favoreceu a eficácia de controle do herbicida sobre a planta.

A influência da radiação solar sobre a aplicação de herbicidas inibidores da enzima ACCase, foi destacado em trabalhos com a poacea *Setaria fabari* onde as plantas mantidas sob elevada intensidade luminosa ( $812 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) apresentaram absorção de fluazifop-P aproximadamente 25% superior em comparação com aquelas em condição de radiação de ( $390 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e 50% superior quando comparada à baixa intensidade de luz ( $145 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) (Hatterman-Valenti et al., 2006).

A luz afeta alguns processos fisiológicos nas plantas, os quais influenciam a absorção e a translocação de herbicidas inibidores da ACCase (Hull et al., 1982). Entre outros fatores fisiológicos e morfológicos, a elevada irradiância favorece a síntese de fotoassimilados, a qual é necessária para o transporte do herbicida na planta (Wanamarta & Penner, 1989).

Para a avaliação de estande inicial de plantas, ocorreu diferença entre as épocas de semeadura, porém não houve diferença entre os herbicidas antes da época recomendada (1<sup>o</sup> Época). Na época recomendada houve diferença entre os herbicidas, sendo o profoxidim o herbicida que mais reduziu o estande inicial de plantas (Tabela 7).

Após a semeadura do arroz realizado no mês de Setembro a temperatura mínima do ar no mês ficou em média  $11^{\circ}\text{C}$  e a média da temperatura máxima não ultrapassou os  $16^{\circ}\text{C}$ , essa condição de estresse por temperatura perdurou no mês seguinte, sendo as médias da temperatura mínima e máxima  $13^{\circ}\text{C}$  e  $17,5^{\circ}\text{C}$  respectivamente, no mês de Outubro (Figura 3).

Essa condição foi prejudicial para o bom desenvolvimento inicial da cultura, esse fato pode explicar a diferença entre a avaliação de estande inicial entre as duas

épocas (Tabela 7). Quando ocorreu a semeadura da cultura na época recomendada (Outubro) o período de exposição às baixas temperaturas, foi menor, pois as médias do mês de novembro foram mais altas que os meses anteriores (Figura 3).

Na avaliação do número de perfilhos, houve diferença entre as épocas de semeadura e entre os herbicidas para a 1ª época de semeadura, o herbicida profoxidim diferiu do tratamento controle, não diferindo do bispiribaque-sódico. (Tabela 7).

**Tabela 7.** Estande inicial e número de perfilhos na cultura do arroz irrigado em diferentes épocas de semeadura, em função dos tratamentos herbicidas. FAEM/UFPEL - Capão do Leão, RS, 2013/14.

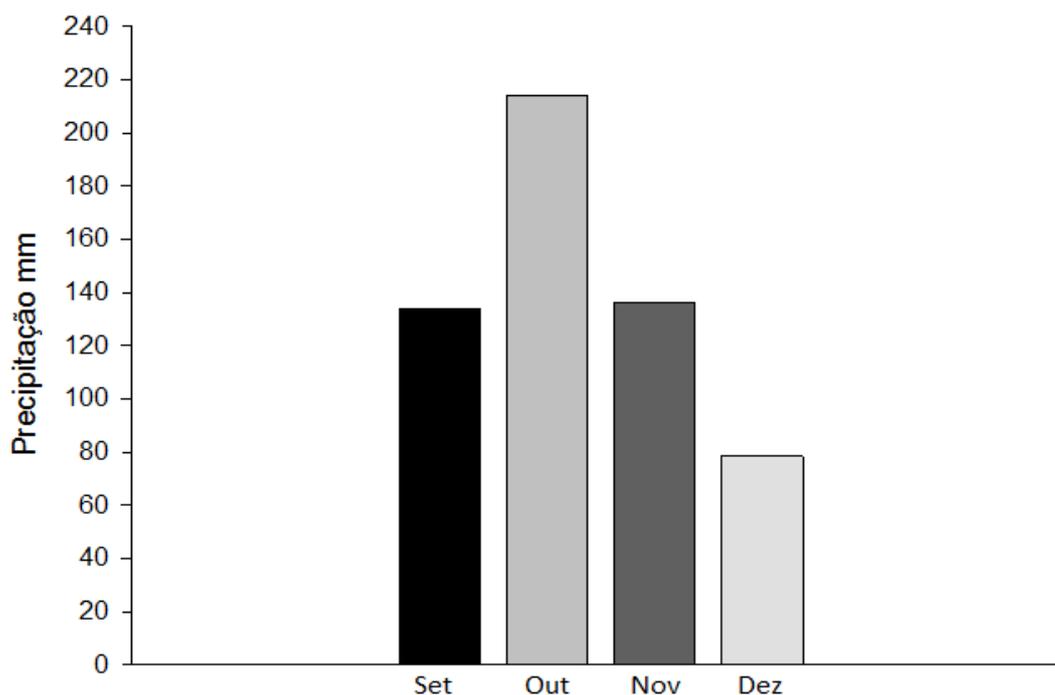
Herbicida	Estande inicial (plantas metro linear)		
	Dose		
	(g i.a. ha <sup>-1</sup> )	1ª Época	2ª Época
T1-controle	-	27,38 a <sup>2</sup> B <sup>1</sup>	76,8 aA
T2-bispiribaque-sódico	50	25,8 aB	72,0 aA
T3-profoxidim	170	25,4 aB	49,4 bA
CV(%) 47,8			
Herbicida	Perfilhos (plantas metro linear)		
	Dose		
	(g i.a. ha <sup>-1</sup> )	1ª Época	2ª Época
T1-controle	-	172,4 a <sup>2</sup> B <sup>1</sup>	211,2 aA
T2-bispiribaque-sódico	50	158,5 abB	231,6 aA
T3-profoxidim	170	145,7 bB	201,3 aA
CV(%) 24,9			

<sup>1</sup>Médias com letras maiúsculas distintas na linha diferem pelo teste de t-student ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>2</sup>Médias com letra minúscula distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Cabe destacar, a recuperação das plantas que receberam a aplicação do herbicida profoxidim na época recomendada. Este resultado pode provavelmente ser atribuído, ao mecanismo de destoxificação sendo capazes de desintoxicar-se dos efeitos do herbicida (Martini, 2014). Outro ponto é a capacidade das plantas de arroz em perfilhar, Yoshida (1981) afirma que as plantas de arroz podem compensar o menor estande através da emissão de um maior número de colmos.

O período correspondente entre a semeadura e emergência das plantas de arroz antes da época recomendada, além da ocorrência de temperaturas baixas, foi bastante afetado pelas condições de umidade excessiva, fator que pode ter contribuído para redução do estande inicial das plantas de arroz (Figura 6).



**Figura 6.** Precipitação nos meses de Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro durante a semeadura e aplicação dos herbicidas em 2013/14. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS, 2013.

Para a condição de precipitação houve aumento do volume de chuva no mês de outubro, mês em que as plantas de arroz da primeira época estavam em pleno desenvolvimento. A precipitação do mês de outubro foi maior que o volume de chuva normal para o mês. Essa condição também pode ter contribuído para o baixo desenvolvimento das plantas de arroz.

Na avaliação de panícula/m<sup>2</sup>, grãos/panícula e peso de 100 grãos, observou-se diferença apenas entre as épocas de semeadura (Tabela 8).

**Tabela 8.** Panículas (m<sup>-2</sup>), grãos/panículas e peso de 100 grãos na cultura do arroz irrigado em diferentes épocas de semeadura. FAEM/UFPeI - Capão do Leão, RS, 2013/14.

Época de semeadura	Panícula/ m <sup>2</sup>	Grãos/panícula	Peso 100 grãos (g)
1º Época (Setembro)	93,16 b <sup>1</sup>	100,18 a	2,21 b
2º Época (Outubro)	102,26 a	92,21 b	2,39 a
CV(%)	24,9	22,3	15,4

<sup>1</sup>Médias com letra minúscula distintas na coluna diferem pelo teste de t-student (p≤0,05).

Esse resultado tem relação direta com a o rendimento de grãos na colheita. De modo geral, os menores números de perfilhos na primeira época, comparado à segunda época, desencadeou em menor número de panículas, fato esse que pode ser a explicação do maior número de grãos/panícula em que a planta pode ter compensado essa diferença.

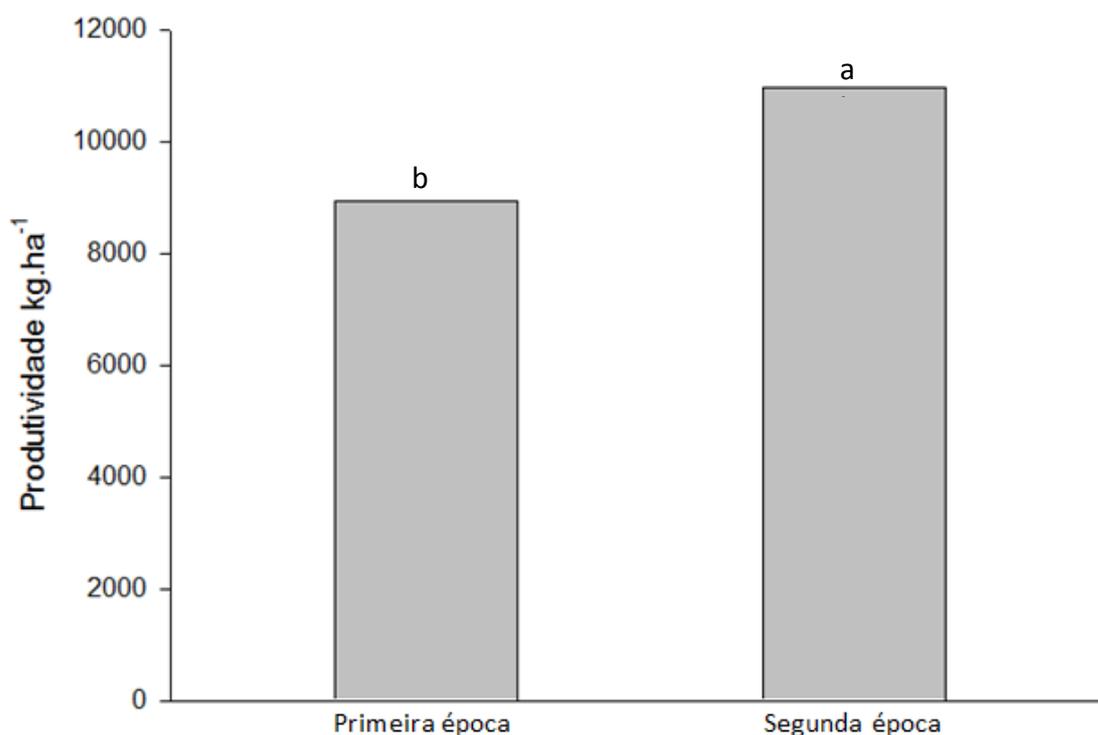
Para a avaliação foi observado relação direta entre o estande de plantas, o número de perfilhos e o número de panículas  $m^2$ , sendo a segunda época com maior número de panículas obtendo também, a maior população de plantas.

Em experimento conduzido por Martins Filho (2012), estudo com aplicações de nitrogênio, destacou o aumento do perfilhamento as plantas de arroz incrementaram o número de panículas e, conseqüentemente, o rendimento final de grãos.

Os componentes da produção de grãos de uma cultura englobam três principais fatores: o número de panículas; o número de grãos/panícula e o peso de grãos. Na segunda época, houve maior número de perfilhos, resultando em maior número de panículas, porém destacou-se menor grãos/panículas. Mesmo com esse resultado, a segunda época apresentou maior produtividade.

Os resultados observados de menor grãos/panícula na segunda época, os pesos dos grãos foram maiores, isso permite inferir que esses resultados explicam o fato da segunda época representar maior produtividade em relação à primeira época.

Quanto às médias de produtividade, os resultados obtidos no experimento demonstram maior produção de grãos, na época recomendada (Outubro)  $11000 \text{ kg ha}^{-1}$ , e a produtividade antes da época recomendada ficou em torno dos  $9000 \text{ kg ha}^{-1}$ , nessa avaliação o fator herbicida não teve diferença estatística (Figura 7).



**Figura 7.** Produtividade de arroz irrigado em duas épocas de semeadura. FAEM/UFPel, Capão do Leão, RS, 2013/14.

A época de semeadura é um dos principais fatores que definem a produtividade de grãos do arroz. A escolha da época ideal é uma decisão importante e dependente de vários fatores como, condições ambientais, tipo de solo, cultivar e incidência de plantas daninhas na área. Na cultura do arroz irrigado, a estação de crescimento é limitada ao período no qual os fatores temperatura e radiação solar estão disponíveis em quantidades suficientes para permitir o pleno desenvolvimento da planta.

Com base no exposto, pode-se inferir que o tratamento de semente com ácido giberélico influenciou positivamente as sementes de arroz, na temperatura ótima (25°C) e temperatura subótima (17°C). Quando as sementes foram tratadas com o GA<sub>3</sub> em baixas temperaturas, influenciou positivamente no vigor das plântulas.

O tratamento com dietholate e a combinação de dietolate+fipronil+carboxina+tiram, influenciaram negativamente a germinação e os testes de vigor em ambas as temperaturas, diminuindo o desempenho fisiológico das sementes de arroz em laboratório. Quando levadas ao campo os tratamentos de sementes não influenciaram os fatores analisados, sendo dependentes da aplicação dos herbicidas e da época de semeadura.

Dada às condições de clima, a temperatura foi o fator que mais influenciou a fitotoxicidade na cultura, sendo que o herbicida inibidor da ALS apresentou maior toxicidade, quando semeadas no início do mês de setembro. A semeadura na época recomendada, as plantas apresentaram maiores sintomas de injúrias quando receberam aplicações do herbicida inibidor da ACCase.

Mesmo apresentando fitotoxicidade, as plantas de arroz apresentaram poder de detoxificação do herbicida, esse fato pode ser analisado, pois houve maior número de perfilhos resultando em maior número de panículas, proporcionando maior produtividade.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A.S. et al. Bioativador no desempenho fisiológico de sementes de cenoura. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, p.87-95, 2009.
- ALMEIDA, A, S. et al. Bioativador no desempenho fisiológico de sementes de arroz. **Revista brasileira de sementes**, v.33, p. 501-510, 2011.
- ALMEIDA, A, S. et al. Thiamethoxam: An Insecticide that Improve Seed Rice Germination at Low Temperature. *Insecticides - Development of Safer and More Effective Technologies*. **Intech**, v.14, p.417-425, 2013.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS, **Official methods of analysis**. 10 ed. Washington: Editorial Board, 1965. 909 p.
- BEVILAQUA, G.A.P. et al., Desempenho de sementes de arroz tratadas com regulador de crescimento. I. Efeito na emergência a campo. **Revista Brasileira de Sementes**. v. 15, p. 75-80. 1993.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 399p.
- CAMARGO, E.R. et al., Interaction between saflufenacil and imazethapyr in red rice (*Oryza ssp.*) and hemp sesbania (*Sesbania exaltata*) as affected by light intensity. **Pest Management Science**, v.68, p.1010-1018, 2012.
- CASTRO, P.R.C. et al. Ação de reguladores vegetais no desenvolvimento, aspectos nutricionais, anatômicos na produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioca. **Anais...** da Esalq, v.47, p11-28, 1990.
- CIESLIK, L.F. et al., Fatores ambientais que afetam a eficácia de herbicidas inibidores da accase: revisão. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 31, p. 483-489, 2013.
- COBB, A.H.; READE, J.P.H. **Herbicides and plant physiology**. 2nded. Newport-UK: Harper Adams University, Wiley-Blackwell, 2010. 286 p.

CONAB. Arroz - Brasil. **Acompanhamento da Safra Brasileira**. Décimo segundo levantamento Setembro de 2014. Disponível em: <www.conab.gov.br> Acesso em: Outubro de 2014.

CRUZ, R.P.; DUARTE, I.T.L.; CABREIRA, C. Inheritance of rice cold tolerance at the seedling stage. **Science Agricola**, v.67, p.669-674, 2010.

CUNHA, R.; CASAL, V.W. Efeito de substâncias reguladoras do crescimento sobre a germinação de sementes de alface. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.1, p.121-132, 1989.

DAN HESS, F., Mode of action of lipid biosynthesis inhibitors (graminicides ACCase inhibitors). In: **Purdue University**, (Ed.). Herbicide Action Course. West Lafayette, EUA: CRC Press, p.201-216, 1994.

DERIDDER, B.P.; DIXON, D.P.; BEUSSMAN, D.J. et al. Induction of glutathione S-transferases in arabidopsis by herbicide safeners. **Plant Physiology**, v.130, p.1497-1505, 2002.

DIAS, A. D., GOMES, A.S., Efeito do tratamento de sementes com ácido giberélico sobre o desempenho da cultura do arroz irrigado. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.1, p. 97-102, 1995.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solo**. 2ª ed., Rio de Janeiro: EMBRAPA, 306 p. 2012.

FLORES, I.F., Tratamento de sementes com ácido giberélico e crescimento de plântulas de arroz (*Oryza sativa* L.). **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v. 9, p. 73-78. 2002.

FORD, K.A. et al. Neonicotinoid insecticides induce salicylate-associated plant defense responses. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.107, p.17527-17532, 2010.

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.

GEIER, P.W.; STAHLMAN, P.W.; HARGETT, J.G. Environmental and application effects on MON 37500 efficacy and phytotoxicity. **Weed Science**, v.47, p.736-739, 1999.

HASHIMOTO, M; KOMATSU, S. Proteomic analysis of rice seedlings during cold stress. **Proteomics**, v.7, p.1293-1302, 2007.

HATTERMAN-VALENTI, H. M.; PITYY, A.; OWEN, M.D. K. Effect of environment on giant foxtail (*Setaria faberi*) leaf wax and fluzifop-P absorption. **Weed Science**, v. 54, p. 607-614, 2006.

HILL, B. D.; STOBBE, E. H. Effect of light and nutrient levels on <sup>14</sup>C-benzoylprop ethyl metabolism and growth inhibition in wild oat (*Avena fatua* L.). **Weed Research**, v. 18, p. 223-229, 1978.

HOSKINS, A.J.; YOUNG, B.G.; KRAUSZ, R.F.; RUSSIN, J.S. Control of italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) in winter wheat. **Weed Technology**, v.19, p.261-265, 2005.

HIRASE, K.; MOLIN, W.T. Sulfur assimilation in plants weed control: Potential targets for novel herbicides and action sites of certain safeners. **Weed Biology and Management**, Stoneville, v.3, p.147-157, 2003.

HULL, H. M.; DAVIS, D. G.; STOLZENBERG, G. E. Action of the adjuvants on plant surfaces. In: HODGSEN, R. H. Adjuvants for herbicides. Champaign: **Weed Science Society of America**, 1982. p. 26-67.

IRGA-INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ, 2012. Disponível em <[http://www.irga.rs.gov.br/uploads/anexos/1337000441.Semeadura\\_e\\_Colheita\\_do\\_Arroz\\_no\\_RS.pdf](http://www.irga.rs.gov.br/uploads/anexos/1337000441.Semeadura_e_Colheita_do_Arroz_no_RS.pdf)> Acesso em: Maio de 2014.

ISTA. International Seed Testing Association, 23 mar. 2005. Especiais. Acessado em 30 set. 2013. Online. Disponível em: <[http://seedtest.org/en/seed-testing-international\\_content---1--1085.html](http://seedtest.org/en/seed-testing-international_content---1--1085.html)> Acesso em: Maio de 2014.

JURSÍK, M.; SOUKUP, J.; HOLEC, J. Herbicide mode of actions and symptoms of plant injury by herbicides: inhibitors of acetolactate synthase (ALS inhibitors). **Listy Cukrovarnické a Řepářské**, v.126, p.376-379, 2010.

KAPOOR, N. et al. Physiological and Biochemical Changes During Seed Deterioration in Aged Seeds of Rice (*Oryza sativa* L.). **American Journal of Plant Physiology**, v.6, p.28-35, 2011.

KING, R.W., et al., Gibberellins in relation to growth and flowering in *Pharbitis nil* Chois. Canberra, Australia. **Plant Physiology**. v.84, p.1126-1131, 1987.

KOEPPE, M.K. et al., Basis of selectivity of the herbicide rimsulfuron in maize. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 66, p.170-181, 2000.

KROHN, G. N.; MALAVASI, M. M. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com fungicidas durante e após o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 26, p. 91-97, 2004.

KELLS, J. J.; MEGGITT, W. F.; PENNER, D. Absorption, translocation, and activity of fluazifop-butyl as influenced by plant growth stage and environment. **Weed Science**, v. 32, p. 143-149, 1984.

LEVITT, J. **Introduction to plant physiology**. 2.ed. Saint Louis: The C.V. Mosby Company, 1974. 447p.

LIMA, M.G.S. et al. Qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas a estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v.27, p.54-61, 2005.

- LILGE, C.G. et al. Desempenho de sementes de arroz de diferentes cultivares na presença do herbicida glufosinato de amônio. **Revista Brasileira de Sementes**. Pelotas, v.25, p.82-88, 2003.
- MACEDO, W.R; CASTRO, P.R.C. Thiamethoxam: Molecule moderator of growth, metabolism and production of spring wheat. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.100, p. 299–304, 2011.
- MACIEL, C.D.G.; et al., Desenvolvimento de gramados submetidos à aplicação de retardadores de crescimento em diferentes condições de luminosidade. **Planta Daninha**, v.29, p.383-395, 2011.
- MCCULLOUGH, P.E.; HART, S.E. Temperature influences creeping bentgrass (*Agrostis stolonifera*) and annual bluegrass (*Poa annua*) response to bispyribac-sodium. **Weed Technology**, v.20, p.728-732, 2006.
- MARCOS-FILHO, J. et al., Efeitos do tamanho da semente sobre a germinação, o vigor e a produção do milho (*Zea mays* L.). **Anais... da ESALQ**, Piracicaba, v.34, p.327-337, 1977.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 495p, 2005.
- MARTINI, L.F.D., Seletividade de herbicidas sobre a cultura do arroz irrigado em condições de estresse por frio. 2014. 118f. **Tese** (Doutorado em Fitossanidade)-Faculdade de Agronomia. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas/RS.
- MARTINS, J.M.C. et al., Relação entre rendimento de grãos e produção de panículas em cultivares híbridas de arroz submetidas a doses de n na base e em cobertura. **Revista Técnico Científica (IFSC)**, v. 3, p. 744, 2012.
- MEDD, R. W. et al. Determination of environment specific dose-response relationships for clodinafop-propargylon *Avena* spp. **Weed Resesearch**, v. 41, p. 351-368,2001.
- MERTZ, L.M. et al., Alterações fisiológicas em sementes de arroz expostas ao frio na fase de germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, p.254-262, 2009.
- MISTURA, C.C. et al., Influência do protetor de sementes dietilfenilfosforotioato sobre plântulas de arroz (*Oryza sativa* L.) **Revista Brasileira de Agrociência**. v.14, p.231-238, 2008.
- PESKE, S.T., BEVILAQUA, G.A.P., Tratamento de sementes de arroz com ácido giberélico. In: Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 19, Camboriú, SC. 1991. **Anais... Camboriú**, 1991.
- PIGATO, F.J. et al., Efeito do ácido giberélico na produtividade de arroz em terras altas. **UNICIÊNCIA** v.14, p.225-240, 2010.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da Semente**. Brasília: **ABEAS**, 1985. 289p.
- READE, J.P.H.; MILNER, L.J.; COBB, A.H. A role for glutathione S-transferases in resistance to herbicides in grasses. **Weed Science**, v.52, p.468-474, 2004.

- ROGIS, C. et al., Enhancing germination of eastern gamma grass seed with stratification and gibberelic acid. **Crop Science** v. 44, p. 549-552, 2004.
- SALGADO, F. H. M. Maize seed germination treated with insecticides. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 4, p. 49-53, 2013.
- SCHWECHHEIMER, C. Understanding gibberellic acid signaling—are we there yet. **Plant Biology**, v. 1, p. 9-15, 2008.
- SILVA, W.R. & MARCOS-FILHO, J. Efeitos do peso e do tamanho das sementes de milho sobre a germinação e o vigor em laboratório. **Revista Brasileira de Sementes**, v.1, p.39-52, 1979.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS - SBCPD. **Procedimentos para a instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: p. 45, 1995.
- SOSBAI- SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. **Arroz Irrigado: SOSBAI**. Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil, 28. Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado. Porto Alegre: SOSBAI, p. 188, 2012.
- SOUZA, P.R. de, MENEZES, V.G., Ácido giberélico no tratamento de sementes de arroz irrigado. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.44, p.3-4, 1991.
- 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.
- SUGE, H. Stimulation of oat and rice mesocotyl growth by ethylene. **Plant and Cell Physiology**, v.12, p.831-837, 1971.
- VIDAL, R. A.; WINKLER, L. M. Resistência de Plantas Daninhas: Seleção ou indução à mutação pelos herbicidas inibidores de acetolactatosintase (ALS). **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 12, p. 31-42, 2002.
- VILA-AIUB, M. et al. Glyphosate resistance in *Sorghum halepense* and *Lolium rigidum* is reduced at suboptimal growing temperatures. **Pest Management Science**, v.69, p.228-232, 2012.
- XIE, H. S. et al. Influence of water stress on absorption, translocation, and phytotoxicity of fenoxaprop-ethyl and imazamethabenz-methyl in *Avena fatua*. **Weed Research.**, v. 36, p. 65-71, 1996.
- WANAMARTA, G. D.; PENNER, D. Foliar absorption of herbicides. **Weed Science.**, v. 4, p. 215-231, 1989.
- YAZBEK JR., W.; FOLONNI, L.L. Efeito de protetor de sementes na seletividade de herbicida na cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.). **Revista Ecosystema**, v.29, p.33-38, 2004.
- YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. Los Baños: IRRI, 277 p. 1981.

#### 4. Artigo III - Alterações bioquímicas em arroz irrigado em resposta ao estresse causado por herbicidas e temperatura<sup>6</sup>

Biochemical changes in rice in response to stress caused by herbicides and low temperatures

ROSA, T. D<sup>1</sup>; AVILA, L.A.<sup>2</sup>; MORAES, B<sup>3</sup>; MORAES, I.L.<sup>4</sup>; ESPINEL, G.A<sup>4</sup>,  
DEUNER, S.<sup>5</sup>

RESUMO – A seletividade de herbicidas em arroz irrigado influencia diversos aspectos, entre eles as condições ambientais após a aplicação. O objetivo do estudo foi avaliar e caracterizar os parâmetros bioquímicos do estresse oxidativo em arroz irrigado submetido a diferentes temperaturas, tratamento de sementes e à aplicação de herbicidas utilizados na cultura do arroz. As sementes de arroz foram conduzidas em duas temperaturas 25 e 17°C, os tratamentos de sementes utilizados foram: tiametoxan, dietholate, fipronil, ácido giberélico, carboxina+tiram, dietholate+fipronil+carboxina+tiram e testemunha (sem aplicação), e sendo os herbicidas aplicados profoxidim, bispiribaque-sódico e uma testemunha (sem aplicação de herbicida), as variáveis avaliadas foram teores de clorofila total e carotenóides, atividade das enzimas catalase, ascorbato peroxidase e superóxido dismutase, peroxidação lipídica e teores de peróxido de hidrogênio. Amostras foliares foram coletadas cinco dias após a aplicação dos herbicidas. Não houve diferença entre as variáveis analisadas tratamento de sementes e herbicidas, os resultados ficaram dependentes dos herbicidas e demonstram que a sua aplicação altera o metabolismo do arroz na temperatura de 25°C, sendo que os herbicidas profoxidim e bispiribaque-sódico causam estresse oxidativo, porém a cultura ativa seu sistema de defesa antioxidantes através da atuação da enzima superóxido dismutase. Quando submetidas a baixas temperaturas (17°C), a aplicação dos diferentes herbicidas causou menor danos oxidativos, o baixo metabolismo das plantas decorrentes da baixa temperatura pode explicar tal resultado. Portanto, os dados evidenciam que a exposição do arroz a diferentes temperaturas e aos herbicidas induzem ao estresse oxidativo, bem como, alterações nas atividades das enzimas antioxidantes.

**Palavras-chave:** estresse oxidativo, baixa temperatura, *Oryza sativa*, seletividade

---

<sup>1</sup>Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas - UFPel, bolsista CAPES; <sup>2</sup> Professor Adjunto, Ph.D., Departamento de Fitossanidade, UFPel, Caixa Postal 354, 96010-900 Pelotas-RS, Brasil, <laavilabr@gmail.com>; <sup>3</sup>Pós-Doutorado Universidade Federal de Pelotas, UFPel, Brasil. Bolsista da: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES <sup>4</sup> Mestrando, Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Pelotas - UFPel, Bolsista CAPES; <sup>5</sup>Professor Adjunto, Departamento de Fisiologia Vegetal, UFPel, Caixa Postal 354, 96010-900 Pelotas- RS, Brasil, <sdeuner@yahoo.com.br>; <sup>6</sup> Artigo formatado segundo normas da revista Planta Daninha.

*ABSTRACT- The selectivity of herbicides in rice varies in many ways, including environmental conditions after application. The objective of the study was to evaluate and characterize the biochemical parameters of oxidative stress in rice under different temperatures and seed treatment and the application of herbicides used in rice cultivation. Rice seeds were conducted at two temperatures 25 and 17 ° C, seed treatments were: Thiamethoxam, dietholate, fipronil, gibberellic acid, carboxin + thiram, dietholate + fipronil + carboxin + thiram and control (no application), and being the herbicides profoxidim, bispyribac-sodium and a control (no herbicide), the variables were chlorophyll content and carotenoids, activity of catalase, ascorbate peroxidase and superoxide dismutase, lipid peroxidation and hydrogen peroxide levels. Leaf samples were collected five days after herbicide application. There was no difference between variables analyzed seed treatment and herbicides, the results were dependent on herbicides and show that its application alters the metabolism of rice in 25 ° C, and profoxidim herbicides and bispyribac-sodium cause oxidative stress, but the active culture your antioxidant defense system through the action of superoxide dismutase. When subjected to low temperatures (17 ° C), the application of different herbicidas lower oxidative damage caused, the low metabolism of plants resulting from the low temperature can explain this result. Therefore, the data show that the rice's exposure to different temperatures and herbicides induce oxidative stress, as well as changes in the activities of antioxidant enzymes.*

*Keywords: oxidative stress, low temperature, Oryza sativa, selectivity*

## INTRODUÇÃO

Por ser cultivado em diferentes regiões, o arroz está submetido a diversas condições ambientais, porém quando comparado com outros cereais, como trigo, o arroz é mais sensível ao estresse por baixa temperatura (Okuno, 2003). No estado do Rio Grande do Sul, a maioria das cultivares de arroz utilizadas nas lavouras são de origem tropical, sendo que a ocorrência do frio se torna um agravante quando se trata da sensibilidade do cereal ao estresse abiótico, esse fator causa danos graves no estabelecimento inicial da cultura, resultando em diminuição do estande inicial e conseqüentemente o crescimento e desenvolvimento de plantas daninhas (Cruz, 2001).

Em decorrência das mudanças na temperatura nos últimos anos, a produtividade do arroz irrigado no estado tem sofrido instabilidades, sendo a ocorrência de baixas temperaturas um dos principais fatores para oscilações de produtividade da cultura (Steinmetz et al., 1996). A faixa de temperatura para bom desenvolvimento do arroz situa-se entre 25 e 30°C (Yoshida, 1981), sendo que temperaturas abaixo dessa faixa podem ocasionar danos e estresse a cultura.

Os danos mais graves a cultura do arroz, ocasionado por baixas temperaturas estão relacionado à baixa fecundidade das espiguetas, esse fato deve-se a sua esterilidade devido a inviabilidade do pólen. No florescimento, o frio prejudica a deiscência das anteras e também o crescimento do tubo polínico (Yoshida, 1981, Cruz e Milach, 2000).

A aplicação de herbicidas também é um dos fatores que causa estresse oxidativo nas plantas de arroz. Os herbicidas aplicados para o controle de plantas daninhas podem também causar danos à cultura, resultando em fitotoxicidade destas, diminuindo seu crescimento e desenvolvimento (Nohatto, 2014).

Os herbicidas profoxidim e bispiribaque-sódico são herbicidas seletivos utilizados na cultura do arroz, aplicados em pós-emergência utilizados para controle de algumas plantas daninhas como capim-arroz (*Echinochloa* sp.) na cultura do arroz, porém quando alguns herbicidas seletivos são aplicados, em condições adversas como ocorre na semeadura antecipada, onde as temperaturas são variáveis, muitos herbicidas em condições de baixas temperaturas podem causar distúrbios bioquímicos e fisiológicos no metabolismo das plantas reduzindo a seletividade do herbicida, o que afeta negativamente seu desenvolvimento e conseqüentemente sua produção (Song et

al., 2007).

Esse aumento da fitotoxicidade na cultura do arroz foi observado por Cassol, 2012, herbicidas como propanil, clomazone e cialofope-butílico quando aplicados no arroz irrigado semeado no mês de setembro, apresentou aumento dos níveis de fitotoxicidade em relação à cultura semeado no mês de novembro.

Quando a planta encontra-se em condições adversas, várias reações prejudiciais ocorrem no seu desenvolvimento, como a diminuição da fotossíntese, aliado a modificações do seu metabolismo (Law & Crafts-brandner, 2001). Associado a essas reações ocorre a produção de espécies reativas de oxigênio (ROS) que podem acumular nos tecidos, esse mecanismo resulta em danos oxidativos as proteínas, DNA e lipídios, como exemplo de ROS pode-se citar o superóxido ( $O_2^-$ ), peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) e radicais hidróxilo ( $OH^\cdot$ ) (Grohs, 2012).

Formados através de reações metabólicas normais como subprodutos e alocados em diferentes compartimentos celulares, as EROs podem ser induzidas através de estímulos dependendo das condições ambientais que as plantas se encontram (Mittler, 2002). Em condições fisiológicas estáveis, as EROs são removidas por componentes de defesa da planta, esses componentes antioxidantes são frequentemente alocados em compartimentos particulares. A proporção entre a produção dessas moléculas e a eliminação dependerá fundamentalmente de vários fatores ambientais (Grohs, 2012).

As EROs causam peroxidação lipídica, desintegração das membranas, danos a proteínas e ácidos nucleicos (Gomez et al., 1999), efeitos comuns em plantas submetidas a condições de estresse por baixas temperaturas (Morsy et al., 2007). No cloroplasto, as EROs ocasionam a diminuição da atividade de proteínas como a ATP sintase e ATPase vacuolar, explicando o decréscimo na taxa fotossintética e a consequente diminuição de crescimento (Neilson et al. 2010).

Com a evolução, as plantas superiores desenvolveram inúmeros mecanismos de respostas a estresses, como por exemplo, a habilidade de alterar o seu desenvolvimento em reflexo a algum fator externo desfavorável como ataques de pragas, patógenos e fatores abióticos (Soares & Machado, 2007). As plantas possuem um ativo sistema de detoxificação, com a ação de enzimas antioxidantes como superóxido dismutase, peroxidase, glutatona S-transferase, ascorbato peroxidase e

catalase (Foyer & Nector, 2000), bem como antioxidantes não enzimáticos de baixo peso molecular como o ascorbato e a glutatona reduzida.

O sistema antioxidante protege a integridade das membranas contra o efeito das EROs, possibilitando uma maior tolerância de certas espécies a condições ambientais adversas (Noctor & Foyer, 1998). A tolerância do arroz à seca ou ao frio está diretamente relacionada à capacidade de sistema antioxidante enzimático (Guo et al. 2006).

A cultura do arroz é sensível ao estresse por frio, sendo que sua exposição a essa condição pode ocasionar diversos danos, principalmente na germinação e seu estabelecimento inicial, esses danos resultam em perdas de produtividade.

O tratamento de sementes, nos últimos anos vem sendo observado, não apenas como ferramenta de proteção as sementes contra o ataque de patógenos. Muitos produtos como o tiametoxan são destacados como bioativadores capazes de favorecer a qualidade fisiológica de sementes de arroz (Almeida, et al. 2011). Portanto a necessidade de estudos em relação a utilização de produtos para o tratamento de sementes, que possam resultar em proteção ou em melhorias na cultura, a se sobressair quando submetidas a fatores atípicos, se tornam de grande importância e de interesse aos produtores.

As variáveis bioquímicas e seu comportamento decorrentes do estresse metabólico das plantas são fatores importantes que desencadeiam processos como modulação de expressão gênica das plantas. Conhecer o modo de proteção dos vegetais, frente aos diferentes estresses, é importante para obter, com auxílio de programas de melhoramento genético, variedades agrícolas mais resistentes e/ou tolerantes, o que pode conseqüentemente, aumentar a produção e a qualidade das plantas. Há diversas substâncias envolvidas na indução de resposta de defesa vegetal contra muitos estresses que merecem ser conferidas.

Em vista do exposto, o objetivo do estudo foi avaliar e caracterizar os parâmetros bioquímicos do estresse oxidativo em arroz irrigado submetido a diferentes tratamentos de sementes, temperaturas e à aplicação de herbicidas utilizados na cultura do arroz irrigado.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi dividido em dois experimentos conduzidos em câmara de crescimento em temperaturas distintas 25 e 17°C, instalada junto à Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel pertencente à Universidade Federal de Pelotas, no ano agrícola de 2014.

As unidades experimentais foram constituídas de copos de plástico com capacidade de 700 mL, contendo solo coletado do horizonte A de um Planossolo Háplico Eutrófico solódico (EMBRAPA, 2006), seco em ar livre e peneirado, em peneira de malha 2,0 mm, sendo utilizado 600 g de solo por copo.

O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, arrançadas em esquema fatorial, com quatro repetições, onde o Fator A foi composto por duas temperaturas do ar: Ótima: 25°C e Subótima = 17°C; o Fator B foi composto por sete tratamentos de sementes, (Tabela 1), sendo a aplicação dos produtos realizados diretamente nas sementes com válvula pressurizada, 24 horas anterior à semeadura sendo colocadas em sacos plásticos com capacidade para cinco litros, utilizando um 1 kg de sementes por saco. O volume de calda utilizado foi de 1,5 L 100 kg<sup>-1</sup> de semente, para o tratamento controle foi utilizado apenas água.

**Tabela 1.** Produtos utilizados e registrados para tratamento de sementes na cultura do arroz. FAEM/UFPel - Capão do Leão, RS, 2014.

<b>Tratamentos</b>	<b>Fator B: Ingrediente Ativo no TS</b>	<b>Dose g i.a. 100 kg<sup>-1</sup></b>
1	sem aplicação	---
2	tiametoxam	140,0
3	dietholate	600,0
4	fipronil	62,5
5	ácido giberélico	2,0
6	carboxina+tiram	60,0 + 60,0
7	dietolate+fipronil+carboxina+tiram	600,0+62,5+60,0+60,0

O fator C foi composto pelos herbicidas bispiribaque-sódico e profoxidim e testemunha (Tabela 2), os tratamentos herbicidas foram aplicados em pós-emergência do arroz irrigado (3 a 4 folhas), seguindo as recomendações de utilização do fabricante.

**Tabela 2.** Herbicidas registrados e recomendados para o controle de plantas daninhas na cultura do arroz irrigado no RS e SC. FAEM/UFPel - Capão do Leão, RS, 2014

<b>Ingrediente Ativo</b>	<b>Dose de registro do p.c (g i.a. ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Modo de aplicação</b>
controle	-	-
bispiribaque-sódico	50	Pós-emergência
profoxidim	170	Pós-emergência

### **Material vegetal e condições de cultivo**

O solo utilizado no experimento, não tinha histórico de aplicação de herbicidas nos últimos cinco anos, e foi coletado do horizonte A da área de várzea do Centro Agropecuário da Palma (CAP) pertencente à FAEM-UFPel sendo este classificado como Planossolo Hidromórfico eutrófico solódico (Unidade de Mapeamento Pelotas), o qual tinha as seguintes características: pH<sub>água</sub> (1:1) = 5,1; CTC pH7 = 5,4 cmolc dm<sup>-3</sup>; Matéria Orgânica = 1,2 %; argila = 15 %; textura = 4; Ca = 1,8 cmolc dm<sup>-3</sup>; Mg = 1 cmolc dm<sup>-3</sup>; Al trocável = 0,2 cmolc dm<sup>-3</sup>; P disponível = 4,3 mg dm<sup>-3</sup>; K trocável = 30 mg dm<sup>-3</sup>. A análise química foi realizada no Laboratório de Análise de Solos do Departamento de Solos da UFPel. Após serem preenchidos com solo, os copos, foram cobertos com substrato (Figura 1).



**Figura 1.** Vista das unidades experimentais na semeadura. FAEM/UFPel, Capão do Leão, RS, 2014.

Para a aplicação dos herbicidas, foi utilizado um pulverizador costal de precisão, pressurizado por CO<sub>2</sub>, equipado com barra munida de quatro pontas de jato plano do tipo leque, série 110-02, espaçadas 50 cm, calibrado para aplicar um volume de calda de 150 L ha<sup>-1</sup>, sendo os herbicidas aplicados em pós-emergência.

Quanto à obtenção do material vegetal, as amostras da parte aérea das plantas foram coletadas cinco dias após a aplicação dos tratamentos herbicidas (DAT). Para avaliar o efeito dos tratamentos sobre os parâmetros bioquímicos, foram coletadas quatro plantas por unidade experimental, totalizando 24 plantas por tratamento. Foram retiradas três folhas por planta para determinação das análises bioquímicas. Essas amostras foram congeladas em nitrogênio líquido e imediatamente armazenadas a -80 °C, para posteriores determinações do conteúdo de peróxido de hidrogênio, peroxidação lipídica, atividade de enzimas antioxidantes, clorofilas, carotenóides e compostos fenólicos.

#### **Determinação do conteúdo de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) e peroxidação lipídica**

Os danos celulares nos tecidos foram determinados através do teor de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), conforme descrito por Loreto & Velikova (2001) e os das espécies reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), via acúmulo de aldeído malônico (MDA), conforme descrito por Health e Packer (1968). Para proceder-se essas análises, 0,2g de folhas foram maceradas com nitrogênio líquido, homogeneizados em 2 mL de ácido tricloroacético (TCA) 0,1% (m/v) e centrifugados a 14000 rpm por 20 minutos. Para a quantificação de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, adicionaram-se alíquotas de 0,2 mL do sobrenadante em 0,8 mL de tampão fosfato 10 mM (pH 7,0) e 1 mL de iodeto de potássio 1M. A solução foi deixada em repouso por 10 minutos em temperatura ambiente, sendo que a absorbância foi lida a 390 nm. A concentração de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> foi determinada através de curva padrão e expressa em mM/g.

Para determinar TBARS, alíquotas de 0,5 mL do sobrenadante, como descrito anteriormente, foram adicionadas a 1,5 mL de ácido tiobarbitúrico (TBA) 0,5% (m/v) e ácido tricloroacético 10% (m/v) e incubadas a 90°C por 20 minutos. A reação foi paralisada em banho de gelo por 10 minutos. A absorbância foi lida a 535 nm, descontando-se a absorbância inespecífica a 600 nm. Calculou-se a concentração de MDA utilizando-se o coeficiente de absorvidade de 155 mM cm<sup>-1</sup>, expressando-se

resultados em nM MDA g<sup>-1</sup> de MF.

#### **Pigmentos fotossintéticos foliares**

Os teores de clorofilas (*a*, *b* e total) e de carotenóides foram determinados a partir de uma amostra de 0,1g da parte aérea maceradas em um cadinho em presença de 5 mL de acetona a 80% (v/v). O material foi centrifugado a 12000 rpm por 10 minutos e o sobrenadante transferido para um balão volumétrico de 25 mL, completando-se esse volume com acetona a 80% (v/v). Os teores de carotenóides totais, clorofilas *a*, *b* e totais foram calculados pela fórmula de Lichtenthaler (1987) a partir da absorbância da solução obtida por espectrofotometria a 647, 663 e 470 nm, expressando-se os resultados em mg g<sup>-1</sup> de MF.

#### **Preparo do extrato enzimático**

Para a determinação da atividade enzimática, 0,2 g de amostra foram macerados com o auxílio de nitrogênio líquido e 0,02 g de polivinilpirrolidona (PVPP). Em seguida foram adicionou-se 900 µL de tampão fosfato 200 mM (pH 7,8), 18 µL de EDTA 10 mM, 180 µL de ácido ascórbico 200 mM e 702 µL de água ultrapura e centrifugado a 14000 rpm, a 4°C por 20 minutos. Coletou-se o sobrenadante e utilizou-se para posterior análise. A partir deste extrato foi quantificada a proteína das amostras pelo método de Bradford (1976), elaborada a curva padrão com globulina e os resultados expressos em mg g<sup>-1</sup> MF.

#### **Determinação das atividades das enzimas antioxidantes**

A atividade da catalase (CAT; EC 1.11.1.6) foi determinada através do consumo de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (coeficiente de extinção 39,4 mM cm<sup>-1</sup>). Para isso foi realizada a reação de 1 mL de tampão fosfato de potássio 200 mM (pH 7,0), 850 µL de água ultrapura, 100 µL de peróxido de hidrogênio 250 mM e 50 µL do extrato. As leituras da absorbância no comprimento de onda de 240 nm foram realizadas em espectrofotômetro (Ultrospec 6300 Pro UV/Visível – Amersham Bioscience), durante 90 segundos em intervalos de 7 segundos.

A atividade da ascorbato peroxidase (APX; EC 1.11.1.11) foi determinada segundo Azevedo et al. (1998), com modificações, através do consumo de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (coeficiente de extinção 2,9 mM cm<sup>-1</sup>). Foi utilizado 1 mL de tampão fosfato de potássio 200 mM (pH 7,0), 750 µL de água ultrapura, 100 µL de ácido ascórbico 10 mM, 100 µL de peróxido de hidrogênio 2 mM e 50 µL do extrato. As leituras de

absorbância no comprimento de onda de 290 nm foram realizadas em espectrofotômetro (Ultrospec 6300 Pro UV/Visível – Amersham Bioscience) durante 90 segundos em intervalos de 7 segundos. Tanto a atividade da CAT quanto para da APX, para efeito de cálculos, considerou-se que o decréscimo de uma unidade de absorbância era equivalente a uma unidade ativa (UA). As atividades do extrato total foram determinadas a partir da quantidade de extrato que reduziu a leitura de absorbância em uma UA, e expressos em UA mg<sup>-1</sup> proteína minuto<sup>-1</sup>.

A atividade da superóxido dismutase (SOD; EC 1.15.1.1) foi determinada segundo metodologia adaptada de Peixoto (1999), pelo cálculo da quantidade de extrato que inibiu 50 % da reação de NBT e expressa em UA mg<sup>-1</sup> proteína minuto<sup>-1</sup>. Foram adicionados em tubo de ensaio 1 mL de tampão fosfato de potássio 100 mM (pH 7,8), 400µL de metionina 70 mM, 20 µL de EDTA 10 µM, 390 µL de água ultrapura, 150 µL de NBT 1 mM, 20 µL de riboflavina 0,2 mM e 20 µL de extrato incubados por 10 minutos em lâmpada fluorescente de 15 Watts e realizada a leitura da absorbância em espectrofotômetro (Ultrospec 6300 Pro UV/Visível – Amersham Bioscience) no comprimento de onda de 560 nm. Para efeito de cálculo, o branco da reação foi considerado como sendo tubos que não continham extratos, exposto e não expostos à luz. A atividade foi determinada pelo cálculo da quantidade de extrato que inibiu 50 % da reação de NBT e expressa em UA mg<sup>-1</sup> proteína minuto<sup>-1</sup> (Figura 2).



**Figura 2.** Atividade da superóxido dismutase (SOD), FAEM/UFPEL, Capão do Leão, RS, 2014.

Os dados obtidos foram analisados quanto a normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e à homocedasticidade pelo teste de Hartley e, posteriormente foram submetidos à análise de variância ( $p \leq 0,05$ ). Após a análise de variância, utilizou-se o teste t para comparação das médias no caso de diferença significativa entre os tratamentos de sementes teste de Duncan ( $P \leq 0,05$ ) para comparação entre os tratamentos herbicidas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Experimento 1- Alterações bioquímicas em arroz irrigado em resposta a aplicação do tratamento de sementes e herbicidas a temperatura de 25°C.

Não houve interação entre o tratamento de sementes e herbicidas. Para a concentração de clorofila total, o profoxidim ocasionou redução do teor desse pigmento, não diferindo do herbicida bispiribaque-sódico. As plantas submetidas ao tratamento controle (sem aplicação de herbicida) apresentaram maior teor de clorofila diferindo do tratamento profoxidim. Esse resultado indica que a aplicação de profoxidim tem capacidade de reduzir o teor de clorofila total das plantas de arroz a 25 °C (Tabela 3).

**Tabela 3.** Concentração de clorofila total ( $\text{mg g}^{-1}$  MF) e carotenóides ( $\text{mg g}^{-1}$  MF) cinco dias após a aplicação dos herbicidas em folhas de arroz da cultivar IRGA 424, submetidas a temperatura de 25°C. FAEM/UFPEL, Capão do Leão, RS, 2014.

Herbicidas	Dose (g i.a. ha <sup>-1</sup> )	Clorofila Total	Carotenóides
testemunha	-	3,55 a	0,39 a <sup>1</sup>
profoxidim	170	2,52 b	0,28 b
bispiribaque-sódico	50	2,99 ab	0,33 ab
CV (%)		15,77	20,6

<sup>1</sup>Letras minúsculas comparam herbicidas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

As moléculas de clorofila são os principais pigmentos responsáveis pela captura de luz para as reações fotoquímicas, presentes nos centros de reação dos fotossistemas (Taiz e Zeiger, 2009). O declínio desses compostos pode comprometer a atividade fotossintética, resultando em prejuízos no desenvolvimento da planta (Ramesh et al., 2002).

Houve efeito do herbicida profoxidim reduzindo o teor de clorofila em relação a testemunha, não diferindo do herbicida bispiribaque-sódico. A menor capacidade de herbicidas inibidores da enzima ACCase, como o profoxidim, influenciar no

comportamento da variável, também foi observado por Park et al. 1994, corroborando com os resultados.

Em relação aos teores de carotenóides, os resultados foram semelhantes aos resultados apresentados do teor de clorofila total. Sendo que o herbicida bispiribaque-sódico não diferiu do herbicida profoxidim e da testemunha (Tabela 3).

Os carotenóides são pigmentos acessórios na absorção e transferência de energia radiante, e protetores da clorofila no tocante à fotooxidação (Lima et al., 2004). Provavelmente, a degradação ou inibição da síntese de carotenóides resultou na degradação das clorofilas nas folhas de arroz. Muitos fatores, como temperatura, salinidade, luminosidade, podem provocar alterações fisiológicas e bioquímicas nas plantas, essas alterações também ocorrem decorrentes da aplicação de herbicidas, onde processos como absorção, translocação ou metabolismo participam diretamente das respostas observadas nas espécies (Hess, 1985).

Em trabalhos conduzidos, por Sharma e Hall, 1991 avaliando o efeito do estresse salino observou que a salinidade induz a degradação de  $\beta$ -caroteno e a redução na formação de zeaxantina, acarretando na diminuição no teor de carotenóides, pigmentos aparentemente envolvidos na proteção contra a fotoinibição.

Para a variável  $H_2O_2$ , observou-se maiores valores para o herbicida bispiribaque-sódico, não diferindo do herbicida profoxidim. O controle apresentou os maiores valores em comparação ao herbicida profoxidim, não diferindo do bispiribaque-sódico (Tabela 4).

**Tabela 4.** Níveis de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) ( $\mu\text{mol g}^{-1}$  MF) e níveis de TBARS ( $\text{nmol MDA g}^{-1}$  de MF) aos cinco dias após a aplicação dos herbicidas, de folhas de arroz, cultivar IRGA 424 submetidas a temperatura de  $25^\circ\text{C}$ . FAEM/UFPel, Capão Leão, RS, 2014.

Herbicidas	Dose (g i.a. $\text{ha}^{-1}$ )	Níveis de $H_2O_2$	Níveis de TBARS
testemunha	-	29,8 a	173,8 b <sup>1</sup>
profoxidim	170	23,4 b	346,9 a
bispiribaque-sódico	50	32,7 a	226,2 ab
CV (%)		18,92	41,9

<sup>1</sup>Letras minúsculas comparam herbicidas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Para o bispiribaque-sódico não se verificou diferença em relação ao controle. Esse fator, pode ser explicado devido a possível formação tardia de EROs, provavelmente decorrentes do modo de ação do herbicida.

Em trabalho realizado com a cultura do arroz, foram avaliados alguns herbicidas em diferentes horas após a aplicação, para o penoxsulam, herbicida inibidor da enzima ALS, mesmo mecanismo de ação do bispiribaque-sódico, Nohatto, 2014, observou incremento na produção de  $H_2O_2$ , 96 horas após a aplicação.

Para as plantas submetidas ao tratamento com herbicida profoxidim, foi observado menor teor de  $H_2O_2$ , em relação ao controle. As características observadas no arroz, como baixa absorção pela cutícula e incremento do metabolismo, são fatores que explicam a alta seletividade da cultura frente a alguns herbicidas como cialofop-butílico (Ruiz-Santaella & Heredia 2006). Estudos apontam, entretanto que, de maneira geral os herbicidas inibidores da ACCase apresentam a capacidade de provocar danos em plantas tolerantes (Lukatkin et al., 2013) corroborando com os resultados do presente trabalho.

Para a avaliação de peroxidação, verificou-se maior teor de MDA, para o herbicida profoxidim, não diferindo do herbicida bispiribaque-sódico. As espécies reativas de oxigênio (EROs) podem reagir com lipídios, proteínas e pigmentos causando a peroxidação lipídica e danos na membrana (Mittler, 2002). O MDA é o produto da peroxidação lipídica, portanto, o maior conteúdo desse composto indica estresse oxidativo (Faheed, 2012).

O aumento no conteúdo de MDA, com herbicida profoxidim, também foi evidenciado por Langaro (2011), sugerindo que, a formação dos sintomas de fitotoxicidade observados na cultura do arroz são decorrentes dos danos provocados pelos herbicidas às membranas biológicas.

Estudos apontam que a irrigação logo após a aplicação dos herbicidas pode disponibilizar a molécula na região das raízes, facilitando sua absorção, favorecendo a ocorrência de danos nas plantas (Bond et al. 2007).

Para atenuar a produção de ROS, plantas desenvolveram sistema de defesa antioxidante, a nível celular. O grau de estresse oxidativo em uma célula é determinado pelas quantidades de superóxido,  $H_2O_2$  e radicais hidroxila. Portanto, o equilíbrio da atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX) e catalase (CAT) é fundamental para a supressão de níveis tóxicos de ROS em uma célula. (Apel & Hirt, 2004).

Houve diferença entre os tratamentos herbicidas, para a atividade da enzima SOD, onde a atividade na testemunha não diferindo do herbicida bispiribaque-sódico. O tratamento com aplicação de profoxidim apresentou menor atividade da SOD que a testemunha, não diferindo das plantas tratadas como herbicida bispiribaque-sódico (Tabela 5).

**Tabela 5.** Atividade das enzimas superóxido dismutase SOD ( $\mu\text{mg}^{-1}$  Proteína), catalase CAT ( $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ mg}^{-1} \text{ Prot.}$ ) e ascorbato peroxidase APX ( $\mu\text{mol ASA min}^{-1} \text{ mg}^{-1} \text{ Prot.}$ ) cinco dias após a aplicação dos herbicidas em folhas de arroz cultivar IRGA 424, submetidas a temperatura de 25°C. FAEM/UFPEL, Capão do Leão, RS, 2014.

Herbicidas	Dose (g i.a. ha <sup>-1</sup> )	SOD	CAT	APX
testemunha	-	46,7 a <sup>1</sup>	0,42 ns <sup>2</sup>	1,73 ns <sup>2</sup>
profoxidim	170	37,3 b	0,34	2,20
bispiribaque-sódico	50	40,5 ab	0,38	2,10
CV (%)		15,27	20,30	24,10

<sup>1</sup>Letras minúsculas comparam herbicidas pelo teste de Tukey (p<0,05).

<sup>2</sup>Não significativo

Dentre as enzimas antioxidantes, a SOD, encontrada em quase todos os compartimentos celulares, é responsável por catalisar a dismutação do radical superóxido (O<sub>2</sub><sup>-</sup>) em peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) e oxigênio (O<sub>2</sub>), impedindo a formação do radical hidroxila (OH.) que é um radical mais reativo e tóxico que os demais (Gill & Tuteja, 2010). Portanto, para melhor compreensão dos diversos estresses sobre diferentes espécies vegetais, busca-se relacionar os níveis de EROs e a atividade de enzimas antioxidantes nos tecidos das plantas.

O aumento da atividade da enzima SOD, foi observada em plantas de milho tratadas com alachlor e metachlor (Stajner et al., 2004), glyphosate (Miteva et al., 2005), e em plantas de arroz com o herbicida penoxsulam (Langaro et al., 2013).

Maior atividade da SOD nas plantas tem sido correlacionada com a tolerância ao estresse oxidativo (Iannelli et al., 1999). O aumento da atividade da enzima SOD, está relacionado, ao aumento da concentração e o tempo de exposição da planta ao herbicida. Os resultados presumem que o tempo de exposição das plantas de arroz, no presente trabalho, possivelmente não foi o suficiente para aumentar a atividade da enzima SOD, fato evidenciado pois, o maior valor foi observado na testemunha. No entanto, em trabalho apresentado por Langaro et al., 2013, a atividade da enzima SOD

com a aplicação de penoxsulam em plantas de arroz, estabilizou cerca de 16 horas após a aplicação do herbicida.

Para a enzima CAT, os tratamentos não diferiram entre si (Tabela 5). Esses resultados corroboram, com os observados por Langaro et al., 2013. Em trabalho avaliando a ativação do sistema antioxidante em plantas de arroz submetidas a aplicação de penoxsulam, estes autores não observaram diferenças estatísticas para a atividade da CAT. Com os resultados pode-se aferir que a ausência de significância estatística na atividade da CAT pode ser decorrente da menor afinidade da enzima pelo peróxido de hidrogênio, em comparação com a APX.

Os tratamentos herbicidas não apresentaram diferenças estatísticas entre si, para a avaliação da enzima ascorbato peroxidase (APX). As plantas apresentaram comportamento semelhante à testemunha (sem aplicação herbicida) (Tabela 5).

Esses resultados corroboram com os apresentados por Nohatto, 2014, onde não foi observado diferença entre os diferentes herbicidas aplicados na cultura do arroz. O autor atribui os resultados, as diferentes isoformas presentes nas plantas de arroz, que implica na variabilidade da resposta a aplicação dos herbicidas. Para a cultura do arroz, são descritos oito tipos de APX, e os resultados da atividade da enzima, está relacionado as médias entre esses tipos de enzimas, podendo inferir as respostas significativas ao estresse.

Com base no exposto, pode-se inferir que a utilização de herbicidas altera o metabolismo do arroz. A aplicação de bispiribaque-sódico não diferiu da testemunha nas variáveis analisadas, sugerindo que o herbicida não causou danos nas plantas de arroz. Já o herbicida profoxidim tem a capacidade de causar estresse oxidativo, detectado pelos teores de  $H_2O_2$ , clorofila total e carotenóides. Para mitigar o efeito do herbicida, a cultura ativa o sistema de defesa, destacando a atuação da enzima SOD.

A compreensão desse comportamento da atuação dessas enzimas, frente a aplicação de herbicidas é importante ferramenta para a definição da recomendação adequadas dos agrotóxicos, com o intuito de diminuir as injurias causada nas culturas capazes de reduzir a expressão do máximo potencial produtivo.

## Experimento 2 - Alterações bioquímicas em arroz irrigado em resposta a aplicação do tratamento de sementes e herbicidas a temperatura de 17°C.

Para todas as variáveis analisadas, não houve interação entre os fatores tratamento de sementes e herbicidas. Foi observada diferença significativa apenas para o fator herbicida na temperatura de 17°C.

Para a variável clorofila total, verificou-se diferença significativa entre os tratamentos herbicidas, sendo observado o aumento do teor de clorofilas nas plantas tratadas como herbicida bispiribaque-sódico (Tabela 6). O tratamento com profoxidim não alterou o teor clorofilas em relação a testemunha.

São poucos os trabalhos encontrados na literatura sobre resultados na determinação dos teores de clorofilas em relação a aplicação de herbicidas em baixas temperaturas. Presume-se que a inibição da síntese dos aminoácidos valina, leucina e isoleucina, resultam na alteração da síntese proteica, afetando a formação de alguns ácidos precursores das clorofilas (Cayon et al., 1990).

**Tabela 6.** Concentração de clorofila total (mg g<sup>-1</sup> MF) e carotenóides (mg g<sup>-1</sup> MF) cinco dias após a aplicação dos herbicidas, em folhas de arroz da cultivar IRGA 424, submetidas a temperatura de 17°C. FAEM/UFPel, Capão do Leão, RS, 2014.

Herbicidas	Dose (g i.a. ha <sup>-1</sup> )	Clorofila Total	Carotenóides
testemunha	-	1,64 b <sup>1</sup>	0,13 a
profoxidim	170	1,51 b	0,07 b
bispiribaque-sódico	50	2,01 a	0,12 ab
CV (%)		10,88	30,22

<sup>1</sup>Letras minúsculas comparam herbicidas pelo teste de Tukey (p<0,05).

De acordo com os resultados, pode-se inferir que os tratamentos herbicidas induzem respostas distintas entre os herbicidas, estimulando o metabolismo secundário das plantas de arroz através da síntese de moléculas antioxidantes, enzimáticas e não enzimáticas.

Para a variável carotenóides, verificou-se mesmo comportamento que para variável clorofila, onde as plantas tratadas com bispiribaque-sódico apresentaram maior teor desses pigmentos que a testemunhas. E as plantas tratadas com profoxidim não diferiram da testemunha nem daquelas tratadas com bispiribaque-sódico (Tabela 6). Uma função importante dos carotenóides é agir como fotoprotetor na prevenção de

danos fotooxidativos (Cogdell, 1988, Rau, 1988). Os carotenóides são capazes de prevenir a ação reativa do oxigênio singlete produzido pela clorofila (Cogdell, 1988).

Em estudo realizado por Piesanti et al, (2013), foi demonstrado que o teor de clorofila e a taxa fotossintética não apresentaram alterações em função do uso dos herbicidas penoxsulam, bispiribaque-sodium e cialofope-butílico na cultivar BRS Querência, com exceção da carfentrazona-etílica. A inibição da síntese de clorofila pode comprometer a fotossíntese, resultando na redução da capacidade da planta em aproveitar os recursos do ambiente, como a água.

O aumento na concentração de clorofila em alguns tratamentos herbicidas pode ser resultado do desenvolvimento do cloroplasto (aumento no número de tilacóides) ou do aumento no número de cloroplastos sugerindo a ativação de um mecanismo de proteção ao aparato fotossintético (García et al., 2005).

Não ocorreu diferença significativa entre os herbicidas para os a concentração de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ). No entanto foi verificada significância para a variável peroxidação lipídica, onde as plantas tratadas com o herbicida profoxidim, apresentaram maior nível de TBARS, quando comparado com o tratamento testemunha e o herbicida bispiribaque-sódico, os quais não diferiram entre si (Tabela 7).

Não foi observado diferença entre os herbicidas para a variável  $H_2O_2$ . No entanto, o acúmulo de  $H_2O_2$  em tecidos específicos e em quantidades apropriadas pode trazer alguns benefícios para as plantas, mediando aclimação e tolerância cruzada a estresses bióticos e abióticos (Bowler, 2000; Fluhr, 2000).

Plantas de regiões temperadas normalmente mostram maior tolerância ao frio, devido a exposição a temperaturas baixas. Esse processo é conhecido como aclimação fria, que requer inúmeras mudanças fisiológicas e bioquímicas (Van Buskirk, 2006; Thomashow, 2006). No entanto, as plantas continuamente expostas ao frio (desde o surgimento), independente dos tratamentos herbicidas, mostraram níveis de peroxidação lipídica significativamente iguais, evidenciando que as plantas são capazes de lidar com a geração de EROs, desencadeada por estresse térmico de exposição de longo prazo. Somando o efeito da cultivar IRGA 424 que confere naturalmente maior tolerância ao frio.

**Tabela 7.** Níveis de peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) ( $\mu\text{mol g}^{-1}$  MF) e níveis de peroxidação lipídica (TBARS) ( $\text{nmol MDA g}^{-1}$  de MF) aos cinco dias após a aplicação dos herbicidas, de folhas de arroz da cultivar IRGA 424 submetidas à temperatura de  $17^\circ\text{C}$ . FAEM/UFPel, Capão do Leão, RS, 2014.

Herbicidas	Dose (g i.a. $\text{ha}^{-1}$ )	Níveis de $\text{H}_2\text{O}_2$	Níveis de TBARS
testemunha	-	43,1 <sup>ns1</sup>	137,5 b <sup>2</sup>
profoxidim	170	47,8	161,5 a
bispiribaque-sódico	50	41,9	120,7 b
CV (%)		16,64	30,9

<sup>1</sup> Não significativo

<sup>2</sup> Letras minúsculas comparam herbicidas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

O estresse oxidativo corresponde ao desequilíbrio entre a taxa de produção de agentes oxidantes e sua degradação (Sies, 1991) e ocorre quando a produção de EROs está acelerada ou quando os mecanismos envolvidos na proteção contra as EROs encontram-se deteriorados (Giasson et al., 2002). As EROs são constantemente formadas nos organismos vivos durante processos fisiológicos (Huang et al., 2007). Porém, para tentar minimizar essa situação, as células e suas organelas (cloroplastos, mitocôndrias e peroxissomos) desenvolveram um sistema antioxidante constituído por componentes enzimáticos e não enzimáticos.

Para diminuir os danos causados pelo estresse oxidativo, as plantas dispõem de sistema de defesa que inclui diversas enzimas antioxidantes em diferentes compartimentos celulares. Dentre as principais enzimas podemos citar a superóxido dismutase (SOD), que juntamente com outras enzimas, como a catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX), promovem a eliminação das espécies reativas de oxigênio (EROs), principais causadoras do estresse oxidativo (Marchezan, 2014).

Entre as enzimas antioxidantes, encontra-se a SOD, presente na maioria dos compartimentos celulares, onde sua principal atividade é catalisar a dismutação do radical superóxido ( $\text{O}_2^-$ ) em peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) e oxigênio ( $\text{O}_2$ ), impedindo a formação do radical hidroxila (OH.) que é um radical mais reativo e tóxico que os demais (Gill & Tuteja, 2010). Portanto, para melhor compreensão dos diversos estresses sobre diferentes espécies vegetais, busca-se relacionar os níveis de EROs e a atividade de enzimas antioxidantes nos tecidos das plantas.

No presente estudo, verificou-se diferença significativa na atividade da SOD, entre os herbicidas. Sendo o menor nível de SOD verificado no tratamento herbicida

bispiribaque-sódico, não ocorrendo diferença entre a testemunha e o herbicida profoxidim (Tabela 8)

**Tabela 8.** Atividade das enzimas superóxido dismutase SOD ( $\mu\text{mg}^{-1}$  Proteína), catalase CAT ( $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$  Prot.) e ascorbato peroxidase APX ( $\mu\text{mol ASA min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$  Prot.) cinco dias após a aplicação dos herbicidas em folhas de arroz cultivar IRGA 424, submetidas a temperatura de 25°C. FAEM/UFPel, Capão do Leão, RS, 2014.

Herbicidas	Dose (g i.a. ha <sup>-1</sup> )	SOD	CAT	APX
testemunha	-	30,4 a <sup>1</sup>	0,33 <sup>ns2</sup>	1,59 <sup>ns2</sup>
profoxidim	170	27,2 a	0,32	1,75
bispiribaque-sódico	50	13,8 b	0,34	1,68
CV (%)		16,5	19,50	27,8

<sup>1</sup>Letras minúsculas comparam herbicidas pelo teste de Tukey (p<0,05).

<sup>2</sup>Não significativo

A atividade da enzima APX, apresentou diferença significativa entre os herbicidas, sendo sua maior expressão ocorreu nos tratamentos herbicidas profoxidim e bispiribaque-sódico, não havendo diferença entre os mesmos (Tabela 8). O aumento da expressão da APX em plantas tem sido demonstrado durante diferentes situações de estresse (Gill e Tuteja, 2010).

A enzima APX é encontrada nos cloroplastos, citosol, mitocôndria e peroxissomos (Asada, 1999). Assim como a CAT, a APX converte o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> em água e O<sub>2</sub>, usando o ascorbato como doador de elétrons. Entretanto apresenta afinidades diferentes por EROs. A APX demonstra afinidade pelo H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> na ordem de micromolar, enquanto a CAT milimolar.

Assim, a APX parece ser responsável pela fina regulação da resposta as EROs (Mittler, 2002), todavia tem elevada importância na proteção contra dano oxidativo em compartimentos subcelulares onde a CAT não está presente, como os cloroplastos onde são encontradas duas isoformas, uma ligada ao tilacóide e a outra dispersa no estroma. A enzima APX tem alta afinidade pelo peróxido de hidrogênio, enquanto a CAT possui baixa afinidade, fato que a torna importante na remoção de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> proveniente do estresse oxidativo.

Na atividade da enzima catalase (CAT), não foi verificada diferença significativa entre os tratamentos herbicidas (Tabela 8). Esse comportamento pode decorrer da menor afinidade da enzima pelo peróxido de hidrogênio, em comparação com a APX.

Propõe-se que as mudanças na atividade de enzimas antioxidante expostas a aplicação de herbicidas e avaliadas ao longo do tempo estão diretamente ligadas a supressão do estresse oxidativo através da eliminação de EROs produzidas pela aplicação dos herbicidas.

A fotossíntese constitui um dos processos primários que podem ser afetados com a imposição de situações estressantes (Chaves et al., 2009). Nas plantas superiores a captura e o armazenamento de energia luminosa que ocorrem durante a fotossíntese, são processos realizados pela associação dos pigmentos receptores de luz e do transporte de elétrons do fotossistema II (PSII) para o fotossistema I (PSI). Este processo de transferência de elétrons entre os PSII e PSI, resulta na produção de EROs e faz parte do metabolismo normal do vegetal (Foyer e Noctor, 2000; Müller et al., 2001).

Com base no exposto, pode-se inferir que o tratamento de sementes não influencia nas respostas de defesa das plantas e que os tratamentos herbicidas induzem respostas distintas nas plantas de arroz, estimulando o metabolismo secundário das plantas através da síntese de moléculas antioxidantes, enzimáticas e não enzimáticas. Situações de baixa temperatura juntamente com a aplicação do herbicida podem prejudicar a absorção pela planta.

Diante dos resultados, o menor estresse oxidativo da testemunha, demonstrou a alta atividade das enzimas como a SOD. Plantas submetidas a baixas temperaturas podem ter seu metabolismo afetado que pode ocasionar em menor absorção e translocação do produto, fato que explica a menor capacidade dos herbicidas como o bispiribaque-sódico, causarem estresse oxidativo nas plantas de arroz.

Geralmente, plantas que apresentem em relação a testemunha redução do teor de clorofilas e carotenóides, por exemplo, bem como aumento do teor de  $H_2O_2$  e TBARS, são plantas ditas mais estressadas. Já a atividade das enzimas como CAT, APX pode variar de acordo com a espécie, tipo de estresse e tempo de coleta das plantas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APEL, K.; HIRT, H. Reactive Oxygen Species: Metabolism, Oxidative Stress, and Signal Transduction. **Annual Review of Plant Biology**, v. 55, p. 373-399, 2004.
- BOND, J.A. et al., Rice cultivar response to penoxsulam. **Weed Technology**, v. 56, p. 961-965, 2007.
- BOWLER, C.; FLUHR, R. The role of calcium and activated oxygens as signals for controlling cross-tolerance. **Trends Plant Science**, v.5, n.6, p.241-246, 2000.
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v.72, p.248-254, 1976.
- CASSOL, G.V. et al., Eficiência de herbicidas em arroz irrigado sob intermitência. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 28. 2012. Campo Grande, MS. **Anais...** 2012, p. 192-197.
- CAYON, D.G. Teores de clorofila e de proteína bruta em soja (*Glycine max* (L.) Merrill) tratada com imazaquin. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.2, p.33-40, 1990.
- CHAVES, M.M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis and salt stress: Regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, v.103, p.551-560, 2009.
- COGDELL, R. The functions of pigments in chloroplasts. In: GOODWIN, T. W. (Ed.). Plant Pigments. London: **Academic Press**, 1988. p.183-230.
- CRUZ, R.P.; MILACH, S.C.K. Melhoramento genético para tolerância ao frio em arroz irrigado. **Ciência Rural**, v.30, p.909-917, 2000.
- CRUZ, R.P. Bases genéticas da tolerância ao frio em arroz (*Oryza sativa* L.). 2001. 155f. **Tese** (Doutorado em Fitotecnia) - Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 412 p.
- FAHEED, Fayza. Comparative effects of four herbicides on physiological aspects in *Triticum sativum* L. **African Journal of Ecology**, v.50, p. 29-42, 2012.
- FOYER, C.H.; NOCTOR, G. Oxygen processing in photosynthesis: Regulation and signaling. **New Phytologist**, v.146, p.359-388, 2000.

- GARCÍA, X.V. et al. Chlorophyll accumulation is enhanced by osmotic stress in graminaceous chlorophyll cells. **Journal of Plant Physiology**, v.162, p.650-61, 2005.
- GIASSON, B.I. et al. The relationship between oxidative/nitrative stress and pathological Alzheimer's and Parkinson's diseases. **Free Radical Biology**, v.32, p.1264-1275, 2002.
- GILL, S.S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidante machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 48, p. 909-930, 2010.
- GOMEZ M. A., et al. Study of the topical anti-inflammatory activity of *Achillea ageratum* on chronic and acute inflammation models. **Z Naturforsch** v. 54, p. 937-941, 1999.
- GROHS, M. Estudo de substâncias com efeito de regulador de crescimento no potencial fisiológico do arroz irrigado. 2012. 89f. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia) Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria.
- GUO, Z. et al. 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.
- HEATH, R. L.; PACKER, L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and Stoichiometry of fatty acid peroxidation. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v.125, p.189-198, 1968.
- HUANG, R. et al. Antioxidant activity and oxygen-scavenging system in orange pulp during fruit ripening and maturation. **Scientia Horticulturae**, v.113, p.166-172, 2007.
- IANNELLI M. A. et al. Tolerance to low temperature and paraquat mediated oxidative stress in two maize genotypes. **Journal of Experimental Botany**, v. 50, p. 523-532, 1999.
- LANGARO, A.C. et al., Produção de compostos fenólicos e danos celulares pela aplicação de profoxydim na cultura do arroz. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 7. 2011, Balneário Camboriú. **Anais do...Itajaí**, 2011, p. 431-433.
- LANGARO, A.C. et al., Ativação do sistema antioxidante enzimático em plantas de arroz submetidas à aplicação de penoxsulam. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 8., Santa Maria, RS. **Anais...** 2013, p. 356-359.
- LAW, R.D. et al. High temperature stress increases the expression of wheat leaf ribulose-1,5- biphosphate carboylase/oxygenase activase protein. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v.386, 261-267, 2001.
- LICHTENTHALER, H.K. Chlorophyll and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In: COLOWICK, S.P.; KAPLAN, N.O. **Methods in enzymology**, Academic Press, 1987, p.350-382.

LIMA, A.M. Influência da competição por luz no desenvolvimento de raízes de plântulas de arroz em competição com arroz vermelho e diferentes temperaturas. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 8., Santa Maria, RS, **Anais...** 2004.

LORETO, F.; VELIKOVA, V. Isoprene produced by leaves protects the photosynthetic apparatus against ozone damage, quenches ozone products, and reduces lipid peroxidation of cellular membranes. **Plant Physiology**, v.127, p.1781-1787, 2001.

LUKATKIN, A.S.; Treatment with the herbicide TOPIK induces oxidative stress in cereal leaves. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 105, p. 44-49, 2013.

MITEVA, L. et al. Alterations of the Content of Hydrogen Peroxide and Malondialdehyde and the Activity of Some Antioxidant Enzymes in the Roots and Leaves of Pea and Wheat Plants Exposed to Glyphosate. **Comptes rendus de l'Academie bulgare des Sciences**, v. 58, p. 723–728, 2005.

MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends in Plant Science**, v.7, p.405-410, 2002.

MORSY, M.R. et al. 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.

MÜLLER, P.; LI, X.P.; NIYOGI, K.K. Non-photochemical quenching. A response to excess light energy. **Plant Physiology**, v.125, n.4, p.1558-1566, 2001.

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

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

NOHATTO, M.A. Inter-relações fisiológicas de arroz irrigado com arroz-vermelho e resposta da cultura a herbicidas. 2014. 169f. **Tese** (Doutorado em Fitossanidade) - Programa de Pós-graduação em Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

OKUNO, K. Genetics and molecular biology research on cold tolerance of rice. In: International temperate rice conference, 3., 2003, Punta del Este. **Symposias and conferences**. Punta del Este: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuárias, 2003.

PARK, J.E.; Selective mechanism of cyhalofop-butyl ester between rice and *Echinochloa crus-galli*– I. Differential response of rice and *Echinochloa crus-galli* to cyhalofop-butyl ester. **Korean Journal of Weed Science**, v. 14, p. 94-100, 1994.

PEIXOTO, P. H. P. et al. Aluminum effects on lipid peroxidation and on activities of enzymes of oxidative metabolism in sorghum. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.11, p.137-143, 1999.

PIESANTI, S.R. et al. Fisiologia de plantas de arroz submetidas à aplicação de herbicidas. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 28, Campo Grande, MS. **Anais...** Campo Grande, 2012, p.133-137.

RAMESH, K. et al. Chlorophyll dynamics in rice (*Oryza sativa*) before and after flowering based on SPAD (chlorophyll) meter monitoring and its relation with grain yield. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.188, p.102-105, 2002.

RAU, W. Functions of carotenoids other than in photosynthesis. In: GOODWIN, T. W. (Ed.). **Plant pigments**. London: Academic Press, 1988, p.231-255.

RUIZ-SANTAELLA, J.P.; HEREDIA, A. Basis of selectivity of cyhalofop-butyl in *Oriza sativa* L. **Planta**, v. 223, p. 191-199, 2006

SHARMA, P.K.; HALL, D.O. Interaction of salt stress and photoinhibition on photosynthesis in barley and sorghum. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v.138, p. 614-619, 1991.

SOARES, A.M.S.; MACHADO, O.L.T. Defesa de plantas: Sinalização química e espécies reativas de oxigênio. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v.1, p.1-19, 2007.

SONG, N. H. et al. Biological responses of wheat (*Triticum aestivum*) plants to the herbicide chlorotoluron in soils. *Chemosphere*, v. 68, p. 1779-1787, 2007.

ŠTAJNER, D. et al. Herbicide Induced Oxidative Stress in Lettuce, Beans, Pea Seeds and Leaves. **Biologia Plantarum**, v. 47, p. 575–579, 2004.

STEINMETZ, S.; INFELD, J.A.; MALUF, J.R.T.; SOUZA, P.R. de; BUENO, A.C. **Zoneamento agroclimático da cultura do arroz irrigado no estado do Rio Grande do Sul: recomendação de épocas de semeadura por município**. Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1996. 30p. (EMBRAPA-CPACT. Documentos, 19)

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

VAN BUSKIRK, H.A.; THOMASHOW, M.F. Arabidopsis transcription factors regulating cold acclimation. **Physiol Plant**, v.126, p. 72-80, 2006.

YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. Los Baños: IRRI, 1981. 277.

## 5. Artigo IV - Avaliação do desempenho inicial decorrentes da aplicação de fertilizantes na seletividade de herbicidas em arroz irrigado<sup>4</sup>

The initial performance evaluation resulting from the application of fertilizers in the herbicide selectivity in irrigated rice

**ROSA, T. D.<sup>1</sup>; AVILA, L.A.<sup>2</sup>; LAMEGO, F.P.<sup>2</sup>; HELGUEIRA, D. B.<sup>1</sup>;  
EGEWARTH, K.M.<sup>3</sup>; MEDEIROS, D. C.<sup>3</sup>**

**RESUMO** – Este estudo objetivou avaliar os efeitos decorrentes da aplicação de fertilizantes no desempenho inicial da cultura do arroz irrigado e na seletividade a herbicidas. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, o delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, arranjado em esquema fatorial (3 x 3), com quatro repetições, onde o fator A corresponde aos fertilizantes, sendo Biozyme TF<sup>®</sup>, Green Factor<sup>®</sup> e Pilatus<sup>®</sup> e no fator B os herbicidas cialofope-butil, bispiribaque-sódico e profoxidim registrados para a cultura do arroz irrigado, além do tratamento controle, sem aplicação de fertilizante e sem aplicação de herbicidas. As avaliações realizadas foram comprimento de parte aérea aos sete e 21 DAH, massa da matéria seca aos 21 DAH, fitotoxicidade aos sete, 14 e 21 DAH e leituras através do clorofilômetro. A partir dos resultados obtidos, observou-se que a aplicação dos fertilizantes não influenciou no desenvolvimento inicial da cultura do arroz e na seletividade dos herbicidas aplicados. Em relação à avaliação de fitotoxicidade, o profoxidim é o herbicida que causa os maiores índices de fitotoxicidade as plantas de arroz irrigado.

**Palavras-chave:** fitotoxicidade; ACCase; *Oryza sativa* L.

---

<sup>1</sup> Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas - UFPel, Bolsista CAPES; <sup>2</sup> Professor Adjunto, Ph.D., Departamento de Fitossanidade, UFPel, Caixa Postal 354, 96010-900 Pelotas-RS, Brasil, <[laavilabr@gmail.com](mailto:laavilabr@gmail.com)>; <sup>3</sup> Graduando, Departamento de Fitossanidade, UFPel, Caixa Postal 354, 96010-900 Pelotas- RS, Brasil, <sup>5</sup> Artigo formatado segundo normas da revista Planta Daninha.

**ABSTRACT** - This study aimed to evaluate the initial performance of irrigated rice arising from the application of fertilizers and herbicides. The experiment was conducted in a greenhouse, the design was completely randomized in a factorial scheme (3 x 3) with three replications, where factor A corresponds to fertilizers, BiozymeTF<sup>®</sup> being, Green Factor<sup>®</sup> and Pilatus<sup>®</sup> and B factor are allocated to cyhalofop-butyl herbicides, bispyribac-sodium and profoxidim used in rice cultivation, yet treatments controls were without the application of fertilizer and without herbicide application. The evaluations were shoot length to seven and 21 DAH, dry matter at 21 DAH, phytotoxicity at seven, 14 and 21 DAH and readings by chlorophyll. From the results obtained, it was observed that the application of fertilizers does not influence the early development of rice and selectivity of herbicides applied. Regarding the assessment of phytotoxicity, the profoxidim is the herbicide that causes the most severe phytotoxicity indices the rice plants.

**Keywords:** *phytotoxicity, ACCase, Oryza sativa*

## INTRODUÇÃO

O arroz está entre os cereais mais consumidos do mundo (CONAB, 2014), as condições favoráveis de solo e clima, fazem do Brasil o único país que consegue a efetividade na produção tanto em terras altas, como em terras baixas com irrigação. Diante, desse cenário, a produção da cultura leva a garantia do abastecimento da população do país e a exportação dos excedentes (Ferreira et al., 2014).

O mercado de insumos vem, a cada ano, ganhando espaço no setor agrícola, disponibilizando aos produtores inúmeros produtos com diferentes formulações e modos de utilização. Porém, a utilização eficiente dessa variedade de produtos, merece atenção principalmente, aos altos custos de condução das lavouras e aos patamares produtivos elevados, tornando difícil a obtenção de incrementos adicionais de produtividade pela adoção de novas práticas (Araújo et al., 2012).

O uso de insumos nas lavouras comerciais, muitas vezes é praticado sem avaliar a verdadeira necessidade. Em alguns casos o produtor não dispõe de parâmetros básicos para tomada de decisão, como análise do solo.

Dentre esses insumos, os fertilizantes e biofertilizantes são insumos básicos que, empregados de forma correta, aumentam a produção agrícola (MAPA, 2014). Todavia, o uso de fertilizantes em culturas como milho, soja e feijão tem demonstrado resultados contrastantes (Araújo et al. 2012).

Os insumos agrícolas, como os fertilizantes, vêm ganhando espaço no setor agrícola, à medida que as técnicas de cultivo evoluem, em culturas de importância econômica como o arroz. Dentre esses, pode-se citar o Green Factor<sup>®</sup>, produto organomineral classe A, registrado no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) em função do nível zero de toxicidade dermal e oral e por não conter sódio (MAPA, 2014).

O Green Factor<sup>®</sup> é um fertilizante produzido a partir do agrupamento de íons múltiplos que formam ligações com enzimas, através da sequência de aminoácidos dos peptídeos, transformando a matéria inorgânica em orgânica, possui na sua formulação fósforo, cobre e carbono orgânico (LBE, 2014).

Na planta, o produto ativa a capacidade de absorver nitrogênio do ar, o que substitui a aplicação de nitrogênio em cobertura e, da bactéria usada como inoculante, na cultura da soja, Guerra, (2014), sendo sua aplicação no solo ou via foliar (LBE, 2014).

Dentre os fertilizantes utilizados, o Biozyme TF<sup>®</sup> é um fertilizante líquido utilizado tanto para tratamento de sementes como aplicação via foliar, contendo em sua formulação macro e micronutrientes combinados com extratos naturais com ações similares aos principais hormônios promotores do crescimento vegetal como as giberelinas. A aplicação do produto, segundo o representante proporciona acelerado crescimento vegetativo, floração vigorosa, e crescimento dos frutos, ajudando a manter o equilíbrio nutricional e fisiológico das plantas (Arysta 2011).

Outro fertilizante disponível no mercado, recomendado para cucurbitáceas, café, citros entre outros é o fertilizante de marca comercial Pilatus<sup>®</sup>. Fertilizante organomineral, aplicado diretamente no solo ou em aplicações dirigidas a base das plantas. O fertilizante contém zinco e carbono orgânico derivado de extratos vegetais, desenvolvido para incrementar a absorção de nutrientes e estimular o crescimento de raízes (Arysta, 2014).

A maioria desses fertilizantes contém em sua composição o nitrogênio, um dos elementos fundamentais para o desenvolvimento das plantas, a disponibilidade desse elemento e sua ligação com o incremento dos componentes de produtividade são considerados como os fatores que mais influenciam no rendimento da cultura do arroz (Fageria & Stone, 2003).

As recomendações de adubação nitrogenada das culturas, na maioria das vezes são avaliadas de acordo com o teor de matéria orgânica do solo (MOS) sendo um indicativo da disponibilidade de nitrogênio durante seu ciclo (ARGENTA, 2001). Todavia, este não é considerado um bom índice para estimar a disponibilidade de nitrogênio no solo alagado para a cultura do arroz irrigado por inundação (Scivittaro 2004; Machado, 2004).

Este fato pode estar associado às alterações na dinâmica do elemento provocadas pelo processo de alagamento e conseqüentemente, sua redução no solo. Sob condições de anaerobiose, a decomposição da MOS é considerada lenta, devido à baixa concentração de oxigênio molecular e de um menor e menos eficiente grupo de organismos capazes de executar o processo (Sousa et al., 2004).

Além do nitrogênio procedente da mineralização da matéria orgânica, a quantidade de N também pode ser fornecida pela a água de irrigação, mas esta contribuição é muito variável, pois depende da sua concentração na água bem como, da

quantidade de água efetivamente utilizada. Desta forma, o nitrogênio adicionado via fertilizante tem papel importante na complementação da necessidade da cultura.

A eficiência de utilização do N-fertilizante pelo arroz no solo alagado é considerada baixa, situada entre 20% e 40% (Datta 1988; Broadbent, 1988). Tal fato é atribuído às perdas do elemento através da volatilização, imobilização, lixiviação e desnitrificação (Fageria 2003; Stone, 2003). Uma das formas para avaliar a quantidade de N no tecido foliar é através do teor de clorofila das folhas estimado através de um medidor portátil de clorofila SPAD-502, denominado clorofilômetro, e tem sido considerado como bom indicador do nível de N no tecido de arroz (Peng et al., 1993).

Diante do exposto, o objetivo do trabalho é avaliar as respostas no desenvolvimento inicial da cultura do arroz irrigado, decorrentes da aplicação de fertilizantes e herbicidas.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi conduzido entre os meses de setembro a novembro de 2014 em casa de vegetação, no Departamento de Fitossanidade, da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), localizada no município de Capão do Leão, RS.

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, arranjado em esquema fatorial 3 x 3, com quatro repetições. No fator A são considerados os fertilizantes e no fator B são alocados os herbicidas utilizados na cultura do arroz. Foram utilizados ainda tratamentos testemunhas, sem aplicação de fertilizante e sem aplicação de herbicidas.

Os fertilizantes e suas respectivas doses que compunham o fator A foram: Biozyme TF<sup>®</sup> (250 ml/ha), Green Factor<sup>®</sup> (150 ml/ha) e Pilatus<sup>®</sup> (150 ml/ha).

Já os herbicidas e suas respectivas doses correspondente ao fator B, conforme a tabela 1.

**Tabela 1.** Herbicidas registrados e recomendados para o controle de plantas daninhas na cultura do arroz irrigado no RS e SC. FAEM/UFPel, Capão do Leão, RS, 2014.

<b>Fator B: Herbicidas</b>	<b>Dose de registro do p.c (g i.a. ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Época de Aplicação</b>
cialofop-butil	315	Pós-emergência
bispiribaque-sódico	50	Pós-emergência
profoxidim	170	Pós-emergência

Foram utilizadas sementes de arroz da cultivar IRGA 424, as unidades experimentais foram constituídas de caixas de plástico com capacidade de 20 L preenchidas com 15 kg de solo coletado do horizonte A de um Planossolo Háptico Eutrófico solódico (EMBRAPA, 1999), seco em ar livre e peneirado, em peneira de malha 2,0 mm. Em cada unidade experimental foram semeadas aproximadamente 60 sementes de arroz cultivar IRGA 424, distribuídas em três linhas.

As sementes foram previamente tratadas com fungicida carboxina+tiram na dose de 300 ml por 100 kg de sementes. A adubação de base foi realizada com 350 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula NPK 05-20-30, correspondendo a 17,5 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (N), 70 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 105 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O respectivamente.

O tratamento de sementes com o produto Biozyme TF<sup>®</sup> foi realizado diretamente nas sementes, segundo as recomendações, com válvula pressurizada, 24 horas anterior à semeadura sendo colocadas em sacos plásticos com capacidade para cinco litros, utilizando um 1 kg de sementes por saco. O volume de calda utilizado foi de 1,5 L 100 kg<sup>-1</sup> de semente, para o tratamento controle foi utilizado apenas água.

A aplicação dos fertilizantes Green Factor<sup>®</sup> e Pilatus<sup>®</sup> foi realizada com o auxílio de um borrifador, na dose de 150 ml ha<sup>-1</sup>, sendo aplicados na base das plantas de arroz, um dia antes da aplicação dos herbicidas.

A aplicação dos herbicidas foi realizada com auxílio de um pulverizador costal de precisão, pressurizado com CO<sub>2</sub>, equipado com barra de quatro bicos de jato plano em leque, série 110-02, espaçadas 50 cm, calibrado para aplicar um volume de calda de 150 L ha<sup>-1</sup>. Logo após a realização da aplicação dos herbicidas, efetuou-se a aplicação de N realizada quando as plantas encontravam-se com quatro folhas expandidas (21 dias após a emergência das plântulas - estágio vegetativo V<sub>4</sub> ou início do perfilhamento) (Counce et al., 2000), na quantidade de 150 kg de N ha<sup>-1</sup> na forma de ureia. No dia seguinte a

aplicação, as caixas foram inundadas, mantendo a lâmina d'água de 8 cm.

A fitotoxicidade foi avaliada aos sete, 14 e 21 dias após a aplicação dos herbicidas (DAH), visualmente, através da atribuição de notas baseadas em escala percentual de 0 a 100%, onde zero corresponde à ausência de injúrias e 100% corresponde à morte das plantas, segundo a proposta da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas (1995).

Avaliou-se o comprimento da parte aérea e raiz aos sete e 21 dias após a aplicação dos herbicidas sendo utilizadas quatro plântulas por tratamento, com auxílio de uma régua milimetrada.

Após as avaliações do comprimento foi verificada a massa da matéria seca da parte aérea e raiz. As plantas foram mantidas em sacos de papel, em estufa à 60°C, até a obtenção de massa constante, pesada em balança de precisão (0,001 g) e o valor obtido pela soma de cada repetição foi dividido pelo número de plantas utilizadas. Os resultados foram expressos em mg.planta<sup>-1</sup>.

O índice de clorofila medido pelo clorofilômetro (modelo SPAD- 502) foi realizado pela média da leitura de três posições na folha (basal, intermediária e apical) de cinco plantas em cada parcela, medidas aos sete, 14 e 21 dias após a aplicação dos herbicidas (DAH).

O medidor de clorofila, modelo SPAD-502 desenvolvido pela empresa Minolta no Japão, fornece leituras que correspondem ao teor do pigmento clorofila presente na folha. Os valores são calculados com base na quantidade de luz transmitida pela folha em duas regiões de comprimento de onda (650nm e 940nm), nas quais a absorção pela clorofila é diferente (Minolta, 1989).

Os comprimentos de onda, escolhidos para medição do teor de clorofila, situam-se na faixa do vermelho, em que a absorbância é alta e não é afetada pelos carotenóides, e do infravermelho, em que a absorbância é extremamente baixa. A luz transmitida, que depende do tom verde da folha, é convertida em sinais elétricos e a razão das intensidades da luz transmitida nas duas regiões de comprimentos de ondas corresponde a um valor numérico, chamado de leitura SPAD (Soil Plant Analysis Development), que é mostrado num visor (Fontes, 2001). Assim, o clorofilômetro mede um valor relacionado ao teor de clorofila na folha sem destruí-la (Argenta et al., 2001).

Os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativos pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ), às médias comparadas pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). A variável porcentagem de germinação foi transformada pela equação  $yt = \sqrt{y} + 1$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância demonstraram que não ocorreu interação entre os fatores fertilizantes e herbicidas, porém foi verificada interação entre os herbicidas aplicados.

Para a avaliação do comprimento da parte aérea das plantas de arroz aos sete dias após a aplicação dos herbicidas (DAH), ocorreu diferença apenas entre os fertilizantes (Tabela 2).

**Tabela 2.** Comprimento da parte aérea na cultura do arroz irrigado, em função da aplicação de fertilizantes aos sete dias após a aplicação. FAEM/UFPEL - Capão do Leão, RS, 2014.

Produto	Dose <sup>2</sup>	Comprimento de Parte Aérea (07 DAH) <sup>3</sup>
	(g i.a. ha <sup>-1</sup> )	-----m-----
T2-Biozyme TF <sup>®</sup>	250 ml ha <sup>-1</sup>	0,611 a <sup>1</sup>
T3-Green Factor <sup>®</sup>	150 ml ha <sup>-1</sup>	0,600 ab
T4-Pilatus <sup>®</sup>	150 ml ha <sup>-1</sup>	0,516 b
T1-controle	-	0,413 c
Média		0,535
CV(%)		15,13

<sup>1</sup>Médias com letras distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>2</sup>Dose aplicada para o tratamento.

<sup>3</sup>Dias após aplicação.

Houve maior crescimento da parte aérea com aplicação do fertilizante Biozyme TF<sup>®</sup> não diferindo do produto Green Factor<sup>®</sup>. O comprimento da parte aérea de plantas de arroz com a aplicação do fertilizante Pilatus<sup>®</sup>, mesmo não sendo registrado para a cultura do arroz, não diferiu do tratamento com aplicação de Green Factor<sup>®</sup>. De acordo com os resultados, houve maior comprimento da parte aérea de plantas de arroz irrigado, comparado ao comprimento das plantas que não receberam a aplicação dos produtos.

Segundo o fabricante, nas fases iniciais, sementes de arroz tratadas com

Biozyme TF<sup>®</sup> apresentam incremento do estande inicial, vigor inicial e desenvolvimento do sistema radicular. O produto estimula diversos processos metabólicos e fisiológicos das plantas como a divisão e o alongamento celular, translocação de nutrientes, síntese de clorofila (Arysta, 2014).

A composição do fertilizante Biozyme TF<sup>®</sup> inclui alguns elementos essenciais para o crescimento das plantas, como o nitrogênio e o potássio, sendo o primeiro um dos elementos mais absorvidos por gramíneas (Viana, 2010).

Fatores como disponibilidade do nitrogênio e do potássio e a adequada proporção entre esses elementos no solo são pontos importantes nos processos de crescimento e desenvolvimento das plantas. O metabolismo de nitrogênio nas plantas requer adequadas quantidades de potássio no citoplasma (Xu et al., 2002), sendo importante para a produção de aminoácidos e conseqüentemente na produtividade das culturas.

O estabelecimento de algumas práticas de manejo que aperfeiçoem os insumos aplicados, como por exemplo, o uso fertilizante, pode contribuir para incrementar a produtividade nas lavouras e reduzir o custo produtivo. De modo geral, as gramíneas necessitam de elevada quantidade de macronutrientes, principalmente, nitrogênio e potássio (Pauletti, 1998; Foloni et al., 2009), que muitas vezes não é suprido adequadamente.

Na cultura do arroz, os resultados obtidos aos 56 dias após o plantio, com a aplicação do produto Green Factor<sup>®</sup>, o comprimento da parte aérea foi de 59,7 sendo 42,7 cm de plantas de arroz sem aplicação do produto, no mesmo trabalho foram analisados aumento do crescimento de raiz e aumento do número de perfilhos em plantas de arroz com a aplicação do fertilizante em relação à testemunha sem aplicação (LBE, 2014).

Aos 14 DAH o comprimento da parte aérea das plantas de arroz, tornou-se dependente da aplicação dos herbicidas, não sendo constatada diferença estatística para a avaliação em relação aos produtos (fertilizantes) aplicados (Tabela 3).

**Tabela 3.** Comprimento da parte aérea na cultura do arroz irrigado, em função dos tratamentos herbicidas aos 14 dias após a aplicação. FAEM/UFPEL - Capão do Leão, RS, 2014.

Herbicida	Dose (g i.a. ha <sup>-1</sup> )	Comprimento de Parte Aérea (14 DAH) <sup>2</sup>
		-----m-----
T1-controle	-	0,4196 a <sup>1</sup>
T2-cialofope-butil <sup>3</sup>	315	0,3923 ab
T3-bispiribaque-sódico <sup>3</sup>	50	0,3823 ab
T4-profoxidim <sup>3</sup>	170	0,3663 b
Média		0,390
CV(%)		8,78

<sup>1</sup>Médias com letras distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>2</sup>Dias após a aplicação dos herbicidas.

<sup>3</sup>Aplicação em pós-emergência com 3 a 4 folhas (V<sub>3</sub>-V<sub>4</sub>).

Os herbicidas cialofope-butil e bispiribaque-sódico, não diferiram do tratamento controle e do tratamento com o herbicida profoxidim. A aplicação do herbicida profoxidim apresentou comprimentos inferiores de parte aérea das plantas de arroz aos 14 DAH, comparado ao tratamento controle (Tabela 3).

Na avaliação de fitotoxicidade houve diferença estatística entre os herbicidas para as três datas de avaliação (Tabela 3).

Na avaliação de fitotoxicidade aos sete DAH, houve diferença entre os herbicidas em que as plantas submetidas à aplicação de profoxidim, apresentaram maior índice de fitotoxicidade diferindo dos outros tratamentos. Os tratamentos com cialofope-butílico e bispiribaque-sódico não diferiram entre si (Tabela 4).

**Tabela 4.** Fitotoxicidade na cultura do arroz irrigado, em função dos tratamentos herbicidas aos sete, 14 e 21 dias após a aplicação dos herbicidas. FAEM/UFPEL - Capão do Leão, RS, 2014.

Herbicida	Fitotoxicidade -----%-----		
	07 DAH <sup>2</sup>	14 DAH	21 DAH
T1- controle	0,0 c <sup>1</sup>	0,0 c	0,0 c
T2- cialofope-butil <sup>3</sup>	28,05 b	2,22 c	10,0 b
T3- bispiribaque-sódico <sup>3</sup>	29,72 b	17,22 b	13,33 ab
T4- profoxidim <sup>3</sup>	52,50 a	31,66 a	20,55 a
Média	27,68	12,77	10,97
CV(%)	20,5	23,5	35,21

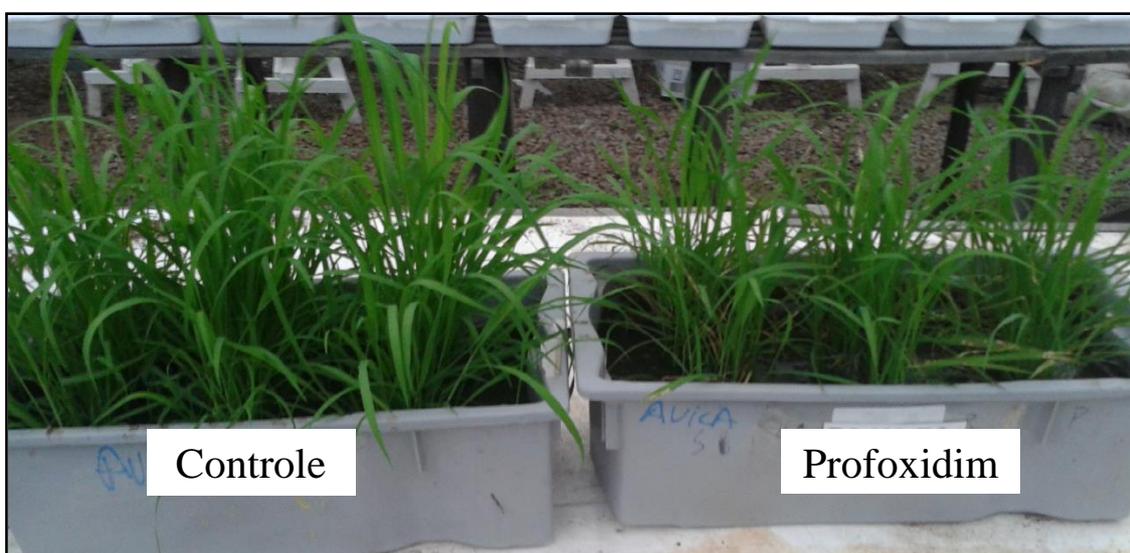
<sup>1</sup>Médias com letras distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>2</sup>Dias após a aplicação dos herbicidas.

<sup>3</sup>Aplicação em pós-emergência com 3 a 4 folhas (V<sub>3</sub>-V<sub>4</sub>).

Os resultados corroboram com os encontrados por Costa (2013), onde foram observados maiores valores de fitotoxicidade aos sete DAH com aplicação de profoxidim em relação aos outros herbicidas, porém o efeito fitotóxico tornou-se menos acentuado aos 14 e 21 dias após a aplicação dos herbicidas.

Na avaliação aos 14 DAH, foi observado diferença na avaliação de fitotoxicidade para os herbicidas aplicados (Tabela 4). O tratamento com o herbicida profoxidim proporcionou maior nível fitotóxico quando comparado ao controle (Figura 1), seguido pelo tratamento com o herbicida bispiribaque-sódico. O herbicida cialofope-butil não diferiu estatisticamente do tratamento controle.



**Figura 1:** Avaliação de fitotoxicidade aos 14 dias após a aplicação dos herbicidas. FAEM/UFPel, Capão do Leão, RS, 2014.

Aos 21 DAH, os tratamentos cialofope-butil foi o tratamento que apresentou o menor valor de fitotoxicidade as plantas de arroz, não diferindo do tratamento com a aplicação de bispiribaque-sódico. Mesmo não expressivo, pois não diferiu do tratamento bispiribaque-sódico, o profoxidim ainda apresentou os maiores valores de fitotoxicidade no arroz, esse valor tornou-se inexpressivo na avaliação aos 28 DAH (dados não demonstrados).

Esse resultado também foi observado por Cassol (2013), onde a aplicação do herbicida profoxidim no arroz irrigado proporcionou aumento da fitotoxicidade em relação ao herbicida cialofope-butil, porém esse resultado não influenciou na sua produtividade.

Para a avaliação de clorofila nas plantas de arroz, não foi verificada, através da análise estatística diferença entre os fertilizantes aplicados, apenas entre os herbicidas aos 14 DAH (Tabela 5).

**Tabela 5.** Índices obtidos pelo clorofilômetro SPAD 502 na cultura do arroz irrigado, em função dos tratamentos herbicidas aos 14 dias após a aplicação. FAEM/UFPel - Capão do Leão, RS, 2014.

Herbicida	Clorofila	
	Dose (g i.a. ha <sup>-1</sup> )	14 DAH <sup>2</sup>
T1-controle	-	28,00 b <sup>1</sup>
T2-cialofope-butil <sup>3</sup>	315	30,31 ab
T3-bispiribaque-sódico <sup>3</sup>	50	30,96 a
T4-profoxidim <sup>3</sup>	170	31,31 a
Média		30,14
CV(%)		6,03

<sup>1</sup>Médias com letras distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>2</sup>Dias após a aplicação dos herbicidas.

<sup>3</sup>Aplicação em pós-emergência com 3 a 4 folhas (V<sub>3</sub>-V<sub>4</sub>).

Os tratamentos com a aplicação dos herbicidas bispiribaque-sódico e profoxidim não diferiram estatisticamente do tratamento com a aplicação de cialofope-butil, mas ambos diferiram do tratamento controle.

Como todos os processos que ocorrem no solo após o alagamento são dinâmicos, a avaliação e quantificação do nitrogênio no solo disponível às plantas são muito complexas (Fageria 2003; Stone, 2003). Isto também ocorre para o estabelecimento da probabilidade de resposta da cultura à aplicação de fertilizantes, o que explica, em parte, os resultados obtidos, os quais são muito variáveis e não permitem conclusões definitivas, para a recomendação da aplicação de fertilizantes para a cultura do arroz irrigado.

Com base no exposto, pode-se inferir que a aplicação de fertilizantes na cultura do arroz não influencia no desenvolvimento inicial e na sensibilidade da cultura do arroz irrigado a herbicidas. A aplicação do herbicida profoxidim foi o tratamento que apresentou o maior nível de fitotoxicidade na cultura do arroz, na avaliação aos sete, 14 e 21 DAH.

Estudos a campo devem ser realizados a fim de verificar a influência desses fertilizantes aos componentes de rendimento da cultura. Esses podem atuar em diferentes fases do desenvolvimento das plantas, e o conhecimento de seus efeitos fisiológicos é fundamental, pois pode se tornar uma estratégia a fim de garantir adequado estabelecimento da cultura.

A falta de resultados sólidos na literatura sobre a eficiência de produtos disponíveis no mercado, para as diferentes condições de cultivo do país, atrelada à forte pressão comercial existente, pode resultar aumento dos custos de produção, sem, no entanto, gerar respostas concretas quanto à produtividade da lavoura.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, B.H. et al., Produtividade da Soja Decorrente de Práticas de Complementação Nutricional e Hormonal em Ambiente de Alto Potencial Produtivo. FertiBio 2012. **Anais...** 2012. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/936254/1/Produtividadesoja.pdf>> Acesso em: Dezembro de 2014.

ARGENTA, G. et al., Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. **Ciência Rural**, v.31, p.715-722, 2001.

ARYSTA, **Produtos Biozyme TF.** Disponível em: <<http://www.arystalifescience.com.br/globalsite/Default.aspx?tabid=86&produtoid=98>> Acesso em: Novembro de 2014.

CASSOL, G.V. et al. Eficácia de tratamentos herbicidas na cultura do arroz irrigado sob irrigação intermitente. In: VIII Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 2013, Santa Maria, RS. **Anais...** Sta. Maria, SOSBAI, 2013, v.1, p.391-394, 2013.

CASTRO, P.R.C.; VIEIRA, E.L. **Aplicação de reguladores vegetais na agricultura tropical.** Guaíba: Agropecuária, 2001. 132p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, CONAB, 2014 Acompanhamento da safra brasileira de grãos – Safra 2013/2014. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/arroz>> Acesso em: Dezembro de 2014.

COUNCE, P.A. et al. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, Madison, v.40, p.436-443, 2000.

COSTA, C.C., et al. Efeito do herbicida metamifop no controle de *eragrostis lugens* em arroz irrigado. Cbai 2013. **Anais...** 2013. Disponível em: <<http://www.cbai2013.com.br/cdonline/docs/trab-4136-645.pdf>> Acesso em: Novembro de 2014.

DATTA, S.K DE.; BROADBENT, F.E. Methodology for evaluating nitrogen utilization efficiency by rice genotypes. **Agronomy Journal**, v.80, p.793-798, 1988.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

FAGERIA, N.K.; STONE, L.F. Manejo do Nitrogênio. In: FAGERIA, N.K.; STONE, L.F.; SANTOS, A.B. dos. **Manejo da Fertilidade do Solo para o Arroz Irrigado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003, p.51-94.

FERREIRA, C.M. et al., 2014 Rede brasil arroz: transferência de tecnologia para a orizicultura brasileira. **Embrapa Arroz e Feijão**. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/104910/1/p1554.pdf>> Acesso em: Outubro de 2014.

FOLONI, J.S.S.; ECHER, F.R.; CRESTE, J.E.; VILASBOAS, G.A. Ureia e nitrato de amônio via pulverização foliar no trigo. **Cultura Agrônômica**, v.18, p.83-94, 2009.

FONTES, P.C.R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa: UFV, 2001. 122 p.

GUERRA, J. **Universo Agro** 2013. Disponível em: <<http://www.uagro.com.br/editorias/pesquisa-e-tecnologia/biotecnologia/2013/08/05/chega-ao-mercado-novo-fertilizante-organomineral.html>> Acesso em: Novembro de 2014.

LBE. Tecnologia para a vida. Produtos Green Factor, Culturas tratadas com GreenFactor. Disponível em: < <http://www.lbe.com.br/greenfactorsantacatarina.html>>. Acesso em: Dezembro de 2014.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, MAPA 2014 Fertilizantes. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/fertilizantes>> Acesso em: Novembro de 2014.

MINOLTA CAMERA Co., Ltda. **Manual for chlorophyll meter SPAD 502**. Osaka, Minolta, Radiometric Instruments divisions. 1989. 22p.

PAULETTI, V. Plantio direto: atualização tecnológica. São Paulo: **Fundação Cargil**, 1998.

PENG, S.; GARCÍA, F.V.; LAZA, R.C.; CASSMAN, K.G. Adjustment for specific leaf weight improves chlorophyll meter's estimate of rice leaf nitrogen concentration. **Agronomy Journal**, v.85, p.987-990, 1993.

SCIVITTARO, W.B.; MACHADO, M.O. Adubação e calagem para a cultura do arroz irrigado. In: GOMES, A. da S., MAGALHÃES JUNIOR, A. M. de (Org). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. cap.9, p.259-303.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS - SBCPD. **Procedimentos para a instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: p. 45, 1995.

SOUSA, R.; CAMARGO F.A.O.; VAHL, L.C. Solos Alagados (Reações de redox). In: MEURER, E.J. (Ed.) **Fundamentos da química do solo**. 2. ed. Porto Alegre: Gênese, 2004. p.208-237.

VIANA, E.M; KIEHL, J.C. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo. **Bragantia**, v. 69, p.975-982, 2010.

XU, G.; WOLF, S.; KAFKAFI, U. Ammonium on potassium interaction in sweet pepper. **Journal of Plant Nutrition**, v.25, p.719-734, 2002.

## 6 CONCLUSÕES GERAIS

O tratamento de sementes possui um papel importante, quando se trata em garantir o máximo potencial genético das sementes, essa prática assegura bom desenvolvimento inicial da cultura, livre do ataque de patógenos que podem, além de ser um método de baixo custo e baixo impacto ambiental quando comparados a outros métodos.

O tratamento com ácido giberélico apresenta, nas fases iniciais de crescimento, bom desenvolvimento, mesmo quando submetidas a estresses abióticos, como baixas temperaturas. Sementes tratadas com o GA<sub>3</sub> além de influenciar positivamente no processo germinativo em baixas temperaturas, também ocasiona melhorias no vigor inicial das sementes. Em contrapartida, a adição do dietholate ou em combinação com outros produtos resulta em perdas no vigor diminuindo o desempenho fisiológico das sementes em laboratório.

Em condições de campo, a influência do tratamento de sementes tornou-se inexpressiva quanto a seletividade aos herbicidas aplicados. Quando houve a implantação da lavoura de arroz no mês de setembro, as baixas temperaturas decorrentes do mês, resultaram em maiores níveis de fitotoxicidade em plantas que receberam aplicação do herbicida bispiribaque-sódico, entretanto, a lavoura instalada no mês de outubro, os índices de fitotoxicidade foram mais expressivos em plantas com a aplicação de profoxidim. Esses resultados demonstraram o poder de detoxificação das plantas de arroz, que podem ser comprovados devido a produtividade.

Quando se observa a resposta de defesa das plantas de arroz, submetidas a fatores como tratamento de sementes, aplicação de herbicidas e baixas temperaturas, a aplicação de herbicidas podem causar respostas distintas as plantas, sendo que o tratamento de sementes não influencia nessa resposta. O somatório da aplicação de herbicidas e o estresse provocado por baixas temperaturas causam mudanças no metabolismo das plantas, ocasionando redução na absorção e translocação do herbicida.

As aplicações de fertilizantes, tanto no tratamento de sementes, como em aplicação no sulco, não influenciam no desenvolvimento inicial da cultura e

seletividade de herbicidas aplicados a cultura do arroz, em condições de ambiente fechado a aplicação do herbicida proflorfenidim foi o tratamento que apresentou o maior nível de fitotoxicidade na cultura do arroz.

Diante desses resultados, o presente trabalho demonstra a necessidade de estudos futuros a cerca da influência da aplicação de produtos como inseticidas, fungicidas e fertilizantes, no tratamento de sementes e na seletividade a herbicidas a fim buscar resultados sólidos sobre a sua eficiência nas diferentes condições de cultivo do país.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F.A.C. et al. Comportamento da germinação de sementes de arroz em meios salinos. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.3, p.47-51, 2001.

AMARAL, A. S.; SANTOS, E. C. Efeito da umidade e da temperatura do solo na emergência de plântulas de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v.5, p.43-54, 1983.

BEULKE, S. et al. Influence of kinetic sorption and diffusion on pesticide movement through aggregated soils. **Chemosphere Journal**, v.57, p.481–490, 2004.

BURIOL, G.A.; ESTEFANEL, V.; GRAVE, R.A. Probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas do ar prejudiciais à fecundação das flores de arroz na região de Depressão Central, estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, v.28, p.1-9, 1998.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2013. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos – Safra 2013/14**. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_11\\_11\\_08\\_54\\_13\\_boletim\\_portugues\\_novembro\\_2013\\_-\\_ok.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_11_11_08_54_13_boletim_portugues_novembro_2013_-_ok.pdf)> Acesso em: Setembro de 2014.

CONCENÇO, G. et al. Emergência e crescimento inicial de plantas de arroz e capim-arroz em função do nível de umidade do solo. **Planta Daninha**, v.25, p.457-463, 2007.

DAN, H.A. et al. Seletividade de clomazone isolado ou em mistura para a cultura do algodoeiro. **Planta Daninha**, v.29, p.601-607, 2011.

DE PRADO, J. L. The effect of diclofop on membrane potential, ethylene induction, and herbicide phytotoxicity in resistant and susceptible biotypes of grasses. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.63, p.1–14, 1999.

DAVIES, J.; CASELEY, J.C. Herbicide safeners: a review. **Journal of Pesticide Science**, v.55, p.1043-1058, 1999.

EMBRAPA. Manejo de Plantas Daninhas. **Embrapa Arroz e Feijão**. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozTerrasAltasMatoGrosso/manejo\\_plantas\\_daninhas.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozTerrasAltasMatoGrosso/manejo_plantas_daninhas.htm)>. Acesso em: Junho de 2014.

FLECK, N.G. **Controle de plantas daninhas na cultura do arroz irrigado através da aplicação de herbicidas com ação seletiva**. Porto Alegre: 2000. 32p.

FOYER, C. F.; NOCTOR, G. Oxygen processing in photosynthesis regulation and signaling. **New Phytologist**, v.14, p.359–388, 2000.

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.

GALON, L. et al. Habilidade competitiva de cultivares de cevada convivendo com azevém. **Planta Daninha**, v.29, p.771-781, 2011.

GHINI, R. et al. Climate change and plant diseases. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, Special number, p. 98-107, 2008.

GOMEZ, J. M. et al. 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 (Kixor™) 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.

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

MACHADO, J.C. Tratamento de sementes no controle de doenças. Lavras, **LAPS/FAEPE**, 2000. 138 p.

MARIOT, C.H.P. et al. Influência da época de semeadura no rendimento de grãos de cultivares de arroz irrigado –safras 2003/04 e 2004/05. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4.; **REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO**, 26., Santa Maria, 2005. Anais Santa Maria, Orium, 2005. v.1. p.251-253.

MENTEN, J.O.M.; MORAES, M.H. Tratamento de Sementes: histórico, tipos, características e benefícios. **Informativo ABRATES**, v.20, p.52-53, 2010.

MERTZ, L. M. Alerações fisiológicas em sementes de arroz expostas ao frio na fase de germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, p.254-262, 2009.

MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends in Plant Science**, v.7, p.405-410, 2002.

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

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

NOCTOR, G.; FOYER, C.H. Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control, **Annual Review of Plant Physiology & Plant Molecular Biology**, v.49, p.249–279, 1998.

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

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.

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.

ROUCHAUD, J. et al. Soil dissipation of diuron, chlorotoluron, simazine, propyzamide, and diflufenican herbicides after repeated applications in fruit tree orchards. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v.39, p.60–65, 2000.

SOARES, A. M. S.; MACHADO, O. L. T. Defesa de plantas: sinalização química e espécies reativas de oxigênio. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v.1, p.11-19, 2007.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI) Arroz Irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Porto Alegre, RS: **SOSBAI**, 188p. 2012.

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.

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.

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.

YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. Los Baños: IRRI, 1981. 277p.

## VITA

Thaís D'Avila Rosa é filha de Mario dos Santos Rosa e Denise Maidana D'Avila, nascida em 16 de janeiro de 1989, na capital Porto Alegre, Rio Grande do Sul. No ano de 2007 ingressou no curso de Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas, onde recebeu o título de Engenheira Agrônoma em 2012. Durante a graduação foi estagiária e bolsista de iniciação científica do Laboratório de Ciência e Tecnologia em Sementes, vinculado ao Departamento de Fitotecnia da UFPel e do Laboratório de Dinâmica de Herbicidas, vinculado ao Departamento de Fitossanidade da UFPel. Em 2013, iniciou o curso de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, em Pelotas/RS.