

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes



Dissertação

Atributos fisiológicos na cultura da soja e controle de plantas daninhas em função da aplicação de herbicidas

Geison Rodrigo Aisenberg

Pelotas, 2015

GEISON RODRIGO AISENBERG

**ATRIBUTOS FISIOLÓGICOS NA CULTURA DA SOJA E CONTROLE DE
PLANTAS DANINHAS EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE HERBICIDAS**

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia
de Sementes da Universidade Federal de
Pelotas, como requisito parcial à obtenção
do título de Mestre em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Dirceu Agostinetto

Pelotas, 2015

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

A298a Aisenberg, Geison Rodrigo

Atributos fisiológicos na cultura da soja e controle de plantas daninhas em função da aplicação de herbicidas / Geison Rodrigo Aisenberg ; Dirceu Agostinetto, orientador. — Pelotas, 2015.

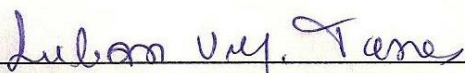
123 f.

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

1. Seletividade. 2. Fitotoxicidade. 3. Qualidade de sementes. 4. Estresse oxidativo. I. Agostinetto, Dirceu, orient. II. Título.

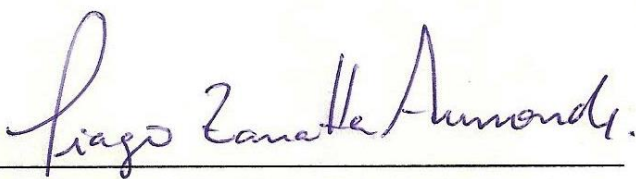
CDD : 633.34

Banca Examinadora:



Eng.^a Agr.^a Prof.^a Dr.^a Lilian Madruga de Tunes

UFPeI/FAEM



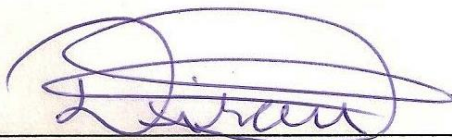
Eng. Agr. Prof. Dr. Tiago Zanatta Aumonde

UFPeI/FAEM



Eng. Agr. Prof. Dr. Carlos Eduardo Schaedler

Unipampa



Eng. Agr. Prof. Dr. Dirceu Agostinetto

UFPeI/FAEM

(Orientador)

Aos meus queridos pais Sonia Rosane Aisenberg e Arsenio Valter Aisenberg, pelo
apoio e incentivo para que eu voltasse a estudar.
À minha amada esposa Luisa Caroline Bressler, pelo carinho e pela ajuda em todos
os momentos.

OFEREÇO E DEDICO.

Agradecimentos

À Deus por guiar meus passos e meu caminho.

À minha mãe, Sonia Rosane Aisenberg pelos conselhos transmitidos e por não ter medido esforços para fazer com que eu voltasse a estudar. Ao meu pai, Arsenio Valter Aisenberg por servir de exemplo de homem trabalhador, de caráter.

À minha esposa, Luisa Caroline Bressler pela paciência e companheirismo em todos esses anos de relacionamento, além da ajuda em várias etapas dos experimentos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da FAEM/UFPel, pela possibilidade de realização do curso de pós-graduação com bolsa de estudos.

À todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da FAEM/UFPel, pelos ensinamentos transmitidos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Dirceu Agostinetto, pela ajuda na condução deste trabalho, e por servir de exemplo como profissional comprometido com a pesquisa.

Ao amigo Tiago Pedó, pela parceria e troca de informações durante o desenvolvimento de vários trabalhos científicos.

À todos os integrantes do Centro de Herbologia (CEHERB), que em algum momento colaboraram com as atividades durante a realização dos experimentos, em especial ao funcionário Nixon da Rosa Westendorff, aos doutorandos André da Rosa Ulguim e aos estagiários Thiago Vieira Duarte e Gustavo Dal Forno, pela ajuda nas etapas iniciais de implantação dos experimentos á campo.

Aos mestrandos Andres Monge, Vinicius Zimmer e Mariane Pertile, e aos estagiários Sandro Roberto Piesanti, Humberto Farias e Gabriel Gossler pela ajuda na colheita e beneficiamento dos experimentos.

Ao amigo, e doutorando Diego Severo Fraga pela ajuda na implantação dos experimentos á campo e nas atividades laboratoriais.

À amiga e mestrandia Ana Claudia Langaro, pela ajuda nos cálculos estatísticos e durante as análises laboratoriais.

Às estagiárias Jéssica Gomes e Jéssica Rodrigues Garcia pela ajuda na avaliação dos experimentos em laboratório.

Às doutorandas Claudia Oliveira, Queli Ruchel e aos mestrados Renan Ricardo Zandoná e Bruno Moncks da Silva, e a estagiária Jéssica Rodrigues Garcia pela ajuda nas atividades laboratoriais executadas.

Resumo

AISENBERG, Geison Rodrigo. **Atributos fisiológicos na cultura da soja e controle de plantas daninhas em função da aplicação de herbicidas**. 2015. 123 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

As plantas daninhas interferem no desenvolvimento da cultura, devido a competição por recursos do meio, podendo causar elevadas perdas na produtividade da espécie cultivada. Para reduzir a infestação das plantas daninhas nas áreas agrícolas se faz necessária adoção de medidas de controle, podendo esta ser através da utilização do método químico. A aplicação de herbicidas, embora seletivos a cultura, pode causar elevados índices de fitotoxicidade as plantas, elevando o nível de estresse oxidativo e reduzindo a produtividade e a qualidade fisiológica das sementes. Os objetivos desta pesquisa foram: avaliar o controle de três espécies de plantas daninhas, a fitotoxicidade e os efeitos nos componentes da produtividade de duas cultivares de soja, causado pela aplicação de herbicidas pré e pós emergentes; quantificar a qualidade fisiológica das sementes em função da aplicação de herbicidas; e, determinar o nível de estresse oxidativo causado às plantas de soja, em decorrência da competição com as plantas daninhas ou em função da aplicação dos herbicidas. Para tal, foram conduzidos dois experimentos a campo, no Centro Agropecuário da Palma/UFPel, no ano agrícola de 2013/14, e dois experimentos em casa de vegetação, no Campus Capão do Leão/UFPel, no ano agrícola de 2014/15. Em geral, se observa que todos os herbicidas avaliados causam fitotoxicidade as plantas de soja, sendo que, entre os pré emergentes, sulfentrazone causa a maior injúria; enquanto que, entre os pós emergentes, carfentrazone etílica foi o mais fitotóxico. A aplicação de metribuzin em pré-emergência, e a interferência imposta pelas plantas daninhas, afetam negativamente a qualidade fisiológica das sementes de soja, sendo variável em função da cultivar. O maior nível de estresse oxidativo entre os pré emergentes foi observado nas plantas tratadas com diclosulam, enquanto para os pós emergentes, a aplicação de carfentrazone etílica causou o maior estresse.

Palavras-chave: Seletividade, fitotoxicidade, qualidade de sementes, estresse oxidativo.

Abstract

AISENBERG, Geison Rodrigo. **Physiological attributes in soybean crop and weed control due spraying herbicides**. 2015. 123 f. Dissertation – Program of Post-graduation in Seed Science and Technology. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Weeds interfere in crop development due competition by environment resources, may results in high losses on yield cultivated species. To reduce the weeds infestation in crop lands, it is necessary adoption of control measurements, like chemical method. The herbicides application, although selectives to the crop, may cause high levels of phytotoxicity to the plants, and high levels to oxidative stress reducing yield and physiological seed quality. The objectives of this research were: evaluate the control of three weed species to phytointoxication and the effects of productivities compounds of two soybean cultivars, caused by pre and post emergence herbicide spraying; quantify physiological seed quality due the application of these herbicides; and determine oxidative stress level caused to soybean plants due weed competition or herbicide application. So, two experiments were conducted on field, Centro Agropecuário da Palma/UFPel, 2013/2014 season, and two experiments in greenhouse, Campus Capão do Leão/UFPel, 2014/2015 season. In general, it observe that all the evaluated herbicides caused injury to soybean plants, wherein, between pre-emergents, sulfentrazone caused higher injury, while, between post-emergents, carfentrazone-ethyl was the most phytotoxic. Metribuzin spraying in pre-emergence and the interference imposed by the weeds, affect negatively soybean physiological seed quality, being variable due the cultivar. Higher oxidative stress level between pre-emergents herbicides was observed in plants treated with diclosulan, while to the post-emergents, carfentrazone-ethyl spraying caused higher stress.

Key words: Selectivity, phytotoxicity, seed quality, oxidative stress.

Lista de tabelas

- Tabela 1. Características químicas do solo onde se realizou instalação do experimento referente ao primeiro capítulo. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.....27
- Tabela 2. Nome comercial, concentração, ingrediente ativo e dose dos herbicidas pré emergentes ou herbicidas pós emergentes utilizados nos tratamentos. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.....28
- Tabela 3. Fitotoxicidade de duas cultivares de soja aos 7, 14, 21, 28 e 80 DAE, em função da aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.....32
- Tabela 4. Controle de *Raphanus* spp. aos 7, 14, 21 e 28 DAE, em função da aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.....34
- Tabela 5. Controle de *Raphanus* spp. aos 80 dias após a emergência da cultura, em duas cultivares de soja, em função da aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.....35
- Tabela 6. Controle de *Bidens* spp. aos 21 dias após a emergência das plantas de soja, em função da aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.....36
- Tabela 7. Controle de *Bidens* spp. aos 28 e 80 DAE, em duas cultivares de soja, em função da aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.....37
- Tabela 8. Controle médio de *Ipomoea* spp. aos 21, 28 e 80 dias após a emergência das plantas de soja, em função da utilização de diferentes herbicidas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.....38
- Tabela 9. Altura do caule de duas cultivares de soja, em função da aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.....39

Tabela 10. Massa de mil sementes de soja, em função da aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.....	39
Tabela 11. Número de vagens por planta, sementes por planta e massa de mil sementes de duas cultivares de soja. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.....	40
Tabela 12. Produtividade de duas cultivares de soja, em função da aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.....	41
Tabela 13. Fitotoxicidade de duas cultivares de soja aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.....	45
Tabela 14. Fitotoxicidade de plantas de soja aos 28 e 86 dias após a aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.....	46
Tabela 15. Controle de <i>Raphanus</i> spp. aos 7, 14, 21, 28 e 86 dias após a aplicação dos herbicidas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.....	47
Tabela 16. Controle de <i>Bidens</i> spp. aos 7, 14, 21, 28 e 86 dias após a aplicação dos herbicidas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.....	48
Tabela 17. Controle de <i>Ipomoea</i> spp. aos 7, 14, 21, 28 e 86 dias após a aplicação dos herbicidas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.....	49
Tabela 18. Número de vagens por planta, sementes por planta e massa de mil sementes em duas cultivares de soja. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.....	49
Tabela 19. Altura do caule, número de vagens por planta, massa de mil sementes e produtividade de sementes de soja, em função da aplicação de diferentes herbicidas na cultura da soja. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.....	50
Tabela 20. Nome comercial, concentração, ingrediente ativo e dose dos herbicidas pré emergentes ou herbicidas pós emergentes utilizados nos tratamentos. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.....	55
Tabela 21. Germinação, primeira contagem da germinação e índice de velocidade de germinação de sementes de duas cultivares de soja. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.....	58
Tabela 22. Germinação e primeira contagem da germinação de sementes de soja em função da aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.....	60
Tabela 23. Emergência a campo de plântulas de duas cultivares de soja em função da aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.....	61

Tabela 24. Índice de velocidade de emergência de plântulas de duas cultivares de soja. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.....	62
Tabela 25. Índice de velocidade de emergência de plântulas de soja em função da aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.....	62
Tabela 26. Germinação de sementes de duas cultivares de soja após o teste de frio e de envelhecimento acelerado e matéria seca da parte aérea de plântulas de duas cultivares de soja. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.....	63
Tabela 27. Germinação de sementes de soja após o teste de frio e de envelhecimento acelerado em função da aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.....	64
Tabela 28. Comprimento da raiz primária de plântulas de duas cultivares de soja, em função da aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.....	65
Tabela 29. Germinação, primeira contagem da germinação e índice de velocidade da germinação de sementes de duas cultivares de soja. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.....	67
Tabela 30. Germinação, primeira contagem da germinação e índice de velocidade de germinação de sementes de duas cultivares de soja, em função da aplicação de herbicidas pós emergentes. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.....	68
Tabela 31. Germinação de sementes de duas cultivares de soja após os testes de frio e envelhecimento acelerado, e umidade das sementes após o envelhecimento acelerado. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.....	69
Tabela 32. Germinação de sementes de soja após o teste de frio e envelhecimento acelerado. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.....	70
Tabela 33. Emergência a campo e índice de velocidade de emergência de plântulas de duas cultivares de soja. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.....	71
Tabela 34. Emergência á campo e índice de velocidade de emergência de sementes de soja, em função da aplicação de diferentes herbicidas nas plantas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.....	72
Tabela 35. Comprimento de parte aérea, comprimento radicular e matéria seca de raízes de plântulas de duas cultivares de soja. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.....	73

Tabela 36. Comprimento de parte aérea e da raiz primária de plântulas de soja, em função da aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.....	74
Tabela 37. Matéria seca da parte aérea de plântulas de duas cultivares de soja, em função da aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.....	75
Tabela 38. Nome comercial, concentração, ingrediente ativo e dose dos herbicidas pré e pós emergentes utilizados nos tratamentos. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.....	81
Tabela 39. Fitotoxicidade em plantas de duas cultivares de soja aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2014/15.....	88
Tabela 40. Altura de plantas, área foliar e matéria seca da parte aérea de plantas de duas cultivares de soja, após a aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2014/15.....	90
Tabela 41. Teor de clorofila <i>a</i> , clorofila <i>b</i> e clorofila <i>total</i> em plantas de soja, sete dias após a aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2014/15.....	91
Tabela 42. Teor de carotenoides <i>total</i> e relação entre as clorofilas <i>a</i> e <i>b</i> (<i>a/b</i>) em plantas de soja, sete dias após a aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2014/15.....	93
Tabela 43. Fitotoxicidade de plantas de duas cultivares de soja, após a aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2014/15.....	94
Tabela 44. Fitotoxicidade de plantas de soja aos 21 e aos 28 dias após a aplicação de herbicidas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2014/15.....	95
Tabela 45. Área foliar de plantas de duas cultivares de soja, após a aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2014/15.....	96
Tabela 46. Estatura de plantas e matéria seca da parte aérea de plantas de soja, após a aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2014/15.....	97
Tabela 47. Estatura de plantas de duas cultivares de soja aos 50 dias após a emergência. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2014/15.....	98
Tabela 48. Teor de clorofila <i>a</i> , clorofila <i>b</i> , clorofila <i>total</i> e relação entre as clorofilas <i>a</i> e <i>b</i> (<i>a/b</i>) em plantas de soja, seis dias após a aplicação de herbicidas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2014/15.....	99

Tabela 49. Teor <i>total</i> de carotenoides em plantas de duas cultivares de soja, aos 50 dias após a emergência. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2014/15.....	99
Tabela 50. Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) em plantas de soja, aos seis dias após a aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2014/15.....	100

Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	16
2 CAPÍTULO I - Fitotoxicidade, controle de planta daninhas e componentes da produtividade de cultivares de soja, em função da aplicação de herbicidas pré e pós emergentes	24
2.1 Introdução.....	24
2.2 Material e método.....	26
2.3 Resultados e Discussão	30
2.4 Conclusões.....	51
3 CAPÍTULO II – Desempenho fisiológico de sementes de cultivares de soja em função da aplicação de herbicidas pré e pós emergentes.....	52
3.1 Introdução.....	52
3.2 Material e Métodos	54
3.3 Resultados e Discussão	58
3.4 Conclusões.....	76
4 CAPÍTULO III – Pigmentos fotossintéticos e metabolismo antioxidante de plantas de soja após a aplicação de herbicidas pré e pós emergentes	77
4.1 Introdução.....	77
4.2 Material e métodos	80
4.3 Resultados e discussão	85
4.4 Conclusões.....	101
5 CONCLUSÕES.....	102
6 REFERÊNCIAS.....	104
7 ANEXOS.....	123

1 INTRODUÇÃO

O produto interno bruto (PIB) gerado no Brasil em 2013 alcançou o valor de R\$ 4,84 trilhões, sendo deste total 22,5% gerados pelo agronegócio (CNA/CEPEA-USP, 2013). Grande parcela do PIB do agronegócio do Brasil é representada pela cadeia produtiva da soja [*Glycine max* (L.) Merrill] (CONTE; FERREIRA FILHO, 2007), sendo o sistema produtivo desta espécie um dos mais importantes no cenário do agronegócio mundial (CASTRO et al., 2006).

A soja consumida de forma *in natura*, ou servindo como matéria-prima básica para produção do farelo e do óleo, entre outros produtos, é uma das principais *commodities* mundiais, sendo cultivada comercialmente no Brasil há pouco mais de 40 anos (CASTRO et al., 2006). O Brasil ocupa a segunda colocação na produção mundial de soja, ficando atrás apenas dos Estados Unidos (CONAB, 2015). A produção brasileira de soja em grãos na safra 2013/14 foi de 86,7 milhões de toneladas, com aumento previsto de 9,0% para a safra 2014/15 (FIESP, 2015).

A área média de soja cultivada nos últimos cinco anos no Brasil ultrapassa os 26,1 milhões de hectares, com produtividade média, neste mesmo período de tempo de 2,9 mil Kg ha⁻¹ (CONAB, 2014). Avaliando o cultivo da soja por regiões, verifica-se que atualmente é na região do centro-oeste brasileiro, que se encontra a maior área cultivada da oleaginosa, com 13,9 milhões de hectares. Os Estados do Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul são os três Estados que apresentam a maior área cultivada de soja, com área semeada de 8,6 milhões ha⁻¹, 5,0 milhões ha⁻¹ e 4,9 milhões ha⁻¹, respectivamente (CONAB, 2015).

As culturas agrícolas estão sujeitas a uma série de fatores do ambiente que, direta ou indiretamente, influenciam o seu crescimento, desenvolvimento e produtividade econômica, sendo estes fatores de natureza biótica ou abiótica

(VARGAS; ROMAN, 2008). Desta forma, a produção da soja pode ser afetada negativamente devido à interferência de vários fatores, entre eles as plantas daninhas (GAZZIERO et al., 2006), sendo que, as perdas na produtividade das culturas causadas pela interferência das plantas daninhas podem variar de acordo com as condições de manejo da lavoura (PIRES et al., 2005).

A interferência causada pelas plantas daninhas afeta o desenvolvimento da cultura, devido a competição pelos recursos do meio, como luz, água e nutrientes, causando perdas superiores a 22% na produtividade de grãos (PITTELKOW et al., 2009; BENEDETTI et al., 2009). Muitas plantas daninhas liberam substâncias alelopáticas prejudiciais à cultura e também servem como hospedeiras de pragas, doenças e nematóides (SILVA; SILVA, 2007) comuns à cultura e/ou, ainda, interferem nas práticas de colheita (PITELLI, 1985).

Para reduzir a infestação de plantas daninhas em áreas agrícolas é necessária a adoção de medidas práticas, através da utilização de métodos de controle, podendo ser este preventivo, físico, cultural, biológico ou químico, sendo preconizada a adoção do manejo integrado das plantas daninhas, o qual se caracteriza pela adoção de dois ou mais métodos de controle (VARGAS; ROMAN, 2008). Porém, devido à eficiência e ao custo atrativo do controle químico, os demais métodos de controle estão sendo abandonados, principalmente por agricultores que cultivam extensas áreas (AGOSTINETTO et al., 2009a). Desta forma, a utilização de herbicidas na agricultura para o controle de plantas daninhas tem permitido aumento no cultivo de áreas, por propiciar o desenvolvimento de sistema de produção relativamente simples (FLECK et al., 2006).

Com aprovação da nova lei de biossegurança em 2005, autorizando o cultivo da soja Roundup Ready[®] (RR) no Brasil (GRIS et al., 2013), grandes modificações ocorreram no controle químico das plantas daninhas em áreas de soja cultivadas com variedades tolerantes ao herbicida glyphosate (GAZZIERO et al., 2006). Uma dessas alterações foi o aumento na utilização deste produto nas áreas agrícolas (SIQUEIRA et al., 2004; TAKANO et al., 2013), sendo que, atualmente realizam-se de duas a três aplicações deste produto (VARGAS et al., 2007), podendo chegar a quatro aplicações por ciclo da cultura da soja (SERRA et al., 2011).

O glyphosate é herbicida sistêmico, que inibe a enzima 5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintase (LAMEGO; VIDAL, 2008), utilizado em pós-emergência no controle de poaceas e de folhas largas (RODRIGUES; ALMEIDA,

1998), sendo que as aplicações deste produto na soja transgênica podem ser únicas ou sequenciais, em épocas e doses que podem variar de acordo com o cenário (GAZZIERO et al., 2006). Por apresentar baixo custo, ser de fácil aplicação, altamente seletivo á soja, não apresentar efeito residual no solo, controlar espécies/biótipos tolerantes ou resistentes a outros mecanismos de ação (SILVA; SILVA, 2007) e apresentar amplo espectro de ação (NETO et al., 2009), o glyphosate é o herbicida mais utilizado no mundo (GRUBE et al., 2006).

Devido aos benefícios proporcionados pela utilização do glyphosate, agricultores e técnicos ligados à produção da soja, acreditaram que com a introdução das variedades RR os problemas no manejo das plantas daninhas estariam resolvidos (PROCÓPIO et al., 2007). Porém, a utilização de maneira indiscriminada do glyphosate propiciou o surgimento de muitos casos de resistência de diversas espécies de plantas daninhas.

Atualmente, 239 espécies de plantas daninhas são reconhecidas como sendo resistentes ao glyphosate, sendo que, estas ocorrem em regiões produtoras de todo o mundo (WEED SCIENCE, 2015). No Brasil existem seis espécies de plantas daninhas resistentes ao mecanismo de ação do herbicida glyphosate, sendo elas: *Lolium perene* ssp. *multiflorum*, *Conyza bonariensis*, *Conyza canadensis*, *Conyza sumatrensis*, *Digitaria insularis* e *Chloris elata* (WEED SCIENCE, 2015).

A resistência de plantas daninhas aos herbicidas é um fenômeno natural que ocorre espontaneamente em suas populações, não sendo, portanto, o herbicida o agente causador, mas sim selecionador dos indivíduos resistentes que se encontram em baixa frequência inicial (CHRISTOFFOLETI et al., 1994). A ocorrência de plantas daninhas resistentes é favorecida por características das plantas daninhas (VIDAL et al., 2005) e dos herbicidas (AGOSTINETTO; VARGAS, 2009). A pressão de seleção, através da utilização intensiva do mesmo mecanismo de ação, faz com que as plantas demonstrem habilidades já adquiridas em seu material genético para sobreviver (LAMEGO et al., 2006).

Para reduzir o risco do surgimento de plantas daninhas resistentes a herbicidas, deve-se diminuir a pressão de seleção, e controlar os indivíduos resistentes antes que estes se multipliquem (AGOSTINETTO; VARGAS, 2009). Práticas como a utilização de herbicidas com diferentes mecanismos de ação (ALONSO et al., 2013); aplicação sequenciais de herbicidas; aplicar misturas de herbicidas com diferentes mecanismos de ação; limitar aplicações do mesmo

herbicida; não utilizar apenas o controle químico; e, usar sementes certificadas, são algumas possibilidades que permitem reduzir o surgimento da resistência (AGOSTINETTO; VARGAS, 2009).

Após a detecção da resistência é necessário mudar algumas práticas de manejo utilizadas, para que a produção da cultura agrícola não seja afetada negativamente pela população de plantas do biótipo resistente (MOREIRA et al., 2010). Uma das principais alternativas encontradas pelos agricultores para amenizar os problemas de biótipos de plantas resistentes é a utilização de herbicidas alternativos, sendo estes aplicados isoladamente, ou misturados com outros herbicidas no tanque do pulverizador (LAMEGO et al., 2013; PETERSON, 1999).

Buscando identificar herbicidas alternativos para controle de biótipos de *Conyza* spp. resistentes ao herbicida glyphosate, foi verificado que a aplicação associada de glyphosate + bromacil + diuron resultou em controle dos biótipos de *Conyza* spp. superior a 80%, aos 28 dias após a aplicação (MOREIRA et al., 2010). Para não comprometer a produtividade da soja, devido à infestação de buva, pode-se fazer associação do herbicida glyphosate com outro que possua mecanismo de ação alternativo, como o clorimuron etílico, o 2,4-D ou o saflufenacil. Porém, as misturas de herbicidas nos tanques de pulverização, buscando melhor controle de plantas daninhas resistentes, além de ser uma prática proibida podem resultar em interação antagonica, sinérgica ou aditiva (IKEDA, 2013).

Uma alternativa para que o controle de plantas daninhas não seja afetado negativamente através do antagonismo entre a mistura de moléculas herbicidas seria a realização da aplicação destes herbicidas de forma isolada ou a utilização de herbicidas alternativos aos usados com maior frequência na área. Atualmente 30 ingredientes ativos estão registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), para serem utilizados na soja em sistema de semeadura direta (BRASIL, 2015).

Os herbicidas pré emergentes s-metolacoloro, diclosulam, metribuzim, sulfentrazone, e os pós emergentes clorimuron etílico, imazetapir, bentazona e carfentrazone etílica, são moléculas que apresentam registro no MAPA, e assim, podem ser utilizadas como alternativa para diminuir a pressão de seleção imposta às plantas daninhas, pela aplicação consecutiva do glyphosate.

Nas áreas cultivadas com soja no Rio Grande do Sul várias espécies de plantas daninhas podem ocorrer, sendo possível destacar: *Digitaria* spp., *Cenchrus*

echinatus, *Eleusine indica*, *Acanthospermum hispidum*, *Amaranthus* spp., *Cyperus* spp., *Urochloa plantaginea*, *Commelina benghalensis*, *Sida* spp., *Ipomoea* spp., *Richardia brasiliensis*, *Euphorbia heterophylla* e *Bidens pilosa*.

O controle das plantas daninhas dicotiledôneas, na década de 1970, era realizado principalmente com o herbicida metribuzin (HERNANDES et al., 2005), sendo que este, juntamente com o herbicida bentazona, apresentam o mecanismo de ação de inibição do fluxo de elétrons no fotossistema II (FS II). Esta interrupção do fluxo de elétrons acaba levando à planta a morte, devido à redução na produção de compostos como açúcares, carboidratos e outras estruturas que requerem energia para a sua produção (ROMAN et al., 2007).

Através do desenvolvimento de novas tecnologias agroquímicas na década de 1980, outros herbicidas, com diferentes mecanismos de ação foram desenvolvidos para controlar plantas daninhas dicotiledôneas na soja (HERNANDES et al., 2005). Um novo grupo de herbicidas desenvolvidos foram os inibidores da enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX) (HESS, 2000), a qual atua na biossíntese de clorofila e citocromos (MEROTTO JR.; VIDAL, 2001). Com a inibição da PROTOX, o protoporfirinogênio IX dissemina-se para o exterior do cloroplasto, transformando-se assim em protoporfirina IX, o qual se oxida na presença de oxigênio, e desta forma permite à formação de radicais livres, que causam danos à membrana plasmática, através da peroxidação de lipídios (CATANEO et al., 2005). Sulfentrazone e carfentrazone etílica são exemplos de moléculas herbicidas que tem como mecanismo de ação a inibição da PROTOX.

Os herbicidas diclosulam, clorimuron etílico e imazetapir são inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) e tem como principal função catalisar a primeira reação na produção dos aminoácidos de cadeia ramificada (NICOLAI et al., 2006). Com a inibição da ALS ocorre paralisação da divisão celular, e redução na quantidade de aminoácidos leucina, isoleucina e valina (ROMAN et al., 2007). Os herbicidas inibidores da ALS caracterizam-se por serem altamente eficientes em baixas doses (SILVA; SILVA, 2007). Por apresentarem alta eficiência no controle de plantas daninhas e permitirem que a época de aplicação seja flexível, os inibidores da ALS tornaram-se os principais herbicidas da cultura da soja (HERNANDES et al., 2005).

Quando o agricultor utiliza herbicidas para o controle químico de plantas daninhas, está ciente que os produtos utilizados foram avaliados quanto ao impacto

ambiental e a toxicidade causada à saúde humana, bem como a sua eficácia agrônômica e seletividade para a cultura (KARAM; OLIVEIRA, 2007). Entretanto, fatores como o nível de susceptibilidade da cultura aos herbicidas e condições edafoclimáticas podem causar fitotoxicidade que poderão acarretar redução no desenvolvimento da espécie cultivada (GALON et al., 2011).

As culturas agrícolas são seletivas aos herbicidas devido à capacidade que estas espécies têm de metabolizar os herbicidas, sendo que as plantas daninhas não devem apresentar a capacidade de realizar estes processos (ROMAN et al., 2007). Porém, mesmo que uma espécie apresente seletividade à determinada classe de herbicidas, esta cultura poderá apresentar danos com a aplicação destes produtos.

Em muitos casos a fitotoxicidade causada pela aplicação de herbicidas, pode afetar os componentes da produtividade, e consequentemente a produtividade final da cultura (DAN et al., 2012a; DAN et al., 2012b), além de poder afetar o desenvolvimento das sementes, influenciando desta forma a qualidade das mesmas (BASU, 1995). O efeito ocasionado na qualidade fisiológica das sementes pode diferir em função do mecanismo de ação do herbicida utilizado na cultura (MACHADO et al., 2006). Porém, em alguns casos o dano à qualidade fisiológica das sementes pode estar relacionado à ocorrência de plantas daninhas na área e não relacionado especificamente com o uso de herbicidas.

A utilização de alguns herbicidas, em doses específicas pode influenciar negativamente a germinação e o vigor das sementes. Avaliando a aplicação de doses crescentes de metribuzin sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja, foi observado que a aplicação da dose 0,6 Kg i.a ha⁻¹ causou redução na germinação destas, em relação a dose 0,3 Kg i.a ha⁻¹ (MORAES et al., 1997). Estes autores também verificaram redução da atividade da fosfatase ácida e da emergência de plântulas a campo com o aumento das doses de metribuzin, além de observarem aumento nos valores de condutividade elétrica das sementes submetidas às maiores doses deste herbicida, em relação as menores.

Na literatura existem muitas informações disponíveis em relação à utilização de herbicidas nas culturas, e seus efeitos na qualidade fisiológica de sementes. Porém, na maioria dos casos os estudos realizados avaliam a qualidade das sementes em função da aplicação de herbicidas dessecantes (PELÚZIO et al., 2008; SANT'ANNA JÚNIOR, 2006) utilizados com o objetivo principal de propiciar rápida

colheita das mesmas. Porém, à qualidade fisiológica das sementes pode ser afetada negativamente em função da utilização dos herbicidas tanto em pré, como em pós emergência. Sendo assim, é necessária a realização de estudos para determinar se a utilização de herbicidas na cultura da soja pode afetar a qualidade fisiológica das sementes produzidas.

Os efeitos da aplicação de herbicidas nas culturas não se restringem a percepções visuais (RIZZARDI et al., 2003c) como a fitotoxicidade (CORREIA et al., 2011), alteração nos componentes de produtividade (NETO et al., 2009), e redução da qualidade fisiológica das sementes (CONCENÇO et al., 2009). Com a aplicação de herbicidas sobre as culturas, efeitos secundários ocorrem nestas, em função da interação dos herbicidas que atingiram as plantas (RIZZARDI et al., 2003c).

A utilização de herbicidas nas plantas é considerada um fator ambiental xenobiótico capaz de limitar a produtividade vegetal e a produtividade dos cultivos em decorrência de causar estresse oxidativo nas plantas (MOLDES, 2006). Em função da ocorrência de estresse, as plantas acentuam a produção de espécies reativas de oxigênio como: radicais hidroxila (OH), radicais superóxido (O_2^-) e peróxido de hidrogênio (H_2O_2) (RIZZARDI et al., 2003c; SCANDALIOS, 1993). As espécies reativas de oxigênio podem causar danos ao DNA, as clorofilas e proteínas, além de induzirem a peroxidação lipídica (MITTOVA et al., 2000).

Para reduzir os danos ocasionados pelo estresse oxidativo, as plantas desenvolveram mecanismos como: enrolamento da folha através de adaptações anatômicas; estômatos escondidos sob estruturas especializadas; adaptações fisiológicas como as plantas C_4 ou CAM (MITTLER, 2002); e, sistemas de proteção baseados em uma série de enzimas, entre elas superóxido dismutase (SOD) (CATANEO et al., 2005), ascorbato peroxidase (APX) e catalase (CAT) (DROGE, 2002). A SOD, APX e CAT são substâncias que mesmo em baixas concentrações (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 1989), apresentam a capacidade de desintoxicar as EROs das células (SOUZA, 2009a).

As hipóteses do trabalho são que as cultivares de soja RR apresentam seletividade reduzida aos herbicidas pré e pós emergentes utilizados nos tratamentos, afetando negativamente os componentes da produtividade da cultura (Capítulo I); a qualidade fisiológica das sementes de soja (Capítulo II); e, o metabolismo secundário das plantas desta espécie (Capítulo III).

Os objetivos gerais dessa pesquisa foram: avaliar o controle de *Raphanus* spp., *Bidens* spp. e *Ipomoea* spp., a fitotoxicidade e os efeitos nos componentes da produtividade de duas cultivares de soja, causado pela aplicação de herbicidas pré e pós emergentes (Capítulo I); quantificar a qualidade fisiológica das sementes em função da aplicação destes herbicidas (Capítulo II); e, determinar o nível de estresse oxidativo nas plantas de soja em decorrência da competição com as plantas daninhas, e em função da aplicação de herbicidas (Capítulo III).

2 CAPITULO I - Fitotoxicidade, controle de planta daninhas e componentes da produtividade de cultivares de soja, em função da aplicação de herbicidas pré e pós emergentes

2.1 Introdução

A interferência causada pelas plantas daninhas á cultura da soja, é um dos principais fatores que afetam negativamente a produtividade de grãos desta espécie, sendo este problema frequentemente observado nas áreas cultivadas com a mesma, no Estado do Rio Grande do Sul (RIZZARDI et al., 2003b), podendo estas causarem perdas na produtividade de grãos de até 80% (GAZZIERO et al., 2004). Plantas daninhas como *Bidens pilosa* L., *Bidens subalternans* DC.,(RIZZARDI et al., 2003b), *Ipomoea* spp. (PINHEIRO, 2010) e *Raphanus* spp. (AGOSTINETTO et al., 2009b; FLECK et al., 2006), são espécies frequentemente encontradas nas áreas cultivadas com soja.

Os efeitos negativos causados pelas plantas daninhas à cultura são influenciados pelo aumento da população destas, assim como, pelo período de tempo em que as mesmas causam interferência sobre as plantas da espécie cultivada (GHERSA; HOLT, 1995), pelas condições edafoclimáticas, e pelo manejo realizado na área (SILVA, 2009). Objetivando definir o nível de dano econômico de picão-preto na cultura da soja, foi verificado que o aumento de 20 plantas m⁻² na população desta planta daninha na área, causa redução na produtividade de grãos da cultura acima de 40% (RIZZARDI et al., 2003a).

O controle químico, através da utilização de herbicidas é o método de controle das plantas daninhas mais utilizado (NETO et al., 2009; RIZZARDI et al., 2003a),

sendo que, existem 30 ingredientes ativos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, para serem utilizados na soja cultivada sob sistema de semeadura direta (MAPA, 2015).

Os herbicidas podem ser classificados quanto à seletividade, época de aplicação, translocação (SILVA; SILVA, 2007), espectro de ação, assim como ao mecanismo de ação e ao caráter iônico que apresentam (CARVALHO, 2013). Herbicidas seletivos, são aqueles que, sob algumas condições, apresentam tolerância diferenciada em função da espécie, ou da variedade das plantas (SILVA; SILVA, 2007). Os herbicidas pré emergentes s-metolacoloro, diclosulam, metribuzin e sulfentrazone, e os pós emergentes clorimuron etílico, imazetapir, bentazona e carfentrazone etílica, são exemplos de moléculas seletivas a cultura da soja convencional e geneticamente modificada.

O herbicida s-metolacoloro pertence ao grupo químico das cloroacetanilidas e, atua na gema terminal das plantas, inibindo o crescimento das mesmas. Apesar de muitos estudos, o modo de ação das cloroacetanilidas ainda não é bem conhecido. O s-metolacoloro apresenta pouca ou nenhuma absorção foliar, sendo assim aplicado apenas na pré emergência das plantas daninhas (SILVA; SILVA, 2007). A absorção do s-metolacoloro ocorre através dos coleóptilos, em monocotiledôneas e, do hipocótilo, em dicotiledôneas (SYNGENTA, 2015). A aplicação de s-metolacoloro em dicotiledôneas causa sintomas como clorose e necrose das plantas, enquanto que, em monocotiledôneas observam-se sintomas como enrolamento do caulículo.

Os herbicidas diclosulam, clorimuron etílico e imazetapir apresentam como mecanismo de ação a inibição da enzima acetolactato sintase (ALS). A enzima ALS localiza-se nos plastídios dos tecidos não clorofilados, e nos cloroplastos dos tecidos verdes (ROMAN et al., 2007). A ALS é responsável por catalisar a condensação de duas moléculas de piruvato, formando uma molécula de acetolactato, além de permitir a condensação de uma molécula de piruvato com uma molécula de acetobutirato, formando desta forma, acetohidroxitirato (ROMAN et al., 2007). Com a inibição da ALS ocorre redução da quantidade dos aminoácidos de cadeia lateral valina, isoleucina e leucina, inibição da divisão celular, acúmulo de acetohidroxitirato, e diminuição da translocação de fotoassimilados no floema (ROMAN et al., 2007).

Os herbicidas metribuzin e bentazona apresentam como mecanismo de ação a inibição do fotossistema II (FS II). O FS II oxida H_2O a O_2 , no lúmen dos tilacoides,

liberando prótons neste local, permitindo a transferência de elétrons para a plastoquinona (PQ), causando desta forma a redução da mesma em plastohidroquinona (PQH₂). A plastoquinona está ligada a proteína D₁, e os herbicidas inibidores do FS II acabam inibindo a fotossíntese por ligarem-se a proteína D₁ no local de ligação desta com a plastoquinona, interrompendo desta forma a transferência de elétrons entre os fotossistemas (SILVA; SILVA, 2007; ROMAN et al., 2007; ROSS; CHILDS, 1996). Porém, as clorofilas continuam absorvendo energia luminosa, acumulando desta forma grande quantidade de energia (PETERSON et al., 2001). Ocorre produção de radicais livres na planta, devido ao fato dos elétrons não conseguirem originar a produção de ATP e NADPH (energia química) (ROSS; CHILDS, 1996), e a planta acaba morrendo em virtude da peroxidação lipídica nas membranas celulares (MARCHI et al., 2008), assim como também pela falta de produção de energia (ROMAN et al., 2007).

Os herbicidas sulfentrazone e carfentrazone etílica atuam inibindo a enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX). PROTOX está localizada nos cloroplastos das células, e é responsável pela oxidação de protoporfirinogênio IX à protoporfirina IX, sendo esta última, molécula precursora da clorofila e grupamentos heme (AL-KHATIB, 2015). Com a inibição da PROTOX ocorre a formação de moléculas altamente reativas, as quais acabam ocasionando peroxidação lipídica, desencadeando assim o extravasamento celular nas plantas (AL-KHATIB, 2015).

Diante do exposto, as hipóteses do trabalho são que as cultivares de soja RR possuem seletividade reduzida a alguns herbicidas, e desta forma, apresentam reduções nos valores das variáveis que compõem os componentes da produtividade. Assim, este estudo teve por objetivos avaliar a fitointoxicação de duas cultivares de soja, o controle de *Raphanus* spp., *Bidens* spp. e *Ipomoea* spp., e os efeitos nos componentes da produtividade, causado pela aplicação de herbicidas pré e pós emergentes nessa cultura.

2.2 Material e métodos

Foram conduzidos dois experimentos, concomitantemente, no Centro Agropecuário da Palma, pertencente à Universidade Federal de Pelotas (UFPel),

município do Capão do Leão – RS, em delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições.

O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, textura franco-arenosa, pertencente à unidade de mapeamento Pelotas (EMBRAPA, 2009), sendo os dados da sua composição química apresentados na Tabela 1. As unidades experimentais (parcelas) foram compostas por 14,0 m² (5,0 m x 2,8 m).

Tabela 1. Características químicas do solo onde se realizou instalação do experimento referente ao primeiro capítulo. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2013/14.

Porcentagem de matéria orgânica (m v ⁻¹)	Porcentagem de argila (m v ⁻¹)	Textura	P- Mehlich mg dm⁻³	K	pH água 1:1	Índice SMP
1,8	16	4	16	57	6,3	6,9
CTC pH 7,0	CTC efetiva	Ca	Mg	Al	H+Al	
-----cmol _c dm ⁻³ -----						
7,7	6,1	4,2	1,8	0	1,6	

Para dessecação da vegetação presente na área experimental realizou-se aplicação do herbicida glifosato Atanor[®] (480 g L⁻¹) dia 22 de dezembro de 2013, na dose de 720 g i.a. ha⁻¹. As cultivares de soja utilizadas nos experimentos foram Nidera 5909 RR, e Coodetec STS 249 RR, as quais apresentam hábito de crescimento indeterminado e determinado, respectivamente. A semeadura das cultivares de soja foi realizada em sistema de semeadura direta, no dia 20 de dezembro de 2013, distribuindo 16 sementes m⁻¹ com semeadora dotada de 7 linhas, sendo 40 cm o espaçamento entre linhas de semeadura. A emergência das plântulas de soja ocorreu dia 27 de dezembro de 2013.

A adubação de correção do solo foi realizada a lanço, de forma manual, sendo baseada em análise de solo (CQFS, 2004), utilizando-se 260 Kg ha⁻¹ de adubo da fórmula 02-20-20 (N-P-K).

Os tratamentos foram arranjos em esquema fatorial 2 x 6 sendo o fator A constituído por duas cultivares de soja, e o fator B, composto por quatro herbicidas pré ou pós emergentes e testemunhas infestada e limpa (Tabela 2).

Tabela 2. Nome comercial, concentração, ingrediente ativo e dose dos herbicidas pré emergentes ou herbicidas pós emergentes utilizados nos tratamentos. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2013/14.

Nome comercial	Concentração	Ingrediente ativo	Dose utilizada ¹
Herbicidas pré emergentes (Experimento 1)			
Testemunha limpa	-	-	-
Testemunha infestada	-	-	-
Dual gold [®]	960 g L ⁻¹	S-metolaclopro	1920,0 g
Spider [®] 840 WG	840 g Kg ⁻¹	Diclosulam	33,6 g
Sencor [®] 480	480 g L ⁻¹	Metribuzin	480,0 g
Boral [®] 500 SC	500 g L ⁻¹	Sulfentrazone	600,0 g
Herbicidas pós emergentes (Experimento 2)			
Testemunha limpa	-	-	-
Testemunha infestada	-	-	-
Classic [®]	250 g Kg ⁻¹	Clorimuron etílico	20,0 g
Pivot [®]	10 g L ⁻¹	Imazetapir	100,0 g
Basagran [®] 600	600 g L ⁻¹	Bentazona	720,0 g
Aurora [®] 400 EC	400 g L ⁻¹	Carfentrazone etílica	30,0 g

¹Ingrediente ativo por hectare

As aplicações dos herbicidas pré e pós emergentes foram realizadas nos dias 23 de dezembro de 2013 e 17 de janeiro de 2014, respectivamente. Para as aplicações dos herbicidas Classic[®] e Aurora[®] 400 EC foi adicionado óleo mineral a calda de pulverização, na dose de 0,5% v/v. Para o controle das espécies poaceas, aos 18 dias após a emergência das plântulas de soja foi realizada a aplicação do herbicida Select[®] 240 EC (240g L⁻¹), na dose de 170 g i.a ha⁻¹, mais óleo mineral Assist[®] (756 g L⁻¹) na dose de 0,5% v/v. Para a aplicação dos herbicidas, utilizou-se pulverizador costal pressurizado a CO₂, equipado com barra contendo quatro pontas de pulverização (XR TeeJet[®]) da série 110.02, calibrado com pressão de 30 psi, possibilitando a aplicação de 120 L ha⁻¹ de calda herbicida.

Nas parcelas denominadas testemunhas “infestadas” não foram realizadas controle das plantas daninhas durante o ciclo da cultura da soja. Nas parcelas testemunhas “limpas” semanalmente foram realizadas capinas ou arranquio manual das plantas daninhas que se encontravam nas mesmas.

As plantas daninhas predominantes na área experimental foram: *Raphanus* spp., *Bidens* spp. e *Ipomoea* spp., sendo que na área do experimento com herbicidas pré emergentes estas apresentavam população média de 13, 36 e 14 plantas m⁻²,

respectivamente, enquanto na área do experimento com herbicidas pós emergentes a população média foi de 7, 20 e 43 plantas m^{-2} , respectivamente. Para a determinação do número de plantas daninhas foi utilizado quadro com dimensões de 0,50 m x 0,50 m, posicionado quatro vezes, aleatoriamente, na área útil de cada parcela.

As variáveis avaliadas a campo foram fitotoxicidade da cultura, aos 7, 14, 21, 28 e 80 dias após a emergência (DAE) das plantas de soja para os pré emergentes, e 7, 14, 21, 28 e 86 dias após a aplicação dos herbicidas (DAT), para os pós emergentes. O controle das plantas daninhas para os pré emergentes foi avaliado aos 7, 14, 21, 28 e 80 DAE, com exceção de *Bidens* spp. e *Ipomoea* spp. aos 7 e 14 DAE. A não avaliação do controle de *Bidens* spp. e *Ipomoea* spp. aos 7 e 14 DAE, decorre da inexistência dessas espécies na área experimental, nas datas das avaliações.

Para os herbicidas pós emergentes foi realizada avaliação de controle das plantas daninhas *Raphanus* spp., *Bidens* spp. e *Ipomoea* spp. aos 7, 14, 21, 28 e 86 DAT. As avaliações de controle das plantas daninhas e de fitotoxicidade da cultura foram realizadas visualmente, utilizando-se escala percentual, onde zero (0%) correspondeu a nenhum efeito fitotóxico a cultura ou controle de plantas daninhas, e cem (100%) referiu-se a morte total da cultura ou das plantas daninhas.

Para a determinação dos componentes de produtividade, foi realizada coleta das plantas presentes em 1 m na linha central das parcelas. Após a coleta se procedeu à determinação das variáveis: estatura das plantas, vagens planta⁻¹, sementes vagem⁻¹, sementes planta⁻¹, massa de 1000 sementes e produtividade total.

A estatura das plantas foi determinada com auxílio de régua graduada, em dez plantas por amostra. Para isso, considerou-se a distância entre a base de inserção da raiz no solo, e o ápice das plantas.

Para a determinação do número de vagens planta⁻¹, realizou-se o arranquio de forma manual de todas as vagens da planta que continham semente completamente formada, sendo posteriormente realizada a contagem. Após as vagens das plantas foram debulhadas para proceder a contagem do número total de sementes produzidas em cada planta.

O número de sementes por vagem⁻¹ foi determinado pela divisão do número de sementes planta⁻¹/número de vagens planta⁻¹. A produtividade foi obtida pela

determinação da massa de sementes produzida na área útil de 3,6 m², sendo os valores transformados em Kg ha⁻¹.

Os dados obtidos para todas as variáveis, expressos em valores médios por tratamento, foram submetidos a análise da variância pelo teste F ($p \leq 0,05$). Ocorrendo significância entre os tratamentos, os efeitos de herbicidas foram comparados pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$), e os efeitos de cultivares pelo teste de Student ($p \leq 0,05$).

2.3 Resultados e Discussão

Para os herbicidas pré emergentes verificou-se interação entre os fatores para as variáveis fitotoxicidade aos 7, 14, 21, 28 e 80 (DAE), controle de *Raphanus* spp. aos 80 DAE, e controle de *Bidens* spp. aos 28 DAE e 80 DAE, estatura de plantas e produtividade. Observou-se efeito de cultivar para número de vagens por planta, massa de mil sementes e número de sementes por planta. O efeito de herbicida foi observado nas variáveis massa de mil sementes, controle de *Raphanus* spp. aos 7, 14, 21 e 28 DAE, controle de *Bidens* spp. aos 21 DAE, e controle de *Ipomea* spp. aos 21, 28 e 90 DAE. Nos meses em que os experimentos foram realizados ocorreram significativas precipitações pluviométricas (Anexos - Figura 1), permitindo desta forma, a incorporação dos herbicidas no solo, possibilitando assim, que estes exercessem controle sob as plantas daninhas.

O herbicida sulfentrazone apresentou maior fitotoxicidade nas cultivares de soja em todas as épocas de aplicação, comparativamente aos demais tratamentos herbicidas e as testemunhas (Tabela 3). Os sintomas de fitotoxicidade de sulfentrazone entre as duas cultivares diferiram em todas as avaliações, com exceção aos 7 DAE, sendo os sintomas observados em maior intensidade na cultivar Coodetec STS 249 RR, em comparação a Nidera 5909 RR.

O herbicida sulfentrazone pertence ao grupo químico das ariltiazolinonas, apresentando como mecanismo de ação a inibição da enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX) (ROMAN et al., 2007; SILVA; SILVA, 2007). Com a inibição da PROTOX ocorre acúmulo de protoporfirina IX fora dos plastídios, a qual é um dos precursores da clorofila (SILVA; SILVA, 2007). A protoporfirina IX interage com o oxigênio e a luz, formando oxigênio singlete (¹O₂), desencadeando assim o processo de peroxidação dos lipídios da plasmalema (ROMAN et al., 2007; SILVA; SILVA,

2007), causando desta forma os sintomas visuais de fitotoxicidade observados nas plantas.

Quando o herbicida sulfentrazone é aplicado em pré emergência, as plantas ao emergirem entram em contato com o mesmo, tendo assim seus tecidos danificados. Em aplicações em pós emergência sintomas visuais causados pela aplicação deste herbicida podem ser observados após 4-6 horas de luz solar, sendo os primeiros sintomas manchas verde escuras, com aspecto de encharcamento (SILVA; SILVA, 2007). O rápido acúmulo de protoporfirina IX ocorre devido ao descontrole da rota metabólica da sua síntese, devido à inibição da síntese do grupo heme, o qual controla a produção do ácido aminolevulínico (ROMAN et al., 2007; SILVA; SILVA, 2007).

A seletividade da sulfentrazone está altamente relacionada com a rápida capacidade de metabolização da molécula herbicida pelas plantas das cultivares de soja (ARRUDA et al., 1999). Desta forma, possivelmente a cultivar Coodetec STS 249 RR apresenta menor velocidade de metabolização do herbicida sulfentrazone, em relação a Nidera 5909 RR, e assim acaba apresentado maior fitotoxicidade por este herbicida.

O herbicida sulfentrazone apresenta ação residual no solo que pode causar efeitos negativos no desenvolvimento de culturas cultivadas em sucessão a sua aplicação, como é o caso da aveia, trigo e do milheto (BLANCO; VELINI, 2005). A semeadura da cultura do milho em reduzido intervalo de tempo após a aplicação do herbicida sulfentrazone acarreta danos extremamente graves de fitointoxicação à mesma (ARTUZI; CONTIERO, 2006).

Independentemente da precipitação pluviométrica, sulfentrazone apresenta baixa mobilidade no solo, permanecendo desta forma na camada superficial do mesmo (BACHEGA et al, 2009), podendo persistir em Latossolo Vermelho-Escuro eutrófico, por até 376 dias após a sua aplicação, quando aplicado na dose de 0,6 Kg ha⁻¹ (BLANCO; VELINI, 2005). O efeito residual da sulfentrazone em solo Latossolo Vermelho Distroférrico pode causar redução superior a 30% na área foliar de *Cucumis sativus*, aos 210 DAE (MONQUERO et al., 2010).

Tabela 3. Fitotoxicidade de duas cultivares de soja aos 7, 14, 21, 28 e 80 DAE, em função da aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPEl, Capão do Leão, 2013/14.

Tratamento	Fitotoxicidade (%)									
	07 DAE ¹		14 DAE		21 DAE		28 DAE		80 DAE	
	CD ²	NA ³	CD	NA	CD	NA	CD	NA	CD	NA
Testemunha limpa	0,0 c ^{ns4}	0,0 d	0,0 c ^{ns}	0,0 c	0,0 c ^{ns}	0,0 d	0,0 c ^{ns}	0,0 c	0,0 b ^{ns}	0,0 a
Testemunha infestada	0,0 c ^{ns}	0,0 d	0,0 c ^{ns}	0,0 c	0,0 c ^{ns}	0,0 d	0,0 c ^{ns}	0,0 c	0,0 b ^{ns}	0,0 a
S-metolaclo-ro	9,3 b ^{ns}	10,5 b	5,3 b ^{ns}	5,8 b	2,8 c*	0,8 d	0,5 c ^{ns}	0,0 c	0,0 b ^{ns}	0,0 a
Diclosulam	3,8 c ^{ns}	3,8 c	5,5 b ^{ns}	5,5 b	10,0 b*	6,8 b	13,3 b*	6,5 b	4,3 b ^{ns}	1,3 a
Metribuzin	11,0 b ^{ns}	8,5 b	5,5 b ^{ns}	5,3 b	3,5 c ^{ns}	3,5 c	1,5 c ^{ns}	0,0 c	0,0 b ^{ns}	0,0 a
Sulfentrazone	25,5 a ^{ns}	16,3 a	62,5 a*	22,0 a	40,5 a*	28,5 a	21,0 a*	12,5 a	35,8 a*	3,3 a
CV (%)	35,74	22,33	25,50	18,17	31,98	31,28	37,57	31,45	45,20	343,70

¹Dias após a emergência das plantas de soja; ²Cultivar Coodetec STS 249 RR; ³Cultivar Nidera 5909 RR; ⁴Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, comparam herbicidas dentro de cultivar pelo teste de Duncan (p≤0,05), e * (significativo) ou ^{ns} (não significativo) na linha comparam efeito de cultivares dentro de herbicidas pelo teste t (p≤0,05).

O herbicida sulfentrazone apresenta maior atividade em solos com textura mais argilosa, ou que contenham elevados teores de matéria orgânica, em relação aos demais tipos (REDDY; LOCKE, 1998), sendo sorvido com elevada eficiência e desorvido lentamente (DAN et al., 2011). Desta forma, sendo sulfentrazone absorvida da solução do solo pelas raízes da planta, possivelmente a ocorrência de chuvas e a degradação da sua molécula por microorganismos pode propiciar contínua disponibilidade da sua molécula no solo, podendo causar desta forma elevada fitotoxicidade as culturas por longo período de tempo, principalmente aquelas com maior susceptibilidade a este herbicida, como é o caso da cultivar Coodetec STS 249 RR (Tabela 3).

A aplicação do herbicida diclosulam causou a menor fitotoxicidade para ambas as cultivares, aos 7 DAE (Tabela 3). Para as duas cultivares de soja, aos 14 DAE todos os herbicidas, com exceção de sulfentrazone causaram em média 5% de fitotoxicidade, sendo que estes não diferiram entre si. A aplicação dos herbicidas s-metolaclo e metribuzin causaram baixos sintomas de fitotoxicidade nas plantas aos 21 e 28 DAE, aonde estes não diferiram da observada nas testemunhas. Aos 80 DAE, todos os herbicidas, com exceção de sulfentrazone na cultivar Coodetec STS 249 RR, causaram baixos sintomas de fitotoxicidade.

Ocorreu diferença significativa entre os valores de fitotoxicidade das duas cultivares de soja aos 21 DAE e 28 DAE, onde foi realizada aplicação do herbicida diclosulam, sendo os sintomas observados em maior intensidade na cultivar Coodetec STS 249 RR, em comparação a Nidera 5909 RR (Tabela 3). Aos 21 DAE, também se verificou diferença significativa entre os valores de fitotoxicidade das duas cultivares de soja onde foi realizada aplicação do herbicida s-metolaclo, sendo a maior fitotoxicidade observada na cultivar Coodetec STS 249 RR, em comparação a Nidera 5909 RR.

Os maiores valores de controle de *Raphanus* spp. aos 7 DAE, 14 DAE e 21 DAE, foram obtidos com a aplicação de diclosulam e metribuzin, e sulfentrazone apenas na primeira avaliação, sendo que, em todas estas, o controle ocasionado por estes herbicidas não diferiu da testemunha limpa (Tabela 4). Na avaliação de controle de *Raphanus* spp. aos 28 DAE, apenas diclosulam causou elevado controle desta planta daninha, não diferindo da testemunha limpa. Entre todos os herbicidas avaliados, s-metolaclo foi o que controlou com menor eficiência *Raphanus* spp., em todas as avaliações.

Tabela 4. Controle de *Raphanus* spp. aos 7, 14, 21 e 28 DAE, em função da aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2013/14.

Tratamento	Controle de <i>Raphanus</i> spp. (%)			
	07 DAE ¹	14 DAE	21 DAE	28 DAE
Testemunha limpa	100,0 a ²	100,0 a	100,0 a	100,0 a
Testemunha infestada	0,0 c	0,0 d	0,0 d	0,0 c
S-metolaclo-ro	18,3 b	38,5 c	25,4 c	13,3 c
Diclosulam	84,9 a	98,8 a	98,8 a	99,0 a
Metribuzin	94,1 a	94,9 ab	93,8 a	45,0 b
Sulfentra-zona	95,6 a	88,4 b	85,9 b	47,0 b
CV (%)	22,09	12,88	10,70	32,25

¹Dias após a emergência das plantas de soja; ²Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$).

Na última avaliação (80 DAE) de controle de *Raphanus* spp., a utilização dos herbicidas diclosulam e metribuzin proporcionaram melhor controle desta espécie nas duas cultivares, sendo que, o controle causado por estes herbicidas não diferiu da testemunha limpa (Tabela 5). Avaliando o controle de plantas daninhas em vários locais do Brasil, foi verificado que a aplicação de diclosulam na dose de 25 g ha⁻¹ causa controle de *Raphanus raphanistrum* superior a 90% (LOPES OVEJERO et al., 2013).

O herbicida diclosulam pertence ao grupo químico das triazolpirimidinas sulfonamidas, controlando as plantas susceptíveis ao mesmo através da inibição da enzima acetolactato sintase (ALS) (ROMAN et al., 2007; RODRIGUES; ALMEIDA, 1998). A ALS é responsável por catalisar a condensação de duas moléculas de piruvato em acetolactato, sendo este convertido em valina e leucina, além de também ser responsável por catalisar a produção de isoleucina, através de acetoidroxibutirato (SINGH; SHANER, 1995). Os aminoácidos valina, leucina e isoleucina são essenciais para o desenvolvimento da planta (DAN et al., 2012a), sendo que, a redução da biossíntese destes, pode causar a paralisação do crescimento apical das plantas que apresentem alta sensibilidade aos inibidores da ALS (TAN et al. 2006).

Para a cultivar Coodetec STS 249 RR, o menor controle de *Raphanus* spp. aos 80 DAE foi verificado onde foi realizada aplicação de sulfentra-zona e a testemunha infestada, não sendo observada diferença significativa (Tabela 5). Entre os herbicidas utilizados na cultivar Nidera 5909 RR, o menor controle de *Raphanus* spp. aos 80 DAE foi ocasionado por s-metolaclo-ro e sulfentra-zona.

Tabela 5. Controle de *Raphanus* spp. aos 80 dias após a emergência da cultura, em duas cultivares de soja, em função da aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPeL, Capão do Leão, 2013/14.

Tratamento	Controle de <i>Raphanus</i> spp. (%)	
	CD STS 249 RR	NA 5909 RR
Testemunha limpa	100,0 a ^{ns1}	100,0 a
Testemunha infestada	0,0 c ^{ns}	0,0 c
S-metolaclo-ro	27,5 b ^{ns}	28,8 b
Diclosulam	99,0 a ^{ns}	99,0 a
Metribuzin	96,0 a ^{ns}	97,8 a
Sulfentra-zona	5,0 c*	40,0 b
CV (%)	9,27	13,18

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna comparam herbicidas dentro de cultivar (Duncan $p \leq 0,05$), e * (significativo) ou ^{ns} (não significativo) na linha comparam efeito de cultivares dentro de herbicidas (T $p \leq 0,05$).

Avaliando o efeito das condições climáticas no controle de *Raphanus raphanistrum* na cultura do trigo, com aplicação de diferentes herbicidas, foi verificado que, entre todos os herbicidas avaliados, o maior controle desta planta daninha foi obtido com o uso de metribuzin, sendo este também pouco influenciado pelas condições climáticas (PENCKOWSKI et al., 2003).

O herbicida metribuzin pertence ao grupo químico das triazinonas, controlando as plantas susceptíveis ao mesmo através da interrupção do fluxo de elétrons entre os fotossistemas (ROMAN et al., 2007; SILVA; SILVA, 2007). Com a interrupção do fluxo de elétrons entre os fotossistemas II e I, a planta é levada a morte, pois, ocorre redução na produção de energia nas plantas, resultando assim, em menor síntese de açúcares, carboidratos e outros compostos (ROMAN et al., 2007).

Ocorreu diferença entre o controle de *Raphanus* spp. das duas cultivares de soja aos 80 DAE, onde se realizou aplicação de sulfentra-zona, sendo o valor observado na cultivar Nidera 5909 RR oito vezes superior em comparação à Coodetec STS 249 RR (Tabela 5). Possivelmente a elevada fitotoxicidade imposta pela sulfentra-zona a cultivar de soja Coodetec STS 249 RR, foi um dos fatores que causou este controle extremamente baixo de *Raphanus* spp. aos 80 DAE, pois, devido ao estresse causado pela aplicação deste herbicida, as plantas de soja desta cultivar tiveram seu crescimento retardado, resultando em maior período de tempo para que ocorresse o fechamento das entre-linhas da soja. Assim, em virtude do banco de sementes de

plantas daninhas existente na área, ocorreu emergência de novas plântulas desta espécie de planta daninha no local, ocorrendo desta forma reinfestação da mesma.

Na avaliação de controle de *Bidens* spp. aos 21 DAE das plantas de soja, o maior controle desta planta daninha foi verificado onde se realizou aplicação dos herbicidas diclosulam e sulfentrazone, sendo que, estes não diferiram da testemunha limpa (Tabela 6). Nesta mesma avaliação, a aplicação de s-metolaclo-ro causou a menor porcentagem de controle de *Bidens* spp..

A aplicação de sulfentrazone na dose de 0,5 Kg i.a ha⁻¹ causou controle de 100% de biótipos de *Bidens pilosa* e *Bidens subalternans* resistentes a ALS, aos 28 DAT (NICOLAI et al., 2006). Ainda, a aplicação de sulfentrazone na dose de 0,6 Kg i.a ha⁻¹ também proporciona controle de 100% de *Bidens subalternans* resistente a ALS (GAZZIERO et al., 2003).

Tabela 6. Controle de *Bidens* spp. aos 21 dias após a emergência das plantas de soja, em função da aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2013/14.

Tratamento	Controle de <i>Bidens</i> spp.
	21 DAE ¹
Testemunha limpa	100,0 a ²
Testemunha infestada	0,0 d
S-metolaclo-ro	28,4 c
Diclosulam	99,0 a
Metribuzin	94,8 b
Sulfentrazone	98,3 ab
CV (%)	5,64

¹Dias após a emergência das plantas de soja; ²Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan (p≤0,05).

Nas duas cultivares estudadas, o maior controle de *Bidens* spp. aos 28 DAE, foi verificado onde se realizou aplicação dos herbicidas diclosulam e sulfentrazone (Tabela 7). A aplicação de diclosulam causou as maiores porcentagens de controle de *Bidens* spp. aos 80 DAE, para as duas cultivares, assim como metribuzin, apenas para Nidera 5909 RR. A aplicação de diclosulam, na dose de 25 g i.a ha⁻¹ proporciona controle de 99% das plantas de *Bidens pilosa*, aos 28 dias após a aplicação (LOPES OVEJERO et al., 2013).

Entre os herbicidas avaliados, o uso de s-metolaclo-ro causou menor controle de *Bidens* spp. aos 28 e 80 DAE, nas duas cultivares, apresentando valor abaixo de

9%, na última avaliação (Tabela 7). A baixa porcentagem de controle de *Bidens* spp., devido a aplicação de s-metolaclo-ro deve-se ao fato de que este herbicida exerce pouco ou nenhum controle sobre as dicotiledôneas (ROMAN et al., 2007; SILVA; SILVA, 2007). Quando aplicado em pré emergência, s-metolaclo-ro apresenta alta eficiência no controle de plantas daninhas monocotiledôneas (ROMAN et al., 2007; SILVA; SILVA, 2007).

Tabela 7. Controle de *Bidens* spp. aos 28 e 80 DAE, em duas cultivares de soja, em função da aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.

Tratamento	Controle de <i>Bidens</i> spp. (%)			
	28 DAE ¹		80 DAE	
	CD STS 249 RR	NA 5909 RR	CD STS 249 RR	NA 5909 RR
Testemunha limpa	100,0 a ^{ns2}	100,0 a	100,0 a ^{ns}	100,0 a
Testemunha infestada	0,0 d ^{ns}	0,0 d	0,0 e ^{ns}	0,0 c
S-metolaclo-ro	18,5 c ^{ns}	14,3 c	8,8 d ^{ns}	8,8 c
Diclosulam	99,0 a ^{ns}	99,0 a	97,8 a ^{ns}	98,0 a
Metribuzin	75,0 b*	46,8 b	88,5 b*	98,8 a
Sulfentrazone	98,3 a ^{ns}	92,7 a	16,8 c ^{ns}	30,0 b
CV (%)	8,77	12,86	8,94	10,25

¹Dias após a emergência das plantas de soja; ²Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna comparam herbicidas dentro de cultivar pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$) e, * (significativo) ou ^{ns} (não significativo) na linha comparam efeito de cultivares dentro de herbicidas pelo teste t ($p \leq 0,05$).

As maiores porcentagens de controle de *Ipomoea* spp. aos 21, 28 e 80 DAE foram verificados onde se realizou a aplicação dos herbicidas diclosulam e sulfentrazone, sendo que estes não diferiram da testemunha limpa (Tabela 8). O herbicida s-metolaclo-ro foi o que causou o menor controle de *Ipomoea* spp. nas três avaliações realizadas.

A aplicação de sulfentrazone na dose de 600 g ha⁻¹ proporciona controle de *Ipomoea* spp. próximo a 100% aos 15, 30, 45 e 90 DAE (CAMPOS et al., 2009). Avaliando o controle de *Ipomoea grandifolia*, em função da aplicação de sulfentrazone, foi verificado que a utilização deste herbicida conferiu controle desta planta daninha superior a 90% aos 90 e 120 DAT (AZANIA et al., 2009). Já, testando a susceptibilidade de espécies de plantas daninhas da família convolvulaceae (*Ipomoea quamoclit*, *Ipomoea triloba* e *Merremia cissoides*) ao herbicida sulfentrazone, foi verificado

que a aplicação deste herbicida proporcionou controle destas espécies acima de 70%, aos 30 DAT e 45 DAT (CAMPOS et al., 2009).

Tabela 8. Controle de *Ipomoea* spp. aos 21, 28 e 80 dias após a emergência das plantas de soja, em função da utilização de diferentes herbicidas. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2013/14.

Tratamento	Controle de <i>Ipomoea</i> spp. (%)		
	21 DAT ¹	28 DAT	80 DAT
Testemunha limpa	100,0 a ²	100,0 a	100,0 a
Testemunha infestada	0,0 d	0,0 d	0,0 d
S-metolaclopro	21,0 c	15,7 c	22,1 c
Diclosulam	99,0 a	98,5 a	93,9 a
Metribuzin	87,6 b	45,1 b	55,3 b
Sulfentrazone	99,0 a	98,9 a	93,3 a
CV (%)	8,04	14,62	15,02

¹Dias após a emergência das plantas de soja; ²Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan (p≤0,05).

O herbicida sulfentrazone apresenta baixa mobilidade no solo (CAMPOS et al., 2009; BACHEGA et al., 2009), apresentando na maioria das vezes longa atividade residual neste (BLANCO; VELINI, 2005), sendo esta relacionada com a alta sorção e baixa dessorção e mineralização do mesmo (REDDY; LOCKE, 1998). Desta forma, estas características, aliadas ao fato de que a absorção dos herbicidas pré emergentes ocorre principalmente pelo sistema radicular, pode conferir elevado período de controle de espécies de plantas daninhas, em função da aplicação de sulfentrazone.

O controle de *Ipomoea grandifolia* através da aplicação de diclosulam, a partir da dose de 21,8 g i.a. ha⁻¹, proporciona elevada porcentagem de controle desta espécie de planta daninha (CARBONARI et al., 2008). Avaliando o efeito de diferentes composições químicas de resíduos vegetais e o efeito do envelhecimento destes, na eficiência da aplicação de diclosulam, sobre o controle de *Ipomoea grandifolia*, foi verificado que o controle desta planta daninha com este herbicida, não foi afetado em função do envelhecimento das coberturas vegetais utilizadas (CORREIA et al., 2007).

A aplicação do herbicida sulfentrazone reduziu a estatura das plantas de soja da cultivar Coodetec STS 249 RR em 38% comparativamente a testemunha limpa (Tabela 9). De modo similar, foi verificado que a aplicação de sulfentrazone na dose

de 1200 g ha⁻¹ acarreta redução na estatura das plantas de genótipos de soja (BARROS et al., 2005). Esta drástica redução na estatura das plantas da cultivar Coodetec STS 249 RR, em virtude da aplicação de sulfentrazone, pode ocorrer como consequência da elevada fitotoxicidade imposta pelo herbicida a cultivar (Tabela 3).

Tabela 9. Estatura de plantas de duas cultivares de soja, em função da aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPEL, Capão do Leão, 2013/14.

Tratamento	Estatura de plantas (cm)	
	CD STS 249 RR	NA 5909 RR
Testemunha limpa	79,4 a ^{ns1}	68,7 a
Testemunha infestada	71,1 ab ^{ns}	74,8 a
S-metolaclopro	59,7 bc ^{ns}	79,1 a
Diclosulam	70,7 ab ^{ns}	75,7 a
Metribuzin	73,8 ab ^{ns}	78,2 a
Sulfentrazone	49,2 c*	74,5 a
CV (%)	17,83	13,54

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, comparam herbicidas dentro de cada cultivar pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$), e médias seguidas por * (significativo) ou ^{ns} (não significativo), na linha, comparam efeito de cultivares dentro de cada herbicida pelo teste t ($p \leq 0,05$).

Verificou-se diferença na estatura de plantas das cultivares estudadas, onde se realizou aplicação de sulfentrazone, tendo a cultivar Coodetec STS 249 RR apresentado estatura 34% inferior em relação a verificada na cultivar Nidera 5909 RR (Tabela 9). Não se observou diferença entre a estatura das plantas de soja da cultivar Nidera 5909 RR em função dos diferentes tratamentos.

Não ocorreu diferença na massa de mil sementes em função dos diferentes tratamentos utilizados (Tabela 10).

Tabela 10. Massa de mil sementes de soja, em função da aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPEL, Capão do Leão, 2013/14.

Tratamento	Massa de mil sementes (g)
Testemunha limpa	173,6 ^{ns}
Testemunha infestada	150,8
S-metolaclopro	162,9
Diclosulam	160,6
Metribuzin	161,7
Sulfentrazone	150,6
CV (%)	14,32

^{ns} Não significativo pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$).

A cultivar Nidera 5909 RR apresentou maior número de vagens e sementes por planta em relação a cultivar Coodetec STS 249 RR, porém, esta última produziu massa de mil sementes 31% superior em relação a primeira (Tabela 11). Na produção de diferentes cultivares de soja é comum observar diferenças significativas entre estas, nas variáveis que compõem a produtividade, como estatura de plantas, número de nós por planta e número de grãos por vagem (CORREIA; DURIGAN, 2007).

Tabela 11. Número de vagens por planta, sementes por planta e massa de mil sementes de duas cultivares de soja. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2013/14.

Cultivar	Vagens planta ⁻¹	Sementes planta ⁻¹	Massa de mil (g)
CD STS 249 RR	35,3 b ¹	66,0 b	181,7 a
NA 5909 RR	50,0 a	113,7 a	138,9 b
CV (%)	21,06	12,07	5,45

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste t (p≤0,05).

Todos os herbicidas utilizados na cultivar Coodetec STS 249 RR reduziram a produtividade da mesma, em relação a testemunha limpa, sendo que, a aplicação de sulfentrazone nesta cultivar causou redução na produtividade superior a 67%, em relação a testemunha limpa (Tabela 12). A elevada redução da produtividade da cultivar Coodetec STS 249 RR, verificada onde se realizou aplicação de sulfentrazone, possivelmente ocorreu como consequência do elevado grau de fitotoxicidade causado por este herbicida as plantas desta cultivar (Tabela 3).

A estatura das plantas apresenta relação com a habilidade competitiva das mesmas (BIANCHI et al., 2011; FLECK et al., 2006), pois, plantas com maior estatura, apresentam maior competitividade sob interferência de plantas daninhas, devido a vantagem que apresentam na captação de radiação solar em relação as plantas daninhas com estatura inferior (FLECK et al., 2006). Sendo assim, a redução da produtividade da cultivar Coodetec STS 249 RR, onde foi realizada aplicação de sulfentrazone, também pode estar relacionada com o efeito negativo que este herbicida causou na estatura das plantas desta cultivar, reduzindo desta forma a habilidade competitiva destas, com plantas daninhas presentes na área.

Tabela 12. Produtividade de duas cultivares de soja, em função da aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2013/14.

Tratamento	Produtividade (Kg ha ⁻¹)	
	CD STS 249 RR	NA 5909 RR
Testemunha limpa	4228 a*	3805 a
Testemunha infestada	2718 b*	1998 c
S-metolaclo-ro	3459 b ^{ns}	2723 b
Diclosulam	3192 b ^{ns}	3352 a
Metribuzin	2708 b ^{ns}	2725 b
Sulfentra-zona	1380 c*	3495 a
CV (%)	15,91	10,50

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, comparam herbicidas dentro de cada cultivar pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$), e médias seguidas por * (significativo) ou ^{ns} (não significativo), na linha, comparam efeito de cultivares dentro de cada herbicida pelo teste t ($p \leq 0,05$).

Entre as três plantas daninhas avaliadas, a aplicação do herbicida sulfentra-zona apresentou controle satisfatório apenas para uma das espécies (*Ipomoea* spp.) (Tabela 8). Desta forma, os baixos índices de controle das espécies *Raphanus* spp. e *Bidens* spp. possivelmente também contribuíram para a redução da produtividade da cultivar Coodetec STS 249 RR, onde se realizou aplicação de sulfentra-zona, devido ao fato destas plantas daninhas apresentarem-se na área por longo período de tempo, competindo por recursos do meio com as plantas desta cultivar.

Na cultivar Nidera 5909 RR a produtividade alcançada com a utilização dos herbicidas diclosulam e sulfentra-zona, não diferiu da testemunha limpa (Tabela 12). A interferência causada pelas plantas daninhas (testemunha infestada) as plantas da cultivar Nidera 5909 RR causou redução superior a 47% na produtividade da mesma, em relação a testemunha limpa, sendo que, entre todos os tratamentos avaliados, este foi o que causou a maior redução da produtividade desta cultivar. A utilização dos herbicidas s-metolaclo-ro e metribuzin reduziu a produtividade da cultivar Nidera 5909 RR, em relação a testemunha limpa.

A ocorrência de plantas daninhas nas áreas reduz a formação de trifólios e matéria seca das plantas cultivadas, sendo que, altas densidades populacionais de plantas daninhas afetam o número de vagens por planta, a massa dos grãos e a produtividade da cultura, sendo estas variáveis afetadas de acordo com o período em que a cultura esteve sob convivência com as plantas daninhas (PITTELKOW et al., 2009).

O cultivo da soja sob interferência de nabo até os 60 primeiros dias do ciclo da cultura reduz a estatura, área foliar e matéria seca da parte aérea das plantas de soja, além de diminuir a emissão e crescimento dos ramos, e a produtividade de grãos desta espécie (FLECK et al., 2006). Desta forma, a redução da produtividade verificada na testemunha infestada (Tabela 12), principalmente na cultivar Nidera 5909 RR deve-se a interferência causada pelas plantas daninhas nas plantas de soja, durante todo o ciclo da cultura, aonde possivelmente devido a competição com as plantas de soja, pelos recursos do meio, estas podem ter causado redução da área foliar das plantas, afetando assim a capacidade fotossintética da cultura, e consequentemente a produção de fotoassimilados necessários para o normal crescimento e desenvolvimento das plantas.

Ocorreu diferença entre os valores de produtividade das duas cultivares nos tratamentos testemunha limpa, testemunha infestada e onde se realizou aplicação de sulfentrazone, tendo a cultivar Coodetec STS 249 RR apresentado maior produtividade em relação a Nidera 5909 RR, em ambas as testemunhas, e para o tratamento sulfentrazone, a maior produtividade foi verificada na cultivar Nidera 5909 RR, em relação a Coodetec STS 249 RR (Tabela 12). Sob a mesma interferência populacional de plantas daninhas (testemunha infestada), a cultivar Coodetec STS 249 RR apresentou produtividade 26% superior em relação a cultivar Nidera 5909 RR.

Buscando identificar características morfológicas em plantas de soja que proporcionem maior habilidade competitiva a estas, perante plantas concorrentes, foi verificado que as plantas de soja que apresentam maior matéria seca no caule aos 45 DAE, e maior matéria seca na parte aérea aos 60 DAE, possuem habilidade competitiva superior em relação ao nabo forrageiro (BIANCHI et al., 2006). Estes mesmos autores também observaram que a estatura das plantas, além do número e comprimento de ramos proporcionam maior habilidade competitiva as plantas de soja contra plantas daninhas. Desta forma, a maior produtividade observada na cultivar Coodetec STS 249 RR, perante Nidera 5909 RR, quando estas estiveram em competição com as plantas daninhas, possivelmente deve-se ao fato da primeira apresentar características genéticas que lhe conferem maior habilidade competitiva em relação a segunda, sob interferência das plantas daninhas.

A aplicação do herbicida sulfentrazone afetou a produtividade da cultivar Coodetec STS 249 RR, reduzindo a mesma em mais de 60%, em relação a cultivar

Nidera 5909 RR (Tabela 12). A elevada redução da produtividade na cultivar Coodetec STS 249 RR, em virtude da aplicação de sulfentrazone, possivelmente ocorreu em consequência da redução do aparato fotossintético em estádios de desenvolvimento importantes para as plantas, como expansão e formação de vagens e início do desenvolvimento das sementes (ARRUDA et al., 1999), possivelmente estando esta relacionada com o elevado grau de fitotoxicidade causado por este herbicida a esta cultivar (Tabela 3).

Entre todos os herbicidas pré emergentes avaliados, sulfentrazone foi o que causou as maiores porcentagens de fitotoxicidade as plantas de soja, especialmente nas cultivar Coodetec STS 249 RR, sendo que, possivelmente devido a fitotoxicidade causada por este, as plantas desta cultivar tiveram seu potencial produtivo reduzido, perante os demais herbicidas (Tabela 12). Verificou-se que sulfentrazone causou elevada porcentagem de controle das três espécies de plantas daninhas avaliadas, até os 28 DAE (Tabelas 4, 5, 6, 7 e 8), porém, na última avaliação, este herbicida exerceu controle satisfatório apenas de *Ipomoea* spp..

Para o experimento dos pós emergentes verificou-se interação entre os fatores apenas para a variável fitotoxicidade aos 7, 14 e 21 DAT. Para estatura de plantas, número de vagens planta⁻¹, massa de mil sementes, produtividade, fitotoxicidade aos 28 e 86 DAT, controle de *Raphanus* spp., *Bidens* spp. e *Ipomea* spp. aos 7, 14, 21, 28 e 86 DAT, verificou-se efeito de herbicidas. Efeito de cultivar foi observado neste experimento para número de vagens por planta, número de sementes por planta e massa de mil sementes.

A aplicação de carfentrazone etílica causou as maiores porcentagens de fitotoxicidade em ambas as cultivares, aos 7, 14 e 21 DAT, comparativamente aos demais tratamentos (Tabela 13). A aplicação de carfentrazone etílica em soja, quando as plantas não se encontram sob estresse hídrico pode causar redução superior a 26% na área foliar das plantas (ROMAN et al., 2005), sendo que a aplicação deste herbicida, na dose de 22 g ha⁻¹ causa fitotoxicidade superior a 30% nas plantas de soja (BUZZELLO, 2010). Avaliando a seletividade de cultivares de milho ao herbicida carfentrazone etílica, foi verificado que a aplicação deste, na dose de 12,5 g ha⁻¹ causa fitotoxicidade de 20% nas plantas desta espécie (KARAM et al., 2004).

O herbicida carfentrazone etílica pertence ao grupo químico das aril triazolinonas, apresentando mecanismo de ação da inibição da enzima

protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), a qual é responsável por uma das etapas da síntese da clorofila (CHRISTOFFOLETI et al., 2006; WERLANG; SILVA, 2002). Com a inibição da PROTOX ocorre formação de oxigênio singlete, ocorrendo a morte das células da planta, devido a ruptura das membranas celulares e a peroxidação lipídica (CHRISTOFFOLETI et al., 2006).

Após carfentrazone etílica, a maior porcentagem de fitotoxicidade as plantas foi causada pelo herbicida clorimuron etílico, em ambas as cultivares, aos 07 DAT, e apenas na cultivar Coodetec STS 249 RR, aos 14 e 21 DAT (Tabela 13). Avaliando a seletividade de diferentes herbicidas pós emergentes sobre a cultura da soja, foi verificado que a aplicação de clorimuron etílico na dose de 20 g i.a ha⁻¹ causa fitotoxicidade de 12,5% nas plantas na fase inicial de desenvolvimento da cultura, sendo reduzido com o desenvolvimento das plantas (CORREIA et al., 2008). Avaliando o efeito residual dos herbicidas no solo, foi verificado que a realização da semeadura da cultura do milho no mesmo dia da aplicação do herbicida clorimuron etílico causa forte amarelecimento nas plantas desta espécie (ARTUZI; CONTIERO, 2006).

Para a cultivar Nidera 5909 RR, após carfentrazone etílica os maiores sintomas de fitotoxicidade aos 14 e 21 DAT foram causados pelo herbicida imazetapir, sendo que, aos 21 DAT, os sintomas observados por este herbicida não diferiram dos valores das testemunhas (Tabela 13). Avaliando o controle de plantas daninhas em função da aplicação de diferentes herbicidas na soja, foi verificado que, entre os herbicidas avaliados, os maiores sintomas de fitotoxicidade, nos estádios iniciais de desenvolvimento, foram causados pela aplicação de imazetapir (BOHM et al., 2011). A aplicação de imazetapir na dose de 100 g i.a ha⁻¹ causa fitointoxicação de 17%, aos 03 DAT, sendo que, aos 14 DAT a fitotoxicidade causada por este herbicida é similar a observada na testemunha sem aplicação (CORREIA et al., 2008).

Tabela 13. Fitotoxicidade de duas cultivares de soja aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPEL, Capão do Leão, 2013/14.

Tratamento	Fitotoxicidade (%)							
	7 DAT ¹		14 DAT		21 DAT			
	CD 249 RR STS	NA 5909 RR	CD 249 RR STS	NA 5909 RR	CD 249 RR STS	NA 5909 RR		
Testemunha limpa	0,0 c ^{ns2}	0,0 d	0,0 d ^{ns}	0,0 c	0,0 d ^{ns}	0,0 d ^{ns}	0,0 b	0,0 b
Testemunha infestada	0,0 c ^{ns}	0,0 d	0,0 d ^{ns}	0,0 c	0,0 d ^{ns}	0,0 d ^{ns}	0,0 b	0,0 b
Clorimuron etílico	30,5 b*	16,0 b	23,5 b*	10,0 bc	8,0 b ^{ns}	5,5 b	5,5 b	5,5 b
Imazetapir	9,5 c ^{ns}	8,5 c	4,3 cd ^{ns}	13,3 b	3,5 c ^{ns}	7,8 b	7,8 b	7,8 b
Bentazona	6,0 c ^{ns}	5,5 cd	8,8 c ^{ns}	6,8 bc	5,3 bc ^{ns}	4,0 b	4,0 b	4,0 b
Carfentrazona etílica	56,3 a ^{ns}	53,8 a	54,0 a ^{ns}	58,5 a	46,3 a*	58,5 a	58,5 a	58,5 a
CV (%)	35,76	24,60	23,82	42,71	18,57	41,01	41,01	41,01

¹Dias após a aplicação; ²Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna comparam herbicidas dentro de cada cultivar pelo teste de Duncan (p≤0,05), e * (significativo) ou ^{ns} (não significativo) comparam efeito de cultivares dentro de herbicidas pelo teste t (p≤0,05).

Ocorreu diferença entre os valores de fitotoxicidade das duas cultivares de soja, aos 7 e 14 DAT, onde se realizou aplicação de clorimuron etílico, sendo que nestas duas avaliações, os maiores sintomas foram observados na cultivar Coodetec STS 249 RR, em comparação a Nidera 5909 RR (Tabela 13). A cultivar Coodetec STS 249 RR é tolerante ao grupo químico das sulfonilureias (COODETEC, 2015), ao qual o herbicida clorimuron etílico pertence, e desta forma, deveria apresentar maior seletividade a este herbicida em relação a cultivar Nidera 5909 RR. Porém, de acordo com os valores de fitotoxicidade observados entre as duas cultivares, verificou-se que possivelmente a cultivar Nidera 5909 RR apresenta maior capacidade de metabolização deste herbicida, em relação a cultivar Coodetec STS 249 RR, e desta forma, a primeira apresenta seletividade superior a este herbicida, em relação a segunda.

Nas duas últimas avaliações de fitotoxicidade, apenas a aplicação de carfentrazone etílica causou elevados valores para esta variável, sendo que, os sintomas de fitotoxicidade dos demais herbicidas nestas avaliações, não diferiram dos valores observados nas testemunhas, onde não se realizou aplicação de herbicida (Tabela 14).

Tabela 14. Fitotoxicidade de plantas de soja aos 28 e 86 dias após a aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2013/14.

Tratamento	Fitotoxicidade (%)	
	28 DAT ¹	86 DAT
Testemunha limpa	0,0 b ²	0,0 b
Testemunha infestada	0,0 b	0,0 b
Clorimuron etílico	3,0 b	3,0 b
Imazetapir	3,0 b	1,6 b
Bentazona	0,3 b	0,0 b
Carfentrazone etílica	45,6 a	36,9 a
CV (%)	48,79	51,20

¹Dias após a aplicação; ²Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$).

Avaliando o efeito do uso de carfentrazone etílica sobre o crescimento de plantas de soja, foi verificado que a aplicação deste causou fitotoxicidade de 30% nas plantas, aos 7 DAT (BUZZELLO, 2010), sendo que, a elevação do teor de

umidade do solo, favorece a ocorrência de maiores valores de fitotoxicidade deste herbicida nas plantas (ROMAN et al., 2005).

As maiores porcentagens de controle de *Raphanus* spp. foram verificados onde se realizou aplicação de clorimuron etílico, imazetapir e bentazona, em todas as avaliações, com exceção para imazetapir aos 7 DAT, e bentazona nas quatro primeiras avaliações, aonde, o controle proporcionado por imazetapir e bentazona diferiu do controle verificado na testemunha limpa (Tabela 15). Entre todos os herbicidas utilizados, carfentrazona etílica conferiu a menor porcentagem de controle de *Raphanus* spp., em todas as avaliações (Tabela 15).

Tabela 15. Controle de *Raphanus* spp. aos 7, 14, 21, 28 e 86 dias após a aplicação dos herbicidas. FAEM/UFPEL, Capão do Leão, 2013/14.

Tratamento	Controle de <i>Raphanus</i> spp. (%)				
	7 DAT ¹	14 DAT	21 DAT	28 DAT	86 DAT
Testemunha limpa	100,0 a ²	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
Testemunha infestada	0,0 e	0,0 d	0,0 d	0,0 d	0,0 c
Clorimuron etílico	92,3 ab	99,1 a	96,6 a	99,1 a	99,0 a
Imazetapir	88,1 b	99,1 a	98,1 a	99,1 a	99,0 a
Bentazona	70,5 c	78,9 b	74,9 b	94,3 b	98,9 a
Carfentrazona etílica	28,1 d	22,5 c	13,4 c	5,7 c	8,8 b
CV (%)	14,83	9,07	15,87	5,48	8,23

¹Dias após a aplicação; ²Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$).

Buscando encontrar alternativas para o controle de *Raphanus raphanistrum* resistente ao herbicida metsulfurom metílico, foi verificado que aplicação de clorimuron etílico causou alta porcentagem de controle da espécie suscetível a este herbicida (COSTA; RIZZARDI, 2013). A aplicação de imazetapir em soja, na dose recomendada, proporciona controle de *Raphanus raphanistrum* entre 78 e 87%, aos 8 DAT (BOHM et al., 2011).

Na avaliação de controle de *Bidens* spp. as maiores porcentagens de controle foram obtidas com clorimuron etílico, em todas as avaliações, imazetapir, nas últimas quatro avaliações, e bentazona aos 7, 14 e 28 DAT, sendo verificado controle semelhante a testemunha limpa (Tabela 16).

Tabela 16. Controle de *Bidens* spp. aos 7, 14, 21, 28 e 86 dias após a aplicação dos herbicidas. FAEM/UFPEL, Capão do Leão, 2013/14.

Tratamento	Controle de <i>Bidens</i> spp. (%)				
	7 DAT ¹	14 DAT	21 DAT	28 DAT	86 DAT
Testemunha limpa	100,0 a ²	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
Testemunha infestada	0,0 d	0,0 c	0,0 d	0,0 c	0,0 d
Clorimuron etílico	93,1 ab	97,5 a	98,1 ab	99,0 a	98,9 a
Imazetapir	84,0 b	96,6 a	96,4 ab	97,6 a	97,6 a
Bentazona	91,5 ab	96,6 a	94,0 b	96,4 a	93,1 b
Carfentrazona etílica	49,4 c	32,3 b	21,1 c	8,1 b	5,0 c
CV (%)	15,50	7,64	7,10	5,23	4,60

¹Dias após a aplicação; ²Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$).

A aplicação de clorimuron etílico na dose de 30 g i.a ha⁻¹ proporciona controle de *Bidens subalternans* próximo a 100% (GELMINI et al., 2002). Buscando selecionar produtos com diferentes mecanismos de ação para a cultura da soja, objetivando controlar *Bidens subalternans* resistente a ALS, foi verificado controle de 100% do biótipo susceptível, com a aplicação de clorimuron etílico, na dose de 20 g i.a ha⁻¹ (GAZZIERO et al., 2003). A aplicação de clorimuron etílico, na dose de 50 g i.a ha⁻¹ proporciona controle de *Bidens pilosa* e *Bidens subalternans*, suscetíveis a ALS, próximo a 100% (LÓPEZ-OVEJERO et al., 2006).

O controle de *Ipomoea* spp. causado pela aplicação de carfentrazona etílica, em todas as avaliações, com exceção aos 21 e 86 DAT, não diferiu do controle verificado na testemunha limpa, assim como, clorimuron etílico aos 21 e 28 DAT (Tabela 17). Todos os herbicidas, com exceção de bentazona, ocasionaram controle de *Ipomoea* spp. superior a 93%, ao final do período de avaliação.

A aplicação de carfentrazona etílica em doses recomendadas, causa elevados índices de controle de *Ipomoea* spp., sendo que, a utilização de doses inferiores as recomendadas, reduz drasticamente o controle destas espécies de plantas daninhas (CHRISTOFFOLETI et al., 2006). Avaliando o controle de plantas daninhas com diferentes herbicidas, foi verificado que a aplicação de carfentrazona etílica na dose de 30 g i.a ha⁻¹ proporcionou controle de *Ipomoea grandifolia* de 100%, aos 7 DAT, e de 97%, aos 14 DAT (MONQUERO et al., 2001).

Tabela 17. Controle de *Ipomoea* spp. aos 7, 14, 21, 28 e 86 dias após a aplicação dos herbicidas. FAEM/UFPeL, Capão do Leão, 2013/14.

Tratamento	Controle de <i>Ipomea</i> spp. (%)				
	7 DAT ¹	14 DAT	21 DAT	28 DAT	86 DAT
Testemunha limpa	100,0 a ²	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
Testemunha infestada	0,0 e	0,0 d	0,0 d	0,0 d	0,0 d
Clorimuron etílico	74,0 c	87,5 b	93,3 ab	96,1 ab	93,1 b
Imazetapir	55,4 d	68,4 c	76,4 c	91,0 bc	93,6 b
Bentazona	88,0 b	80,1 b	80,3 bc	87,3 c	87,0 c
Carfentrazone etílica	98,0 ab	98,5 a	74,6 c	96,1 ab	93,9 b
CV (%)	14,81	14,04	19,53	9,68	5,49

¹Dias após a aplicação; ²Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$).

A cultivar Nidera 5909 RR apresentou número de vagens por planta e número de sementes por planta superior a cultivar Coodetec STS 249 RR, porém, a última apresentou massa de mil sementes superior a primeira (Tabela 18). De acordo com resultados da avaliação de cultivares de soja, na região sul do Rio Grande do Sul, o peso de cem sementes e a estatura de plantas das cultivares de soja Coodetec STS 249 RR e Nidera 5909 RR pode variar de acordo com o local de semeadura, até dentro da mesma região (EMBRAPA, 2014).

Tabela 18. Número de vagens por planta, sementes por planta e massa de mil sementes em duas cultivares de soja. FAEM/UFPeL, Capão do Leão, 2013/14.

Cultivar	Vagens planta ⁻¹	Sementes planta ⁻¹	Massa de mil (g)
CD STS 249 RR	36,6 b ¹	70,1 b	186,1 a
NA 5909 RR	47,1 a	111,4 a	136,4 b
CV (%)	17,05	9,73	5,11

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$).

Entre todos os herbicidas aplicados em pós emergência, apenas carfentrazone etílica apresentou menores valores da estatura de plantas de soja, em relação aos demais tratamentos (Tabela 19). O número e o comprimento dos ramos e (BIANCHI et al., 2006), a estatura das plantas (BIANCHI et al., 2006; FLECK et al., 2006) são características que conferem maior competitividade as plantas de soja contra plantas daninhas. Desta forma, possivelmente a aplicação de carfentrazone etílica, pode reduzir a habilidade competitiva das plantas de soja, tornando estas mais susceptíveis aos efeitos negativos ocasionados pelas plantas daninhas.

Tabela 19. Estatura de plantas, número de vagens por planta, massa de mil sementes e produtividade de sementes de soja, em função da aplicação de diferentes herbicidas na cultura da soja. FAEM/UFPeL, Capão do Leão, 2013/14.

Tratamento	Estatura de plantas (cm)	Vagens planta ⁻¹	Massa de mil sementes (g)	Produtividade (Kg ha ⁻¹)
Testemunha limpa	74,0 a ¹	47,8 a	169,3 ^{ns}	3852 a
Testemunha infestada	73,0 a	41,8 ab	144,3	2295 c
Clorimuron etílico	66,3 a	44,1 ab	169,5	3447 ab
Imazetapir	70,7 a	47,1 a	167,4	3878 a
Bentazona	72,4 a	40,3 ab	161,4	3204 b
Carfentrazone etílica	51,7 b	34,0 b	153,2	1519 d
CV (%)	17,89	18,93	16,35	15,91

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$); ^{ns}Não significativo pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$).

O maior número de vagens por planta foi observado na testemunha limpa, assim como nas plantas onde se realizou aplicação de imazetapir, sendo que, com exceção de carfentrazone etílica, todos os outros tratamentos não diferiram da testemunha limpa (Tabela 19). A aplicação de carfentrazone etílica reduziu o número de vagens planta⁻¹ em 29% em relação a testemunha limpa. O número de vagens planta⁻¹ é o componente de produtividade mais sensível a interferência das plantas daninhas (SILVA et al., 2008d). Não se observou diferença significativa entre a massa de mil sementes de soja, em função da aplicação dos diferentes herbicidas nas plantas.

Com exceção de clorimuron etílico e imazetapir, todos os outros herbicidas, assim como a testemunha infestada, afetaram negativamente a produtividade da soja, sendo a maior redução observada onde se realizou aplicação do herbicida carfentrazone etílica (Tabela 19). A produtividade verificada nas plantas de soja onde se realizou aplicação do herbicida carfentrazone etílica foi 61% inferior à observada na testemunha limpa, e 34% inferior a produtividade verificada na testemunha infestada. Desta forma, pode-se verificar o elevado efeito negativo que o herbicida carfentrazone etílica pode ocasionar as plantas de soja, proporcionando redução na produtividade das plantas desta espécie, superior a causada pela competição das plantas daninhas durante todo o ciclo da cultura (Testemunha infestada).

Avaliando o efeito de diferentes herbicidas sobre plantas de soja, foi verificado que a convivência das plantas de soja com plantas daninhas, durante todo seu ciclo, reduz a produtividade da cultura em 20%, em comparação com a testemunha livre de plantas daninhas (BUZZELLO, 2010). Ainda, foi verificado que a interferência de plantas daninhas durante todo o ciclo da cultura da soja pode reduzir a produtividade de grãos desta espécie em 46% (NEPOMUCENO et al., 2007).

A redução da produtividade das plantas onde se realizou aplicação de carfentrazona etílica possivelmente deve-se a elevada fitotoxicidade que este herbicida causou as plantas (Tabelas 13 e 14), reduzindo o crescimento e desenvolvimento destas, afetando assim sua habilidade competitiva perante as plantas daninhas.

Entre todos os herbicidas pós emergentes avaliados, carfentrazona etílica mostrou-se como sendo o que ocasiona a maior fitotoxicidade as plantas de soja, e desta forma, reduziu os componentes da produtividade da cultura, além de exercer controle satisfatório apenas de *Ipomoea* spp..

2.4 Conclusões

Entre os herbicidas aplicados em pré emergência, sulfentrazona ocasiona a maior fitotoxicidade em ambas as cultivares estudadas, enquanto em pós emergência, carfentrazona etílica ocasiona os maiores sintomas de fitotoxicidade.

Em pré emergência os maiores controles de *Raphanus* spp. e *Bidens* spp. são obtidos com a aplicação dos herbicidas diclosulam e metribuzin e, a utilização de sulfentrazona e diclosulam proporciona os maiores controles de *Ipomoea* spp..

Com exceção de carfentrazona etílica, todos os herbicidas utilizados em pós emergência controlam com eficiência *Raphanus* spp. e *Bidens* spp., e a aplicação de clorimuron etílico, imazetapir e carfentrazona também controlam *Ipomoea* spp..

Os herbicidas pré emergentes s-metolaclo e sulfentrazona reduzem a estatura de plantas da cultivar Coodetec STS 249 RR.

O herbicida sulfentrazona aplicado em pré emergência reduz a produtividade da cultivar Coodetec STS 249 RR, enquanto carfentrazona, aplicado em pós emergência, reduz a produtividade de ambas as cultivares, comparativamente com a testemunha infestada.

3 CAPÍTULO II – Desempenho fisiológico de sementes de cultivares de soja em função da aplicação de herbicidas pré e pós emergentes

3.1 Introdução

A soja é alimento fornecedor de ácidos graxos saturados e insaturados, vitaminas e, principalmente, proteínas, apresentando composição química quase completa (ÁVILA et al., 2007). O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja em grão, ficando atrás apenas dos Estados Unidos (CONAB, 2015), com produção estimada para a safra 2014/15 de 94,5 milhões de toneladas (FIESP, 2015). A área média anual cultivada com soja no Brasil, considerando os últimos cinco anos, ultrapassou 26,1 milhões de hectares, alcançando produtividade média de $2,9 \text{ t ha}^{-1}$ (CONAB, 2014).

Para a obtenção de maiores produtividades na cultura da soja, se faz necessário adoção de técnicas adequadas de cultivo (ALBRECHT et al., 2009), entre as quais pode-se destacar semeadura em época recomendada (MEOTTI et al., 2012) e profundidade adequada (SILVA et al., 2008b). A utilização de sementes com alta qualidade (ALBRECHT et al., 2009; KOLCHINSKI et al., 2005), assim como o adequado suporte de nutrientes as plantas (GONÇALVES JÚNIOR et al., 2010) e aplicação de agrotóxicos para controlar pragas, destacando-se o uso de herbicidas para controlar plantas daninhas, são fatores que quando bem manejados também auxiliam para obtenção de produtividades maiores produtividades na cultura da soja.

O desenvolvimento da cultura pode ser afetado pela presença de plantas daninhas na área de cultivo, pois estas, competem com a cultura por recursos do meio (SILVA et al., 2008a), podendo resultar em perdas de produtividade da espécie

cultivada (SILVA et al., 2009; SILVA et al., 2008a). Estima-se que 18 milhões de toneladas de grãos de soja deixaram de ser produzidos na safra 2010 no Brasil, devido a interferência causada pelas plantas daninhas no cultivo de soja (KARAM et al., 2013).

Várias medidas práticas de controle podem ser utilizadas para reduzir a infestação de plantas daninhas nas áreas agrícolas, tendo destaque o controle químico através da utilização de herbicidas, pois, além de apresentar custo atrativo, é o método mais eficiente para o controle de plantas daninhas (AGOSTINETTO et al., 2009a). Por outro lado, a aplicação de herbicidas, mesmo em condições adequadas, pode afetar negativamente a cultura, por reduzir a emergência de plântulas (NUNES et al., 2007), causar fitotoxicidade (GALON et al., 2011), reduzir a estatura de plantas (NETO et al., 2009), a matéria seca da parte aérea (GALON et al., 2009a) e de raízes (CONSTANTIN et al., 2008), diminuir a nodulação (DVORANEN et al., 2008), reduzir a produtividade (SALGADO et al., 2007; TEIXEIRA et al., 2009), alterar o metabolismo microbiano do solo (BOHM et al., 2011) e, podendo, reduzir a qualidade fisiológica das sementes.

A qualidade fisiológica das sementes é definida pelas características de germinação e vigor das mesmas (FONSECA, 2007), sendo que, a soma dos atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários define a qualidade das sementes (PESKE et al., 2012). A semente pode ser considerada o insumo agrícola mais importante, pois, carregam as características genéticas determinantes do desempenho dos cultivares, além de contribuírem para o sucesso do estabelecimento inicial das plantas (MARCOS FILHO, 2005).

Os produtores rurais realizam aplicação de herbicidas em pré e pós emergência da cultura, e desta forma torna-se necessário evidenciar se a aplicação destas moléculas, nestas épocas apresenta capacidade de afetar negativamente a qualidade fisiológica das sementes de soja produzidas. Na literatura diversos trabalhos relatam os efeitos negativos causados pela aplicação de herbicidas na qualidade fisiológica de sementes, quando estes são aplicados em pré-colheita das sementes, objetivando a antecipação da colheita destas (CAMPOS et al., 2012; DALTRO et al., 2010; SOUZA, 2009b; MALASPINA, 2008).

Diante do exposto, a hipótese desse estudo é que os herbicidas embora seletivos à soja, quando aplicados em pré ou pós emergência da cultura, podem reduzir a qualidade fisiológica das sementes desta espécie. Assim, o objetivo desse

estudo foi avaliar a qualidade fisiológica das sementes de soja em função da aplicação de herbicidas pré e pós emergentes.

3.2 Material e Métodos

Foram conduzidos dois experimentos, conjuntamente, no Centro Agropecuário da Palma, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), município do Capão do Leão – RS, utilizando-se o delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições.

Com objetivo de controlar a vegetação presente na área, realizou-se aplicação do herbicida glifosato Atanor[®] (480 g L⁻¹) na dose de 720 g i.a. ha⁻¹ neste local, no dia 22 de dezembro de 2013. A semeadura das cultivares de soja foi realizada em sistema de semeadura direta, no dia 20 de dezembro de 2013, distribuindo 16 sementes m⁻² com semeadora dotada de 7 linhas, sendo 40 cm o espaçamento entre linhas de semeadura. A emergência das plântulas de soja ocorreu dia 27 de dezembro de 2013. A adubação de correção do solo foi realizada a lanço, de forma manual, sendo esta baseada na análise de solo da área experimental (CQFS, 2004), utilizando-se 260 Kg ha⁻¹ de adubo da fórmula 02-20-20 (N-P-K).

Os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial 2 x 6 sendo o fator A constituído por duas cultivares de soja, e o fator B, composto por quatro herbicidas pré ou pós emergentes e testemunhas infestada e limpa (Tabela 20). As cultivares de soja utilizadas nos experimentos foram Nidera 5909 RR, e Coodetec STS 249 RR, as quais apresentam hábito de crescimento indeterminado e determinado, respectivamente.

As aplicações dos herbicidas pré e pós emergentes foram realizadas nos dias 23 de dezembro de 2013 e 17 de janeiro de 2014, respectivamente. Para as aplicações dos herbicidas Classic[®] e Aurora[®] 400 EC foi adicionado óleo mineral a calda de pulverização, na dose de 0,5% v/v. Para o controle das espécies poaceas, aos 18 dias após a emergência das plântulas de soja foi realizada a aplicação do herbicida Select[®] 240 EC (240 g L⁻¹), na dose de 170 g i.a ha⁻¹, mais óleo mineral Assist[®] (756 g L⁻¹) na dose de 0,5% v/v. Para a aplicação dos herbicidas, utilizou-se pulverizador costal pressurizado a CO₂, equipado com barra contendo quatro pontas

de pulverização (XR TeeJet®) da série 110.02, calibrado com pressão de 30 psi, possibilitando a aplicação de 120 L ha⁻¹ de calda herbicida.

Tabela 20. Nome comercial, concentração, ingrediente ativo e dose dos herbicidas pré emergentes ou herbicidas pós emergentes utilizados nos tratamentos. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2013/14.

Nome comercial	Concentração	Ingrediente ativo	Dose utilizada ¹
Herbicidas pré emergentes (Experimento 1)			
Testemunha limpa	-	-	-
Testemunha infestada	-	-	-
Dual gold®	960 g L ⁻¹	S-metolaclopro	1920,0 g
Spider® 840 WG	840 g Kg ⁻¹	Diclosulam	33,6 g
Sencor® 480	480 g L ⁻¹	Metribuzin	480,0 g
Boral® 500 SC	500 g L ⁻¹	Sulfentrazone	600,0 g
Herbicidas pós emergentes (Experimento 2)			
Testemunha limpa	-	-	-
Testemunha infestada	-	-	-
Classic®	250 g Kg ⁻¹	Clorimuron etílico	20,0 g
Pivot®	10 g L ⁻¹	Imazetapir	100,0 g
Basagran® 600	600 g L ⁻¹	Bentazona	720,0 g
Aurora® 400 EC	400 g L ⁻¹	Carfentrazone etílica	30,0 g

¹Ingrediente ativo por hectare

Nas parcelas denominadas testemunhas “infestadas” não foi realizado controle das plantas daninhas durante o ciclo da cultura da soja, enquanto que, nas testemunhas “limpas” semanalmente foram realizadas capinas ou arranquio manual das plantas daninhas que se encontravam nas mesmas. A colheita das plantas foi realizada no dia 20 de Maio de 2014. A trilha das plantas foi realizada em trilhadeira de parcelas, no dia 23 de Maio de 2014.

Após a colheita, as sementes produzidas em cada parcela foram conduzidas para o laboratório de sementes Flavio Farias Rocha da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, para serem beneficiadas e posterior realização dos testes que avaliam a qualidade fisiológica.

Foram realizados os seguintes testes para a determinação da qualidade fisiológica das sementes:

a) Grau de umidade: duas amostras de 4,5±0,5g cada foram retiradas de cada tratamento, sendo posteriormente acondicionadas em recipientes de metal.

Aferiu-se a massa das amostras em balança de precisão, levando-se em seguida as sementes para estufa regulada a temperatura de $105\pm3^{\circ}\text{C}$, sendo mantidas nesta por 24 horas. Decorrido o período de secagem os recipientes de metal foram dispostos no interior de dessecador até esfriar, sendo posteriormente realizada a determinação da massa seca de sementes (BRASIL, 2009). O cálculo da umidade das sementes deu-se por meio da equação $U (\%) = 100(P - p)/(P - t)$, aonde U é a umidade em porcentagem; P é a massa do recipiente com tampa mais a semente úmida; p é a massa do recipiente com tampa mais a semente seca; t é a massa do recipiente com a sua tampa.

b) Teste de germinação: realizado em oito subamostras de 50 sementes, sendo utilizado como substrato três folhas de papel do tipo germitest, umedecidas com água destilada 2,5 vezes a massa seca do papel, dispostas na forma de rolo. Após a confecção dos rolos, estes foram transferidos para germinador regulado a 25°C . A avaliação foi efetuada aos oito dias após a semeadura, e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais, conforme as regras para análise de sementes (BRASIL, 2009).

c) Primeira contagem da germinação: realizada conjuntamente com o teste de germinação, aos cinco dias após a semeadura, de acordo com as regras para análise de sementes (BRASIL, 2009).

d) Índice de velocidade de germinação: obtido a partir de contagens diárias, na mesma hora, das sementes germinadas no teste de germinação, sendo consideradas como germinadas aquelas com protusão radicular mínima de 2 mm. As contagens foram realizadas até a obtenção do número constante de sementes germinadas. Os cálculos de velocidade de germinação foram realizados de acordo com MAGUIRE (1962).

e) Teste frio: realizado com quatro subamostras de 50 sementes para cada tratamento, sendo utilizado como substrato três folhas de papel do tipo “germitest”, umedecidas com água destilada 2,5 vezes a massa seca do papel, dispostas na forma de rolos. Após a confecção dos rolos, estes foram colocados em sacos de polietileno transparente, vedados e mantidos em geladeira regulada a temperatura de 10°C durante sete dias. Após esse período, as sementes foram transferidas para germinador regulado a 25°C , sendo avaliado o número de plantas normais no quinto dia após a semeadura.

f) Envelhecimento acelerado: realizado no interior de caixas plásticas (11 × 11 × 3,5 cm) do tipo *gerbox*. Inicialmente adicionou-se 40 mL de água destilada ao fundo de cada caixa plástica, sendo as sementes dispostas sobre tela de arame galvanizado a fim de formar uma única camada. Em seguida, as caixas, contendo as sementes, foram tampadas e acondicionadas em câmara do tipo B.O.D, regulada a 41°C, onde permaneceram por 48 horas. Posteriormente, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, sendo avaliado o número de plantas normais, aos cinco dias após a semeadura (MARCOS FILHO, 2005).

g) Emergência a campo: conduzida com quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento, distribuídas em sulcos com 1,0 m de comprimento e profundidade de 2,0 cm, com espaçamento entre linhas de 0,15 m. Aos 21 dias após a semeadura realizou-se a contagem do número de plântulas emergidas (NAKAGAWA, 1999).

h) Índice de velocidade de emergência: obtido a partir de contagens diárias das plântulas emergidas para fora do solo no teste de emergência a campo. Os cálculos de velocidade de emergência foram realizados de acordo com MAGUIRE (1962).

i) Comprimento da parte aérea e da raiz: foram utilizadas quatro subamostras de 20 sementes para cada tratamento. As sementes foram semeadas em rolos de papel germitest, umedecido com água destilada, na proporção de 2,5 vezes o peso seco do papel, e mantidas em germinador regulado na temperatura de 25°C. Aos cinco dias após a semeadura realizou-se a determinação do comprimento em 10 plântulas por repetição. O comprimento da parte aérea foi obtido pela medida da distância entre a porção basal da raiz ao ápice da parte aérea, enquanto, o comprimento radicular foi determinado pela medida da distância entre as partes apical e basal da raiz (AISENBERG et al., 2014).

j) Matéria seca da parte aérea e das raízes: após a determinação do comprimento das plântulas, a parte aérea e as raízes foram separadas com auxílio de estilete, sendo posteriormente acondicionadas em sacos de papel e, submetidas a secagem em estufa com circulação forçada sob temperatura de 70°C, por 72 horas. Transcorrido este período, foi aferido a massa das amostras provenientes de cada tratamento em balança.

Os dados obtidos para todas as variáveis, expressos em valores médios por tratamento, foram submetidos à análise da variância pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Ocorrendo significância entre os tratamentos, os efeitos de herbicidas foram comparados pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$), e os efeitos de cultivares pelo teste de Student ($p \leq 0,05$).

3.3 Resultados e Discussão

Para os tratamentos com aplicação dos herbicidas pré emergentes verificou-se interação entre os fatores estudados para as variáveis emergência a campo e comprimento radicular. Efeito de cultivar foi observado para a germinação, primeira contagem da germinação, índice de velocidade de germinação, teste frio, envelhecimento acelerado, matéria seca de parte aérea e índice de velocidade de emergência. Observou-se efeito de herbicidas para germinação, primeira contagem da germinação, teste frio, envelhecimento acelerado e índice de velocidade de emergência. Para matéria seca radicular e comprimento de parte aérea não se observou significância estatística dos fatores estudados (dados não apresentados).

Para a germinação das sementes das cultivares de soja, verificou-se que a cultivar Nidera 5909 RR apresentou maior valor em relação a cultivar Coodetec STS 249 RR, sendo a única que atingiu o valor mínimo de germinação necessário para poder ser comercializada como semente (Tabela 21). De acordo com os padrões estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, sementes certificadas, para serem comercializadas devem apresentar germinação mínima de 80% (BRASIL, 2003).

Tabela 21. Germinação, primeira contagem da germinação e índice de velocidade de germinação de sementes de duas cultivares de soja. FAEM/UFPeL, Capão do Leão, 2013/14.

Cultivar	Germinação (%)	Primeira contagem (%)	Índice de velocidade de germinação
CD STS 249 RR	73 b ¹	68 b	33 b
NA 5909 RR	80 a	75 a	36 a
CV (%)	10,45	10,80	10,41

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$).

A diferença entre os valores de germinação das cultivares de soja pode ser atribuída às diferenças genéticas existentes, pois, existe variabilidade genética na qualidade fisiológica de sementes entre diferentes genótipos de soja, sendo que, esta pode estar relacionada a semipermeabilidade do tegumento (MERTZ et al., 2009).

As sementes de soja da cultivar Nidera 5909 RR apresentam qualidade fisiológica inicial superior as produzidas pela cultivar Coodetec STS 249 RR, pois, a primeira apresentou maiores valores da primeira contagem de germinação e maior índice de velocidade de germinação, em comparação com a cultivar Coodetec STS 249 RR (Tabela 21).

As plântulas de soja produzidas pelas sementes com menor qualidade fisiológica levam mais tempo para emergir e apresentam as primeiras folhas trifolioladas menores em comparação com as plântulas provenientes das sementes com qualidade superior, resultando desta forma em menor taxa de acúmulo de matéria seca durante o período de crescimento (PINTHUS; KIMEL, 1979). Sementes com alta qualidade fisiológica produzem plantas com maior estatura e diâmetro do caule, além de proporcionarem maior produtividade de grãos por planta, número de legumes por planta e número de grãos por planta (SCHUCH et al., 2009).

As sementes produzidas pelas plantas cultivadas sob a interferência das plantas daninhas (testemunha infestada) e as produzidas onde se realizou a aplicação do herbicida metribuzin não atingiram os padrões mínimos de germinação necessários para poderem ser comercializadas, sendo que, a germinação das sementes produzidas na testemunha infestada foi 12 pontos percentuais inferior à obtida nas sementes produzidas na testemunha limpa (Tabela 22).

Avaliando o efeito da aplicação de diferentes doses de metribuzin em soja, foi verificado que a estatura média da planta, a área foliar, o número de folhas, flores, vagens e de sementes foram influenciadas negativamente pela dose deste produto (MORAES et al., 1989). Ao avaliar a qualidade fisiológica das sementes de soja provenientes de plantas submetidas a doses crescentes do herbicida metribuzin, foi observado que com o aumento das doses deste produto, ocorreu aumento na fitotoxicidade das plantas e consequentemente redução no vigor das sementes (MORAES et al., 1997). Desta forma, a redução da germinação ocasionada pela utilização do herbicida metribuzin pode estar relacionada com a fitotoxicidade ocasionada por este nas plantas tratadas, ou também pode apresentar relação com

o mecanismo de ação do herbicida metribuzin, o qual através da inibição do fluxo de elétrons entre os FS II e I acaba reduzindo a produção de energia e compostos orgânicos extremamente importantes para as funções vitais das plantas, podendo resultar assim na redução do acúmulo de reservas nas sementes.

Tabela 22. Germinação e primeira contagem da germinação de sementes de soja em função da aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2013/14.

Tratamento	Germinação (%)	Primeira contagem germinação (%)
Testemunha limpa	80 a ¹	72 a
Testemunha infestada	68 b	62 b
S-metolaclo-ro	83 a	75 a
Diclosulam	81 a	72 a
Metribuzin	70 b	63 b
Sulfentra-zona	84 a	75 a
CV (%)	9,61	10,30

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$).

O maior valor de emergência a campo das sementes da cultivar Coodetec STS 249 RR foi obtido nas sementes produzidas pelas plantas cultivadas livres da competição das plantas daninhas (Testemunha limpa) a qual não diferiu das sementes produzidas onde foi realizada aplicação dos herbicidas s-metolaclo-ro e sulfentra-zona (Tabela 23). Para a cultivar Nidera 5909 RR a maior porcentagem de emergência foi obtida nas sementes da testemunha limpa e do tratamento com sulfentra-zona.

Os menores valores de emergência a campo das sementes, em geral, foram observados quando da aplicação do herbicida metribuzin, nas duas cultivares de soja estudadas (Tabela 23), corroborando com os resultados verificados no teste de germinação (Tabela 22), porém, no teste de emergência a campo, estes resultados mostram-se mais evidentes devido ao fato de que nesta situação as sementes estão expostas as adversidades do meio.

Tabela 23. Emergência a campo de plântulas de duas cultivares de soja em função da aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.

Tratamento	Emergência a campo (%)	
	Coodetec STS 249 RR	Nidera 5909 RR
Testemunha limpa	71 a ^{ns1}	83 a
Testemunha infestada	57 bc ^{ns}	59 d
S-metolaclopro	71 a ^{ns}	72 bc
Diclosulam	56 bc*	71 bc
Metribuzin	53 c*	68 c
Sulfentrazone	59 abc*	77 ab
CV (%)	8,62	3,60

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna comparam herbicidas dentro de cultivar pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$), e * (significativo) ou ^{ns} (não significativo) na linha comparam efeito de cultivares dentro de herbicidas pelo teste t ($p \leq 0,05$).

Avaliando a qualidade fisiológica de sementes de soja provenientes de plantas submetidas a doses crescentes do herbicida metribuzin, foi verificado que o aumento da dose deste herbicida reduziu a emergência das plantas em comparação com a testemunha (MORAES et al., 1997).

Entre as cultivares de soja observou-se que a emergência de plântulas a campo da cultivar Nidera 5909 RR foi superior a Coodetec STS 249 RR, quando aplicado os herbicidas diclosulam, metribuzin e sulfentrazone (Tabela 23).

As sementes de soja da cultivar Nidera 5909 RR apresentaram índice de velocidade de emergência superior ao da cultivar Coodetec STS 249 RR (Tabela 24). Sementes que apresentam maior velocidade de emergência de plantas proporcionam vantagem inicial no aproveitamento de luz, água e nutrientes, pois, devido ao fato das mesmas emergirem mais rapidamente que as demais, iniciarão o processo fotossintético mais cedo favorecendo o crescimento de parte aérea e do sistema radicular (KOLCHINSKI et al., 2005).

Tabela 24. Índice de velocidade de emergência de plântulas de duas cultivares de soja. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.

Cultivar	Índice de velocidade de emergência
CD STS 249 RR	4,83 b ¹
NA 5909 RR	6,08 a
CV (%)	20,57

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste t (p≤0,05).

Avaliando o efeito dos diferentes herbicidas sobre o índice de velocidade emergência das plântulas de soja, verificou-se que as sementes produzidas pelas plantas que estiveram em competição com as plantas daninhas (Testemunha infestada) apresentaram o menor valor para esta variável, não diferindo dos tratamentos com s-metolacoloro, diclosulam e metribuzin (Tabela 25).

Tabela 25. Índice de velocidade de emergência de plântulas de soja em função da aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.

Tratamento	Índice de velocidade de emergência
Testemunha limpa	6,5 a ¹
Testemunha infestada	4,9 b
S-metolacoloro	6,0 ab
Diclosulam	5,2 ab
Metribuzin	5,0 ab
Sulfentrazone	6,3 a
CV (%)	19,44

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan (p≤0,05).

As sementes de soja da cultivar Nidera 5909 RR apresentaram maior número de plântulas normais ao final do teste de frio e de envelhecimento acelerado, em comparação com as produzidas pela cultivar Coodetec STS 249 RR (Tabela 26). Os métodos utilizados para avaliação do vigor das sementes fornecem resultados comparativos entre lotes, sendo que não foram desenvolvidos para prever a porcentagem de emergência das plântulas no campo (MARCOS FILHO, 2013). Desta forma, com base nos resultados do teste de frio e de envelhecimento acelerado das duas cultivares de soja, verificou-se que as sementes da cultivar

Nidera 5909 RR apresentam maior vigor que as sementes da cultivar Coodetec STS 249 RR.

A reorganização das membranas celulares durante a embebição é afetada pelas baixas temperaturas, aonde, tanto este processo quanto o de germinação tornam-se mais lentos (BURRIS; NAVRATIL, 1979). Desta forma, as sementes da cultivar Coodetec STS 249 RR, além de apresentarem menor vigor que as sementes da cultivar Nidera 5909 RR, possivelmente também apresentaram maior susceptibilidade a baixas temperaturas. Sementes mais vigorosas apresentam maior possibilidade de sobrevivência em condições adversas de ambiente, como solo com baixa temperatura e alta umidade, além da exposição a fungos (FANAN et al., 2006).

Tabela 26. Germinação de sementes de duas cultivares de soja após o teste de frio e de envelhecimento acelerado e matéria seca da parte aérea de plântulas de duas cultivares de soja. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2013/14.

Cultivar	Teste frio (%)	Envelhecimento acelerado (%)	Matéria seca da parte aérea (mg)
CD STS 249 RR	61 b ¹	36 b	109,8 a
NA 5909 RR	73 a	66 a	88,3 b
CV (%)	9,79	12,26	7,41

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste t (p≤0,05).

As sementes da cultivar Coodetec STS 249 RR originaram maior matéria seca da parte aérea de plântulas, em comparação com Nidera 5909 RR (Tabela 26). Os genótipos de soja podem apresentar características distintas quanto ao crescimento das plântulas (BRACCINI et al., 2003). Avaliando a qualidade fisiológica de dez genótipos de sementes de soja através da técnica do estresse salino, foi observado diferenças entre os valores de matéria seca das plântulas de alguns genótipos (SANTOS et al., 1996). Desta forma, o maior acúmulo de matéria seca da parte aérea das plântulas da cultivar Coodetec STS 249 RR possivelmente pode estar relacionado com características genéticas da cultivar, que fazem com que esta aloque maior quantidade de compostos orgânicos em comparação com a cultivar Nidera 5909 RR.

Após a exposição das sementes ao teste frio, a maior germinação das mesmas foi verificada naquelas que não sofreram interferência das plantas daninhas (Testemunha limpa), e onde se realizou aplicação do herbicida diclosulam, não diferindo de s-metolacoloro e sulfentrazona (Tabela 27). O menor valor de germinação no teste de frio foi observado nas sementes oriundas da testemunha infestada, sendo este, 28% inferior ao verificado na testemunha limpa.

Tabela 27. Germinação de sementes de soja após o teste de frio e de envelhecimento acelerado em função da aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2013/14.

Tratamento	Teste frio (%)	Envelhecimento acelerado (%)
Testemunha limpa	79 a ¹	56 a
Testemunha infestada	51 c	39 a
S-metolacoloro	71 ab	55 a
Diclosulam	79 a	58 a
Metribuzin	59 bc	44 a
Sulfentrazona	63 abc	58 a
CV (%)	12,67	28,23

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$).

No teste de envelhecimento acelerado, as sementes com menor qualidade deterioram-se com maior velocidade, em comparação com as que apresentam qualidade superior, apresentando desta forma acentuada queda na viabilidade das mesmas, após estas serem expostas a este teste (CORRÊA, 2012). Não se observou diferença significativa entre os valores de germinação das sementes em função da aplicação dos diferentes herbicidas nas plantas, após estas terem sido expostas ao teste de envelhecimento acelerado (Tabela 27).

Os valores de umidade das sementes após o teste de envelhecimento acelerado não foram analisados estatisticamente, sendo que estes serviram apenas de referência para aferição da qualidade do teste. A diferença entre o valor máximo e mínimo observado no teor de umidade das sementes após a realização do teste de envelhecimento acelerado foi de apenas 1,0%, valor este dentro do padrão máximo de 2,0%, preconizado por alguns pesquisadores (MARCOS FILHO, 2005).

O maior comprimento da raiz primária das plântulas de soja da cultivar Coodetec STS 249 RR foi verificado nas sementes oriundas da aplicação do herbicida sulfentrazone, s-metolaclo-ro e da testemunha limpa, não diferindo de diclosulam e sendo superiores a aplicação do herbicida metribuzin e o cultivo da soja sob competição com as plantas daninhas (Testemunha infestada) (Tabela 28). O comprimento da raiz da planta de soja apresenta correlação positiva com a emergência de plantas á campo (VANZOLINI et al., 2007).

Tabela 28. Comprimento da raiz primária de plântulas de duas cultivares de soja, em função da aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPeL, Capão do Leão, 2013/14.

Tratamento	Comprimento radicular (cm)	
	Coodetec STS 249 RR	Nidera 5909 RR
Testemunha limpa	11,0 a ^{ns1}	12,0 a
Testemunha infestada	7,7 b ^{ns}	7,7 c
S-metolaclo-ro	10,9 a ^{ns}	9,9 b
Diclosulam	9,3 ab ^{ns}	12,0 a
Metribuzin	7,9 b ^{ns}	10,2 b
Sulfentrazone	11,0 a*	9,2 bc
CV (%)	9,35	6,18

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna comparam herbicidas dentro de cultivar pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$), e * (significativo) ou ^{ns} (não significativo) na linha comparam efeito de cultivares dentro de herbicidas pelo teste t ($p \leq 0,05$).

A aplicação de metribuzin em pré-emergência reduz a matéria seca da parte aérea e raiz, área foliar e a taxa fotossintética líquida das plantas de soja (SILVA NETO et al., 1991). Desta forma, possivelmente pode ter ocorrido menor alocação de substâncias de reservas nas sementes de soja, em virtude da diminuição da área foliar das plantas desta cultura, ocasionadas pela aplicação do herbicida metribuzin. De modo similar, foi verificado que a aplicação de metribuzin reduziu o comprimento das raízes de plantas de soja em mais de 30%, em comparação com a testemunha não tratada com o herbicida (MORAES et al., 1997).

Para a cultivar Nidera 5909 RR os maiores valores de comprimento de raiz foram obtidos na testemunha limpa e onde se realizou a aplicação do herbicida diclosulam, sendo que, o menor comprimento radicular foi verificado nas sementes oriundas da testemunha infestada (Tabela 28). Observou-se efeito significado do

comprimento radicular entre as cultivares de soja avaliadas, somente pela aplicação do herbicida sulfentrazone, tendo a cultivar Coodetec STS 249 RR apresentado comprimento radicular superior ao da cultivar Nidera 5909 RR.

Entre os tratamentos pré emergentes verificou-se que a aplicação do herbicida metribuzin, assim como a interferência exercida pelas plantas daninhas a cultura da soja (Testemunha infestada), afetaram negativamente a qualidade fisiológica das sementes desta espécie. A redução da qualidade das sementes ocasionada por estes dois tratamentos, possivelmente pode estar relacionada com a menor alocação de reservas nestas, e assim, com o início do processo germinativo pode ocorrer rápido esgotamento das substâncias de reservas das mesmas, ocasionando desta forma redução na germinação, primeira contagem da germinação, índice de velocidade de germinação, emergência a campo, índice de velocidade de emergência e comprimento radicular.

Para a aplicação dos herbicidas pós emergentes, verificou-se interação entre os fatores para a variável matéria seca da parte aérea. Efeito de cultivar foi observado na primeira contagem da germinação, germinação, índice de velocidade de germinação, teste frio, envelhecimento acelerado, emergência a campo, índice de velocidade de emergência, matéria seca de raízes, comprimento de parte aérea e comprimento radicular. Já, observou-se efeito de herbicida para a primeira contagem da germinação, germinação, índice de velocidade de germinação, teste frio, envelhecimento acelerado, emergência a campo, índice de velocidade de emergência, comprimento de parte aérea e comprimento radicular.

De modo similar ao observado para os herbicidas pré emergentes, a cultivar Nidera 5909 RR foi a única que atingiu o padrão mínimo de germinação necessário para poder ser comercializada como semente certificada (Tabela 29). Além disso, esta cultivar também apresentou maior número de plântulas normais na avaliação da primeira contagem de germinação e maior índice de velocidade de germinação, sendo superior ao da cultivar Coodetec STS 249 RR. Avaliando a eficácia da aplicação de herbicidas dessecantes sob a qualidade fisiológica de sementes de soja, foi observado variação na germinação das sementes de soja em função dos diferentes cultivares estudados (CORRÊA, 2012).

Tabela 29. Germinação, primeira contagem da germinação e índice de velocidade da germinação de sementes de duas cultivares de soja. FAEM/UFPeL, Capão do Leão, 2013/14.

Cultivar	Germinação (%)	Primeira contagem de germinação (%)	Índice de velocidade de germinação
CD STS 249 RR	64 b ¹	61 b	31 b
NA 5909 RR	81 a	79 a	37 a
CV (%)	9,66	9,10	8,91

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste t (p≤0,05).

A absorção de água pelas sementes de soja de diferentes cultivares e linhagens podem apresentar diferenças, estando esta característica altamente relacionada com a impermeabilidade do tegumento das sementes (BRACCINI, 1993). Características do tegumento das sementes como a impermeabilidade a água, a cor e o elevado teor de lignina, podem contribuir na obtenção de sementes de soja com elevado potencial fisiológico (SILVA et al., 2008c). Desta forma, a menor germinação das sementes de soja da cultivar Coodetec STS 249 RR pode estar relacionada a fatores genéticos, intrínsecos desta cultivar, fazendo com que esta apresente teor de lignina no tegumento das suas sementes inferior em relação ao apresentado pelas sementes da cultivar Nidera 5909 RR, ficando desta forma a primeira, mais susceptível a deterioração ocasionada no campo.

Através dos resultados da primeira contagem da germinação e do índice de velocidade de germinação pode-se verificar que as sementes da cultivar Coodetec STS 249 RR apresentam vigor reduzido em comparação com a cultivar Nidera 5909 RR (Tabela 29). Desta forma, o estabelecimento, desempenho e a produtividade final da cultura podem ser afetados devido a utilização de sementes com baixo vigor (KOLCHINSKI et al., 2005).

O maior valor de germinação foi verificado onde se realizou a aplicação do herbicida imazetapir, porém, este não diferiu dos demais tratamentos, com exceção da testemunha infestada (Tabela 30). A menor germinação das sementes foi verificada quando as plantas de soja foram cultivadas sob a interferência das plantas daninhas (testemunha infestada), sendo o valor da germinação deste tratamento 13% inferior ao observado na testemunha limpa.

A realização do controle de plantas daninhas após os 35 dias de emergência da cultura da soja ocasionou aumento do número de plântulas mortas e redução do

número de plântulas normais ao final do teste de germinação, além de reduzir a germinação das sementes em 20%, em comparação com a testemunha livre da interferência das plantas daninhas (CONCENÇO et al., 2009).

As reservas acumuladas nas sementes apresentam extrema importância no fornecimento de nutrientes e energia para o correto funcionamento das funções vitais das mesmas, porém, a proporção de reservas armazenadas nas sementes pode ser influenciada pelo espaçamento e pela população de plantas na área, pois estes estabelecem os níveis de competição entre as plantas (MARCOS FILHO, 2005).

Tabela 30. Germinação, primeira contagem da germinação e índice de velocidade de germinação de sementes de duas cultivares de soja, em função da aplicação de herbicidas pós emergentes. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2013/14.

Tratamento	Germinação (%)	Primeira contagem germinação (%)	Índice de velocidade de germinação
Testemunha limpa	80 a ¹	72 a	36,0 a
Testemunha infestada	67 b	59 b	28,5 b
Clorimuron etílico	80 a	72 a	34,5 a
Imazetapir	88 a	77 a	35,8 a
Bentazona	77 ab	69 ab	34,3 a
Carfentrazone etílica	78 a	70 ab	34,8 a
CV (%)	10,72	11,42	10,61

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$).

Avaliando características relacionadas a capacidade fotossintética, eficiência do uso da água e índices do crescimento da soja em relação às espécies *Brachiaria plantaginea* e *Bidens pilosa*, foi verificado que, a atividade fotossintética das plantas de soja foi menor que a das plantas daninhas, aos 55 dias após a emergência da cultura (FERREIRA et al., 2011). Desta forma, a competição imposta pelas plantas daninhas por água, nutrientes e principalmente luz, pode ter afetado a alocação de substâncias de reserva nas sementes de soja, pois, nas parcelas onde não foi realizado o controle das plantas daninhas (testemunha infestada) existia alta densidade populacional de *Ipomoea* spp., *Raphanus* spp. e *Bidens* spp..

Na primeira contagem do teste de germinação, o maior número de plântulas normais ocorreu nos tratamentos testemunha limpa e dos herbicidas clorimuron etílico e imazetapir, não diferindo de bentazona e carfentrazona etílica (Tabela 30). Para esta mesma variável, o menor número de plântulas normais foi ocasionado pela convivência da cultura da soja com as plantas daninhas (testemunha infestada).

A utilização dos herbicidas clorimuron etílico, imazetapir, carfentrazona etílica e bentazona, e a testemunha limpa não apresentaram diferença estatística entre si no que se refere ao índice de velocidade de germinação (Tabela 30). O menor índice de velocidade de germinação das sementes foi verificado nas sementes produzidas pelas plantas que foram cultivadas sob a interferência das plantas daninhas (testemunha infestada).

Na avaliação dos testes de frio e envelhecimento acelerado, as sementes da cultivar Nidera 5909 RR apresentaram desempenho superior em comparação com as sementes produzidas pela cultivar Coodetec STS 249 RR (Tabela 31). A diferença entre os valores de umidade das sementes das duas cultivares de soja, após o teste de envelhecimento acelerado, foi de apenas 0,5%.

Tabela 31. Germinação de sementes de duas cultivares de soja após os testes de frio e envelhecimento acelerado, e umidade das sementes após o envelhecimento acelerado. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2013/14.

Cultivar	Teste frio (%)	Envelhecimento acelerado (%)
CD STS 249 RR	56 b ²	42 b
NA 5909 RR	75 a	65 a
CV (%)	12,40	15,48

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste t (p≤0,05).

Sementes com menor vigor, como as da cultivar Coodetec STS 249 RR, apresentam menor velocidade de emergência, e menor emergência total de plântulas, fato que reflete na redução do número de plantas no campo (VANZOLINI; CARVALHO, 2002). Sementes de soja com alto vigor produzem plantas com maior área foliar e matéria seca, além de ocasionarem maior taxa de crescimento das plantas da cultura (KOLCHINSKI et al., 2006). Desta forma, com base na interpretação do número de plântulas normais ao final dos testes de frio e envelhecimento acelerado, pode-se inferir que as sementes de soja da cultivar

Nidera 5909 RR apresentam maior capacidade de se estabelecerem no campo em condições ambientais adversas, comparativamente com as sementes da cultivar Coodetec STS 249 RR.

Avaliando o efeito da aplicação dos diferentes herbicidas, após a exposição das sementes ao teste de frio, verificou-se que o maior valor de germinação das sementes após este, ocorreu na testemunha limpa, e onde se realizou aplicação dos herbicidas clorimuron etílico e imazetapir, não diferindo de bentazona e carfentrazona etílica (Tabela 32). Com a aplicação dos herbicidas clorimuron etílico e imazetapir obteve-se os maiores valores de germinação das sementes após o teste de envelhecimento acelerado, sendo que estes não diferiram da testemunha limpa, bentazona e carfentrazona etílica. Cabe ressaltar que a diferença entre o valor máximo e mínimo de umidade das sementes após o teste de envelhecimento acelerado, nos diferentes tratamentos foi de apenas 1,6%.

No teste de frio e de envelhecimento acelerado a menor germinação das sementes de soja após a exposição a estes, ocorreu nas sementes produzidas pelas plantas que sofreram a interferência das plantas daninhas (testemunha infestada) (Tabela 32).

Tabela 32. Germinação de sementes de soja após o teste de frio e envelhecimento acelerado. FAEM/UFPEL, Capão do Leão, 2013/14.

Tratamento	Teste frio (%)	Envelhecimento acelerado (%)
Testemunha limpa	71 a ¹	57 ab
Testemunha infestada	51 b	36 b
Clorimuron etílico	71 a	63 a
Imazetapir	73 a	70 a
Bentazona	65 ab	47 ab
Carfentrazona etílica	67 ab	48 ab
CV (%)	7,47	16,49

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$).

Na emergência a campo e no índice de velocidade de emergência, as sementes de soja da cultivar Nidera 5909 RR apresentaram desempenho superior em comparação as sementes da cultivar Coodetec STS 249 RR (Tabela 33). Apesar

das sementes de soja da cultivar Nidera 5909 RR não apresentarem alto vigor, pode-se dizer que estas apresentam maior nível de vigor em relação as sementes da cultivar Coodetec STS 249 RR.

Avaliando o efeito de diferentes níveis de vigor de sementes de aveia preta sobre o desempenho das plântulas, foi verificado que quanto menor o vigor das sementes, menor foi a velocidade de emergência das plântulas, índice de velocidade de emergência, área foliar das plântulas e matéria seca destas (SCHUCH et al., 2000). Estes mesmos autores concluíram que sementes que apresentam menor vigor reduzem, retardam e desuniformizam a emergência no campo, enquanto que sementes com vigor mais elevado produzem plântulas com maior tamanho inicial, o que proporciona maiores taxas de crescimento da cultura.

O rápido crescimento inicial das plântulas no campo proporciona o rápido sombreamento da superfície do solo, permitindo desta forma que ocorra menor evaporação de água do solo, além disso, plantas com maior tamanho inicial e taxas de crescimento, favorecem o controle das plantas daninhas, pois, apresentam maior habilidade competitiva, e desta forma proporcionam fechamento mais rápido dos espaços entre linhas (KOLCHINSKI et al., 2006).

Tabela 33. Emergência a campo e índice de velocidade de emergência de plântulas de duas cultivares de soja. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2013/14.

Cultivar	Emergência a campo (%)	Índice de velocidade de emergência
CD STS 249 RR	58 b ¹	4,4 b
NA 5909 RR	71 a	5,7 a
CV (%)	12,09	19,30

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de t (p≤0,05).

Não ocorreu diferença significativa entre os valores de emergência a campo entre todos os tratamentos herbicidas e a testemunha limpa (Tabela 34). A testemunha infestada originou emergência de plantas a campo 16% inferior ao observado na testemunha limpa.

Tabela 34. Emergência a campo e índice de velocidade de emergência de sementes de soja, em função da aplicação de diferentes herbicidas nas plantas. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2013/14.

Tratamento	Emergência a campo (%)	Índice de velocidade de emergência
Testemunha limpa	73 a ¹	5,5 a
Testemunha infestada	57 b	3,4 b
Clorimuron etílico	66 ab	5,6 a
Imazetapir	73 a	5,9 a
Bentazona	62 ab	5,1 a
Carfentrazona etílica	60 ab	4,7 ab
CV (%)	12,30	18,02

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$).

Os maiores índices de velocidade de emergência das plântulas foram alcançados nas sementes onde se realizou a aplicação do herbicida imazetapir, além da testemunha limpa, sendo que, estes não diferiram de clorimuron etílico, bentazona e carfentrazona etílica (Tabela 34). As sementes produzidas pelas plantas da testemunha infestada resultaram no menor índice de velocidade de emergência, em comparação aos outros tratamentos.

Na avaliação do comprimento de parte aérea e de raiz primária das plântulas de soja, a cultivar Nidera 5909 RR apresentou desempenho superior perante a cultivar Coodetec STS 249 RR (Tabela 35). Lotes de sementes que originam plântulas com maior comprimento apresentam vigor superior em comparação com os demais (NAKAGAWA, 1999). Desta forma, pode-se inferir que as sementes de soja da cultivar Nidera 5909 RR apresentam vigor superior em relação a cultivar Coodetec STS 249 RR.

Avaliando a utilização do teste de comprimento de plântulas como método de vigor capaz de classificar lotes de sementes de soja de acordo com a sua qualidade fisiológica, foi observado que, em sementes de soja a avaliação do comprimento radicular desta espécie apresenta maior sensibilidade para diferenciar lotes de sementes, sendo que, este teste correlaciona-se positivamente com a emergência das plântulas de soja a campo (VANZOLINI et al., 2007).

Tabela 35. Comprimento de parte aérea, comprimento radicular e matéria seca de raízes de plântulas de duas cultivares de soja. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2013/14.

Cultivar	Comprimento de parte aérea (cm)	Comprimento radicular (cm)	Matéria seca de raízes (mg)
CD STS 249 RR	6,7 b ¹	8,3 b	36,9 a
NA 5909 RR	7,4 a	10,7 a	31,0 b
CV (%)	6,97	6,17	10,85

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste t (p≤0,05).

As sementes de soja da cultivar Coodetec STS 249 RR originaram matéria seca de raízes das plântulas 16% superior em comparação com a produzida pela cultivar Nidera 5909 RR (Tabela 35). Por apresentar menor comprimento do sistema radicular em comparação a cultivar Nidera 5909 RR, o maior acúmulo de matéria seca nas raízes da cultivar Coodetec STS 249 RR, possivelmente deve estar relacionado a características genéticas do cultivar, como o maior diâmetro inicial das suas raízes.

Os maiores comprimentos de parte aérea das plântulas de soja foram verificados nas sementes oriundas da testemunha limpa, e onde se realizou a aplicação dos herbicidas imazetapir e bentazona, não diferindo de clorimuron etílico e carfentrazona (Tabela 36). As plântulas produzidas pelas sementes da testemunha infestada apresentaram comprimento de parte aérea 12% inferior ao verificado na testemunha limpa.

As sementes oriundas das plantas sob ação dos herbicidas imazetapir, bentazona, carfentrazona etílica e clorimuron etílico alcançaram os maiores valores de comprimento do sistema radicular, não diferindo estatisticamente entre si (Tabela 36). Em contrapartida, o menor valor de comprimento das raízes foi verificado nas sementes da testemunha infestada. Avaliando o efeito do vigor das sementes sobre o desempenho de plântulas de soja no campo, foi verificado que sementes com maior nível de vigor originam plântulas com maior comprimento de parte aérea, raiz primária e total, em comparação com as sementes que apresentavam menor vigor (VANZOLINI; CARVALHO, 2002).

Tabela 36. Comprimento de parte aérea e da raiz primária de plântulas de soja, em função da aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013/14.

Tratamento	Comprimento de parte aérea (cm)	Comprimento de raízes (cm)
Testemunha limpa	7,3 a ¹	8,9 ab
Testemunha infestada	6,4 b	7,2 b
Clorimuron etílico	6,9 ab	9,5 ab
Imazetapir	7,3 a	10,3 a
Bentazona	7,5 a	10,8 a
Carfentrazona etílica	6,8 ab	9,9 a
CV (%)	6,99	12,24

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$).

Objetivando quantificar os componentes químicos e avaliar a capacidade de mobilização de reservas, na germinação de sementes de soja de alto e baixo vigor, foi verificado que sementes de soja de alto vigor apresentam maiores concentrações de amido, proteínas e açúcares solúveis, além de possuírem maior capacidade de mobilização de reservas durante a germinação, gerando desta forma plântulas de soja com melhor desempenho inicial (HENNING et al., 2010). Sendo assim, o menor comprimento de parte aérea e de raízes verificado nas plântulas oriundas da testemunha infestada pode estar relacionado à menor capacidade que estas apresentam em mobilizar as reservas durante o processo germinativo, acarretando assim atrasos na formação e desenvolvimento das plantas, ou possivelmente, pode ser devido a estas sementes apresentarem teores inferiores de substâncias de reserva, em comparação com as sementes dos outros tratamentos.

Para a cultivar Coodetec STS 249 RR os maiores valores de matéria seca da parte aérea das plântulas foi verificado onde foi realizada a aplicação dos herbicidas clorimuron etílico e bentazona, além da testemunha limpa, sendo que estes não diferiram de imazetapir (Tabela 37). Para esta mesma cultivar, as sementes oriundas das plantas cultivadas sob interferência das plantas daninhas (testemunha infestada), apresentaram matéria seca da parte aérea 14% inferior em comparação a produzida pelas plântulas da testemunha limpa.

Tabela 37. Matéria seca da parte aérea de plântulas de duas cultivares de soja, em função da aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPeL, Capão do Leão, 2013/14.

Tratamento	Matéria seca da parte aérea (mg)	
	Coodetec STS 249 RR	Nidera 5909 RR
Testemunha limpa	120,0 a ^{*1}	87,0 ab
Testemunha infestada	103,0 c ^{ns}	85,7 ab
Clorimuron etílico	123,5 a [*]	78,9 b
Imazetapir	118,4 ab [*]	101,6 a
Bentazona	119,5 a [*]	101,0 a
Carfentrazone etílica	106,6 bc [*]	81,2 b
CV (%)	4,24	7,59

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, comparam herbicidas dentro de cada cultivar pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$), e médias seguidas por * (significativo) ou ^{ns} (não significativo), na linha, comparam efeito de cultivares dentro de cada herbicida pelo teste t ($p \leq 0,05$).

Para a cultivar Nidera 5909 RR os maiores valores de matéria seca da parte aérea das plântulas, foram observados nos tratamentos onde se realizou a aplicação dos herbicidas imazetapir e bentazona, sendo que estes não diferiram da testemunha limpa e da testemunha infestada (Tabela 37). Para esta cultivar, a aplicação dos herbicidas carfentrazone etílica e clorimuron etílico reduziu a matéria seca da parte aérea das plântulas de soja em 20% e 22% respectivamente, em relação a matéria seca da parte aérea produzida onde se realizou a aplicação do herbicida imazetapir.

Verificou-se diferença entre os valores de matéria seca da parte aérea das plântulas das cultivares de soja onde foi realizada a aplicação dos herbicidas clorimuron etílico, imazetapir, bentazona e carfentrazone etílica, sendo que, em todos estes tratamentos, a matéria seca da parte aérea das plântulas de soja da cultivar Coodetec STS 249 RR foi maior em comparação com a verificada na cultivar Nidera 5909 RR (Tabela 37).

Em todas as avaliações da qualidade fisiológica das sementes das duas cultivares de soja, onde realizou-se a aplicação dos herbicidas pós emergentes, verificou-se que as sementes de soja da cultivar Coodetec STS 249 RR apresentaram desempenho inferior em comparação com o da cultivar Nidera 5909 RR. Desta forma, possivelmente a maior produção de matéria seca da cultivar

Coodetec STS 249 RR, em relação a cultivar Nidera 5909 RR, deve-se a diversidade genética existente entre estas duas cultivares.

Entre todos os tratamentos pós emergentes avaliados, verificou-se que a interferência de plantas daninhas (testemunha infestada) em plantas de soja, afeta negativamente a qualidade fisiológica das sementes da espécie cultivada. Este efeito negativo ocasionado pelas plantas daninhas possivelmente está relacionado a redução na alocação de substâncias de reservas nas sementes. Desta forma, possivelmente a menor concentração de substâncias de reservas nestas sementes, pode ocasionar desempenho fisiológico inferior das mesmas, perante as demais, reduzindo assim, germinação, primeira contagem da germinação, índice de velocidade de germinação, emergência a campo, índice de velocidade de emergência, comprimento radicular e de parte aérea, além da matéria seca radicular e de parte aérea.

3.4 Conclusões

As sementes de soja da cultivar Nidera 5909 RR apresentam qualidade fisiológica superior a cultivar Coodetec STS 249 RR.

A aplicação do herbicida metribuzin em pré-emergência afeta negativamente a qualidade fisiológica das sementes desta espécie.

A competição das plantas de soja com as plantas daninhas, tanto em pré como em pós-emergência afeta de maneira negativa a qualidade fisiológica das sementes.

Os herbicidas pós emergentes avaliados não afetam negativamente a qualidade fisiológica das sementes.

4 Capítulo III – Pigmentos fotossintéticos e metabolismo antioxidante de plantas de soja após a aplicação de herbicidas pré e pós emergentes

4.1 Introdução

O principal método de controle de plantas daninhas utilizado em lavouras de soja do Brasil, principalmente em grandes áreas de produção, é o químico (PETTER et al., 2007). O controle químico das plantas daninhas nas culturas agrícolas baseia-se na aplicação de herbicidas registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, sendo que a cultura da soja acumula mais de 50% de todos os herbicidas utilizados na agricultura (CHRISTOFFOLETI, 2008).

A seletividade de herbicidas é a base para o sucesso do controle químico de plantas daninhas na produção agrícola (OLIVEIRA JR.; INOUE, 2001). Vários fatores determinam a seletividade das plantas aos herbicidas, destacando-se os relacionados as características dos herbicidas, como dose e formulação, e os ligados as características das plantas, como espécie, estágio de desenvolvimento, absorção, translocação e metabolismo diferencial (OLIVEIRA JR.; INOUE, 2001). Além disso, as condições climáticas antes e após aplicação influenciam de forma substancial na tolerância das espécies aos herbicidas (GALON et al., 2009b).

A seletividade herbicida está relacionada com a capacidade que este tem de eliminar as plantas daninhas que infestam as culturas agrícolas, sem reduzir a qualidade do produto final obtido e a produtividade deste (CARVALHO, et al., 2009). Porém, em muitos casos, apesar da cultura apresentar seletividade a determinada

molécula herbicida, a aplicação deste produto causa elevada fitotoxicidade a esta espécie, afetando-a negativamente.

Na maioria dos trabalhos que estudam a seletividade dos herbicidas em plantas, as avaliações de fitotoxicidade foram baseadas em avaliação visual dos sintomas dos herbicidas nas plantas, sendo atribuídas notas de intoxicação, em porcentagem. Porém, devido ao fato da mesma ser realizada visualmente, com base no conhecimento e interpretação do avaliador, podem ocorrer diferenças entre avaliações realizadas por avaliadores distintos. Além disso, muitas vezes os efeitos da aplicação de herbicidas sobre as culturas não são perceptíveis, ou não são considerados (MOLDES, 2006). Desta forma, a utilização de técnicas laboratoriais apresenta-se como importante ferramenta para a avaliação da seletividade das plantas aos herbicidas.

Em situações normais na planta, quando ocorre a redução de O_2 por quatro elétrons, que são transportados ao longo da cadeia respiratória, dá-se a formação de duas moléculas de água, e a redução parcial do oxigênio molecular, levando a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs), devido ao escape de pequena parcela dos elétrons da cadeia respiratória (MITTLER, 2002). As EROs apresentam elétrons desemparelhados na camada de valência, e por isso, são altamente reativas (ANDRADE, 2013).

O excesso na produção de EROs pode representar risco as células. O 1O_2 pode potencialmente levar a oxidação de lipídeos, proteínas e pigmentos (ROSEIN et al., 2006). As membranas dos tilacoides são especialmente suscetíveis ao dano pelo 1O_2 devido à grande quantidade de cadeias laterais de ácidos graxos. A reação entre o 1O_2 com esses lipídeos produz hidroperóxidos e inicia reações na cadeia em radicais peroxil nas membranas dos tilacoides. Também pode haver danos a co-fatores críticos de pigmentos e danos as subunidades associadas ao FSII, especialmente a proteína D1, resultando em inativação foto-oxidativa total do centro de reação. No FSI os danos pelo 1O_2 , H_2O_2 e $\bullet OH$ incluem inativação de enzimas-chave do metabolismo de fixação de carbono como fosforibulquinase, frutose-1,6-bisfosfatase e NADP-gliceraldeído-3-fosfato dehidrogenase (NIYOGI, 1999).

O $O_2\bullet^-$ é um radical livre que apresenta atividade moderada, com meia-vida de 2-4 μs , sendo o mesmo prontamente dismutado a H_2O_2 , devido ao fato de não poder atravessar as membranas biológicas (FOYER & NOCTOR, 2005). O H_2O_2 apresenta moderada reatividade, possuindo longa meia-vida celular (1ms) e apresentando

capacidade de difundir-se livremente através das membranas celulares (HENZLER; STEUDLE, 2000). Já, o $\bullet\text{OH}$ é formado a partir de O_2^- ou H_2O_2 na reação de Haber-Weiss, sendo a mais reativa das EROs, podendo reagir com todas as moléculas biológicas como: proteínas, DNA e lipídios (ANDRADE, 2013). O acúmulo de $\bullet\text{OH}$ pode levar a morte das células, devido ao fato destas não apresentarem mecanismos enzimáticos para eliminarem esta espécie altamente reativa (VRANOVÁ et al., 2002).

As plantas desenvolveram dois mecanismos de proteção para combater os estresses, sendo um sistema antioxidante enzimático e outro não enzimático (MITTLER, 2002). Uma ampla gama de enzimas antioxidantes e metabólitos estão envolvidos na desintoxicação das EROs nas plantas, além de mecanismo que dissipa o excesso de energia absorvida antes da formação de oxigênio singlete.

No sistema enzimático atuam enzimas como a superóxido dismutase (SOD), peroxidase (POD), glutathione S-transferase (GST), ascorbato peroxidase (APX) e a catalase (CAT) (JIANG; YANG, 2009). No sistema antioxidante não enzimático estão incluídos principalmente o grupo dos compostos fenólicos, o ácido ascórbico, a glutathione (GSH), clorofilas e carotenoides, proteínas e aminoácidos, que são sintetizados pelas plantas em resposta a injúria física, infecção por bactéria, fungo, nematoides ou vírus ou qualquer outro tipo de estresse (NICHOLSON; HAMMERSCHMIDT, 1992).

A SOD é a primeira linha de defesa das células das plantas contra as EROs, realizando a dismutação dos íons superóxido, com a formação de H_2O_2 (ANDRADE, 2013). A APX utiliza duas moléculas de ascorbato para reduzir o H_2O_2 a água, gerando assim duas moléculas de monohidroascorbato (NOCTOR; FOYER, 1998). Por sua vez, a CAT apresenta menor afinidade pelo H_2O_2 , sendo o estresse muitas vezes insuficiente para ocasionar sua ativação, sendo que, em situações de elevado estresse oxidativo pode ocorrer ainda à inibição de sua síntese ou mudança na conformação de suas subunidades (SOMASHEKARAI et al., 1992).

Avaliando a atividade enzimática da SOD em plantas de soja submetidas à aplicação de diferentes doses de oxyfluorfen, verificou-se que nas concentrações de 2500 e 10000 mg L^{-1} do herbicida, ocorreu aumento da atividade da SOD nas plantas, nos três estádios de desenvolvimento avaliados (CATANEO et al., 2005).

Os carotenoides apresentam importante função no sistema fotossintético das plantas, funcionando como pigmentos acessórios que absorvem energia da luz em

comprimentos de onda pouco absorvidos pela clorofila, aumentando desta forma a eficiência da fotossíntese (SERPELONI, 2012). Os carotenoides também são capazes de dissipar o excesso de energia, desativando o $^1\text{O}_2$ gerado durante a fotossíntese, prevenindo a formação de EROs (KRINSKY, 1998). Além disso, os carotenoides também apresentam importante papel na proteção das plantas contra os efeitos do excesso de radiação (HAVAUX; NYIOGI, 1999), sendo que, pequeno decréscimo na sua biossíntese pode causar danos as plantas (SOUZA, 2009a).

A aplicação de herbicidas na cultura da soja também pode afetar negativamente características das plantas desta espécie como a estatura das plantas (PROCÓPIO et al., 2007), altura de inserção da primeira vagem, estande de plantas (NETO et al., 2009), número de grãos planta⁻¹, número de grãos legume⁻¹ (VIDAL et al., 1999), massa seca da parte aérea e da raiz (DEUBER; NOVO, 2006) e a massa seca dos nódulos (SANTOS et al., 2007). A utilização de herbicidas na soja, mesmo que seletivos a esta, pode reduzir a massa de grãos (CORREIA et al., 2008), o teor de clorofila a, teor de clorofila b (CAYON et al., 1990), teor relativo de clorofila total, eficiência fotossintética (CORRÊA, 2009) e a produtividade (BARROSO et al., 2008; SANTOS et al., 2007), além de em muitos casos também afetar negativamente a qualidade fisiológica das sementes (DALTRO et al., 2010; KAPPES et al., 2009).

Diante do exposto, a hipótese do trabalho é que a aplicação de herbicidas pré e pós emergentes apresentam menor seletividade a soja, e desta forma elevam a produção e o acúmulo de radicais livres nas cultivares de soja RR, afetando negativamente o crescimento e o desenvolvimento das mesmas. Assim, o estudo teve por objetivos avaliar e determinar o estresse oxidativo em cultivares de soja, devido à aplicação de herbicidas pré e pós emergentes.

4.2 Material e métodos

Dois experimentos foram instalados na safra 2014/15, em casa de vegetação do Centro de Herbologia, do Departamento de Fitossanidade da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, situada no Campus Capão do Leão, Rio Grande do Sul. Em cada experimento foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, com três repetições, em esquema fatorial 2 x 5, sendo o fator A constituído por duas cultivares de soja (Nidera 5909 RR e Coodetec STS 249 RR) e o fator B, composto por quatro herbicidas, mais uma testemunha, sendo um

experimento realizado com herbicidas pré emergentes, e outro utilizando herbicidas pós emergentes (Tabela 38).

Tabela 38. Nome comercial, concentração, ingrediente ativo e dose dos herbicidas pré e pós emergentes utilizados nos tratamentos. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2013/14.

Herbicidas pré emergentes			
Nome comercial	Concentração	Ingrediente ativo	Dose utilizada ¹
Testemunha	-	-	-
Dual gold [®]	960 g L ⁻¹	S-metolaclo-ro	1920,0 g
Spider [®] 840 WG	840 g Kg ⁻¹	Diclosulam	33,6 g
Sencor [®] 480	480 g L ⁻¹	Metribuzin	480,0 g
Boral [®] 500 SC	500 g L ⁻¹	Sulfentra-zona	600,0 g
Herbicidas pós emergentes			
Testemunha	-	-	-
Classic [®]	250 g Kg ⁻¹	Clorimuron etílico	20,0 g
Pivot [®]	10 g L ⁻¹	Imazetapir	100,0 g
Basagran [®] 600	600 g L ⁻¹	Bentazona	720,0 g
Aurora [®] 400 EC	400 g L ⁻¹	Carfentra-zona etílica	30,0 g

¹Ingrediente ativo por hectare

Vinte sementes das cultivares de soja foram semeadas em vasos com capacidade volumétrica de 3 L, sendo estes furados na extremidade inferior. Após a emergência das plântulas realizou-se desbaste manual a fim de deixar população uniforme de plantas em cada vaso. No experimento com herbicidas pré emergentes utilizou-se a população de 10 plantas vaso⁻¹, enquanto que no experimento com pós emergentes foram cultivadas seis plantas vaso⁻¹.

O solo utilizado para o cultivo das plantas foi coletado da camada arável na área onde foi realizado o experimento referente ao Capítulo I, sendo este classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, textura franco-arenosa, pertencente à unidade de mapeamento Pelotas (EMBRAPA, 1999), sendo suas características químicas apresentadas na Tabela 1. A fim de homogeneizar e eliminar restos vegetais, o solo foi peneirado em peneira com malha de 10 mm após a sua coleta.

A semeadura das sementes de soja foi realizada no dia 27 de novembro de 2014, na profundidade de 1,5 cm, sendo que após a semeadura o solo foi irrigado a fim de homogeneizar a umidade deste. A emergência das plântulas de soja para ambos os experimentos ocorreu no dia 1º de dezembro de 2014.

Os herbicidas pré emergentes foram aplicados no dia seguinte após a semeadura (28/11/2014), enquanto que a aplicação dos herbicidas pós emergentes foi realizada quando as plantas de soja se apresentavam no estágio fenológico V₃ (23/12/2014). Para a aplicação dos herbicidas, utilizou-se pulverizador costal pressurizado a CO₂, equipado com barra contendo quatro pontas de pulverização (XR TeeJet®) da série 110.02, calibrado com pressão de 30 psi, possibilitando a aplicação de 120 L ha⁻¹ de calda herbicida. Para as aplicações dos herbicidas Classic® e Aurora® 400 EC foi adicionado óleo mineral a calda de pulverização, na dose de 0,5% v/v.

Foram realizadas avaliações de fitotoxicidade aos 7, 14, 21 e 28 dias após a emergência (DAE) das plântulas para os pré emergentes; e, 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAT), para os herbicidas pós emergentes. As avaliações de fitotoxicidade foram realizadas visualmente, utilizando-se escala percentual, onde zero (0%) correspondeu a nenhum efeito fitotóxico a cultura, e cem (100%) referiu-se à morte total desta.

Na última avaliação de fitotoxicidade em ambos os experimentos, realizou-se avaliação da estatura das plantas, sendo estas posteriormente coletadas para a determinação da área foliar e matéria seca. A estatura das plantas foi realizada com utilização de régua graduada em centímetros, sendo determinada a distância entre a inserção do caule das plantas no solo, até a extremidade superior das plantas. Para aferição da área foliar das plantas foi utilizado medidor de área foliar Licor, modelo LI-3100. Após a determinação da área foliar as plantas foram acondicionadas em sacos de papel, e mantidas em estufa a 60°C com circulação de ar, até atingirem massa constante.

Para determinação de análises laboratoriais como atividade enzimática das enzimas superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX) e catalase (CAT), teor de clorofila *a*, *b*, total e carotenoides, teor de peróxido de hidrogênio e peroxidação lipídica, foi realizada a coleta de material vegetal da parte aérea das plantas aos 7 DAE, para os herbicidas pré emergentes e aos 6 DAT, para os herbicidas pós emergentes. Após a coleta das folhas de cada tratamento, estas foram acondicionadas em sacos plásticos, e mantidas em caixa térmica contendo gelo no seu interior. Em seguida as amostras provenientes de cada tratamento foram encaminhadas ao laboratório do Centro de Herbologia (CEHERB), sendo então armazenadas em ultrafreezer, a temperatura de -86,0 °C.

Posteriormente foi determinada a massa da amostra de todas as repetições utilizadas nas análises laboratoriais, sendo estas, envoltas em papel alumínio para protegê-las da luz e assim evitar a desnaturação de proteínas e enzimas.

Para determinação da atividade enzimática das enzimas SOD, APX e CAT e teor de proteínas produziu-se extrato a partir de 0,2 g de matéria fresca (MF) das plantas de soja maceradas com nitrogênio líquido com 10% de polivinilpirrolidona (PVPP), em cadinho com pistilo. Em seguida 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, sendo então a amostra centrifugada a 14000 rpm, a 4°C por 20 minutos.

A partir do extrato foi quantificado o teor de proteína das amostras, utilizando o método de BRADFORD (1976), onde 60 μL do extrato foram adicionados a 2 mL de solução de BRADFORD, e realizada a leitura da absorbância no comprimento de onda de 595 nm. Os resultados foram calculados em função da construção de curva padrão de globulina e expressos em miligramas de proteína (mg proteína) por mL. A atividade da SOD foi determinada utilizando a metodologia adaptada de PEIXOTO (1999) a partir DEL LONGO (1993) e GIANNOPOLITIS e RIES (1977). Por esse método, foi determinada a inibição da redução do NBT (p-nitro blue tetrazolium) pelo extrato enzimático evitando assim a formação do cromóforo. Neste ensaio, uma unidade de atividade enzimática (UA) de SOD foi considerada como a quantidade de enzima necessária para obter 50% de inibição da redução do NBT pela SOD contida no extrato enzimático. Para a reação foi adicionado extrato enzimático em tubo de ensaio contendo 1 mL de tampão fosfato de potássio 100 mM (pH 7,8), 400 μL de metionina 70 mM, 20 μL de EDTA 10 μM , 390 μL de água ultrapura, 150 μL de NBT 1 mM e 20 μL de riboflavina 0,2 mM. Em seguida os tubos foram incubados em lâmpada fluorescente de 15 Watts durante 10 minutos e em seguida realizada a leitura da absorbância a 560 nm. Para efeito de cálculo, o branco da reação foi considerado como sendo os tubos que não contém extrato, exposto e não exposto à luz. A atividade foi determinada pelo cálculo da quantidade de extrato que inibiu 50% da reação de NBT e expressa em UA mg^{-1} proteína minuto^{-1} .

A atividade da APX foi determinada utilizando-se a metodologia descrita por AZEVEDO et al. (1998), através do consumo de H_2O_2 (coeficiente de extinção 2,9 mM cm^{-1}). O extrato da amostra foi adicionado a 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. Realizou-se a leitura da absorbância no comprimento de onda de 290 nm, durante 90 segundos com leituras em intervalos de 7 segundos. Para efeito de cálculo da atividade da APX, foi considerado que o decréscimo de 1 unidade de absorbância foi equivalente a 1 unidade ativa (UA). As atividades do extrato total foram determinadas pelo cálculo da quantidade de extrato que reduziu a leitura de absorbância em 1 UA e expressos em $\text{UA mg}^{-1} \text{ proteína minuto}^{-1}$.

Para a determinação da atividade da CAT, utilizou-se a metodologia descrita por AZEVEDO et al. (1998), através do consumo de H_2O_2 (coeficiente de extinção $39,4 \text{ mM cm}^{-1}$). O extrato da amostra foi adicionado a 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. Realizou-se a leitura da absorbância em espectrofotômetro (Ultrospec 6300 Pro UV/Visível) no comprimento de onda de 240 nm, durante 90 segundos com leituras em intervalo de 7 segundos.

Para a determinação de peróxido de hidrogênio 0,2 g de amostra foram maceradas com nitrogênio líquido em cadinho com pistilo, sendo posteriormente o material transferido para eppendorfs de 2 mL, sendo o cadinho e o pistilo lavados com 2 mL de ácido tricloroacético (TCA 0,1% massa volume⁻¹) e esse volume transferido para o eppendorf. Em seguida as amostras foram centrifugadas a 12000 rpm por 20 minutos em centrífuga refrigerada a 4°C. Após a centrifugação coletou-se 0,2 mL do extrato do sobrenadante de cada amostra, e adicionou-se a estes: 0,8 mL de tampão Fosfato de potássio 10 mM pH 7,0; 1 mL de iodeto de potássio 1M. As amostras foram agitadas em vortex e deixadas por 10 minutos para reagirem. Transcorrido este tempo, realizou-se a leitura da absorbância em espectrofotômetro (Ultrospec 2100 pro) a 390 nm com cubetas de vidro. Para a amostra em branco utilizou-se 0,8 mL de tampão fosfato de potássio 10 mM pH 7,0; 1 mL de iodeto de potássio 1M e 0,2 mL de ácido tricloroacético (TAC) (VELIKOVA et al., 2000).

A peroxidação lipídica foi determinada através da quantificação indireta do malondialdeído (MDA), pelo método das substâncias reativas ao oxigênio (TBARS), de acordo com HEATH e PACKER (1968). Assim, 0,2 g de amostra de MF de folhas das plantas foram maceradas com nitrogênio líquido em cadinho com pistilo. Posteriormente, o material macerado foi transferido para eppendorfs de 2 mL, sendo o cadinho e o pistilo lavados com 2 mL de TCA (0,1% massa volume⁻¹), sendo este extrato transferido para o eppendorf. Em seguida as amostras foram centrifugadas a 12000 rpm por 20 minutos, em centrífuga refrigerada a 4°C. Para a quantificação da

peroxidação lipídica, adicionou-se 1,5 mL de ácido tiobarbitúrico (TBA) e de ácido tricloroacético (TCA) em tubos de falcon de 15 mL, sendo em seguida adicionado 0,5 mL do sobrenadante centrifugado. As amostras foram incubadas em banho maria a 90°C por 20 minutos, e transcorrido este tempo os tubos foram imersos em banho de gelo, para paralisar a reação. Em seguida realizou-se a leitura da absorbância em espectrofotômetro (Ultrospec 2000 UV/Visible, Pharmacia Biotech) a 532 e a 600 nm, em que 532 nm representam a máxima absorção do complexo aldeído malônico (MDA) e ácido tiobarbitúrico (TBARS) e 600 nm a absorção de turbidez não específica.

Para a determinação dos pigmentos fotossintéticos 0,1 g de MF de folhas foram maceradas em tubos de falcon de 15 mL na presença de 5 mL de acetona a 80% (v/v). Em seguida foi realizada a adição de 3 mL de dimetil reagente sulfóxido (DMSO), sendo as amostras deixadas em banho maria na temperatura de 65 °C, por 45 minutos. Transcorrido este período, realizou-se a agitação individual de cada amostra. Posteriormente transferiu-se alíquota de 2,5 mL da amostra, para cubeta com capacidade volumétrica de 3 cm³. A absorbância da solução foi obtida por espectrofotometria a 647, 663 e 470 nm (HISCOX & ISRAELSTAM, 1979). Os valores obtidos para cada comprimento de onda foram utilizados nas equações relatadas por LICHTENTHALER (1987), obtendo-se desta forma os teores de clorofila *a*, *b*, total, *a/b* e carotenoides.

Os dados obtidos para todas as variáveis, expressos em valores médios por tratamento, foram submetidos à análise da variância pelo teste F ($p \leq 0,05$). Ocorrendo significância entre os tratamentos, os efeitos de herbicidas foram comparados pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$), e os efeitos de cultivares pelo teste de Student ($p \leq 0,05$).

4.3 Resultados e discussão

Para os herbicidas pré emergentes ocorreu interação entre os fatores estudados para as variáveis fitotoxicidade aos 7, 14, 21 e 28 DAE, estatura de plantas, área foliar e matéria seca. Efeito de herbicidas foi observado no teor de clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila total, teor de carotenoides e relação entre os teores de clorofila *a* e *b* (*a/b*). Para as variáveis atividade enzimática das enzimas SOD, APX e

CAT, teores de peróxido de hidrogênio e peroxidação lipídica não se verificou efeito para nenhum dos fatores estudados.

A aplicação do herbicida diclosulam ocasionou os maiores valores de fitotoxicidade para ambas as cultivares, em todas as avaliações realizadas (Tabela 39). A cultivar Nidera 5909 RR apresentou fitotoxicidade superior em comparação a cultivar Coodetec STS 249 RR, em todas as avaliações.

Avaliando o comportamento de cultivares de soja após a aplicação do herbicida diclosulam foi verificado que estas podem apresentar comportamento distinto quanto a fitotoxicidade a este herbicida, sendo que, algumas podem apresentar redução da matéria seca da parte aérea, do estande de plantas, do número e massa dos nódulos, além de redução da produtividade, após serem expostas a aplicação deste herbicida (LEITE et al., 2000).

Avaliando a persistência do herbicida diclosulam em função da umidade do solo, foi verificado que a umidade do solo exerce interferência na persistência deste herbicida, sendo que, com a elevação do teor de umidade do solo, ocorre aumento dos valores de fitotoxicidade das plantas de girassol (MONQUERO et al., 2013). Estes mesmos autores verificaram que, o aumento do teor de umidade do solo ocasiona redução nos valores de área foliar, estatura e matéria seca das plantas. Desta forma, a elevada fitotoxicidade observada nas plantas de soja onde se realizou aplicação de diclosulam, pode estar relacionada à elevada umidade do solo onde as plantas foram cultivadas, devido ao fato deste ser irrigado diariamente, para a manutenção de adequada umidade do mesmo, objetivando o adequado crescimento e desenvolvimento das plantas de soja.

Características físico-químicas do solo (SOUZA, 2008), como teores de argila e de matéria orgânica influenciam a persistência das moléculas herbicidas no solo (TIMOSSI et al., 2013). Desta forma, os altos valores de fitotoxicidade das plantas de soja, em função da aplicação de diclosulam, também podem estar relacionados ao teor de argila e de matéria orgânica (Tabela 1) do solo utilizado na condução dos experimentos. Avaliando o potencial de lixiviação dos herbicidas sulfentrazone, isoxaflutole e oxyfluorfen, em solos com características distintas, foi verificado que, as características físicas e químicas dos solos influenciam no potencial de lixiviação destes herbicidas (MELO et al., 2010).

A seletividade do herbicida a cultura está relacionada a uma série de fatores, podendo estes estarem relacionados com características do produto, dos métodos

de aplicação e das plantas (OLIVEIRA JR., 2001). Desta forma, possivelmente a maior fitotoxicidade das plantas de soja da cultivar Nidera 5909 RR, em comparação a cultivar Coodetec STS 249 RR, após a aplicação do herbicida diclosulam, deve-se a menor capacidade de metabolização deste herbicida por esta cultivar.

O herbicida diclosulam apresenta efeito residual longo e, dependendo das condições climáticas e do tipo de solo, pode afetar negativamente a cultura semeada em sucessão (BRIGHENTI et al., 2002). Avaliando o efeito da aplicação de diclosulam sobre diferentes classes de solo foi verificado que a aplicação deste herbicida em solo argiloso, causou os maiores danos, em comparação quando a aplicação deste foi realizada em solo areno-barrento (DEUBER; NOVO, 2006).

Avaliando o efeito da aplicação de herbicidas na soja, sobre o desenvolvimento da cultura do milho observou-se que a realização da semeadura do milho no mesmo dia da aplicação do herbicida diclosulam ocasionou elevados sintomas de fitotoxicidade nas plantas, além de reduzir o estande e estatura destas no campo (ARTUZI; CONTIERO, 2006). Estudando os efeitos residuais de herbicidas utilizados na soja, sobre o milho cultivado em sucessão, foi verificado que, entre todos os herbicidas testados, diclosulam foi um dos herbicidas que causou os maiores níveis de fitotoxicidade as plantas, em todas as avaliações realizadas (DAN et al., 2012b).

Após diclosulam, os maiores valores de fitotoxicidade das plantas, das duas cultivares de soja, em todas as avaliações realizadas, foram ocasionados pela aplicação do herbicida sulfentrazone (Tabela 39). Avaliando a fitotoxicidade das duas cultivares de soja, após a aplicação de sulfentrazone, verificou-se sintomas mais intensos na cultivar Nidera 5909 RR em comparação a Coodetec STS 249 RR, em todas as avaliações realizadas.

Avaliando a tolerância de genótipos de soja a aplicação de herbicidas pré emergentes, foi constatada a existência de diferentes níveis de tolerância dos genótipos a sulfentrazone, e que, entre todos os herbicidas testados, a aplicação deste causou a maior porcentagem de fitotoxicidade aos genótipos de soja, sendo a estatura de plantas de alguns genótipos reduzida em função da aplicação deste produto (BARROS et al., 2005).

Tabela 39. Fitotoxidade em plantas de duas cultivares de soja aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPEl, Capão do Leão, 2014/15.

Tratamento	Fitotoxidade (%)							
	7 DAE ¹		14 DAE		21 DAE		28 DAE	
	CD ²	NA ³	CD	NA	CD	NA	CD	NA
Testemunha	0,0 d ^{ns4}	0,0 d	0,0 c ^{ns}	0,0 c	0,0 c ^{ns}	0,0 d	0,0 c ^{ns}	0,0 d
S-metolacoloro	1,7 d ^{ns}	4,3 d	5,0 c*	0,7 c	2,7 c ^{ns}	0,3 d	0,3 c ^{ns}	0,0 d
Diclosulam	23,0 a*	66,5 a	64,3 a*	84,0 a	77,3 a*	94,0 a	77,7 a*	94,5 a
Metribuzin	6,0 c*	26,3 c	5,0 c*	50,0 b	3,3 c*	55,0 c	0,3 c*	57,5 c
Sulfentrazone	10,7 b*	47,5 b	20,0 b*	71,0 ab	18,0 b*	72,5 b	14,7 b*	72,5 b
CV (%)	26,86	18,52	15,95	32,34	12,67	14,98	11,86	18,22

¹Dias após a emergência; ²Cultivar Coodetec STS 249 RR; ³Cultivar Nidera 5909 RR; ⁴Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna comparam herbicidas dentro de cultivar pelo teste de Duncan (p≤0,05), e * (significativo) ou ^{ns} (não significativo) na linha comparam efeito de cultivares dentro de herbicidas pelo teste t (p≤0,05).

Avaliando o efeito da aplicação do herbicida sulfentrazone na cultura da soja, sobre as culturas sucedâneas, foi verificado que a aplicação deste produto causou fitotoxicidade em todas as culturas estudadas, sendo esta mais proeminente na cultura do milho, a qual apresentou redução no número de afilhos, estatura de plantas, número de folhas, peso fresco, peso seco, estande de plantas e na produção (BLANCO; VELINI, 2005).

Os menores efeitos de fitotoxicidade para as duas cultivares de soja, em todas as avaliações, foram verificados quando se realizou a aplicação do herbicida s-metolaclo, (Tabela 39). Não se verificou diferença significativa entre os valores de fitotoxicidade das cultivares de soja onde foi realizada aplicação do herbicida s-metolaclo, a exceção da avaliação realizada aos 14 DAE onde houve maior fitotoxicidade na cultivar Coodetec STS 249 RR, em comparação com a cultivar Nidera 5909 RR.

Para o herbicida metribuzin ocorreu diferença entre os valores de fitotoxicidade das duas cultivares de soja, sendo que em todas as avaliações realizadas, a cultivar Nidera 5909 RR apresentou fitotoxicidade superior em comparação a cultivar Coodetec STS 249 RR (Tabela 39).

Entre todos os herbicidas avaliados, em geral, a aplicação do herbicida diclosulam causou as maiores reduções na estatura, área foliar e matéria seca das plantas, para as duas cultivares avaliadas (Tabela 40). Para este mesmo herbicida, a cultivar Coodetec STS 249 RR apresentou maior estatura e área foliar das plantas, em relação a cultivar Nidera 5909 RR. Todos os herbicidas, com exceção de s-metolaclo, reduziram a área foliar e matéria seca das plantas nas duas cultivares de soja, em relação a testemunha.

A semeadura de milho, trigo e aveia 60 DAT do herbicida sulfentrazone, nas doses de 0,6 Kg ha⁻¹ e 1,2 Kg ha⁻¹, reduz a área foliar das plantas destas espécies (BLANCO; VELINI, 2005). A aplicação de diclosulam na dose de 0,035 Kg ha⁻¹ diminuiu a estatura de plantas, a massa seca e a produtividade de grãos da cultura do milho (DAN et al., 2012b).

Avaliando a persistência do herbicida diclosulam em função da umidade do solo, foi observado que a umidade do solo afeta a persistência do herbicida e que, a semeadura de girassol até 90 dias após a aplicação deste herbicida reduz a estatura de plantas, área foliar e a massa seca da parte aérea (MONQUERO et al., 2013). Desta forma, a manutenção da umidade do solo próximo a capacidade de campo,

através de irrigações manuais do mesmo, pode ter afetado a dinâmica do diclosulam no solo, permitindo assim a disponibilidade do mesmo para a cultura ao longo de todo o ciclo, fazendo com que este reduzisse a estatura, a área foliar e a matéria seca das plantas de soja das duas cultivares (Tabela 40).

Tabela 40. Estatura, área foliar e matéria seca da parte aérea de plantas de duas cultivares de soja, após a aplicação de diferentes herbicidas, 28 dias após a emergência (DAE). FAEM/UFPEL, Capão do Leão, 2014/15.

Tratamento	Estatura de plantas (cm)		Área foliar (cm ²)		Matéria seca (g)	
	CD ¹	NA ²	CD	NA	CD	NA
Testemunha	25,6 a* ³	33,5 a	1270,8 a ^{ns}	1416,6 a	7,5 ab*	9,5 a
S-metolacoloro	23,4 ab*	34,7 a	1234,3 a ^{ns}	1423,3 a	7,8 a ^{ns}	9,0 a
Diclosulam	7,7 c*	3,3 c	138,5 d*	0,0 c	1,4 d ^{ns}	0,5 b
Metribuzin	22,5 b ^{ns}	23,5 b	1036,4 b*	233,7 b	6,7 b*	1,2 b
Sulfentrazone	23,3 ab*	6,9 c	818,4 c*	119,4 bc	5,3 c*	1,3 b
CV (%)	8,73	14,27	10,20	14,66	10,01	13,01

¹Cultivar Coodetec STS 249 RR; ²Cultivar Nidera 5909 RR; ³Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna comparam herbicidas dentro de cultivar pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$), e * (significativo) ou ^{ns} (não significativo) na linha comparam efeito de cultivares dentro de herbicidas pelo teste t ($p \leq 0,05$).

A estatura de plantas das duas cultivares, onde se realizou aplicação dos herbicidas s-metolacoloro, e sulfentrazone, este último apenas para a cultivar Coodetec STS 249 RR, não diferiram significativamente dos valores observados nas suas respectivas testemunhas (Tabela 40). A cultivar Nidera 5909 RR apresentou maior estatura de plantas, em relação a cultivar Coodetec STS 249 RR, após a aplicação do s-metolacoloro, além da testemunha.

A área foliar das plantas onde se realizou aplicação do herbicida s-metolacoloro, não diferiu dos valores observados nas suas respectivas testemunhas, em ambas as cultivares (Tabela 40). Entre todos os herbicidas avaliados, diclosulam foi o que causou a maior redução na área foliar das plantas, em ambas as cultivares. Ocorreu diferença significativa entre os valores de área foliar das duas cultivares, onde se realizou aplicação dos herbicidas diclosulam, metribuzin e sulfentrazone, sendo os maiores valores desta variável observados na cultivar Coodetec STS 249 RR, em comparação a Nidera 5909 RR, para todos os herbicidas.

Em ambas as cultivares, os maiores valores de matéria seca da parte aérea foram observados na testemunha e onde se realizou aplicação do herbicida s-

metolacoloro, sendo que, todos os outros herbicidas, com exceção de metribuzin, apenas para a cultivar Coodetec STS 249 RR, reduziram a matéria seca da parte aérea das plantas, em relação a suas respectivas testemunhas (Tabela 40). Ocorreu diferença significativa entre os valores de matéria seca das duas cultivares nas plantas da testemunha, e onde se realizou aplicação de metribuzin e sulfentrazone, sendo que, com exceção da testemunha, para os outros dois tratamentos, os maiores valores de matéria seca foram observados na cultivar Coodetec STS 249 RR, em relação a cultivar Nidera 5909 RR. A maior matéria seca de plantas na testemunha, produzidas pela cultivar Nidera 5909 RR, em comparação a Coodetec STS 249 RR, está relacionada ao fato da primeira apresentar estatura de plantas 31% superior em comparação à segunda.

A aplicação do herbicida diclosulam reduziu os valores de clorofila *a*, *b* e *total* nas plantas de soja, comparativamente aos demais herbicidas e a testemunha (Tabela 41). Já, o herbicida sulfentrazone, embora menos fitotóxico que diclosulam, reduziu os teores de clorofila *a*, *b* e *total* nas plantas de soja, comparativamente aos demais herbicidas e a testemunha. Para as mesmas variáveis, a aplicação dos herbicidas s-metolacoloro e metribuzin apresentaram valores iguais ou superiores à testemunha.

Tabela 41. Teor de clorofila *a*, clorofila *b* e clorofila *total* em plantas de soja, sete dias após a aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPEL, Capão do Leão, 2014/15.

Tratamento	Clorofila <i>a</i> (mg g ⁻¹ MF)	Clorofila <i>b</i> (mg g ⁻¹ MF)	Clorofila <i>total</i> (mg g ⁻¹ MF)	<i>a/b</i> (mg g ⁻¹ MF)
Testemunha	1,32 a ¹	0,60 c	1,92 b	2,20 b
S-metolacoloro	1,32 a	0,84 a	2,16 a	1,57 c
Diclosulam	0,49 c	0,13 e	0,62 d	3,77 a
Metribuzin	1,26 a	0,74 b	2,00 ab	1,70 c
Sulfentrazone	0,91 b	0,25 d	1,16 c	3,64 a
CV (%)	11,07	18,16	10,50	16,63

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan (p≤0,05).

As moléculas de clorofilas estão presentes nos centros de reação dos fotossistemas, tendo como função a captação de luz para posterior utilização nas reações fotoquímicas, sendo a clorofila *a* o principal pigmento coletor de luz (CHAGAS, 2007). Analisando alterações no metabolismo fotossintético de plantas

de cana-de-açúcar em função da aplicação de paraquat, foi verificado que a aplicação do mesmo causou redução nos teores de clorofila *a*, *b* e *total* das plantas, sendo a redução proporcional ao aumento da dose (CHAGAS, 2007). Já, ao avaliar o efeito da aplicação de diferentes doses de imazaquim em diferentes cultivares de soja, foi verificado que a aplicação da dose 0,75 Kg i.a ha⁻¹, independente do estágio de aplicação, reduz os teores de clorofila das plantas da maioria dos cultivares estudados (CAYON et al., 1990). Menores teores de clorofilas nas plantas estão relacionados com a menor quantidade de membranas nos tilacoides e menor empilhamento nos centros de reação (SANDMANN; SCHEER, 1998).

Quando há diminuição de α -cetoglutarato nas plantas, ocorre inibição da síntese do ácido δ -aminolevulínico (ALA), o qual é precursor das clorofilas (DUKE, 1985). A clorofila é uma porfirina, formada a partir do ácido δ -aminolevulínico (ALA), o qual se origina da condensação de succinil-CoA com glicina (BORRMANN, 2009). Com a inibição de ALA pode ocorrer decréscimo de enzimas porfirínicas como citocromos e catalases, afetando desta forma a síntese de clorofila (CAYON et al., 1990).

O herbicida diclosulam apresenta como mecanismo de ação a inibição da enzima acetolactato sintase (ALS), a qual está envolvida na biossíntese dos aminoácidos alifáticos de cadeia lateral leucina, valina e isoleucina (ROMAN et al., 2007). A inibição da síntese destas três enzimas pode ocasionar menor síntese proteica, alterando a síntese de ALA devido a menor produção do α -cetoglutarato, reduzindo assim os teores de clorofilas nas plantas (CAYON et al., 1990).

A maior relação entre os teores de clorofila *a* e *b* (*a/b*) foram verificadas nas plantas onde se realizou aplicação dos herbicidas diclosulam e sulfentrazone, enquanto que, as plantas cultivadas onde foi realizada aplicação de s-metolaclo e metribuzin produziram os menores valores para esta variável (Tabela 41).

A aplicação dos herbicidas ocasionou redução nos valores de carotenoides *total* das plantas, em relação a testemunha (Tabela 42). Para esta mesma variável, os maiores valores foram observados na testemunha, enquanto que, os menores valores desta foram verificados onde se realizou aplicação do herbicida diclosulam.

A redução dos teores de carotenoides das plantas, ocasionados por todos os herbicidas, demonstra que a aplicação destes ocasiona estresse oxidativo a soja, o qual possivelmente poderá afetar o crescimento e desenvolvimento da cultura ao longo do ciclo.

Tabela 42. Teor de carotenoides *total* em plantas de soja, sete dias após a aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2014/15.

Tratamento	Carotenoides <i>total</i> (mg g ⁻¹ MF)
Testemunha	0,30 a ¹
S-metolaclo-ro	0,25 b
Diclosulam	0,12 d
Metribuzin	0,25 b
Sulfentra-zona	0,17 c
CV (%)	19,37

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan (p≤0,05).

Todos os herbicidas pré emergentes aplicados causaram algum grau de estresse as plantas de soja, porém, diclosulam e sulfentra-zona mostram-se entre os herbicidas avaliados, como sendo os que propiciaram o maior estresse as plantas. Em decorrência da elevada fitotoxicidade que estes dois herbicidas ocasionaram as plantas de soja, acabaram afetando negativamente a estatura, área foliar e matéria seca das plantas, além de reduzirem os teores de clorofilas e carotenoides.

Para os herbicidas pós emergentes ocorreu interação entre os fatores para as variáveis fitotoxicidade aos 7 e 14 DAT e área foliar das plantas; efeito de herbicidas ocorreu para fitotoxicidade aos 21 e 28 DAT, matéria seca, estatura de plantas, teor de clorofila *a*, *b*, *total* e *a/b*, e peroxidação lipídica; e, efeito de cultivar foi observado para estatura de plantas e teor *total* de carotenoides. Para as variáveis atividade enzimática das enzimas SOD, APX e CAT, e peróxido de hidrogênio, não se observou efeito significativo para nenhum dos fatores estudados.

A aplicação do herbicida carfentra-zona etílica causou os maiores valores de fitotoxicidade para ambas as cultivares, aos 7 e 14 DAT, sendo que, para a cultivar Coodetec STS 249 RR, aos 14 DAT incluem-se também os herbicidas clorimuron etílico e imazetapir (Tabela 43). Avaliando o efeito da mistura de glifosato e carfentra-zona etílica no controle de plantas daninhas e na fitotoxicidade causada as plantas de soja, foi verificado que entre todos os herbicidas avaliados, estes ocasionaram os maiores sintomas de fitotoxicidade (MACIEL et al., 2011). Neste mesmo trabalho, estes autores verificaram que a aplicação deste tratamento reduziu a produtividade desta cultura em 33%, em relação a sua testemunha.

Tabela 43. Fitotoxicidade de plantas de duas cultivares de soja, após a aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2014/15.

Tratamento	Fitotoxicidade (%)			
	7 DAT ¹		14 DAT	
	CD ²	NA ³	CD	NA
Testemunha	0,0 e ^{ns4}	0,0 b	0,0 b ^{ns}	0,0 d
Clorimuron etílico	8,7 c ^{ns}	5,3 b	23,0 a ^{ns}	10,3 b
Imazetapir	13,7 b*	5,3 b	25,0 a*	8,3 b
Bentazona	3,3 d ^{ns}	2,3 b	3,7 b ^{ns}	5,3 c
Carfentrazone etílica	20,7 a ^{ns}	26,3 a	21,0 a*	25,7 a
CV (%)	17,62	35,65	28,75	15,81

¹Dias após a aplicação; ²Cultivar Coodetec STS 249 RR; ³Cultivar Nidera 5909 RR; ⁴Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna comparam herbicidas dentro de cultivar pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$), e * (significativo) ou ^{ns} (não significativo) na linha comparam efeito de cultivares dentro de herbicidas pelo teste t ($p \leq 0,05$).

Avaliando a fitotoxicidade de plantas de soja após a aplicação de diferentes herbicidas, foi verificado que a aplicação de carfentrazone etílica causou fitotoxicidade em todas as doses testadas, apresentado decréscimo com o transcorrer do tempo (BUZZELLO, 2010). A aplicação de carfentrazone etílica na dose de 25,0 g ha⁻¹ pode causar fitotoxicidade próximo a 20% em cultivares de milho, aos sete dias após a aplicação (KARAM et al., 2004).

O herbicida carfentrazone etílica atua inibindo a enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX) (ROMAN et al., 2007), a qual está envolvida na biossíntese de clorofila (BUZZELLO, 2010), resultando assim no acúmulo de protoporfirinogênio IX no citoplasma (ROMAN et al., 2007; SHERMAN et al., 1991). Na presença de luz, protoporfirinogênio IX interage com o oxigênio, formando oxigênio singleto, o qual causa peroxidação das membranas (ROMAN et al., 2007; DEVINE et al., 1993), resultando desta forma nos sintomas visuais observados nas avaliações de fitotoxicidade das plantas.

Estudos demonstram que a seletividade dos herbicidas as plantas estão relacionadas a rápida capacidade de metabolização destas moléculas em formas não tóxicas as plantas (GALON et al. 2009; VARGAS; FLECK, 1999; CAYON et al., 1990; SWEESTER et al., 1982). Desta forma, os maiores efeitos fitotóxicos ocasionados pela aplicação do herbicida carfentrazone etílica, em ambas as cultivares, em comparação aos demais herbicidas, e, sua maior intensidade na cultivar Nidera 5909 RR, em comparação a Coodetec STS 249 RR, aos 14 DAT

pode decorrer da menor capacidade de metabolização deste pelas plantas, em relação aos demais herbicidas e a menor capacidade de metabolização do mesmo pelas plantas da cultivar Nidera 5909 RR, em relação a Coodetec STS 249 RR, respectivamente.

Para as duas cultivares de soja, os menores valores de fitotoxicidade herbicida, aos 7 DAT e 14 DAT, foram ocasionados pela aplicação do herbicida bentazona, o qual não diferiu entre cultivares de soja (Tabela 43). Ocorreu diferença significativa entre os valores de fitotoxicidade das duas cultivares de soja onde se realizou a aplicação do herbicida imazetapir, aos 7 DAT e 14 DAT, sendo as maiores porcentagens de fitotoxicidade observadas na cultivar Coodetec STS 249 RR, em relação a Nidera 5909 RR.

A aplicação de carfentrazone etílica ocasionou os maiores valores de fitotoxicidade nas plantas de soja aos 21 DAT e 28 DAT, enquanto que, nestas mesmas datas, a menor fitotoxicidade foi observada nas plantas expostas a aplicação de bentazona, porém todos os herbicidas apresentaram toxicidade superior a testemunha (Tabela 44).

Tabela 44. Fitotoxicidade de plantas de soja aos 21 e aos 28 dias após a aplicação de herbicidas. FAEM/UFPEL, Capão do Leão, 2014/15.

Tratamento	Fitotoxicidade	
	21 DAT ¹	28 DAT
Testemunha	0,0 d ²	0,0 d
Clorimuron etílico	15,2 bc	18,0 b
Imazetapir	19,2 b	15,3 bc
Bentazona	11,3 c	9,5 c
Carfentrazone etílica	28,2 a	28,7 a
CV (%)	27,98	38,60

¹Dias após a aplicação; ²Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$).

Avaliando a eficácia da aplicação de herbicidas pós emergentes em diferentes volumes de calda na cultura da soja, foi verificado que a aplicação do herbicida carfentrazone etílica causou fitotoxicidade inferior a 10% nas avaliações aos 7 DAT e 14 DAT, sendo que, aos 28 DAT não foram observados sintomas de fitointoxicação nas plantas de soja (GALON et al., 2007).

A aplicação dos herbicidas clorimuron etílico, imazetapir, bentazona e carfentrazona etílica reduziram a área foliar das plantas de soja das duas cultivares, em comparação a testemunha, porém, entre estes herbicidas não ocorreu diferença significativa para esta variável, em ambas as cultivares, a exceção de clorimuron etílico e bentazona para a cultivar Nidera 5909 RR (Tabela 45). Verificou-se diferença significativa entre os valores de área foliar das cultivares de soja apenas quando aplicado bentazona, tendo a cultivar Nidera 5909 RR apresentado área foliar superior em relação a Coodetec STS 249 RR.

Tabela 45. Área foliar de plantas de duas cultivares de soja, após a aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2014/15.

Tratamento	Área foliar (cm ²)	
	Coodetec STS 249 RR	Nidera 5909 RR
Testemunha	2007,9 a ^{ns1}	1736,5 a
Clorimuron etílico	1082,9 b ^{ns}	802,9 c
Imazetapir	1170,1 b ^{ns}	1105,1 bc
Bentazona	1085,8 b*	1326,0 b
Carfentrazona etílica	1142,5 b ^{ns}	1039,3 bc
CV (%)	10,91	13,01

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna comparam herbicidas dentro de cultivar pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$), e * (significativo) ou ^{ns} (não significativo) na linha comparam efeito de cultivares dentro de herbicidas pelo teste t ($p \leq 0,05$).

A aplicação dos herbicidas imazetapir e carfentrazona etílica reduziram a estatura de plantas, tendo este último reduzido esta variável em 37%, em relação a testemunha (Tabela 46). A estatura das plantas da testemunha, e onde se realizou aplicação dos herbicidas clorimuron etílico e bentazona não diferiram entre si. Avaliando os efeitos da aplicação de diferentes herbicidas sobre o desenvolvimento de plantas de soja, foi verificado que a aplicação de carfentrazona etílica na dose de 22 g ha⁻¹, reduz em 17% a estatura de plantas, em comparação a testemunha (BUZZELLO, 2010).

Avaliando a eficácia e a seletividade de associações herbicidas, foi verificado que todos os tratamentos que continham o herbicida imazetapir, ocasionaram redução na estatura e na matéria seca da parte aérea das plantas de soja (PROCÓPIO et al., 2007). Estudando a seletividade de herbicidas a cultura da soja,

foi verificado que a aplicação de clorimuron etílico em pré-emergência da cultura, reduz a estatura das plantas de soja em relação à testemunha (OSIPE et al., 2014).

Tabela 46. Estatura de plantas e matéria seca da parte aérea de plantas de soja, após a aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPEL, Capão do Leão, 2014/15.

Tratamento	Estatura de plantas (cm)	Matéria seca (g)
Testemunha	57,9 a ¹	15,4 a
Clorimuron etílico	48,7 ab	10,6 c
Imazetapir	45,2 bc	11,3 bc
Bentazona	49,1 ab	12,7 b
Carfentrazone etílica	36,4 c	10,0 c
CV (%)	17,70	10,30

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$).

Todos os herbicidas testados reduziram a matéria seca das plantas de soja, em relação a testemunha, sendo que, os valores de matéria seca produzidos por clorimuron etílico, imazetapir e carfentrazone etílica não diferiram entre si, assim como, entre bentazona e imazetapir (Tabela 46). Avaliando a seletividade da aplicação de diferentes doses de carfentrazone etílica as culturas do milho doce e normal, foi verificado que com aumento da dose deste herbicida, a matéria seca da parte aérea das plantas decresceu, sendo que, a aplicação da dose de 50 g ha⁻¹, reduz a matéria seca em 40%, em comparação com a testemunha (KARAM et al., 2004).

A metabolização diferencial dos herbicidas pelas plantas é um dos fatores que determinam a seletividade dos mesmos (OLIVEIRA JÚNIOR; INOUE, 2001). Desta forma, a redução da estatura das plantas causada pela aplicação do herbicida carfentrazone etílica, e a menor matéria seca da parte aérea verificada onde se realizou a aplicação dos herbicidas clorimuron etílico e carfentrazone etílica, pode estar correlacionada positivamente com a fitotoxicidade que estes ocasionaram a estas culturas, possivelmente em decorrência da menor velocidade de metabolização destas moléculas pelas plantas, aonde estas ocasionaram elevados sintomas de fitointoxicação em ambas as cultivares (Tabelas 43 e 44).

Ocorreu diferença entre a estatura de plantas das duas cultivares, tendo a cultivar Nidera 5909 RR apresentado estatura de plantas 32% superior em relação a

Coodetec STS 249 RR (Tabela 47). Estudando a seletividade de cultivares de soja aos herbicidas flumetsulam e diclosulam, foi verificada diferença significativa na estatura de plantas, entre os cultivares avaliados (LEITE et al., 2000).

Avaliando os componentes da produção de cultivares de soja com diferentes hábitos de crescimento, foi verificado que cultivares de soja que apresentavam hábito de crescimento indeterminado apresentam estatura de plantas superior em relação às de hábito determinado (PERINI et al., 2012). Desta forma, devido ao fato das cultivares avaliadas apresentarem hábitos de crescimento distintos, possivelmente a diferença verificada na estatura de plantas das mesmas pode ser atribuída a características genéticas dos próprios cultivares, como a diferença no hábito de crescimento destas.

Tabela 47. Estatura de plantas de duas cultivares de soja aos 50 dias após a emergência. FAEM/UFPEL, Capão do Leão, 2014/15.

Cultivar	Estatura de plantas (cm)
Coodetec STS 249 RR	40,6 b ¹
Nidera 5909 RR	53,6 a
CV (%)	17,59

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste t (p≤0,05).

Os valores de clorofila *a*, *b* e total, verificados onde se realizou a aplicação do herbicida imazetapir foi superior em relação à testemunha (Tabela 48). Entre todos os tratamentos herbicidas, carfentrazona etílica foi, em geral, o que ocasionou os menores teores de clorofila *a*, *b* e total.

A aplicação exógena de H₂O₂ em plantas de arroz causa redução nos conteúdos de clorofila e proteína das mesmas, sendo que, com o aumento das concentrações de H₂O₂ aplicadas, os efeitos negativos observados nas plantas tornam-se mais proeminentes (UPADHYAYA et al., 2007). Desta forma, possivelmente a aplicação do herbicida carfentrazona etílica aumentou o nível do estresse oxidativo nas plantas de soja, elevando assim os teores de H₂O₂ das mesmas, ocasionando consequentemente redução nos teores de clorofilas.

Tabela 48. Teor de clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila *total* e relação entre as clorofilas *a* e *b* (*a/b*) em plantas de soja, seis dias após a aplicação de herbicidas. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2014/15.

Tratamento	Clorofila <i>a</i> (mg g ⁻¹ MF)	Clorofila <i>b</i> (mg g ⁻¹ MF)	Clorofila <i>total</i> (mg g ⁻¹ MF)	<i>a/b</i> (mg g ⁻¹ MF)
Testemunha	1,15 b ¹	0,36 c	1,51 cd	3,19 a
Clorimuron etílico	1,29 ab	0,48 bc	1,77 bc	2,69 ab
Imazetapir	1,39 a	0,91 a	2,30 a	1,53 c
Bentazona	1,27 ab	0,54 b	1,81 b	2,35 b
Carfentrazona etílica	0,96 c	0,35 c	1,31 d	2,74 ab
CV (%)	12,76	22,95	14,37	17,61

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan (p≤0,05).

O conteúdo de clorofila nas folhas pode servir como parâmetro para estimar o potencial fotossintético das plantas, devido a sua ligação direta com a absorção e transferência de energia luminosa (RÊGO; POSSAMAI, 2004). Plantas que apresentam alta concentração de clorofila possuem capacidade de atingir taxas fotossintéticas mais altas, pelo seu valor potencial de captação de “quanta” na unidade de tempo (RÊGO; POSSAMAI, 2004). Desta forma, com base nos valores dos teores de clorofilas, possivelmente o crescimento e/ou desenvolvimento das plantas expostas a aplicação do herbicida carfentrazona etílica, será afetado negativamente em relação aos demais tratamentos, podendo acarretar redução da produtividade desta.

Ocorreu diferença entre os valores de carotenoides total das duas cultivares de soja, tendo a cultivar Nidera 5909 RR apresentado valor superior em relação a Coodetec STS 249 RR (Tabela 49). A diferença evidenciada entre os valores de carotenoides produzidos pelas plantas das duas cultivares de soja, possivelmente deve estar relacionada a fatores genéticos das mesmas ou ao menor efeito fitotóxico dos herbicidas ocasionados a esta cultivar (Tabelas 43 e 44).

Tabela 49. Teor *total* de carotenoides em plantas de duas cultivares de soja, aos 50 dias após a emergência. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2014/15.

Cultivar	Carotenoides <i>total</i> (mg g ⁻¹ MF)
Coodetec STS 249 RR	0,30 b ¹
Nidera 5909 RR	0,34 a
CV (%)	18,01

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste t (p≤0,05).

Na avaliação do estresse oxidativo através da peroxidação lipídica, com a quantificação indireta do malondialdeído (MDA), pela determinação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), verificou-se que com a aplicação dos herbicidas clorimuron etílico, imazetapir e carfentrazone etílica, os valores de MDA aumentaram, em relação a testemunha (Tabela 50). O valor de MDA verificado nas plantas cultivadas onde foi realizada aplicação de carfentrazone etílica foi 2,2 vezes superior em relação a testemunha.

Tabela 50. Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) em plantas de soja, aos seis dias após a aplicação de diferentes herbicidas. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2014/15.

Tratamento	TBARS
Testemunha	25,16 c ¹
Clorimuron etílico	44,00 ab
Imazetapir	51,56 ab
Bentazona	36,98 bc
Carfentrazone etílica	55,95 a
CV (%)	34,20

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan (p≤0,05).

Analisando alterações no metabolismo fotossintético de plantas de cana-de-açúcar em função da aplicação de paraquat, foi verificado que a aplicação deste ocasionou aumento da peroxidação lipídica, elevando desta forma os valores de MDA, sendo que, com o aumento das doses do produto, ocorreram acréscimos nos valores de MDA (CHAGAS, 2007). Avaliando o efeito da aplicação do herbicida chlorotoluron em plantas de trigo, foi verificado que a aplicação deste, na dose de 10 mg Kg⁻¹ causou aumento de três vezes nos valores de MDA das folhas das plantas de trigo, em relação a testemunha (SONG et al., 2007).

Os resultados de equivalente MDA estimam o estresse oxidativo através de parâmetro bioquímico seguro para determinação do estresse oxidativo, pois, o MDA é o composto resultante da peroxidação lipídica, gerada em função do estresse (KRUSE et al., 2006). Desta forma, verificou-se que todos os herbicidas ocasionaram estresse oxidativo, sendo que, a aplicação de carfentrazone etílica foi o que causou maior nível deste nas plantas de soja, porém, não diferindo de clorimuron etílico e imazetapir (Tabela 50).

Entre todos os herbicidas pós emergentes avaliados carfentrazone etílica mostrou-se como sendo o que causou os efeitos mais negativos nas plantas de soja, propiciando assim elevada fitotoxicidade a estas, e consequentemente a redução da área foliar e estatura de plantas, além de menores valores dos teores de clorofilas.

4.4 Conclusões

Para os herbicidas pré emergentes, o maior nível de estresse as plantas de soja é causado pela aplicação de diclosulam seguindo de sulfentrazone, enquanto para os pós emergentes, a aplicação de carfentrazone etílica ocasiona o maior estresse.

5 Conclusões

Todos os herbicidas avaliados ocasionam algum grau de injúria às duas cultivares de soja estudadas, sendo que, estes apresentam-se mais evidentes nos primeiros dias após a aplicação.

Entre os herbicidas pré emergentes estudados, sulfentrazone é o que ocasiona maior fitotoxicidade em ambas as cultivares avaliadas, enquanto que, em pós emergência, carfentrazone etílica ocasiona os maiores danos de fitotoxicidade as plantas.

Em pré emergência os maiores níveis de controle de *Raphanus* spp. e *Bidens* spp. são alcançados com a aplicação dos herbicidas diclosulam e metribuzin e, a utilização de sulfentrazone e diclosulam proporcionam os maiores valores de controle de *Ipomoea* spp.

Com exceção de carfentrazone etílica, todos os herbicidas utilizados em pós emergência controlam com eficiência *Raphanus* spp. e *Bidens* spp., e a aplicação de clorimuron etílico, imazetapir e carfentrazone etílica proporcionam elevados índices de controle *Ipomoea* spp.

Os herbicidas pré emergentes s-metolaclo e sulfentrazone reduzem a estatura de plantas da cultivar Coodetec STS 249 RR.

O herbicida carfentrazone etílica aplicado em pós emergência, reduz a estatura e o número de vagens planta⁻¹ das cultivares de soja.

Todos os herbicidas pré emergentes avaliados, além da testemunha infestada, reduzem a produtividade da cultivar Coodetec STS 249 RR.

A aplicação dos herbicidas pré emergentes s-metolaclo e metribuzin, além da testemunha infestada, reduzem a produtividade da cultivar Nidera 5909 RR.

Os herbicidas pós emergentes bentazona e carfentrazone etílica, e a testemunha infestada reduzem a produtividade das cultivares de soja.

As sementes de soja da cultivar Nidera 5909 RR, apresentam qualidade fisiológica superior em comparação com as da cultivar Coodetec STS 249 RR.

A aplicação do herbicida metribuzin em pré emergência afeta negativamente a qualidade fisiológica das sementes de soja, assim como a competição imposta pelas plantas daninhas as plantas de soja.

Entre os herbicidas pré emergentes avaliados, o maior nível de estresse as plantas de soja é ocasionado pela aplicação de diclosulam, seguido de sulfentrazone, enquanto para os pós emergentes, a aplicação de carfentrazone etílica ocasiona o maior estresse.

6 Referências

AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Passo Fundo: Berthier, 2009. 352 p.

AGOSTINETTO, D.; TIRONI, S. P.; GALON, L.; DAL MAGRO, T. Desempenho de formulações e doses de glyphosate em soja transgênica. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 3, n. 2, p. 35, 2009a.

AGOSTINETTO, D.; DAL MAGRO, T.; GALON, L.; MORAES, P. V. D.; TIRONI, S. P. Respostas de cultivares de soja transgênica e controle de plantas daninhas em função de épocas de aplicação e formulações de glyphosate. **Planta Daninha**, v. 27, n. 4, p. 739-746, 2009b.

AISENBERG, G. R.; PEDÓ, T.; GEHLING, V. M.; VIEIRA, R. S.; AUMONDE, T. Z.; VILLELA, F. A. Aplicação foliar de cálcio e boro em diferentes populações de plantas de teosinto. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 8, n. 4, p. 1-5, 2014.

ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. de L.; ÁVILA, M. R.; SCAPIM, C. L.; BARBOSA, M. C.; STULP, M. Sementes de soja produzidas em épocas de safrinha na região oeste do Estado do Paraná. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 1, p. 121-127, 2009.

ALONSO, D. G.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR., R. S.; SANTOS, G.; DAN, H. A.; OLIVEIRA NETO, A. M. Seletividade de glyphosate isolado ou em misturas para soja RR em aplicações sequenciais. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 203-212, 2013.

AL-KHATIB, K. Herbicides Symptoms. Herbicide damage. **Protoporphyrinogen Oxidase (PPO) Inhibitors**. Disponível em: <
http://herbicidesymptoms.ipm.ucanr.edu/MOA/PPO_inhibitors/> Acesso em 15 Jun. 2015.

ANDRADE, C. A. **O papel do peróxido de hidrogênio na tolerância de soja (*Glycine max*) ao alagamento**. 2013. 57f. Dissertação (Pós-Graduação em Agronomia), Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ARRUDA, J. S.; LOPES, N. F.; BACARIN, M. A. Crescimento de plantas de soja em função de doses de sulfentrazone. **Planta daninha**, v. 17, n. 3, p. 375–386, 1999.

ARTUZI, J. P.; CONTIERO, R. L. Herbicidas aplicados na soja e produtividade do milho em sucessão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 7, p. 1119-1123, 2006.

ÁVILA, M. R.; BRACCINI, A. de L.; SCAPIM, C. A.; MANDARINO, J. M. G.; ALBRECHT, L. P.; VIDIGAL FILHO, P. S. Componentes de produtividade, teores de isoflavonas, proteínas, óleo e qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 3, p. 111-127, 2007.

AZANIA, C. A. M.; AZANIA, A. A. P. M.; PIZZO, I. V.; SCHIAVETTO, A. R.; ZERA, F. S.; MARCARI, M. A.; SANTOS, J. L. Manejo químico de convolvulaceae e euphorbiaceae em cana-de-açúcar em período de estiagem. **Planta Daninha**, v. 27, n. 4, p. 841-848, 2009.

AZEVEDO, R. A.; ALAS, R. M.; SMITH, R. J.; LEA, P. J. Response of antioxidant enzymes to transfer from elevated carbon dioxide to air and ozone fumigation, in the leaves and roots of wild-type and a catalase-deficient mutant of barley. **Physiologia Plantarum**, v. 104, n. 2, p. 280-292, 1998.

BACHEGA, T. F.; PAVANI, M. C. M. D.; ALVES, P. L. C. A.; SAES, L. P.; BOSCHIERO, M. Lixiviação de sulfentrazone e amicarbazone em coluna de solo com adição de óleo mineral. **Planta Daninha**, v. 27, n. 2, p. 363-370, 2009.

BARROS, A. C.; MONTEIRO, P. M. F. de O.; FURTADO, X. C.; NÚNES JÚNIOR, J.; GUERZONI, R. A. Tolerância de cultivares de soja aos herbicidas imazaquin, diclosulam e sulfentrazone, aplicados em solo de textura arenosa. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 4, n. 1, p. 1-8, 2005.

BARROSO, A. L. de L.; SHIMOHIRO, A. K.; DAN, H. de A.; DAN, L. G. de M.; ALMEIDA JÚNIOR, J. J. de; PROCÓPIO, S. de O.; BRAZ, G. B. P. Seletividade de associações herbicidas pós emergentes em variedade de soja precoce. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 7, n. 2, p. 36-42, 2008.

BASU, R. N. Seed viability. In: BASRA, A.S. **Seed quality: basis mechanisms and agricultural implications**. New York: Food products press, p. 1-32, 1995.

BENEDETTI, J. G. R.; PEREIRA, L.; ALVES, P. L. da C.; YAMAUTI, M. S. Período anterior a interferência de plantas daninhas em soja transgênica. **Scientia Agraria**, v. 10, n. 4, p. 289-295, 2009.

BIANCHI, M. A.; FLECK, N. G.; AGOSTINETTO, D.; RIZZARDI, M. A. Interferência de *Raphanus sativus* na produtividade de cultivares de soja. **Planta Daninha**, v. 29, n. 4, p. 783-792, 2011.

BLANCO, F. M. G.; VELINI, E. D. Persistência do herbicida sulfentrazone em solo cultivado com soja e seu efeito em culturas sucedâneas. **Planta Daninha**, v. 23, n. 4, p. 693-700, 2005.

BOHM, G. M. B.; SCHENEIDER, L.; CASTILHOS, D. AGOSTINETTO, D. ROMBALDI, C. V. Controle de plantas daninhas, biomassa e metabolismo

microbiano do solo em função da aplicação de glifosato ou imazetapir na cultura da soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 3, p. 919-930, 2011.

BORRMANN, D. **Efeito do déficit hídrico em características químicas e bioquímicas da soja, e na degradação da clorofila, com ênfase na formação de metabólitos incolores**. 2009. 107f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos), Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BRACCINI, A. de L. e; ALBRECHT, L. P.; ÁVILA, M. R.; SCAPIM, C. A.; BIO, F. E. I.; PELEGRINELLO, S. R. Qualidade fisiológica e sanitária das sementes de quinze cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) colhidas na época normal e após o retardamento de colheita. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 25, n. 2, p. 449-457, 2003.

BRACCINI, A. de L. E. **Avaliação da qualidade fisiológica da semente de variedades e linhagens de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) com diferentes graus de impermeabilidade do tegumento**. 1993. 109f. Tese (Doutorado em Fitotecnia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.

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.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons> Acesso em 30 Mar. 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: SNAD/CLAV, 2009. 398 p.

BRASIL. Lei nº 10.711, de 05 de agosto de 2003. Dispõe sobre o sistema nacional de sementes e mudas e dá outras providências. **Diário Oficial**. Brasília, 2003.

BRIGHENTI, A. M.; MORAES, V. J.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S. de; GAZZIEIRO, D. L. P.; BARROSO, A. L. L.; GOMES, J. A. Persistência e fitotoxicidade de herbicidas aplicados na soja sobre o girassol em sucessão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 4, p. 559-565, 2002.

BURRIS, J. S.; NAVRATIL, R. J. Relationship between laboratory cold test methods and field emergency in maize inbreds. **Agronomy Journal**, v. 71, n. 6, p. 985-988, 1979.

BUZZELLO, G. L. **Uso de reguladores no controle do crescimento e no desempenho agrônomo da cultura da soja cultivar Cd 214 RR**. 2010, 156f. Dissertação (Produção Vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco.

CAMPOS, C. F. de; MARTINS, D.; COSTA, A. C. P. R. da; PEREIRA, M. R. R.; CARDOSO, L. A. MARTINS, C. C. Efeito de herbicidas na dessecação e germinação de sementes remanescentes de *Lolium multiflorum* L. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 6, p. 2067-2074, 2012.

CAMPOS, L. H. F.; FRANCISCO, M. O.; CARVALHO, S. J. P.; NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Suscetibilidade de *Ipomoea quamoclit*, *I. triloba* e *Merremia cissoides* aos herbicidas sulfentrazone e amicarbazone. **Planta Daninha**, v. 27, n. 4, p. 831-840, 2009.

CARBONARI, C. A.; MESCHEDE, D. K.; CORREA, M. R.; VELINI, E. D.; TOFOLI, G. R. Eficácia do herbicida diclosulam em associação com a palha de sorgo no controle de *Ipomoea grandifolia* e *Sida rhombifolia*. **Planta Daninha**, v. 26, n. 3, p. 657-664, 2008.

CARVALHO, L. B. de. **Herbicidas**. Editado pelo autor. Lages, 1ª Ed., 2013. 62 p.

CARVALHO, S. J. P.; NICOLAI, M.; FERREIRA, R. R.; FIGUEIRA, A. V. O.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Herbicide selectivity by differential metabolism: considerations for reducing crop damages. **Scientia Agricola**, v. 66, n. 1, p.136-142, 2009.

CASTRO, de S. H.; REIS, R. P.; LIMA, A. L. R. Custos de produção da soja cultivada sob sistema de plantio direto: estudo de multicasos no oeste da Bahia. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 6, p. 1146-1153, 2006.

CATANEO, A. C.; CHAMMA, K. L.; FERREIRA, L. C.; DÉSTRO, G. F. G.; SOUZA, D. C. F. de. Atividade de superóxido dismutase em plantas de soja (*Glycine max* L.) cultivadas sob estresse oxidativo causado por herbicida. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 4, n. 2, p. 27-32, 2005.

CAYON, D. G.; LOPES, N. F.; OLIVA, M. A.; SILVA, J. F. Teores de clorofilas e de proteína bruta em soja (*Glycine max* (L.) MERRIL) tratada com imazaquin. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 2, n. 1, p. 33-40, 1990.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C.; MELO, W. J. de. Envelhecimento de resíduos vegetais sobre o solo e os reflexos na eficácia de herbicidas aplicados em pré-emergência. **Bragantia**, v. 66, n. 1, p. 101-110, 2007.

CATANEO, A. C.; CHAMMA, K. L.; FERREIRA, L. C.; DÉSTRO, G. F. G.; SOUZA, D. C. F. de. Atividade de superóxido dismutase em plantas de soja (*Glycine max* L.) cultivadas sob estresse oxidativo causado por herbicida. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 4, n. 2, p. 23-31, 2005.

CHAGAS, R. M. **Alterações fotossintéticas e respostas oxidativa em plantas de cana-de-açúcar tratadas com paraquat**. 2007. 86f. Dissertação (Fisiologia e Bioquímica de Plantas), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPES OVEJERO, R. F.; NICOLAI, M.; VARGAS, L.; CARVALHO, S. J. P. de; CATANEO, A. C.; CARVALHO, J. C.; MOREIRA, M. S. Aspectos de Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas: **Associação Brasileira de Ação a Resistência de Plantas aos Herbicidas**, 2008. 120 p.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; BORGES, A.; NICOLAI, M.; CARVALHO, S. J. P.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; MONQUERO, P. A. Carfentrazone-ethyl aplicado em pós-emergência para o controle de *Ipomea* spp. e *Commelina benghalensis* na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 24, n. 1, p. 83-90, 2006.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; VICTORIA FILHO, R.; SILVA, C. B. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. **Planta Daninha**, v. 12, n. 1, p. 13-20, 1994.

COODETEC. O que é o sistema STS. Disponível em: <<http://www.coodetec.com.br/sts/o-que-e-o-sistema-sts.php>> Acesso em 10 abr. 2015.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Conjuntura de safra**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_setoriais/Soja/20RO/Apresentacao_Conjuntura_soja.pdf>. Acesso em 12 Mar. 2015.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_10_23_10_20_02_boletim_graos_outubro_2014.pdf>. Acesso em 20 Dez. 2014.

CONCENÇO, G.; SILVA, da A. F.; ASPIAZÚ, I.; GALON, L.; FERREIRA, E. A.; SILVA, da A. A.; FERREIRA, F. A. Germinação e crescimento inicial de soja em função de níveis de infestação e períodos de competição com as plantas daninhas. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 3, n. 1, p. 21-27, 2009.

CONSTANTIN, J.; MACHADO, M. H.; CAVALIERI, S. D.; OLIVEIRA JR., R. S.; RIOS, F. A.; ROSO, A. C. Influência do glyphosate na dessecação de capim-braquiária e sobre o desenvolvimento inicial da cultura do milho. **Planta Daninha**, v. 26, n. 3, p. 627-636, 2008.

CONTE, L.; FERREIRA FILHO, J. B. de S. Substituição de fatores produtivos na produção de soja no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 45, n. 2, p. 475-495, 2007.

CORRÊA, C. **Dessecação química em pré-colheita de plantas de soja: rendimento e qualidade de sementes**. 2012. 114f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages.

CORRÊA, M. J. P. **Eficácia e seletividade de herbicidas aplicados em pós-emergência em soja convencional e transgênica**. 2009. 99f. Tese (Produção Vegetal), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C.; ESPANHOL, M. Manejo de plantas daninhas em soja geneticamente modificada tolerante ao glyphosate. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 2, p. 242-247, 2011.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C.; LEITE, G. J. Seletividade da soja transgênica tolerante ao glyphosate e eficácia de controle de *Commelina benghalensis* com herbicidas aplicados isolados e em misturas. **Bragantia**, v. 67, n. 3, p. 663-671, 2008.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C. Seletividade de diferentes herbicidas à base de glyphosate a soja RR. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 375-379, 2007.

COSTA, L. O. da; RIZZARDI, M. A. Herbicidas alternativos para o controle de *Raphanus raphanistrum* L. resistente ao herbicida metsulfurom metílico. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 3, p. 268-276, 2013.

CNA/CEPEA-USP. Centro de estudos avançados em economia aplicada. ESALQ/USP. Disponível em: <<http://cepea.esalq.usp.br/pib/>>. Acesso em 20 mar. 2015.

CQFS. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. 10ª ed., Porto Alegre, 2004. 400 p.

DALTRO, E. M. F.; ALBUQUERQUE, M. C. de F.; FRANÇA NETO, J. de B.; GUIMARÃES, S. C.; GAZZIERO, D. L. P.; HENNING, A. A. Aplicação de dessecantes em pré-colheita: efeito na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 1 p. 111-122, 2010.

DAN, H. de A.; DAN, L. G. de M.; BARROSO, A. L. de L.; PROCÓPIO, S. de O.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. de; BRAZ, G. B. P.; ALONSO, D. G. Atividade residual de herbicidas usados na soja sobre o girassol cultivado em sucessão. **Ciência Rural**, v. 42, n. 11, p. 1929-1935, 2012a.

DAN, H. de A.; DAN, L. G. de M.; BARROSO, A. L. de L.; NETO, A. M. de O.; GUERRA, N. Resíduos de herbicidas utilizados na cultura da soja sobre o milho cultivado em sucessão. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 1, p. 86-91, 2012b.

DAN, H. A.; DAN, L. G. M.; BARROSO, A. L. L.; PROCÓPIO, S. O.; OLIVEIRA JR., R. S. ; ASSIS, R. L.; SILVA, A. G. ; FELDKIRCHER, C. Atividade residual de herbicidas pré emergentes aplicados na cultura da soja sobre o milheto cultivado em sucessão. **Planta Daninha**, v. 29, n. 2, p. 437-445, 2011.

DEL LONGO, O. T.; GONZÁLES, C. A.; PASTORI, G. M.; TRIPPI, V. S. Antioxidant defenses under hyperoxygenic and hyperosmotic conditions in leaves of two lines of maize with differential sensitivity to drought. **Plant Cell Physiology**, v. 34, n. 7, p. 1023-1028, 1993.

DEUBER, R.; NOVO, M. do C. de S. S. Nodulação e desenvolvimento de plantas de soja IAC-19 com aplicação dos herbicidas diclosulam e flumetsulam. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 4, n. 2, p. 57–63, 2006.

DEVINE, M.; DUKE, S.; FEDTKE, C. **Physiology of herbicide action**. Englewood Cliffs: PTR Prentice Hall, 1993. 441 p.

DROGE, W. Free radicals in the physiological control of cell function. **Physiological Reviews**, v. 82, n. 1, p. 47–95, 2002.

DUKE, S. O. **Weed Physiology. Herbicide Physiology**. vol. II, CRC Press, Boca Raton, p. 91-112, 1985.

DVORANEN, E. C.; OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; CAVALIERI, S. D.; BLAINSKI, E. Nodulação e crescimento de variedades de soja RR sob aplicação de glyphosate, fluazifop-p-butyl e fomesafen. **Planta Daninha**, v. 26, n. 3, p. 619-625, 2008.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, **Resultados de Pesquisa de soja na Embrapa Clima Temperado**. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/106276/1/documentos377-web.pdf>> Acesso em 15 Abr. 2015.

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos**. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 412 p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**, 1999. Disponível em: <www.solos.ufmt.br/docs/solos3/SIBCs_2009.pdf>. Acessado em 12 de Mai. 2015.

FANAN, S.; MEDINA, P. F.; LIMA, T. C.; MARCOS FILHO, J. Avaliação do vigor de sementes de trigo pelos testes de envelhecimento acelerado e de frio. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 2, p. 152-158, 2006.

FARINELLI, R.; PENARIOL, F. G.; LEMOS, L. B. Eficiência do herbicida 2,4 D no controle de *Raphanus raphanistrum* L., em pós-emergência na cultura de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 4, n. 1, p. 104-111, 2005.

FERREIRA, E. A.; ASPIAZU, I.; GALON, L.; CONCENÇO, G.; SILVA, A. F.; REIS, L. A. C. Características fisiológicas da soja em relação a espécies de plantas daninhas. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 5, n. 1, p. 39-47, 2011.

FIESP – **Federação das Indústrias do Estado de São Paulo**. Disponível em: <http://az545403.vo.msecnd.net/uploads/2015/03/boletim_saframundial-soja_marco2015.pdf> Acesso em 28 Mar. 2015.

FLECK, N.G.; BIANCHI, M. A.; RIZZARDI, M. A.; AGOSTINETTO, D. Interferência de *Raphanus sativus* sobre cultivares de soja durante a fase vegetativa de desenvolvimento da cultura. **Planta Daninha**, v. 24, n. 3, p. 425-434, 2006.

FONSECA, N. R. **Qualidade fisiológica e desempenho agrônomo de soja em função do tamanho das sementes**. 2007. 68f. Tese (Doutorado em Agronomia), Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu.

FOYER, C. H.; NOCTOR, G. Redox homeostasis and antioxidant signaling: a metabolic interfase between stress perception and physiological responses. **Plant Cell**, v. 17, n. 7, p. 1866-1875, 2005.

GALON, L.; MACIEL, C. D. de G.; AGOSTINETTO, D.; CONCENÇO, G.; MORAES, P. V. D. de. Seletividade de herbicidas às culturas pelo uso de protetores químicos. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 3, p. 291-304, 2011.

GALON, L.; FERREIRA, F. A.; SILVA, A. A.; CONCENÇO, G.; FERREIRA, E. A.; BARBOSA, M. H. P.; SILVA, A. F.; ASPIAZÚ, I.; FRANÇA, A. C.; TIRONI, S. P. Influência de herbicidas na atividade fotossintética de genótipos de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 27, n. 3, p. 591-597, 2009a.

GALON, L.; FERREIRA, E. A.; CONCENÇO, G.; SILVA, A.; VARGAS, L. Tolerância de culturas e plantas daninhas a herbicidas. In: AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L. (Eds.). **Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Passo Fundo: Berthier, 2009b. 352 p.

GALON, L.; PINTO, J. J. O.; AGOSTINETTO, D.; DAL MAGRO, T. Controle de plantas daninhas e seletividade de herbicidas à cultura da soja, aplicados em dois volumes de calda. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 13, n. 3, p. 325-330, 2007.

GAZZIERO, D. L. P.; MACIEL, C. D. G.; SOUZA, R. T.; VELINI, E. D.; PRETE, C. E. C.; OLIVEIRA NETO, W. Deposição de glyphosate aplicado para controle de plantas daninhas em soja transgênica. **Planta Daninha**, v. 24, n. 1, p. 173-181, 2006.

GAZZIERO, L.P.D.; VARGAS, L.; ROMAN, E.S. Manejo e controle de plantas daninhas em soja. In: VARGAS, L.; ROMAN, E.S. **Manual e controle de plantas daninhas**. EMBRAPA, p. 595–635, 2004.

GAZZIERO, D. L. P.; PRETE, C. E. C.; SUMIYA, M. Manejo de *Bidens subalternans* resistente aos herbicidas inibidores da acetolactato sintase. **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 283-291, 2003.

GELMINI, G. A.; VICTÓRIA FILHO, R.; NOVO, M. C. S. S.; ADORYAN, M. L. Resistência de *Bidens subalternans* aos herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase utilizados na cultura da soja. **Planta Daninha**, v. 20, n. 2, p. 319-325, 2002.

GHERSA, C. M.; HOLT, J. S. Using phenology prediction in weed management: a review. **Weed Research**, v. 35, n. 6, p. 461- 470, 1995.

GIANNOPOLITIS, C. N.; RIES, S. K. Superoxide dismutases. Occurrence in higher plants. **Plant Physiology**, v. 59, n. 2, p. 309-314, 1977.

GONÇALVES JÚNIOR, A. C.; NACKE, H.; MARENGONI, N. G.; CARVALHO, E. A. de; COELHO, G. F. Produtividade e componentes de produção da soja adubada com diferentes doses de fósforo, potássio e zinco. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 3, p. 660-666, 2010.

GRIS, C. F.; PINHO, E. V. de R. V.; CARVALHO, M. L. de M.; DINIZ, R. P.; ANDRADE, T. de. Lignificação da planta e qualidade de sementes de soja RR pulverizadas com herbicida glifosato. **Revista Ceres**, v. 60, n. 2, p. 286-292, 2013.

GRUBE, A.; DONALDSON, D.; KIELY, T.; WU, L. **Pesticides Industry Sales and Usage 2006 and 2007 Market Estimates**. Disponível em: <
http://www.epa.gov/opp00001/pestsales/07pestsales/market_estimates2007.pdf>
Acesso em 10 Mar. 2015.

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. **Free radicals in biology and Medicine**. 2nd ed. Oxford: Claredon, 1989, 496 p.

HAVAUX, M.; NIYOGI, K. K. The violaxanthin cycle protects plants from photooxidative damage by more than one mechanism. **Proceedings of the National Academy of Science USA**, v. 96, n. 15, p. 8762-8767, 1999.

HEATH, R. L.; PACKER, L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 125, n. 1, p.189-198, 1968.

HENNING, F. A.; MERTZ, L. M.; JACOB JUNIOR, E. A.; MACHADO, R. D.; FISS, G.; ZIMMER, P. D. Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor. **Bragantia**, v. 69, n. 3, p. 727-734, 2010.

HENZLER, T.; STEUDLE, E. Transport and metabolic degradation of hydrogen peroxide in *Chara corallina*: model calculations and measurements with the pressure probe suggest transport of H₂O₂ across water channels. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, n. 353, p. 2053-2066, 2000.

HERNANDES, G. C.; VIDAL, R. A.; WINKLER, L. M. Levantamento de práticas agronômicas e distribuição geográfica de *Bidens* spp. resistentes aos herbicidas inibidores de ALS nos estados do Rio Grande do Sul e do Paraná. **Planta Daninha**, v. 23, n. 4, p. 677-682, 2005.

HESS, F. D. Light-dependent herbicides: na overview. **Weed Science**, v. 48, n. 2, p. 160-170, 2000.

HISCOX, J. D.; ISRAELSTAM, G. F. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. **Canadian Journal of Botany**, v. 57, n. 12, p. 1132-1334, 1979.

IKEDA, F. S. Defesa vegetal e sustentabilidade do agronegócio. **Resistência de plantas daninhas em soja resistente ao glifosato**. Disponível em: <
<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/96307/1/cpamt-ikeda-0100-3364-2013.pdf>> Acesso em 30 Mar. 2015.

JIANG, L.; YANG, H. Prometryne-induced oxidative stress and impact on antioxidant enzymes in wheat. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 72, n. 6, p. 1687-1693, 2009.

KAPPES, C.; CARVALHO, M. A. C. de; YAMASHITA, O. M. Potencial fisiológico de sementes de soja dessecadas com diquat e paraquat. **Scientia Agraria**, v. 10, n. 1, p. 1-6, 2009.

KARAM, D.; GAZZIERO, D. L. P.; VARGAS, L. **Plantas daninhas. Boletim de Pesquisa de soja da Fundação MT**, p. 234-238, 2013. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/971236>> Acesso em 10 Mar. 2015.

KARAM, D.; OLIVEIRA, M. F. de. Seletividade de herbicidas na cultura do milho. **Circular Técnica 98**, p. 1-8, 2007. 65 p.

KARAM, D.; LARA, J. F. R.; MAGALHÃES, P. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, M. B. Seletividade de carfentrazone-ethyl aos milhos doce e normal. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 3, n. 1, p. 62-68, 2004.

KARAM, D.; GAZZIERO, D. L. P.; VARGAS, L. **Plantas daninhas**. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/971236>> Acesso em 30 Mar. 2015.

KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T. Crescimento inicial de soja em função do vigor das sementes. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, n. 2, p. 163-166, 2006.

KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T. Vigor de sementes e competição intraespecífica em soja. **Ciência Rural**, v. 35, n. 6, p. 1248-1256, 2005.

KRINSKY, N. I. The antioxidant and biological properties of carotenoids. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 854, n. 20, p. 443-447, 1998.

KRUSE, N. D.; VIDAL, R. A.; DALMAZ, C.; TREZZI, M. M.; SIQUEIRA, I. Estresse oxidativo em girassol (*Helianthus annuus*) indica sinergismo para a mistura dos herbicidas metribuzin e clomazone. **Planta daninha**, v. 24, n. 2, p. 379-390, 2006.

LAMEGO, F. P.; KASPARY, T. E.; RUCHEL, Q.; GALLON, M.; BASSO, C. J.; SANTI, A. L. Manejo de *Conyza bonariensis* resistente ao glyphosate: coberturas de inverno e herbicidas em pré-semeadura da soja. **Planta Daninha**, v. 31, n. 2, p. 433-442, 2013.

LAMEGO, F. P.; VIDAL, R. A. Resistência ao glyphosate em biótipos de *Conyza bonariensis* e *Conyza canadensis* no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 467-471, 2008.

LAMEGO, F. P.; RESENDE, L. V.; DA-SILVA, P. R.; VIDAL, R. A.; NUNES, A. L. Distância genética e geográfica entre acessos de picão-preto suscetíveis e resistentes a herbicidas inibidores da acetolactato sintase. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 6, p. 963-968, 2006.

LEITE, C. R. F.; ALMEIDA, J. C. V. PRETE, C. E. C. Sensibilidade de cultivares de soja (*Glycine max*) aos herbicidas diclosulam e flumetsulam. **Planta Daninha**, v. 18, n. 1, p. 103-122, 2000.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic membranes. **Methods of Enzymology**, v. 148, p. 350–382, 1987.

LOPES OVEJERO, R. F.; SOARES, D. J.; OLIVEIRA, W. S.; FONSECA, L. B.; BERGER, G. U.; SOTERES, J. K.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Residual herbicides in weed management for glyphosate resistant soybean in Brazil. **Planta Daninha**, v. 31, n. 4, p. 947-959, 2013.

LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; CARVALHO, S. J. P. de; NICOLAI, M.; ABREU, A. G.; GROMBONE-GUARATINI, M. T.; TOLEDO, R. E. B.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Resistance and differential susceptibility of *Bidens pilosa* and *B. subalternans* biotypes to ALS-inhibiting herbicides. **Scientia Agricola**, v. 63, n. 2, p. 139-145, 2006.

MACHADO, R. F.; BARROS, A. C. S. A.; ZIMMER, P. D.; AMARAL, A. dos S. Reflexos do mecanismo de ação de herbicidas na qualidade fisiológica de sementes e na atividade enzimática em plântulas de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 3, p. 151-160, 2006.

MACIEL, C. D. de G.; POLETINE, J. P.; AMSTALDEN, S. L.; GAZZIERO, D. L.; RAIMONDI, M. A.; LIMA, G. R. G.; NETO, A. M. de O.; GUERRA, N.; JUSTINIANO, W. Misturas em tanque com glyphosate para o controle de trapoeraba, erva-de-touro e capim-carrapicho em soja RR[®]. **Revista Ceres**, v. 58, n. 1, p. 35-42, 2011.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

MALASPINA, I. C. **Épocas de aplicação de dessecantes na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill): teor de água, produtividade e qualidade fisiológica das sementes**. 2008. 47f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

MARCHI, G.; MARCHI, E. C. S.; GUIMARÃES, T. G. **Herbicidas: mecanismos de ação e uso**. Documentos/Embrapa Cerrados, Planaltina – DF, 2008. 36 p.

MARCOS FILHO, J. Importância do potencial fisiológico da semente de soja. **Informativo Abrates**, v. 23, n. 1, p. 21-24, 2013.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495 p.

MELO, C. A. D.; MEDEIROS, W. N.; TUFFI SANTOS, L. D.; FERREIRA, F. A.; TIBURCIO, R. A. S.; FERREIRA, L. R. **Planta Daninha**, v. 28, n. 2, p. 385-392, 2010.

MEOTTI, G. V.; BENIN, G.; SILVA, R. R.; BECHE, E.; MUNARO, L. B. Épocas de semeadura e desempenho agrônomo de cultivares de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 1, p. 14-21, 2012.

MEROTTO Jr., A.; VIDAL, R.A. Herbicidas inibidores de PROTOX. In: VIDAL, R. A., MEROTTO Jr., A. **Herbicidologia**. Porto Alegre, Cap. 8, p. 69-86, 2001.

MERTZ, L. M.; HENNING, F. A.; CRUZ, H. L. da; MENEGHELLO, G. E.; FERRARI, C. dos S.; ZIMMER, P. D. Diferenças estruturais entre tegumentos de sementes de soja com permeabilidade contrastante. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 23-29, 2009.

MITTOVA, V.; VOLOKITA, M.; GUY, M.; TAL, M. Activities of SOD and the ascorbate glutathione cycle enzymes in sub cellular compartments in leaves and roots of the cultivated tomato and its wild salttolerant relative *Lycopersicon pennellii*. **Plant Physiology**, v. 110, n. 1, p. 42-51, 2000.

MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends in Plant Science**, v. 7, n. 9, p. 405-410, 2002.

MOLDES, C. A. **Respostas de enzimas antioxidantes à aplicação do herbicida glifosato em variedades de soja transgênica e não transgênica**. 2006. 92f. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada), Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MONQUERO, P. A.; MUNHOZ, W. S.; HIRATA, A. C. S. Persistência de imazaquim e diclosulam em função da umidade do solo. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 7, n. 3, p. 331-337, 2013.

MONQUERO, P. A.; SILVA, P. V.; SILVA HIRATA, A. C.; TABLAS, D. C.; ORZARI, I. Lixiviação e persistência dos herbicidas sulfentrazone e imazapic. **Planta Daninha**, v. 28, n. 1, p. 185-195, 2010.

MONQUERO, P. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; SANTOS, C. T. D. Glyphosate em mistura com herbicidas alternativos para o manejo de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 19, n. 3, p. 375-380, 2001.

MORAES, D. M. de; SANTOS FILHO, B. G. dos; VILLELA, F. A.; SANTOS, D. S. B. dos. Efeito do metribuzin sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 19, n. 2, p. 159-163, 1997.

MORAES, R. C. P.; LOPES, N. F.; SILVA, E. A. M.; RODRIGUES, J. J. V. Crescimento e conversão de energia solar em soja (*Glycine max* (L.) Merrill), cultivada em dois substratos e submetida a quatro doses de metribuzin. **Revista Ceres**, v. 36, n. 208, p. 507-524, 1989.

MOREIRA, M. S.; MELO, M. S. C.; CARVALHO, S. J. P.; NICOLAI, M.; CRISTOFFOLETI, P. J. Herbicidas alternativos para controle de biótipos de *Conyza bonariensis* e *C. canadensis* resistentes ao glyphosate. **Planta Daninha**, v. 28, n. 1, p. 167-175, 2010.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYŻANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, p. 21-24, 1999.

NETO, M. E. F.; PITELLI, R. A.; BASILE E, A. G.; TIMOSSI, P. C. Seletividade de herbicidas pós emergentes aplicados na soja geneticamente modificada. **Planta Daninha**, v. 27, n. 2, p. 345-352, 2009.

NEPOMUCENO, M.; ALVES, P. L. C. A.; DIAS, T. C. S.; PAVAN I, M. C. M. D. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da soja nos sistemas de semeadura direta e convencional. **Planta Daninha**, v. 25, n. 1, p. 43-50, 2007.

NICHOLSON, R. L.; HAMMERSCHMIDT, R. Phenolic compounds and their role in disease resistance. **Annual Review of Phytopathology**, v. 30, p. 369-389, 1992.

NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; MOREIRA, M. S.; CARVALHO, S. J. P.; TOLEDO, R.; SCARPARI, L. Alternativas de manejo para as populações de picão-preto (*Bidens pilosa* e *Bidens subalternans*) resistentes aos herbicidas inibidores da ALS. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 5, n. 3, p. 72-79, 2006.

NIYOGI, K. K. Photoprotection revisited: genetic and molecular approaches. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 50, n. 1, p. 333-359, 1999.

NOCTOR, G.; FOYER, C. H. Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 49, n. 1, p. 249-279, 1998.

NUNES, A. L.; VIDAL, R. A.; GOULART, I. C. G. dos R.; KALSING, A. Tolerância de espécies de inverno a herbicidas residuais. **Scientia Agraria**, v. 8, n. 4, p. 443-448, 2007.

OLIVEIRA JR., R. S. de; INOUE, M. H. **Seletividade de Herbicidas para culturas e plantas daninhas**. Disponível em: < <http://omnipax.com.br/livros/2011/BMPD/BMPD-cap10.pdf> > Acesso em 20 Mai. 2015.

OSIPE, J. B.; OLIVEIRA JR. R. S. de; CONSTANTIN, J.; BIFFE, D. F.; RIOS, F. A.; FRANCHINI, L. H. M.; GHENO, E. A.; RAIMONDI, M. A. Seletividade de aplicações combinadas de herbicidas em pré e pós-emergência para a soja tolerante ao glyphosate. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 3, p. 623-631, 2014.

PEIXOTO, P. H. P.; CAMBRAIA, J.; SANT'ANNA, R.; MOSQUIM, P. R.; MOREIRA, M. A. Aluminum effects on lipid peroxidation and on the activities of enzymes of oxidative metabolism in sorghum. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 11, n. 3, p. 137-143, 1999.

PELÚZIO, J. M.; RAMO, L. N.; FIDELIS, R. R.; AFFÉRRRI, F. S.; CASTRO NETRO, M. D. de; CORREIA, M. A. R. Influência da dessecação química e retardamento de colheita na qualidade fisiológica de sementes de soja no sul do estado do Tocantins. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 2, p. 77-82, 2008.

PENCKOWSKI, L. H.; PODOLAN, M. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F. Influência das condições climáticas no momento da aplicação de herbicidas pós emergentes sobre a eficácia de controle de nabiça (*Raphanus raphanistrum*) na cultura de trigo. **Planta Daninha**, v. 21, n. 3, p. 435-442, 2003.

PERINI, L. J.; FONSECA JÚNIOR, N. da S.; DESTRO, D.; PRETE, C. E. C. Componentes da produção em cultivares de soja com crescimento determinado e indeterminado. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, suplemento 1, p. 2531-2544, 2012.

PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 3ª Ed. Pelotas, Editora Universitária/UFPel, 2012. 573 p.

PETTER, F. A.; PROCÓPIO, S. O.; CARGNELUTTI FILHO, A.; BARROSO, A. L. L.; PACHECO, L. P. Manejo de herbicidas na cultura da soja Roundup Ready®. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 557-566, 2007.

PETERSON, D. E.; THOMPSON, C. R.; REGEHR, D. L.; AL-KHATIB, K. **Herbicide mode of action**. Topeka: Kansas State University, 2001. 24 p.

PETERSON, D. E. The impact of herbicide-resistant weeds on Kansas agriculture. **Weed Technology**, v. 13, n. 3, p. 632-635, 1999.

PINHEIRO, R. T. **Superação da dormência de sementes e controle químico de cordas-de-viola (*Ipomea spp.*) em soja resistente ao glifosato**. 2010, 73f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

PINTHUS, M. J.; KIMEL, U. Speed of germination as criterion of seed vigor in soybeans. **Crop Science**, v. 19, n. 2, p. 291-292, 1979.

PIRES, F. R.; MENEZES, C. C. E.; PROCÓPIO, S. O.; BARROSO, A. L. L.; MENEZES, J. F. S.; LEONARDO L. M.; SOUSA, J. P. G.; VIEIRA, A. B.; ZANATTA, J. F. Potencial competitivo de cultivares de soja em relação às plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 23, n. 4, p. 575-581, 2005.

PITTELKOW, F. K.; JAKELAITIS, A.; CONUS, L. A.; OLIVEIRA, de A. A.; GIL, J. de O.; ASSIS, de F. C.; BORCHARTT, L. Interferência de plantas daninhas na cultura da soja transgênica. **Global science and technology**, v. 2, n. 3, p. 38 - 48, 2009.

PITELLI, R. A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, v. 11, n. 129, p. 16-27, 1985.

PROCÓPIO, S. O.; MENEZES, C. C. E.; BETTA, L.; BETTA, M. Utilização de chlorimuron-ethyl e imazethapyr na cultura da soja Roundup Ready®. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 365-373, 2007.

REDDY, K. N.; LOCKE, M. A. Sulfentrazone sorption, desorption, and mineralization in soils from two tillage systems. **Weed Science**, v. 46, n. 4, p. 494-500, 1998.

RÊGO, G. M.; POSSAMAI, E. Avaliação dos teores de clorofila no crescimento de mudas do jequitibá-rosa (*Cariniana legalis*). **Comunicado Técnico 128**, 1ª ed., 2004.

RIZZARDI, M. A.; FLECK, N. G.; AGOSTINETTO, D. Nível de dano econômico como critério para controle de picão-preto em soja. **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 273-282, 2003a.

RIZZARDI, M. A.; FLECK, N. G.; MUNDSTOCK, C. M. BIANCHI, M. A. Perdas de produtividade de grãos de soja causadas por interferência de picão-preto e guaxuma. **Ciência Rural**, v. 33, n. 4, p. 621-627, 2003b.

RIZZARDI, M. A.; FLECK, N. G.; AGOSTINETTO, D.; BALBINOT JR. A. A. Ação de herbicidas sobre mecanismos de defesa das plantas aos patógenos. **Ciência Rural**, v. 33, n. 5, p. 957-965, 2003c.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 4ª ed. Londrina: 1998. 647 p.

ROMAN, E. S.; BECKIE, H.; VARGAS, L.; HALL, L.; RIZZARDI, M. A.; WOLF, T. M. **Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação**. Passo Fundo: Gráfica Editora Berthier, 2007. 160 p.

ROMAN, E. S.; VARGAS, L.; RIBEIRO, M. C. F. Efeito do teor de umidade do solo na seletividade e na eficiência de carfentrazone-ethyl no controle de plantas daninhas na cultura de soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 4, n. 2, p. 114 – 122, 2005.

ROSEIN, G. E.; MIYAMOTO, S.; BECHARA, E.; DI MASCIO, P. Oxidação de proteínas por oxigênio singlete: mecanismos de dano, estratégias para detecção e implicações biológicas. **Química Nova**, v. 29, n. 3, p. 563-568, 2006.

ROSS, M. A.; CHILDS, D. J. **Herbicide mode-of-action summary**. Cooperative Extension Service Publication WS-23, Purdue University, West Lafayette. Disponível em: <<https://www.btny.purdue.edu/WeedScience/MOA/index.html>> Acesso em 10 Mai. 2015.

SALGADO, T. P.; SALLES, M. S.; MARTINS, J. V. F.; ALVES, P. L. C. A. Interferência das plantas daninhas no feijoeiro carioca. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 443-448, 2007.

SANDMANN, G.; SCHEER, H. Chloroplast pigments: chlorophylls and carotenoids. IN: **Photosynthesis, a comprehensive treatise**. Raghavendra, A. S (Editor), New York, Cambridge University press, 1998. 376 p.

SANT'ANNA JÚNIOR, J. de C. **Efeito da dessecação na qualidade de sementes de cultivares de soja, na região dos cerrados**. 2006, 67f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias), Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília.

SANTOS, J. B.; SANTOS, E. A.; FIALHO, C. M. T.; SILVA, A. A.; FREITAS, M. A. M. Época de dessecação anterior à semeadura sobre o desenvolvimento da soja resistente ao glyphosate. **Planta Daninha**, v. 25, n. 4, p. 869-875, 2007.

SANTOS, V. L. M. dos; SILVA, R. F. da; SEDIYAMA, T.; CARDOSO, A. A. A utilização do estresse osmótico na avaliação do vigor de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Revista Brasileira de sementes**, v. 18, n. 1, p. 83-87, 1996.

SCANDALIOS, J. G. Oxygen stress and superoxide dismutases. **Plant Physiology**, v. 101, n. 1, p. 7-12, 1993.

SCHUCH, L. O. B.; KOLCHINSKI, E. M.; FINATTO, J. A. Qualidade fisiológica da semente e desempenho de plantas isoladas em soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 144-149, 2009.

SCHUCH, L. O. B.; NEDEL, J. L.; ASSIS, F. N.; MAIA, M. de S.; ROSENTHAL, M. D. Emergência no campo e crescimento inicial de aveia preta em resposta ao vigor das sementes. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 6, n. 2, p. 97-101, 2000.

SERPELONI, J. M. **Atividade antigenotóxica de compostos da dieta e sua influência na expressão de genes de resposta ao estresse oxidativo**. 2012. 105f. Tese (Pós-Graduação em Toxicologia), Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

SERRA, A. P.; MARCHETTI, M. E.; CANDIDO, A. C. da S.; DIAS, A. C. R.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Influência do glifosato na eficiência nutricional do nitrogênio, manganês, ferro, cobre e zinco em soja resistente ao glifosato. **Ciência Rural**, v. 41, n. 1, p. 77-84, 2011.

SHERMAN, T. D.; BECERRIL, J. M.; MATSUMOTO, H.; DUKE, M. V.; JACOBS, J. M.; JACOBS, N. J.; DUKE, S. O. Physiological basis for differential sensitivities of plant species to protoporphyrinogen oxidase inhibiting herbicides. **Plant Physiology**, v. 97, n. 1, p. 280-287, 1991.

SINGH, G. K.; SHANER, D. L. Biosynthesis of branched chain amino acids: From test tube to field. **Plant Cell**, v. 7, n. 7, p. 935-944, 1995.

SILVA, A. F.; CONCENÇO, G.; ASPIAZÚ, I.; FERREIRA, E. A.; GALON, L.; COELHO, A. T. C.P.; SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A. Interferência de plantas daninhas em diferentes densidades no crescimento da soja. **Planta Daninha**, v. 27, n. 1, p. 75-84, 2009.

SILVA, A. F.; FERREIRA, E. A.; CONCENÇO, G.; FERREIRA, F. A.; ASPIAZU, I.; GALON, L.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A. A. Densidades de plantas daninhas e épocas de controle sobre os componentes de produção da soja. **Planta Daninha**, v. 26, n. 1, p. 65-71, 2008a.

SILVA, R. P.; CORÁ, J. E.; FILHO, A. C.; FURLANI, C. E. A.; LOPES, A. Efeito da profundidade de semeadura e de rodas compactadoras submetidas a cargas

verticais na temperatura e no teor de água do solo durante a germinação de sementes de milho. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 3, p. 929-937, 2008b.

SILVA, M. A. D. da; VIEIRA, R. D.; SANTOS, J. M dos. Influência do envelhecimento acelerado na anatomia da testa de sementes de soja, cv. Monsoy 8400. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 2, p. 91-99, 2008c.

SILVA, A. F.; FERREIRA, E. A.; CONCENÇO, G.; FERREIRA, F. A.; ASPIAZU, I.; GALON, L.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A. A. Densidades de plantas daninhas e épocas de controle sobre os componentes de produção da soja. **Planta Daninha**, v. 26, n. 1, p. 65-71, 2008d.

SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo integrado de plantas daninhas**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2007. 367 p.

SILVA NETO, P. J.; LOPES, N. F.; SILVA, J. F.; OLIVA, M. A. Efeito do metribuzin sobre a fotossíntese e a tolerância em plantas de soja (*Glycine max* (L.) MERRILL). **Planta Daninha**, v. 9, n. 1/2, p. 37-44, 1991.

SIQUEIRA, J.O.; TRANNIN, I.C. de B.; RAMALHO, M.A.P.; FONTES, E.M.G. Interferências no agrossistema e riscos ambientais de culturas transgênicas tolerantes a herbicidas e protegidas contra insetos. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, v. 21, n. 1, p. 11-81, 2004.

SOMASHEKARAIH S. V.; PADMAJA, K.; PRASAD, A. R. K. Phytotoxicity of cadmium ions on germinating seedlings of mung bean (*Phaseolus vulgaris*): involvement of lipid peroxidation in chlorophyll degradation. **Physiologia Plantarum**, v. 85, n. 1, p. 85-89, 1992.

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, n. 9, p. 1779-1787, 2007.

SOUZA, R. C. de. **Aspectos fisiológicos e bioquímicos de *Emilia coccínea* (Sims) F. Don e *Digitaria horizontalis* Willd. Submetidas à mistura de clomazone + ametrina**. 2009a, 48f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo.

SOUZA, F. L. G. **Dessecação com glyphosate em pré-colheita e qualidade fisiológica de sementes de soja**. 2009b. 51f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Botucatu.

SOUZA, J. R. de. **Tolerância de variedades de cana-de-açúcar a herbicidas aplicados em pós-emergência e efeitos residuais sobre variedades de girassol**. 2008. 60f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Genética e Melhoramento de Plantas), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Jaboticabal.

SWEESTER, P. B.; SCHOW, G. S.; HUTCHISON, J. M. Metabolism of chlorsulfuron by plants: biological basis for selectivity of a new herbicide for cereals. **Pesticide Biochemistry Physiology**, v. 18, n. 1, p. 18-23, 1982.

SYNGENTA – **SYNGENTA PROTEÇÃO DE CULTIVOS LTDA**. Disponível em: <<http://www.adapar.pr.gov.br/arquivos/File/defis/DFI/Bulas/Herbicidas/DUALGOLD.pdf>>. Acesso em 10 de Jun. 2015.

TAKANO, H.; OLIVEIRA JR., R. S. de; CONSTANTIN, J.; BIFFE, D. F.; FRANCHINI, L. H. M.; BRAZ, G. B. P.; RIOS, F. A.; GHENO, E. A.; GEMELLI, A. Efeito da adição do 2,4-D ao glyphosate para o controle de espécies de plantas daninhas de difícil controle. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 1, p. 1-13, 2013.

TEIXEIRA, I. R.; SILVA, R. P.; SILVA, A. G.; FREITAS, R. S. Competição entre feijoeiros e plantas daninhas em função do tipo de crescimento dos cultivares. **Planta Daninha**, v. 27, n. 2, p. 235-240, 2009.

TIMOSSI, P. C.; SILVA, W. S.; LIMA, S. F. ALVES, V. F.; ALMEIDA, D. P. Efeito residual de herbicidas na cultura do crame em sucessão. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 3, p. 277-284, 2013.

UPADHYAYA, H.; KHAN, M. H.; PANDA, S. K. Hydrogen peroxide induces oxidative stress in detached leaves of *Oryza sativa* L. **Plant Physiology**, v. 33, n. 1-2, p. 83-95, 2007.

VANZOLINI, S.; ARAKI, C. A. dos S.; SILVA, A. C. T. M. da; NAKAGAWA, J. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 2, p. 90-96, 2007.

VANZOLINI, S.; CARVALHO, N. M. Efeito do vigor de sementes de soja sobre o seu desempenho em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 1, p. 33-41, 2002.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S.; **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. 780 p.

VARGAS, L.; BIANCHI, M. A.; RIZZARDI, M. A.; AGOSTINETTO, D.; DAL MAGRO, T. Buva (*Conyza bonariensis*) resistente ao glyphosate na região sul do Brasil. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 573-578, 2007.

VARGAS, L.; FLECK, N. G. Seletividade de herbicidas do grupo químico das ariloxifenoxipropionatos a cereais de inverno. **Planta Daninha**, v. 17, n. 1, p. 41-51, 1999.

VELIKOVA, V.; YORDANOV, I.; EDREVA, A. Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants. Protective role of exogenous polyamines. **Plant Science**, v. 151, n. 1, p. 59-66, 2000.

VIDAL, R. A.; LAMEGO, F. P.; RESENDE, L. V.; DA-SILVA, P. R.; DELATORRE, C. A.; TREZZI, M. M. Similaridade genética entre acessos de *Bidens pilosa* resistentes aos herbicidas inibidores da ALS. **Planta Daninha**, v. 23, n. 3, p. 551-556, 2005.

VIDAL, R. A.; THEISEN, G.; FLECK, N. G. Herbicidas inibidores de ALS aplicados na fase de florescimento da soja. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 5, n. 2, p. 142-146, 1999.

VRANOVÁ, E.; ATICHARTPONGKUL, S.; VILLAROEL, R.; MONTAGU, M. V.; INZÉ, D.; CAMP, W. V. Comprehensive analysis of gene expression in *Nicotiana tabacum* leaves acclimated to oxidative stress. **Proceeding of the National Academy of Science of the United States of America**, v. 99, n. 16, p. 10870-10875, 2002.

WEED SCIENCE – **INTERNATIONAL SURVEY OF HERBICIDE RESISTANT WEEDS**. Disponível em: <<http://weedscience.org/summary/resistbyactive.aspx>>. Acesso em 02 Abr. 2015.

WERLANG, R. C.; SILVA, A. A. Interação de glyphosate com carfentrazone-ethyl. **Planta Daninha**, v. 20, n. 1, p. 93-102, 2002.

7 Anexos

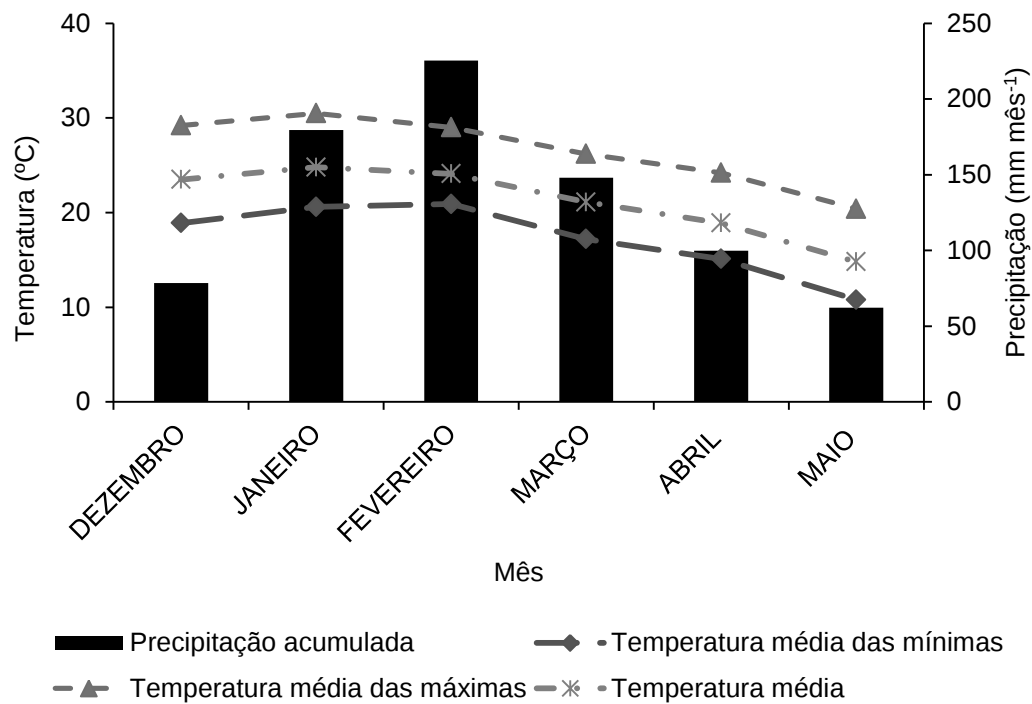


Figura 1. Média das temperaturas máximas e mínimas, temperatura média e precipitação acumulada no Campus Capão do Leão/ UFPel – EMBRAPA, com base nos boletins agroclimatológicos da Estação Agroclimatológica do Capão do Leão - Embrapa Clima Temperado.