

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**EFEITOS DE SISTEMAS DE MANEJO PRÉ-SEMEADURA DA SOJA
SOBRE A DINÂMICA NO SOLO E EFICÁCIA DE HERBICIDAS**

GABRIELLE DE CASTRO MACEDO

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Proteção de Plantas).

BOTUCATU - SP

Fevereiro - 2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**EFEITOS DE SISTEMAS DE MANEJO PRÉ-SEMEADURA DA SOJA
SOBRE A DINÂMICA NO SOLO E EFICÁCIA DE HERBICIDAS**

GABRIELLE DE CASTRO MACEDO

Orientador: Prof. Dr. Caio Antonio Carbonari

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Proteção de Plantas).

BOTUCATU – SP

Fevereiro – 2015

Às minhas avós Luzia Gonçalves de Castro (in memoriam) e Maria da Conceição de Castro Macedo (in memoriam), exemplos de mulheres, mães e trabalhadoras, verdadeiras guerreiras, em quem me espelho e peço forças para continuar minha caminhada.

Dedico

Aos meus pais, Neide Maria de Castro Macedo e Gilberto de Castro Macedo, pelo amor e apoio incondicionais, e por seus sábios conselhos e ensinamentos em cada etapa da minha vida.

Ofereço

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder a vida, por ser meu refúgio nos momentos em que mais precisei e por mais esta importante conquista.

Aos meus pais, Neide Maria de Castro Macedo e Gilberto de Castro Macedo, que além de me darem meu bem mais precioso, que é minha vida, transferiram para mim seus sonhos e me apoiaram constantemente desde os primórdios da minha vida acadêmica.

Aos meus irmãos Isabelle de Castro Macedo e Rafael de Castro Souza, com quem tive a honra de compartilhar seus primeiros anos de vida e com os quais eu espero poder partilhar de suas conquistas também.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Caio Antonio Carbonari, pela paciência e preciosos ensinamentos dispensados durante a condução dos experimentos, sem os quais este trabalho não seria possível.

Aos colegas de laboratório Giovanna Larissa Gimenes Cotrick Gomes, Ana Karollyna Alves de Matos, Edicarlos Batista de Castro, Gilmar José Picoli Júnior, Diego Belapart, Plínio Saulo Simões, Renan Fonseca Nascentes e Ronei Ben, pela ajuda indispensável durante toda a condução do trabalho e pelos bons momentos de convivência.

Ao Prof. Dr. Edivaldo Domingues Velini pela ajuda na análise dos dados.

Aos funcionários do laboratório do Núcleo de pesquisas Avançadas em Matologia, (NUPAM), José Guilherme Cordeiro, José Roberto M. Silva e Luis Marcelo Siono pela atenção e preciosa colaboração durante a realização de todo o trabalho.

Ao meu namorado, Jefferson Sandi, pelo carinho, companheirismo e ajuda indispensável neste momento tão importante.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (Proteção de Plantas) e à Faculdade de Ciências Agrônomicas, pela oportunidade de fazer parte do corpo discente de uma das melhores instituições de ensino e pesquisa do país.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pelo auxílio financeiro concedido.

Meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	VI
LISTA DE FIGURAS	VIII
1 RESUMO	1
2 SUMMARY	3
3 INTRODUÇÃO	5
4 REVISÃO DE LITERATURA	9
4.1. Controle de plantas daninhas na cultura da soja	9
4.2. Seletividade de herbicidas na cultura da soja	16
4.3. Dinâmica de herbicidas em palha	18
4.4. Dinâmica de herbicidas no solo	22
4.5. Glyphosate, sulfentrazone e flumioxazin: modo de ação, características e recomendações	26
5 MATERIAL E MÉTODOS	31
5.1. Instalação dos experimentos	31
5.2. Avaliações realizadas.....	36
5.2.1. Amostragem da quantidade de cobertura vegetal	36
5.2.2. Quantificação dos herbicidas no solo	37
5.2.3. Avaliação da ocorrência e controle de plantas daninhas.....	42
5.2.4. Avaliação dos teores de clorofila na soja	44
5.2.5. Produtividade da soja.....	45
5.3. Análise dos dados.....	45
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
6.1. Estimativa da quantidade de palha produzida pelas coberturas	46
6.2. Quantificação dos herbicidas no solo	49
6.3. Avaliação do controle de plantas daninhas	64
6.4. Levantamento fitossociológico	77
6.5. Quantificação dos teores de clorofila e carotenoides na cultura da soja	84
6.6. Avaliação da produtividade e componentes de rendimento da soja	89
7 CONCLUSÕES	95
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultado na análise química do solo da área com cobertura de sorgo.....	33
Tabela 2. Resultado na análise química do solo da área com cobertura de milho.....	33
Tabela 3. Resultados da análise granulométrica do solo das áreas experimentais.	33
Tabela 4. Tratamentos e épocas de aplicação dos herbicidas nos experimentos.....	34
Tabela 5. Horário e condições climáticas no momento das aplicações.....	35
Tabela 6. Data, profundidade e número de pontos por parcela das coletas de solo.	38
Tabela 7. Condições cromatográficas empregadas para quantificação dos herbicidas.	40
Tabela 8. Curvas analíticas e faixas de concentração para os herbicidas analisados.	41
Tabela 9. Massa molecular e íons secundários dos herbicidas analisados.	41
Tabela 10. Quantidade média de palha nas áreas experimentais aos 56 e 63 dias após a semeadura das coberturas e aos 23 e 16 dias antes.....	46
Tabela 11. Quantidade média de palha nas áreas experimentais aos 70 dias após a semeadura das coberturas e aos 9 dias após a aplicação dos herbicidas residuais.	47
Tabela 12. Concentração de sulfentrazone no solo em coletas realizadas 1, 31 e 53 dias após a aplicação dos herbicidas residuais (DAA) em área com cobertura de sorgo.	50
Tabela 13. Concentração de sulfentrazone no solo em coletas realizadas 1, 31 e 53 dias após a aplicação dos herbicidas residuais (DAA) em área com cobertura de milho.....	52
Tabela 14. Média do teor de sulfentrazone no solo, em todas as profundidades amostradas, nas três coletas realizadas após a aplicação nos diferentes manejos de dessecação pré- semeadura da soja em área com cobertura de sorgo.....	57
Tabela 15. Média do teor de sulfentrazone no solo, em todas as profundidades amostradas, nas três coletas realizadas após a aplicação nos diferentes manejos de dessecação pré- semeadura da soja em área com cobertura de milho.	59
Tabela 16. Parâmetros do modelo de Gompertz, médias, medianas e coeficientes de variação (CV) dos dados de distribuição pontual das concentrações de sulfentrazone para as diferentes modalidades de aplicação em área com cobertura de sorgo.....	61
Tabela 17. Parâmetros do modelo de Gompertz, médias, medianas e coeficientes de variação (CV) dos dados de distribuição pontual das concentrações de sulfentrazone para as diferentes modalidades de aplicação em área com cobertura de milho.	61

Tabela 18. Análise de variância dos dados de controle das principais espécies de plantas daninhas presentes na área com cobertura de sorgo aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a aplicação dos herbicidas residuais (DAA).....	65
Tabela 19. Análise de variância dos dados de controle das principais espécies de plantas daninhas presentes na área com cobertura de milho aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a aplicação dos herbicidas residuais (DAA).....	71
Tabela 20. Índice de valor de importância (IVI) das principais plantas daninhas presentes nos diferentes sistemas de manejo de dessecação pré-semeadura da soja, aos 38 dias após a semeadura da soja, em área com cobertura de sorgo.....	79
Tabela 21. Índice de similaridade (IS) entre os tratamentos, aos 38 dias após a semeadura da soja, em área com dessecação de cobertura de sorgo.	80
Tabela 22. Índice de valor de importância (IVI) das principais plantas daninhas presentes nos diferentes sistemas de manejo de dessecação pré-semeadura da soja, aos 38 dias após a semeadura da soja, em área com cobertura de milho.	81
Tabela 23. Índice de similaridade (IS) entre os tratamentos, aos 38 dias após a semeadura da soja, em área com dessecação de cobertura de milho.....	83
Tabela 24. Análise de variância dos teores de clorofila a, b e carotenoides nas áreas com cobertura de sorgo e milho aos 7 e 21 dias após a emergência da soja.	84
Tabela 25. Produtividade de soja em diferentes manejos de dessecação pré-semeadura da soja em área com cobertura de sorgo.....	90
Tabela 26. Produtividade de soja em diferentes manejos de dessecação pré-semeadura da soja em área com cobertura de milho.	91
Tabela 27. Altura de plantas, número de grãos por vagem, número de vagens por planta e massa de 1000 grãos nos diferentes manejos em pré-semeadura da soja em área com cobertura de sorgo.	92
Tabela 28. Altura de plantas, número de grãos por vagem, número de vagens por planta e massa de 1000 grãos nos diferentes manejos em pré-semeadura da soja em área com cobertura de milho.	93

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Precipitação, irrigações e acumulado (mm) durante a condução dos experimentos. 1 ^a : Primeira coleta de solo; 2 ^a : Segunda coleta de solo; 3 ^a : Coleta pontual de solo; 4 ^a : Quarta coleta de solo.	32
Figura 2. Temperaturas média, máxima e mínima durante a condução dos experimentos.	32
Figura 3. Primeira (A) e segunda (B) aplicações dos tratamentos em parcelas com palha e sem palha em área com cobertura de sorgo.	35
Figura 4. Trado empregado no processo de amostragem (A) e distribuição espacial da coleta das amostras na coleta pontual em área sem (B) e com a presença de palha (C).	37
Figura 5. Detalhe do processo de saturação e extração do herbicida contido na solução do solo das amostras para quantificação dos compostos por cromatografia líquida de alta performance e espectrometria de massas.	39
Figura 6. Cromatógrafo Líquido (Prominence UFLC) acoplado ao espectrômetro de massas (3200 Q TRAP) – LC-MS/MS.	40
Figura 7. Cromatograma do sulfentrazone com seus respectivos fragmentos na concentração de 50 µg L ⁻¹	42
Figura 8. Detalhe do processo de extração de pigmentos de folíolos de soja e determinação da concentração de clorofila a, b e carotenoides em espectrofotômetro.	44
Figura 9. Frequência acumulada da distribuição pontual das concentrações de sulfentrazone no solo em área com cobertura de sorgo. Nota: DAS = dias antes da semeadura.	62
Figura 10. Frequência acumulada da distribuição pontual das concentrações de sulfentrazone no solo em área com cobertura de milho. Nota: DAS = dias antes da semeadura.	63
Figura 11. Porcentagem de controle de <i>Cenchrus echinatus</i> aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a segunda aplicação (DAA) em área com cobertura de sorgo. 1: glyphosate 20 DAS + sulfentrazone 10 DAS; 2: glyphosate 20 DAS + flumioxazin 10 DAS; 3: glyphosate + sulfentrazone 10 DAS; 4: glyphosate + flumioxazin 10 DAS; 5: sulfentrazone 10 DAS; 6: flumioxazin 10 DAS. Médias seguidas de mesma letra para cada período de avaliação não diferem entre si pelo teste t (p≤0,05).	66

Figura 12. Porcentagem de controle de *Euphorbia heterophylla* aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a segunda aplicação (DAA) em área com cobertura de sorgo. 1: glyphosate 20 DAS + sulfentrazone 10 DAS; 2: glyphosate 20 DAS + flumioxazin 10 DAS; 3: glyphosate + sulfentrazone 10 DAS; 4: glyphosate + flumioxazin 10 DAS; 5: sulfentrazone 10 DAS; 6: flumioxazin 10 DAS. Médias seguidas de mesma letra para cada período de avaliação não diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$)..... 66

Figura 13. Porcentagem de controle de *Cyperus esculentus* aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a segunda aplicação (DAA) em área com cobertura de sorgo. 1: glyphosate 20 DAS + sulfentrazone 10 DAS; 2: glyphosate 20 DAS + flumioxazin 10 DAS; 3: glyphosate + sulfentrazone 10 DAS; 4: glyphosate + flumioxazin 10 DAS; 5: sulfentrazone 10 DAS; 6: flumioxazin 10 DAS. Médias seguidas de mesma letra para cada período de avaliação não diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$)..... 67

Figura 14. Porcentagem de controle de *Conyza* spp. aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a segunda aplicação (DAA) em área com cobertura de sorgo. 1: glyphosate 20 DAS + sulfentrazone 10 DAS; 2: glyphosate 20 DAS + flumioxazin 10 DAS; 3: glyphosate + sulfentrazone 10 DAS; 4: glyphosate + flumioxazin 10 DAS; 5: sulfentrazone 10 DAS; 6: flumioxazin 10 DAS. Médias seguidas de mesma letra para cada período de avaliação não diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$)..... 67

Figura 15. Porcentagem de controle de *Sida rhombifolia* aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a segunda aplicação (DAA) em área com cobertura de sorgo. 1: glyphosate 20 DAS + sulfentrazone 10 DAS; 2: glyphosate 20 DAS + flumioxazin 10 DAS; 3: glyphosate + sulfentrazone 10 DAS; 4: glyphosate + flumioxazin 10 DAS; 5: sulfentrazone 10 DAS; 6: flumioxazin 10 DAS. Médias seguidas de mesma letra para cada período de avaliação não diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$)..... 68

Figura 16. Porcentagem de controle de *Richardia brasiliensis* aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a segunda aplicação (DAA) em área com cobertura de sorgo. 1: glyphosate 20 DAS + sulfentrazone 10 DAS; 2: glyphosate 20 DAS + flumioxazin 10 DAS; 3: glyphosate + sulfentrazone 10 DAS; 4: glyphosate + flumioxazin 10 DAS; 5: sulfentrazone 10 DAS; 6: flumioxazin 10 DAS. Médias seguidas de mesma letra para cada período de avaliação não diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$)..... 68

Figura 17. Porcentagem de controle de *Digitaria* spp. aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a segunda aplicação (DAA) em área com cobertura de sorgo. 1: glyphosate 20 DAS + sulfentrazone 10 DAS; 2: glyphosate 20 DAS + flumioxazin 10 DAS; 3: glyphosate +

sulfentrazone 10 DAS; 4: glyphosate + flumioxazin 10 DAS; 5: sulfentrazone 10 DAS; 6: flumioxazin 10 DAS. Médias seguidas de mesma letra para cada período de avaliação não diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$)..... 69

Figura 18. Porcentagem de controle de *Cenchrus echinatus* aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a segunda aplicação (DAA) em área com cobertura de milho: 1: glyphosate 20 DAS + sulfentrazone 10 DAS; 2: glyphosate 20 DAS + flumioxazin 10 DAS; 3: glyphosate + sulfentrazone 10 DAS; 4: glyphosate + flumioxazin 10 DAS; 5: sulfentrazone 10 DAS; 6: flumioxazin 10 DAS. Médias seguidas de mesma letra para cada período de avaliação não diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$)..... 72

Figura 19. Porcentagem de controle de *Euphorbia heterophylla* aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a segunda aplicação (DAA) em área com cobertura de milho. 1: glyphosate 20 DAS + sulfentrazone 10 DAS; 2: glyphosate 20 DAS + flumioxazin 10 DAS; 3: glyphosate + sulfentrazone 10 DAS; 4: glyphosate + flumioxazin 10 DAS; 5: sulfentrazone 10 DAS; 6: flumioxazin 10 DAS. Médias seguidas de mesma letra para cada período de avaliação não diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$)..... 72

Figura 20. Porcentagem de controle de *Cyperus esculentus* aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a segunda aplicação (DAA) em área com cobertura de milho. 1: glyphosate 20 DAS + sulfentrazone 10 DAS; 2: glyphosate 20 DAS + flumioxazin 10 DAS; 3: glyphosate + sulfentrazone 10 DAS; 4: glyphosate + flumioxazin 10 DAS; 5: sulfentrazone 10 DAS; 6: flumioxazin 10 DAS. Médias seguidas de mesma letra para cada período de avaliação não diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$)..... 73

Figura 21. Porcentagem de controle de *Conyza* spp. aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a segunda aplicação (DAA) em área com cobertura de milho. 1: glyphosate 20 DAS + sulfentrazone 10 DAS; 2: glyphosate 20 DAS + flumioxazin 10 DAS; 3: glyphosate + sulfentrazone 10 DAS; 4: glyphosate + flumioxazin 10 DAS; 5: sulfentrazone 10 DAS; 6: flumioxazin 10 DAS. Médias seguidas de mesma letra para cada período de avaliação não diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$)..... 73

Figura 22. Porcentagem de controle de *Sida rhombifolia* aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a segunda aplicação (DAA) em área com cobertura de milho. 1: glyphosate 20 DAS + sulfentrazone 10 DAS; 2: glyphosate 20 DAS + flumioxazin 10 DAS; 3: glyphosate + sulfentrazone 10 DAS; 4: glyphosate + flumioxazin 10 DAS; 5: sulfentrazone 10 DAS; 6: flumioxazin 10 DAS. Médias seguidas de mesma letra para cada período de avaliação não diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$)..... 74

Figura 23. Porcentagem de controle de *Richardia brasiliensis* aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a segunda aplicação (DAA) em área com cobertura de milho. 1: glyphosate 20 DAS + sulfentrazone 10 DAS; 2: glyphosate 20 DAS + flumioxazin 10 DAS; 3: glyphosate + sulfentrazone 10 DAS; 4: glyphosate + flumioxazin 10 DAS; 5: sulfentrazone 10 DAS; 6: flumioxazin 10 DAS. Médias seguidas de mesma letra para cada período de avaliação não diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$). 74

Figura 24. Porcentagem de controle de *Digitaria spp.* aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a segunda aplicação (DAA) em área com cobertura de milho. 1: glyphosate 20 DAS + sulfentrazone 10 DAS; 2: glyphosate 20 DAS + flumioxazin 10 DAS; 3: glyphosate + sulfentrazone 10 DAS; 4: glyphosate + flumioxazin 10 DAS; 5: sulfentrazone 10 DAS; 6: flumioxazin 10 DAS. Médias seguidas de mesma letra para cada período de avaliação não diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$). 75

Figura 25. Concentração (mg g^{-1}) de clorofila *a*, *b* e carotenoides em folíolos de soja coletados aos 7 dias após a emergência da cultura em área com cobertura de sorgo. DAE: Dias após a emergência. 85

Figura 26. Concentração (mg g^{-1}) de clorofila *a*, *b* e carotenoides em folíolos de soja coletados aos 21 dias após a emergência da cultura em área com cobertura de sorgo. DAE: Dias após a emergência. 85

Figura 27. Concentração (mg g^{-1}) de clorofila *a*, *b* e carotenoides em folíolos de soja coletados aos 7 dias após a emergência da cultura em área com cobertura de milho. DAE: Dias após a emergência. Médias seguidas de mesma letra para cada tratamento avaliado não diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$). 87

Figura 28. Concentração (mg g^{-1}) de clorofila *a*, *b* e carotenoides em folíolos de soja coletados aos 21 dias após a emergência da cultura em área com cobertura de milho. DAE: Dias após a emergência. 87

1 RESUMO

A presença de palha na superfície do solo pode alterar a dinâmica populacional das plantas daninhas presentes na área, além de influenciar o comportamento dos herbicidas no solo. Atualmente, pouco se sabe a respeito da dinâmica de liberação de herbicidas com efeito residual quando sua aplicação é realizada sobre a cobertura verde, no manejo em pré-semeadura da soja, mas supõe-se que sua distribuição e dinâmica sejam alteradas. O presente trabalho teve por objetivos avaliar o comportamento no solo, a eficácia no controle de plantas daninhas e a seletividade para a cultura dos herbicidas sulfentrazone e flumioxazin quando aplicados sobre dois tipos de coberturas em diferentes sistemas de manejo de dessecação em pré-semeadura da soja. Realizaram-se dois experimentos, no município de Botucatu, São Paulo, em áreas com coberturas de milho e sorgo, com delineamento em blocos casualizados, com 7 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos foram constituídos pela aplicação de herbicidas em diferentes sistemas de manejo das culturas de cobertura, sendo eles: glyphosate (720 g e.a. ha⁻¹) 20 dias antes da semeadura (DAS) + sulfentrazone (600 g i.a. ha⁻¹) 10 DAS; glyphosate (720 g e.a. ha⁻¹) 20 DAS + flumioxazin (50 g i.a. ha⁻¹) 10 DAS; glyphosate (720 g e.a. ha⁻¹) + sulfentrazone (600 g i.a. ha⁻¹) 10 DAS; glyphosate (720 g e.a. ha⁻¹) + flumioxazin (50 g i.a. ha⁻¹) 10 DAS; sulfentrazone (600 g i.a. ha⁻¹) 10 DAS sem a presença de cobertura; flumioxazin (50 g i.a. ha⁻¹) 10 DAS sem a presença de cobertura e uma testemunha com aplicação de glyphosate (720 g e.a. ha⁻¹) 10 DAS. Foram realizadas avaliações da disponibilidade de

herbicidas no solo através de coletas periódicas, controle de plantas daninhas, levantamento de flora infestante, seletividade dos herbicidas à cultura, produção e componentes de rendimento da soja. Para quantificação dos herbicidas, utilizou-se um sistema LCMS-MS, composto por um Cromatógrafo Líquido de Alta Performance (HPLC) acoplado ao espectrômetro de massas. Para o flumioxazin, as quantidades de herbicida presentes nas amostras estavam abaixo do limite de detecção pelo método analítico empregado. O emprego de diferentes espécies para cobertura do solo apresentou efeito sobre a dinâmica de distribuição e liberação dos herbicidas aplicados na dessecação. O manejo com aplicações sequenciais mostrou-se mais adequado em relação à dinâmica de deposição e liberação dos herbicidas nas áreas. Nas parcelas com ausência de palha, maiores concentrações de sulfentrazone são lixiviadas até a camada de 20 a 40 cm. Os herbicidas mostraram-se seletivos à cultura em relação à produtividade e componentes de rendimento. As plantas daninhas com maior índice de ocorrência, considerando as duas áreas experimentais foram: *Sida rhombifolia*, *Cyperus esculentus*, *Cenchrus echinatus*, *Richardia brasiliensis* e os gêneros *Digitaria*. A aplicação dos herbicidas residuais resultou em bom controle das plantas daninhas até os 21 dias após a segunda aplicação. Após este período, foi observada reinfestação em todas as condições de aplicação.

2 SUMMARY

EFFECTS OF MANAGEMENT SYSTEMS PRE-PLANTING OF SOYBEAN ON DYNAMIC IN SOIL AND EFFECTIVENESS OF HERBICIDES.

**Botucatu, 2015. 112f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Proteção de Plantas) -
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.**

Author: GABRIELLE DE CASTRO MACEDO

Adviser: CAIO ANTONIO CARBONARI

The presence of straw on the soil surface can alter the population dynamics of weeds present in the area, and influence the behavior of herbicides in soil. Currently, little is known about the dynamics of release of herbicides with residual effect when your application is performed on the green coverage in the management of pre-sowing soybean, but it is assumed that the distribution and dynamics are altered. This study aimed to evaluate the behavior in soil, the efficiency in weed control and selectivity to the culture of sulfentrazone and flumioxazin herbicide when applied over two types of covers in different desiccation management systems in pre-sowing soybean. There were two experiments, in Botucatu, São Paulo, in areas with millet and sorghum coverage, in a

randomized block design with 7 treatments and 4 replications. The treatments were a combination of herbicides in different management systems of coverage crops, which are: glyphosate (720 g e.a. ha⁻¹) 20 days before sowing (DBS) + sulfentrazone (600 g i.a. ha⁻¹) 10 DBS; glyphosate (720 g e.a. ha⁻¹) 20 DBS + flumioxazin (50 g i.a. ha⁻¹) 10 DBS; glyphosate (720 g e.a. ha⁻¹) + sulfentrazone (600 g i.a. ha⁻¹) 10 DBS; glyphosate (720 g e.a. ha⁻¹) + flumioxazin (50 g i.a. ha⁻¹) 10 DBS; sulfentrazone (600 g i.a. ha⁻¹) 10 DBS without the presence of coverage; flumioxazin (50 g i.a. ha⁻¹) 10 DBS without the presence of cover and a control with application of glyphosate (720 g e.a. ha⁻¹) 10 DBS. Were evaluated the availability of herbicides in the soil through periodic collections, weed control, weed survey, selectivity of herbicides to the crop, production and soybean yield components. For quantification of herbicides used a LCMS-MS system consisting of a High Performance Liquid Chromatography (HPLC) coupled with mass spectrometry. For flumioxazin, amounts of herbicide present in the samples were below the detection limit of the analytical method employed. The use of different species to the soil coverage affects the dynamics of distribution and release of herbicides applied in desiccation. The management with sequential applications was more appropriate in relation to the dynamics of deposition and release of herbicides in the fields. In the plots with no straw, sulfentrazone largest concentrations are leached to the 20 to 40 cm of profundity. The herbicides were selective in relation to the soybean productivity and yield components. The weed species with higher occurrence rate, considering the two experimental areas were: *Sida rhombifolia*, *Cyperus esculentus*, *Cenchrus echinatus*, *Richardia brasiliensis* and the *Digitaria* genres. The application of residual herbicides resulted in good control of weeds until 21 days after the second application. After this period, was observed reinfestation in all application conditions.

Keywords: desiccation, sulfentrazone, flumioxazin, sorption, weed survey, *Glycine max* L. Merrill., LCMS-MS, leaching.

3 INTRODUÇÃO

A nível mundial, a soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é a principal oleaginosa em termos de produção e consumo e isso se justifica por sua importância tanto para a alimentação animal, através do farelo de soja, quanto para a alimentação humana, através do óleo de soja. No Brasil, o grão é cultivado desde o extremo Sul até as regiões Norte e Nordeste, com possibilidade de expansão da área plantada para as novas fronteiras agrícolas do país e tendo grande relevância para o agronegócio nacional.

Nas últimas décadas, a cultura da soja obteve grandes incrementos em área plantada e produtividade em função da adoção de tecnologias de produção mais avançadas, como a biotecnologia, que propiciaram ao setor maior crescimento e dinamismo, resultando em alta competitividade.

Em qualquer exploração agrícola, o manejo da fertilidade do solo, bem como o controle fitossanitário adequado são práticas essenciais para alcançar altas produtividades e boas rentabilidades. Com relação à presença de plantas daninhas na área de cultivo, sabe-se que a competição entre as plantas daninhas e a cultura, sobretudo nos estádios iniciais de desenvolvimento da soja, podem resultar em elevadas perdas de produtividade e até mesmo inviabilizar a colheita.

O sistema de semeadura direta na palha, onde os restos das culturas anteriores permanecem sobre a superfície do solo, é uma realidade em grande parte das áreas cultivadas com soja e também outras espécies de interesse econômico, tendo ainda potencial para expansão. Neste sistema de manejo, o controle de plantas daninhas é realizado principalmente através da utilização de herbicidas, já que o solo não pode ser revolvido antes ou após a semeadura, eliminando assim a possibilidade do controle mecânico.

A presença de palha na superfície do solo pode alterar a dinâmica populacional das plantas daninhas presentes na área, além de influenciar o comportamento dos herbicidas residuais, promovendo sua retenção na cobertura morta e aumentando sua suscetibilidade à fotodegradação e/ou volatilização. O percentual do herbicida que consegue efetivamente chegar ao solo pode passar ainda por processos de sorção, lixiviação, degradação por agentes físicos, químicos e biológicos ou ser absorvido por plantas daninhas e/ou cultivadas (VELINI, 1992). O conjunto de todos estes processos determinará a quantidade de herbicida presente na solução do solo e, se esta quantidade será suficiente para garantir o controle eficiente das plantas daninhas.

A partir de 2004, com a liberação do cultivo da soja geneticamente modificada resistente ao glyphosate no Brasil, a utilização deste herbicida foi largamente aumentada, devido a sua eficiência em controlar um amplo número de espécies de plantas daninhas, tanto anuais quanto perenes, aliada a seu baixo custo e baixo impacto ambiental. Associados ao aumento do uso, a cada ano surgem novos casos de plantas daninhas resistentes ao glyphosate, o que torna necessária, em muitas ocasiões, a combinação deste herbicida com outros que apresentam modos de ação distintos.

Alguns dos herbicidas utilizados em combinação com o glyphosate, seja em mistura ou em manejo sequencial, podem ter ação residual, como flumioxazin e sulfentrazone. A associação de glyphosate com herbicidas inibidores da protoporfirinogênio oxidase (PROTOX) apresenta efeito sinérgico em alguns casos, acelerando o tempo entre a aplicação e a morte das plantas e reduzindo o tempo entre o manejo e a semeadura da cultura (JAREMTCHUK et al., 2008; CONSTANTIN et al., 2005). Além disso, esta associação é auxiliar no manejo de plantas daninhas resistentes ao glyphosate (VIDAL et al., 1999), além de controlar as plantas emergidas em novo fluxo posterior ao manejo, postergando a necessidade da primeira aplicação para controle

de plantas daninhas em pós-emergência da cultura (JAREMTCHUK et al., 2008; CONSTANTIN et al., 2005).

Atualmente, apesar da ampla adoção do plantio direto, pouco se sabe a respeito do comportamento de herbicidas residuais aplicados sobre as coberturas mortas e sobre a dinâmica de liberação destes quando sua aplicação é realizada em aplicação conjunta com o glyphosate sobre as plantas ainda verdes, no manejo em pré-semeadura. Supõe-se que sua distribuição e comportamento sejam alterados, mas são necessários mais estudos para determinar quais são os efeitos e em que escala ocorrem no campo.

As alterações no comportamento dos herbicidas residuais no ambiente, causadas pela presença da palha e momento da aplicação na dessecação para a semeadura, além de afetar diretamente o manejo das plantas daninhas, pode ainda alterar a seletividade dos mesmos para a cultura. De acordo com Velini et al. (1992), a seletividade de um herbicida está relacionada à sua capacidade de eliminar as plantas daninhas presentes em uma cultura sem, contudo, causar queda de produtividade e/ou da qualidade do produto colhido. Herbicidas com ação residual utilizados em pré-semeadura tem por característica permanecerem ativos no solo por um período após sua aplicação, sendo este tempo variável de acordo com a molécula utilizada. Mesmo para aqueles considerados seletivos a cultura da soja, deve-se respeitar a dose recomendada, que leva em consideração a textura do solo, e o tempo entre aplicação e semeadura da soja. Quando estas recomendações não são respeitadas, podem ocorrer sintomas de fitointoxicação à cultura, como redução de estande, redução de porte das plantas e/ou perdas de produtividade.

Nesse contexto, é importante entender como os herbicidas utilizados isoladamente ou em mistura se comportam quando aplicados sobre a cobertura morta ou ainda viva, qual a quantidade aplicada que efetivamente chega ao solo e sua distribuição no solo. Tanto do ponto de vista da segurança ambiental como do ponto de vista fitotécnico, é de grande relevância o conhecimento em relação à quantidade disponível, ao tempo de permanência de herbicidas com ação residual no solo em sistema de semeadura direta e como eles influenciarão no controle das plantas daninhas e na produtividade da cultura. Tais informações podem suportar o ajuste de doses e sistemas de manejo mais adequados, garantindo que a quantidade de herbicida necessária para

controle das plantas daninhas chegue ao solo, sem efeitos deletérios sobre a soja e sobre as culturas que venham a ser implantadas na mesma área, posteriormente.

Diante do exposto, os objetivos deste trabalho foram avaliar o comportamento de flumioxazin e sulfentrazone no solo, sua seletividade para cultura e sua eficácia no controle das plantas daninhas, após a aplicação em dois tipos de culturas de cobertura (milheto e sorgo) e em diferentes sistemas de manejo de dessecação em pré-
semeadura da soja.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1. Controle de plantas daninhas na cultura da soja

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, com área plantada de aproximadamente 31,6 milhões de hectares, 4,8% superior à safra 2013/14, e produção de quase 95,9 milhões de toneladas do grão, estando atrás apenas dos Estados Unidos, que possuem cerca de 34 milhões de hectares cultivados e tem uma estimativa de produção de 108 milhões de toneladas para a safra 2014/15 (CONAB, 2015; USDA, 2015).

Segundo o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, o Brasil exportou em 2013, aproximadamente 37,8 milhões de toneladas de soja, sendo China, Alemanha e Holanda os países que mais importam o produto no mundo (CONAB, 2014; APROSOJA, 2014). Neste contexto, o complexo produtor de soja no Brasil gera um número expressivo de empregos e sua exportação é de extrema importância para a economia do país (APROSOJA, 2014).

O fato de o Brasil ocupar posição de destaque entre os principais produtores de commodities no mundo não se deve apenas a sua natureza privilegiada, mas também ao massivo investimento em pesquisa e tecnologia nas últimas décadas (ANDEF, 2013), tanto de empresas privadas quanto de órgãos públicos, como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e as Universidades Federais e Estaduais.

Em relação a seus concorrentes, o Brasil ainda possui grande capacidade de crescimento, em função da possibilidade de expansão da área plantada para as novas fronteiras agrícolas, sobretudo os Estados do Maranhão, Piauí, Tocantins e o oeste da Bahia. Contudo, a busca por competitividade e economia no processo produtivo esbarra na interferência exercida por plantas daninhas, pragas e doenças, que oneram os custos de produção, reduzem a produtividade e tornam o nosso produto menos competitivo no mercado internacional (MESCHEDE, 2002).

O controle de plantas daninhas possui grande importância para a obtenção de altos rendimentos em qualquer exploração agrícola (EMBRAPA, 2011). As plantas daninhas competem com a cultura da soja por luz, água, nutrientes e espaço. Principalmente durante os estádios iniciais do desenvolvimento da cultura, essa competição tem grande importância, pois pode resultar em perdas altíssimas em produtividade e, em casos extremos, a presença de plantas daninhas pode até mesmo inviabilizar a colheita (EMBRAPA, 2006a).

Na cultura da soja, é necessária a realização do controle de plantas daninhas desde a fase inicial de seu desenvolvimento ou até mesmo antes da semeadura, o que a torna um dos maiores segmentos da indústria de herbicidas (CORREIA; REZENDE, 2002). Os fatores que definem o grau de interferência da comunidade infestante sobre a cultura são: as plantas daninhas (espécies, densidade e distribuição), a cultura (cultivar, espaçamento e densidade de semeadura), a época e duração da competição, as condições edafoclimáticas e o manejo empregado (PITELLI, 1985).

O estudo dos períodos críticos de interferência permite determinar o período de convivência com as plantas daninhas tolerado pela cultura. O período anterior à interferência (PAI) é aquele no qual, a partir da semeadura ou emergência da cultura, esta e as plantas daninhas podem conviver sem que a produtividade da cultura seja afetada de forma significativa (PITELLI; DURIGAN, 1984; PITELLI, 1985; PITELLI, 1987). O período total de prevenção à interferência (PTPI) é aquele no qual, a

partir da semeadura ou emergência da cultura, a mesma deve ser mantida livre da competição exercida pela comunidade infestante para que sua produtividade ou qualidade do produto colhido não seja reduzida (PITELLI; DURIGAN, 1984; PITELLI, 1985; PITELLI, 1987). Já o período crítico de prevenção à interferência (PCPI) é definido como o período no qual a convivência entre a cultura e as plantas daninhas resultará em perda de produtividade ou qualidade do produto colhido, devendo ser realizado o controle imediatamente antes que os recursos do meio sejam disputados até o momento que as plantas daninhas não mais concorram com a cultura (PITELLI; DURIGAN, 1984; PITELLI, 1985; PITELLI, 1987).

Em diversos trabalhos que buscam determinar o PAI, o PTPI e o PCPI das plantas daninhas na cultura da soja, pode-se observar que os resultados obtidos pelos diferentes autores não são os mesmos. Segundo Pitelli (1980), essas discrepâncias podem ser consideradas normais, levando-se em consideração que os locais onde as pesquisas foram conduzidas, as cultivares utilizadas e a comunidade infestante, entre outros, são distintos.

Estudando o efeito dos períodos de convivência com as plantas daninhas sobre as características produtivas da soja, no sistema de semeadura direta e no sistema convencional, Nepomuceno et al. (2007) concluíram que o PCPI no sistema de semeadura direta, com a cultivar CD 201 foi dos 33 aos 66 dias após a emergência (DAE) da soja. Já no sistema convencional, utilizando a cultivar M-SOY-6101, o PCPI se estendeu dos 34 aos 76 DAE. Neste mesmo trabalho, os autores afirmam que a interferência das plantas daninhas durante todo o ciclo da cultura reduziu a produtividade em 46% no sistema de semeadura direta e 32% no sistema convencional, em média.

Carvalho e Velini (2001) estudando os períodos de interferência de plantas daninhas na cultura da soja, cultivar IAC-11, em região de cerrado, observaram que o PAI foi de 49 DAE e o PTPI de 20 DAE. Nesse caso, como o PTPI foi inferior ao PAI, não houve PCPI. Determinou-se, então, que o controle das plantas daninhas poderia ser realizado uma única vez entre 20 e 49 DAE ou em pré-emergência, utilizando-se herbicidas com efeito residual.

Vitorino (2013) trabalhando com a cultivar de soja M-Soy 7908 RR, em espaçamento em linha dupla (0,20 m x 0,67 m) e espaçamento simples (0,45 m), concluiu que no espaçamento em linha dupla o PAI foi de 8 DAE, o PTPI de 36 DAE e o

PCPI de 28 DAE, contra PAI de 18 DAE, PTPI de 31 DAE e PCPI de 13 DAE no espaçamento simples.

Ferreira et al. (2009) avaliando efeito de períodos de competição de plantas daninhas com a cultura da soja, cultivar BRS 243 RR, sob sistema de semeadura direta, sistema convencional e sistema de cultivo mínimo, sobre as características morfológicas de grãos de soja, observaram que, com o aumento do período de infestação após a emergência da cultura, ocorreu diminuição no tamanho e peso das sementes de soja.

De acordo com Meschede et al. (2004), a interferência imposta por *Euphorbia heterophylla* sobre a cultura da soja, cultivar BRS 133, entre 11 e 68 dias após a emergência da cultura resultou em perda de produtividade de 6,45 kg ha⁻¹ ao dia, sendo 38% a perda acumulada durante todo o ciclo.

Silva et al. (2008), estudando os efeitos da interferência de plantas daninhas sobre os componentes de rendimento da soja, cultivar BRS 243 RR, concluíram que o PAI pode variar de acordo com o nível de infestação da área e que, o período de convivência entre as plantas daninhas e a cultura associado ao sistema de cultivo pode alterar os componentes de produtividade da soja, sobretudo o número de vagens por planta. Esse componente de produção sofreu redução de 58%, 71% e 78% em áreas de baixa, média e alta infestação de plantas daninhas, respectivamente. O número de sementes por vagens e peso de mil grãos foram afetados em menor escala, porém, também sofreram diminuição em função da competição.

Silva et al. (2009) objetivando determinar o PAI de plantas daninhas na cultura da soja, cultivar BRS 243 RR, observaram que o PAI foi de 17, 11 e 11 dias após emergência (DAE) em área de baixa, média e alta infestações, respectivamente, considerando 5% de tolerância na redução de produtividade; para 10% de tolerância, o PAI foi de 24, 15 e 16 DAE para as mesmas condições de infestação citadas acima. Concluíram ainda que, a presença de invasoras durante todo o ciclo da cultura ocasionou redução de 73% da produtividade em áreas de baixa infestação de plantas daninhas, 82% em área de média infestação e 92,5% em área de alta infestação.

Para o manejo das plantas daninhas, existem os métodos mecânico, químico, físico, biológico ou cultural, sendo que estes podem ser empregados isoladamente ou em conjunto. O método mais empregado para o controle de plantas daninhas em lavouras de soja é o químico, através da aplicação de herbicidas. Este

método possui como vantagens a economia de mão-de-obra, baixos custos e a rapidez de aplicação (EMBRAPA, 2004).

O controle químico tem como objetivos a obtenção da máxima eficácia no controle das plantas daninhas associado à alta seletividade para a cultura. Além disso, é fundamental que esta prática seja economicamente viável e que os efeitos deletérios sobre o ambiente sejam minimizados (CHRISTOFFOLETI et al., 2005).

Constantin e Oliveira Júnior (2005) observaram que o manejo sequencial na dessecação, onde herbicidas de ação sistêmica, como o glyphosate e o 2,4-D, por exemplo, são aplicados antecipadamente e os herbicidas imóveis ou pouco móveis e com ação mais rápida a partir da absorção foliar (“ação de contato”), como paraquat, diuron, diquat, flumioxazin, sulfentrazone, entre outros, são aplicados de 15 a 20 dias após a primeira aplicação, proporciona um controle eficiente das plantas daninhas.

Para que os herbicidas sistêmicos, com ação em pós-emergência, utilizados na primeira aplicação do manejo sequencial sejam adequadamente absorvidos e translocados nas plantas daninhas e/ou pela cobertura que se deseja controlar, é necessário que haja uma boa disponibilidade de água no solo. Por essa razão, são esperadas as primeiras chuvas que antecedem a semeadura da soja no verão para o início do manejo. O ideal é que ocorram chuvas também entre a primeira e a segunda aplicação, para que o primeiro fluxo de plantas daninhas possa germinar, emergir e assim ser controlado pelo segundo herbicida (JAREMTCHUK et al., 2008). De acordo com Constantin e Oliveira Júnior (2005), é de fundamental importância que o primeiro fluxo de emergência de plantas daninhas seja devidamente controlado para reduzir a interferência destas sobre o desenvolvimento e produtividade da cultura a ser instalada no local, em seus primeiros estádios de desenvolvimento.

Herbicidas sistêmicos de ação em pós-emergência tradicionalmente utilizados no manejo químico, como o glyphosate e o 2,4-D, possuem efeito lento sobre as plantas daninhas, sendo necessários alguns dias para a morte das plantas. Para acelerar o processo de morte, uma alternativa interessante seria a associação de herbicidas sistêmicos com outros de princípios ativos de ação mais rápida, através de misturas em tanque. Neste contexto, a associação de glyphosate com herbicidas com outro mecanismo de ação, como flumioxazin e sulfentrazone, por exemplo, seria uma das alternativas viáveis, em função da maior velocidade de dessecação da biomassa, maior eliminação de espécies de difícil controle e efeito residual sobre o primeiro fluxo de

emergência de plantas daninhas, quando comparada com a aplicação isolada de glyphosate (CONSTANTIN et al., 2005).

Osipe et al. (2008) avaliando a eficiência da associação entre glyphosate e sulfentrazone no manejo em pré-semeadura da soja RR, observaram que a presença do herbicida sulfentrazone reduziu a densidade de *Bidens pilosa* e *Commelina benghalensis* na área experimental, o que garantiu aumento de produtividade de até 22,5%, pois diminuiu a competição entre cultura e plantas daninhas.

No Brasil, a liberação do cultivo da soja geneticamente modificada resistente a glyphosate ocorreu através da medida provisória nº 131, de 25 de setembro de 2003, sendo convertida na Lei 10.814 ainda no mesmo ano, em 15 de dezembro de 2003 e os plantios comerciais se iniciaram na safra de 2004/2005. Durante a última década, a produção de soja resistente ao glyphosate cresceu em larga escala e as variedades se multiplicaram em todas as regiões do país. Atualmente, estima-se que a área plantada com essa tecnologia seja de cerca de 80% da área total (GAZZIERO et al., 2012), e continua em expansão. A rápida aceitação e grande evolução da área cultivada com a tecnologia Roundup Ready® (RR) deve-se a vários fatores, como sua eficiência em eliminar plantas daninhas de difícil controle com outros herbicidas, além da facilidade de uso (GAZZIERO et al., 2012).

A combinação de herbicidas de ação em pós-emergência com outros de ação residual é capaz de inibir o primeiro fluxo de emergência de plantas daninhas, o que aumenta o tempo entre as aplicações em pós-emergência da cultura. Outro benefício é a redução do banco de sementes presente no solo, a médio e longo prazo. Além disso, a introdução de culturas transgênicas resistentes ao glyphosate tornou o uso deste herbicida muito comum e também intensificou a seleção de biótipos de plantas daninhas resistentes. Neste contexto, utilizar outros herbicidas com mecanismos de ação distintos do glyphosate pode contribuir para retardar ou prevenir a ocorrência de resistência na área (CONSTANTIN et al., 2005).

O surgimento de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas está condicionado a mudanças genéticas ocorridas na população, através de mutações e, principalmente, seleção natural. Essas mudanças são impostas pela pressão de seleção, ou seja, pela aplicação repetitiva de moléculas com o mesmo mecanismo de ação (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2008).

A comercialização de glyphosate teve início na década de 1970 e sua utilização ficava restrita a entressafra, para dessecação em pré-semeadura no sistema de semeadura direta. Após o advento da soja resistente ao glyphosate, passou também a ser largamente empregado em pós-emergência da soja, aumentando a pressão de seleção sobre biótipos resistentes (GAZZIERO et al., 2012).

No mundo todo foram registradas, até o momento, 38 espécies com um ou mais biótipos resistentes ao glyphosate. Destas, as espécies *Chloris elata*, *Conyza bonariensis*, *Conyza canadensis*, *Conyza sumatrensis*, *Digitaria insularis* e *Lolium multiflorum* possuem registros de ocorrência no Brasil (HEAP, 2014).

No manejo ou na prevenção da ocorrência de plantas daninhas resistentes pode-se utilizar como ferramenta a mistura de herbicidas com mecanismos de ação distintos (ALONSO et al., 2011). Segundo Vidal et al. (1999) os herbicidas inibidores da PROTOX podem ser indicados como auxiliares na prevenção a resistência a herbicidas com outros mecanismos de ação. Apesar de possuírem, em geral, longo período de persistência no solo, podem ser classificados como de baixo risco em relação ao desenvolvimento de resistência (DAYAN; DUKE, 1997). No entanto, seis espécies são relatadas como resistentes a este grupo no mundo, sendo apenas *Euphorbia heterophylla* identificada em lavouras brasileiras (HEAP, 2014).

Neves et al. (2010), estudando alternativas de manejo de plantas daninhas tolerantes ao glyphosate, observaram que no tratamento onde houve aplicação da mistura glyphosate (2,0 L ha⁻¹) e flumioxazin (25 g i.a. ha⁻¹), o controle de *Commelina benghalensis* e *Tridax procumbens* foi superior ao do tratamento com aplicação exclusiva de glyphosate. Oliveira Neto et al. (2013) concluíram que a aplicação da associação glyphosate (720 g e.a. ha⁻¹) e flumioxazin (50, 60 ou 75 g i.a. ha⁻¹) 7 dias após aplicação da mistura de glyphosate (1080 g e.a. ha⁻¹) e 2,4-D (536 g i.a. ha⁻¹) foi capaz de suprimir o desenvolvimento de *Ipomoea* spp. e *Sida rhombifolia* durante os estádios iniciais de desenvolvimento da cultura da soja.

Segundo Vargas e Gazziero (2011), o emprego de herbicidas com ação residual como sulfentrazone, diclosulam e flumioxazin, em pré-emergência da cultura da soja, apresenta um eficiente controle da buva (*Conyza* spp.) proveniente do banco de sementes, podendo a ação destes produtos ser observada por 20 dias ou mais, dependendo das condições edafoclimáticas.

4.2. Seletividade de herbicidas na cultura da soja

A seletividade de um herbicida a uma cultura pode ser definida como sua capacidade de eliminar as plantas daninhas presentes na área sem, contudo, ocasionar perda de produtividade e /ou diminuição da qualidade do produto colhido (VELINI et al., 1992).

A metabolização da molécula do herbicida é o mecanismo de seletividade mais importante para os inibidores da PROTOX (FERREIRA et al., 2005). Outros mecanismos como degradação diferencial, variação da sensibilidade aos efeitos tóxicos do oxigênio singlete e diferença de sensibilidade ao local de ação também podem ocorrer (MEROTTO JÚNIOR; VIDAL, 2001). O sulfentrazone, por exemplo, é rapidamente metabolizado por plântulas de soja logo após a germinação. Menos de 30% da dose de sulfentrazone aplicada durante a germinação das sementes de soja foi recuperada 24 horas após a aplicação, não havendo diferença no grau de metabolismo entre as cultivares utilizadas (LI et al., 2000).

Segundo Swantek (1998), diferentes cultivares de soja podem apresentar variações de seletividade ao sulfentrazone, podendo o percentual de fitointoxicação variar em até 53%. Após a absorção, ele é rapidamente metabolizado, antes que possa causar danos às plantas. O herbicida carfentrazone utilizado em pós-emergência da soja também pode causar injúrias às folhas, mas as plantas se recuperam durante o crescimento (DAYAN et al., 1997a).

Warabi et al. (2001), trabalhando com cultura de células de soja em presença de oxyfluorfen, observaram que o aumento da concentração da enzima PROTOX nas mitocôndrias possibilitou a utilização de protoporfirina IX em excesso no citoplasma, diminuindo a formação de oxigênio singlete. Ainda na cultura da soja, a aplicação de lactofen em dose 150% superior a recomendada comercialmente resultou em apenas 34% de fitotoxicidade e não afetou a produção de grãos (WICHERT; TALBERT, 1993). Situação semelhante foi observada por Mengarda e Fleck (1989), ao aplicar doses 20% superiores as recomendadas de acifluorfen, fomesafen e lactofen.

A aplicação e incorporação da mistura de chlorimuron, metribuzin e pendimethalin em pré-plantio da soja, combinados a aplicação de glyphosate aos 14 e 42 dias após a emergência da cultura resultou em maior fitotoxicidade a cultura. Os

autores observaram, no entanto, que as injúrias não se refletiram em queda de produtividade em relação aos demais manejos (WEBSTER et al., 1999).

Correia et al (2008) avaliando os efeitos da aplicação em pós-emergência de soja convencional dos herbicidas glyphosate, chlorimuron, lactofen, fomesafen, flumioxazin, imazethapyr, chlorimuron + lactofen, chlorimuron + fomesafen, lactofen + fomesafen, além da associação de glyphosate com todos os herbicidas acima citados, observaram que a associação de glyphosate com outros herbicidas, sobretudo lactofen e flumioxazin, ocasionou sintomas severos de fitointoxicação em plantas de soja tolerantes à glyphosate. Contudo, não foi observada redução de desenvolvimento e produtividade em função da aplicação dos herbicidas em questão.

Osipe e colaboradores (2008) avaliando a seletividade e controle de plantas daninhas da associação glyphosate e sulfentrazone aplicados em pré-semeadura da soja, e aplicação de glyphosate em pós-emergência, observaram que os tratamentos com sulfentrazone não causaram redução de produtividade em relação à testemunha. Os autores concluíram que esta associação é uma ótima opção de controle de plantas daninhas, além de ser seletiva à cultura da soja RR.

Na aplicação de glyphosate e de glyphosate em mistura com cloransulam-methyl, fomesafen, lactofen, chlorimuron, flumiclorac-pentyl, bentazon e imazethapyr em pós-emergência da soja resistente a glyphosate, entre os estádios V2 e V3, foram observados sintomas de fitointoxicação como redução na altura de plantas, no número de vagens por planta e na massa de 100 grãos. Entretanto, apenas no tratamento com lactofen houve redução na produtividade da soja (ALONSO et al., 2011).

A aplicação de sulfentrazone, imazaquin e metribuzin em pré-semeadura da soja, em região de Cerrado, não proporcionou diferenças significativas entre os tratamentos em relação ao controle das plantas daninhas *Sida rhombifolia*, *Spermacoce latifolia* e *Ipomoea purpurea* aos 30 dias após a aplicação. Porém, nenhum dos tratamentos causou redução ou aumento de produtividade em comparação as testemunhas, o que denotaria fitotoxicidade à cultura (MORAIS, 1998).

Osipe et al. (2014) avaliando a seletividade dos herbicidas chlorimuron (10 e 15 g i.a. ha⁻¹), diclosulam (16,8 e 25,5 g i.a. ha⁻¹), sulfentrazone (200 e 300 g i.a. ha⁻¹) e flumetsulam (60, 78 e 140 g i.a. ha⁻¹) aplicados em solo de textura argilosa, em pré-emergência da soja, cultivar V-MAX RR – NK 7059, combinados ou não com a aplicação de glyphosate (1200 g e.a. ha⁻¹) em pós-emergência da cultura (V3),

observaram que todos os herbicidas aplicados em pré-emergência ocasionaram fitotoxicidade à cultura e redução do crescimento inicial das plantas. Contudo, apenas no tratamento com flumetsulam essa fitointoxicação se refletiu em redução da produtividade de grãos da soja. Os autores enfatizam que a utilização de herbicidas em pré-emergência é uma importante ferramenta no manejo de plantas daninhas, porém a escolha dos produtos e suas respectivas doses devem ser feitas de maneira cautelosa visando evitar injúrias à cultura.

A adição dos herbicidas chlorimuron ($10 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) e imazethapyr ($100 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) ao glyphosate ($1,62 \text{ kg e.a. ha}^{-1}$) na aplicação em pré-semeadura da soja não aumentou o controle de *Digitaria insularis*, *Tridax procumbens* e *Leptochloa filiformis*, que estavam presentes na área por ocasião do manejo. Os tratamentos também não foram eficientes na diminuição da emergência de *Sida santaremnensis*, *Digitaria insularis*, *Eleusine indica*, *Bidens pilosa*, *Chamaesyce hirta* e *Senna obtusifolia*. Contudo, para *Althernantera tenella*, verificou-se diminuição da emergência com a adição dos herbicidas residuais. Os autores constataram também que, a adição de chlorimuron e imazethapyr não ocasionou aumento ou redução de produtividade da soja (PROCÓPIO et al., 2006).

4.3. Dinâmica de herbicidas em palha

A área agrícola ocupada pelo sistema de plantio direto (SPD) ou sistema de semeadura direta (SSD) no Brasil é de aproximadamente 25 milhões de hectares com culturas anuais, com expectativa de expansão (EMBRAPA, 2010).

O sistema de semeadura direta na palha caracteriza-se por não revolver o solo, ou seja, eliminam-se as operações de aração e gradagem antes da semeadura e os cultivos mecânicos realizados durante a condução da cultura. Desta forma, os resíduos provenientes das culturas implantadas na área anteriormente permanecem sobre o solo, formando uma cobertura morta (CORREIA; REZENDE, 2002).

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) constitui-se em excelente alternativa como cultura de cobertura de outono/inverno, sobretudo no cerrado, pois possui boa resistência às condições de déficit hídrico, além de elevada capacidade de aproveitamento de água e conversão da mesma em biomassa seca. Seus resíduos vegetais

sobre a superfície do solo alteram as condições de luminosidade, temperatura do solo e umidade, interferindo de forma negativa na germinação das plantas daninhas (CORREIA et al., 2005), além de ser uma barreira mecânica à emergência das mesmas. Peixoto e Souza (2002) mencionam ainda, que as plantas de sorgo, através de suas raízes, colmos, folhas e sementes, possuem a capacidade de exsudar compostos alelopáticos que interferem no manejo de plantas daninhas.

O milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown), também tem se destacado como opção de cultura de cobertura, em função da alta resistência a seca, elevada persistência de resíduos no solo, entre outros (SODRÉ FILHO et al., 2004), e sob condições de estresse hídrico, apresenta-se superior ao sorgo em termos de estabelecimento da cultura e produção.

O tipo de cobertura vegetal influencia a interceptação de herbicidas e sua lixiviação até o solo, em função da quantidade de biomassa produzida e acumulada sobre o solo e sua constituição química (GASTON et al., 2001). O controle químico de plantas daninhas no sistema de semeadura direta deve ser realizado antes e após a semeadura da cultura. No manejo em pré-semeadura, eliminam-se as plantas daninhas antes da implantação da cultura aplicando, geralmente, herbicidas de ação total, ou seja, não seletivos, como o glyphosate, diquat, paraquat e amônio-glufosinate. Já no manejo em pós-semeadura, são recomendados os herbicidas utilizados no sistema convencional, tanto em pré-emergência quanto em pós-emergência, desde que não necessitem de incorporação (GOMES JÚNIOR; CHRISTOFFOLETI, 2008) e sejam seletivos à cultura.

Sigua et al. (1993) realizando aplicação de atrazine em resíduos vegetais envelhecidos (secos) observaram que apenas 52% da dose aplicada atingiu o solo, enquanto em resíduos frescos (recém-cortados) essa percentagem caiu para 32%. De acordo com os autores, tal comportamento pode ser devido a maior hidrofobicidade dos resíduos frescos. Resultados semelhantes foram obtidos em trabalho realizado por Reddy et al. (1997), onde o envelhecimento da palhada de azevém ocasionou aumento na adsorção do herbicida cyanazine.

Correia et al., (2007) avaliando os efeitos do envelhecimento de coberturas de sorgo, milheto, capim-pé-de-galinha e capim-braquiária sobre a eficácia dos herbicidas diclosulam e imazaquin, aplicados em pré-emergência, no controle de *Ipomoea grandifolia* observaram que, para o diclosulam, o envelhecimento de nenhuma

das coberturas estudadas influenciou a eficácia do herbicida e a sua associação com todas as coberturas estudadas favoreceu o controle de plantas daninhas. Já para o herbicida imazaquin, aos 90 dias após a deposição das coberturas, observou-se que tanto o milheto quanto o capim-braquiária, influenciaram negativamente a eficácia do produto. Para os autores, é possível que parte do herbicida aplicado tenha ficado retida na palha e a irrigação utilizada (20 mm) não foi suficiente para remoção total do mesmo das coberturas (Correia et al., 2007).

Em áreas com grande quantidade de massa e onde a semeadura é realizada poucos dias após a aplicação ou no sistema aplique-plante, podem ocorrer sintomas de fitotoxicidade a cultura, como clorose das folhas e redução do desenvolvimento vegetativo inicial, podendo até mesmo ocasionar perda de produtividade (CONSTANTIN; OLIVEIRA JÚNIOR, 2005).

Em trabalho realizado por Bergamin et al. (2013), constatou-se que no sistema aplique-plante, onde a cobertura de milheto foi dessecada apenas com glyphosate (960 g e.a. ha⁻¹) aos 25 DAE, a cultura da soja apresentou menores porcentagens de emergência, com redução de estande final, além de ser observado estiolamento no desenvolvimento inicial da cultura, tanto na cultivar convencional BRS 240 quanto na transgênica CD 214 RR.

Peixoto e Souza (2002) observaram redução de produtividade de até 14% quando a soja foi semeada imediatamente após a dessecação de sorgo. Oliveira JÚNIOR et al. (2006), estudando diferentes sistemas de manejo em pré-semeadura da soja, concluíram que a dessecação realizada na data da semeadura ou 10 dias antes da mesma, prejudicaram o desenvolvimento da soja, produzindo de 243,0 a 526,2 kg a menos do grão por hectare, quando comparadas ao manejo antecipado, onde a primeira aplicação foi realizada 24 dias antes da semeadura e a segunda no dia da semeadura.

Segundo Jaremtchuk et al.(2008), quanto mais rápida a morte da cobertura vegetal após a dessecação, menor o tempo necessário entre a aplicação do herbicida e a semeadura da cultura. Em trabalho realizado em Iguaraçu, Paraná, na safra 2004/2005, os mesmos autores concluíram que a associação de glyphosate (1080 g e.a. ha⁻¹) e flumioxazin (25 ou 40 g i.a. ha⁻¹) em comparação a utilização de glyphosate (1080 g e.a. ha⁻¹) isoladamente, aumentou a velocidade de dessecação da biomassa, proporcionando melhores condições de emergência da cultura da soja, além do efeito residual sobre novos fluxos de emergência de plantas daninhas.

Uma das dificuldades do manejo de plantas daninhas em áreas de semeadura direta é a possibilidade de ineficiência, em função da densa cobertura morta sobre o solo (GOMES JÚNIOR; CHRISTOFFOLETI, 2008). Segundo Johnson e colaboradores (1989), a principal preocupação é o potencial da cobertura morta em reduzir a eficácia dos herbicidas, impedindo sua chegada ao solo através de retenção, expondo-o a condições favoráveis a degradação e volatilização.

A influência da palha sobre a eficácia dos produtos aplicados dependerá das características físico-químicas de cada herbicida. Destas, as mais importantes são a constante de equilíbrio de ionização de um ácido ou base fraca (pK_a), o coeficiente de partição octanol-água (K_{ow}), a solubilidade em água (S), a pressão de vapor (PV) e meia-vida ($T_{1/2}$) do herbicida no solo (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2005). Quanto maior sua solubilidade em água, por exemplo, maior será sua capacidade de transpor a cobertura e atingir o solo no sistema de semeadura direta (CORREIA; REZENDE, 2002).

O coeficiente de partição octanol-água (K_{ow}) mede a lipofilicidade da molécula, ou seja, sua afinidade pela fase polar (água) e apolar (octanol). Pode ser utilizado ainda para medir a interação entre herbicidas e o material orgânico (OLIVEIRA, 2001). Herbicidas com $\log K_{ow}$ abaixo de 1,5 são considerados polares; aqueles com valores de $\log K_{ow}$ acima de 4,0 são não polares e os que possuem $\log K_{ow}$ entre 1,5 e 4,0 são moderadamente polares, sendo que produtos com $\log K_{ow}$ maior que 3,0 sofrem bioacumulação (PRIMEL et al.; 2005 apud BARCELÓ; HENNION, 1997).

Além de constituir uma barreira física a chegada dos herbicidas com ação residual ao solo, a palha pode também exercer impedimento químico, uma vez que quanto mais velha a cobertura morta, maior seu estado de decomposição e cargas exposta e conseqüentemente, maior a probabilidade de que moléculas do produto sejam adsorvidas. Outro ponto importante é que, se os herbicidas forem aplicados em condição de pouca ou nenhuma pluviosidade, a dose do produto que conseguirá alcançar o solo será muito inferior à necessária para o controle efetivo das plantas daninhas.

Segundo Rodrigues (1993), outros fatores que exercem influência na retenção dos herbicidas pela palha são a quantidade e a época das chuvas que ocorrem após a aplicação. O mesmo autor, avaliando a influência da cobertura morta de trigo no comportamento dos herbicidas imazaquin e clomazone aplicados em pré-emergência na cultura da soja no sistema de semeadura direta, concluiu que a presença de palha na

superfície do solo não resultou em retenção do imazaquin, sendo este lixiviado para o solo através das chuvas que ocorreram após a aplicação. Comportamento distinto foi observado em relação ao clomazone, onde boa parte do produto não atingiu o solo. Esta diferença pode ser devida a maior solubilidade e volatilidade do clomazone em relação ao imazaquin.

Carbonari et al. (2011) avaliando a eficácia de flumioxazin aplicado no solo e na palha de cana-de-açúcar sobre as plantas daninhas *Digitaria horizontalis*, *Ipomoea grandifolia*, *Sida rhombifolia*, *Brachiaria decumbens*, *Ipomoea nil* e *Bidens pilosa* após 1, 15, 30 e 60 dias sem a ocorrência de chuvas, concluíram que aplicação sobre o solo ou sobre a palha de cana-de-açúcar proporcionou bom controle de todas as plantas daninhas em estudo, sendo a eficácia reduzida quando o período entre a aplicação e a ocorrência de chuva foi superior a 60 dias. Segundo os autores, quando o flumioxazin é submetido a longos períodos sem a ocorrência de chuvas, ocorre a degradação do herbicida.

Cavenaghi et al. (2002) estudando o comportamento de sulfentrazone em palha oriunda de aveia e cana-de-açúcar, observaram que a ocorrência de 65 mm de chuva após a aplicação foi suficiente para lixiviar 94% do sulfentrazone presente em 6 t ha⁻¹ de palha de aveia e 67% do total presente em 10 t ha⁻¹ na palhada de cana-de-açúcar.

Carbonari et al (2009) estudando a eficácia de flumioxazin aplicado diretamente no solo ou sobre a palha de milho e aveia no controle das plantas daninhas *Brachiaria decumbens*, *Bidens pilosa*, *Sida rhombifolia*, *Ipomoea nil*, *Ipomoea grandifolia* e *Digitaria* spp., após 1, 15, 30 e 60 dias sem a ocorrência de chuvas, constataram que, tanto na aplicação sobre o solo quanto na aplicação sobre a palha, os níveis de controle obtidos estavam acima de 80%. Observou-se também que houve redução nos níveis de controle de algumas plantas daninhas quando o período entre a aplicação e a ocorrência de chuvas foi superior a 30 dias.

4.4. Dinâmica de herbicidas no solo

Em geral, os defensivos agrícolas utilizados na agricultura tem como destino final o solo, sejam eles aplicados diretamente ou não sobre o mesmo. Uma vez em contato com solo, a dinâmica destes compostos será regulada por alguns

processos físico-químicos, como retenção, absorção pelas plantas, volatilização, escoamento superficial, lixiviação, decomposição química e biológica, fotodegradação (BAILEY; WHITE, 1970) e ainda, a interações entre estes processos (SPADOTTO, 2006). Deste modo, o conhecimento das principais propriedades físico-químicas das moléculas herbicidas é importante para compreender seu comportamento e racionalizar sua utilização. Dentre essas características estão o coeficiente de partição octanol-água (K_{ow}), a pressão de vapor, a constante de equilíbrio de ionização (pK_a), a solubilidade em água e a constante da Lei de Henry (H) (OLIVEIRA; BRIGHENTI, 2011). Outro fator importante a ser considerado é a meia-vida ($t_{1/2}$), que é um indicativo da persistência de um produto no solo, sendo dependente das características físico-químicas da molécula associadas a fatores edafoclimáticos, como temperatura, pluviosidade, luminosidade, teor de matéria orgânica do solo e população microbiana, sendo definido como o tempo, em dias, necessário para a dissipação de 50% da dose aplicada inicialmente. (SILVA et al., 2007).

No estudo da adsorção de herbicidas no solo, a matéria orgânica é o primeiro fator a considerar-se (GRAVEEL; TURCO, 1994). Em geral, os solos brasileiros são considerados minerais por apresentarem baixos teores de matéria orgânica, variando entre 1 e 4% (OLIVEIRA, 2001).

A estimativa da sorção é, em geral, realizada por meio da interpretação de coeficientes. O coeficiente de partição octanol-água (K_{ow}) relaciona-se a proporção de moléculas do herbicida que migra para o solvente orgânico apolar (octanol) ou o solvente polar (água). De forma geral, herbicidas com K_{ow} abaixo de 10 são considerados polares ou hidrofílicos, possuindo maior afinidade com a fração mineral do solo. Já herbicidas com K_{ow} acima de 10.000 são chamados de apolares ou hidrofóbicos, pois têm maior afinidade com os coloides orgânicos do solo (SILVA et al., 2007).

O coeficiente de partição (K_d) pode ser entendido como uma medida da distribuição das moléculas do herbicida entre o adsorvente, como argila e matéria orgânica, e o solvente (OLIVEIRA, 2001), ou seja, a relação entre a concentração de herbicida adsorvida ao solo e a concentração encontrada na solução do solo (SILVA et al., 2007). Em função da alta afinidade dos herbicidas pela matéria orgânica, o teor de carbono orgânico torna-se o melhor parâmetro isolado para predizer o comportamento de moléculas de caráter básico ou não-iônicas. Essa característica levou à definição do coeficiente de partição normalizado para carbono orgânico (K_{oc}). O K_{oc} reflete a

tendência de uma molécula herbicida em ser adsorvida pelo carbono orgânico do solo (OLIVEIRA, 2001).

A pressão de vapor é a principal característica a ser utilizada no cálculo da volatilização de uma substância, ou seja, a tendência da molécula em se perder para a atmosfera na forma de gás. A taxa de volatilização pode ser afetada pela temperatura do ambiente, velocidade do vento e a solubilidade da molécula, entre outros. Compostos com pressão de vapor inferior a 10^{-8} mm Hg são considerados pouco voláteis, enquanto compostos com pressão de vapor maior do 10^{-4} mm Hg são considerados muito voláteis. Já os compostos com pressão de vapor entre estes valores são intermediários. Moléculas com elevada pressão de vapor, em geral, possuem baixa solubilidade em água, menor tendência à adsorção e são mais facilmente degradadas pela luz (fotólise) (OLIVEIRA; BRIGHENTI, 2011).

A constante de equilíbrio de ionização (pK_a) refere-se à possibilidade de ionização das moléculas em função de variações no pH. Moléculas herbicidas ionizadas comportam-se de maneira distinta das neutras. Desta forma, os herbicidas podem ser classificados em ácidos, bases ou não-iônicos. Em sua forma molecular, os ácidos podem doar prótons, os básicos podem receber prótons e os não iônicos não doam e nem recebem prótons (OLIVEIRA, 2001).

A solubilidade indica a quantidade máxima de uma molécula capaz de dissolver em água pura, a 25°C. Seu valor é expresso em miligramas de herbicida por litro de água ($mg L^{-1}$). Quanto maior a quantidade de grupos hidrofílicos presentes na molécula, maior será sua afinidade com a água e, conseqüentemente, maior sua solubilidade. Alguns herbicidas possuem grupos funcionais ionizáveis, como as imidazolinonas e as sulfonilureias. Desta forma, sua solubilidade em água pode variar de acordo com o pH da solução, em relação ao seu pK_a (OLIVEIRA; BRIGHENTI, 2011).

A combinação entre pressão de vapor e solubilidade, por ser expressa através da constante da lei de Henry (H), é um coeficiente de partição entre ar e água para os herbicidas na fase líquida do solo (solução do solo) (SILVA et al., 2007). Valores elevados de H indicam alta volatilidade do produto e, em geral, seu valor diminui com o aumento da solubilidade da molécula (OLIVEIRA, 2001).

Locke e Bryson (1997) inferem que características inerentes ao solo, como teor de matéria orgânica, pH, textura, fertilidade, teor de umidade e população de microrganismos exercem importante papel na interação entre herbicida e solo, sendo a

maior parte dessas propriedades influenciada pelo sistema de manejo utilizado em cada área.

O comportamento dos herbicidas no solo não é determinado por um único atributo, mas sim pelas interações entre as propriedades físico-químicas de cada molécula e as características do solo. O tipo e a quantidade de argila presentes no solo, seu teor de matéria orgânica e seu pH apresentam papel de destaque quanto a adsorção dos herbicidas (SILVA et al., 2007)

Os inibidores da PROTOX, de forma geral, têm grande afinidade pela matéria orgânica, podendo grande parte do produto aplicado ficar adsorvido a ela. Esta característica confere ainda alta resistência à lixiviação. O período residual no solo pode variar de um a vários meses, dependendo do princípio ativo e grupo químico ao qual o herbicida pertence (OLIVEIRA JÚNIOR, 2011).

Zanatta (2007) estudando a dinâmica do flumioxazin em solos em função de diferentes níveis de palha, teores de argila e carbono orgânico observou que níveis de palha sobre o solo acima de 2 t ha⁻¹ resultam em drástica redução na atividade biológica do flumioxazin, ou seja, a retenção física do herbicida pela palhada impede seu contato direto com o solo e, conseqüentemente, com as sementes de plantas daninhas em germinação, diminuindo sua eficácia.

Segundo Blanco (2002), o sulfentrazone aplicado nas doses de 0,60 e 1,20 kg p.c. ha⁻¹ em área total, em pré-emergência da cultura da soja, influenciou negativamente as produtividades das culturas sucedâneas de milho e aveia e não teve efeito significativo sobre girassol e feijão. Já na cultura do trigo, apenas a dose de 0,60 kg ha⁻¹ não causou efeito deletério sobre a produtividade. Segundo o mesmo autor, tanto na aplicação em pré-emergência na cultura da soja quanto em cana-de-açúcar, este herbicida apresenta uma acentuada persistência no solo, sendo que, na dose de 1,20 kg ha⁻¹ seus efeitos foram observados em planta teste (beterraba) até os 539 e 704 dias após a aplicação, respectivamente.

Dan et al. (2010), estudaram a atividade residual de imazaquin, diclosulam, sulfentrazone e flumioxazin aplicados em pré-emergência na cultura da soja, e chlorimuron-ethyl, imazethapyr e fomesafen aplicados em pós-emergência da soja, sobre o sorgo semeado em sucessão e observaram que o sorgo apresentou sensibilidade aos herbicidas sulfentrazone, diclosulam e imazethapyr, sendo que apenas no tratamento

de imazethapyr na dose de 100 g ha⁻¹ esta sensibilidade foi traduzida em redução na produtividade.

4.5. Glyphosate, sulfentrazone e flumioxazin: modo de ação, características e recomendações

Para que um herbicida exerça sua função, é necessário que, após sua aplicação, ele atinja a planta, seja absorvido e translocado até seu sítio de ação. Um herbicida pode afetar vários processos metabólicos da planta, mas o primeiro processo ou rota metabólica afetada por sua presença na planta caracteriza seu mecanismo de ação. O conjunto de reações ocorridas, desde sua absorção até a morte de um órgão, parte da planta ou da planta toda, caracteriza seu modo de ação (FERREIRA et al, 2005).

O glyphosate é um herbicida não seletivo, de ação sistêmica e que não apresenta atividade residual no solo. É recomendado para dessecação e também para o controle de plantas daninhas anuais e perenes (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). É comercializado em mais de 100 países, tendo sido introduzido no mercado em 1971 (REGITANO; CASTRO, 2009). Ele age inibindo a enzima EPSPs, que atua na rota do ácido chiquímico. Desta forma, ocorre a redução na produção e, conseqüentemente, das concentrações dos aminoácidos aromáticos tirosina, fenilalanina e triptofano, que são produzidos nesta rota. Esses três aminoácidos são essenciais à formação de diversos compostos fundamentais para o crescimento e desenvolvimento das plantas, como ácido indolacético (AIA), lignina, antocianinas, vitamina E, ácido salicílico, flavonas, isoflavonas, cumarinas e fenilpropanóides, e sua ausência leva a diversos distúrbios metabólicos (VELINI et al., 2009).

O glyphosate pertence ao grupo químico dos derivados da glicina. No Brasil, é registrado para dessecação e para o controle de plantas daninhas em de culturas resistentes, incluindo a soja. Possui solubilidade em água de 15700 mg L⁻¹ (25°C e pH 7,0), densidade de 1,74 g mL⁻¹ (ácido), pressão de vapor de 1,84 x 10⁻¹¹ mm Hg (45°C) (ácido), constante de dissociação (pK_a) de 2,6, 5,6 e 10,3 (ácido), coeficiente de partição (K_{ow}) de 0,0006 a 0,0017 (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011) e coeficiente de sorção (K_{oc}) de 300 a 20.100 L kg⁻¹ (REGITANO; CASTRO, 2009).

A eficiência da ação do glyphosate sobre o alvo depende de uma série de fatores, como sua retenção na superfície foliar, a adequada penetração nos

tecidos da planta e posterior translocação, além de inibição do sítio onde atua. (MONQUERO, 2003). A absorção do glyphosate pelas raízes é muito pequena, principalmente em função do seu alto potencial de sorção aos colóides do solo. Além disso, sua molécula é estável à degradação por fotólise e hidrólise. Quando disponível na solução do solo, é rapidamente metabolizado por microrganismos em ácido aminometilfosfônico (AMPA), que em seguida é mineralizado a CO₂ (REGITANO; CASTRO, 2009).

O glyphosate, em função de suas propriedades físico-químicas, apresenta comportamento distinto da maioria dos herbicidas, pois, apesar de possuir alta solubilidade em água e baixa hidrofobicidade (baixo K_{ow}), tem elevado potencial de sorção às partículas do solo, conferindo-lhe reduzido potencial de lixiviação (REGITANO; CASTRO, 2009). Morillo et al. (1997) observaram que a adsorção de glyphosate é tanto menor quanto maior for o pH da solução do solo. Uma vez em contato com os colóides de argila e húmus do solo, o glyphosate é rapidamente adsorvido a estes componentes e torna-se indisponível para absorção pelas plantas. Essa característica permite a semeadura das culturas logo após sua aplicação (MONQUERO, 2003).

O flumioxazin pertence ao grupo químico das ftalimidas e seu modo de ação é caracterizado pela inibição da enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), causando acúmulo da protoporfirina IX, que leva à peroxidação do O₂ e, conseqüentemente, destruição das membranas celulares (DAN HESS, 1993). A protoporfirina IX é um composto fotodinâmico (LEHNEN et al., 1990), que atua como precursora de clorofila e citocromos através de reações com magnésio e ferro, respectivamente (MEROTTO JÚNIOR; VIDAL, 2001). Além disso, a protoporfirina IX é essencial para a formação de catalases e peroxidases, as quais são importantes na redução de estresse de diferentes origens, devido à habilidade de inativar radicais livres (CHAUDIÈRE; FERRARI-ILIOU, 1999).

No Brasil, o flumioxazin é registrado para o controle de plantas daninhas de folhas largas e algumas gramíneas, nas culturas de batata, cana-de-açúcar, milho, cebola, alho, citros, algodão, café, feijão e soja, devendo ser aplicado em pós-emergência das plantas daninhas, antes da semeadura da cultura. É considerado não-iônico (FERRELL et al., 2005), possui solubilidade em água de 1,79 mg L⁻¹ (25°C), densidade de 1,51 g mL⁻¹ (20°C), pressão de vapor de 2,41 x 10⁻⁶ mm Hg (22°C), constante de dissociação (pK_a) zero (não ionizável) e seu coeficiente de partição (K_{ow}) é

$\log K_{ow} = 2,55$ (20°C) (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). No solo, sua meia-vida ($t_{1/2}$) pode variar de 5 a 19 dias, em condições de laboratório (FERRELL; VENCILL, 2003).

O sulfentrazone pertence ao grupo químico das triazolinonas e seu modo de ação é semelhante ao do flumioxazin. No Brasil, é registrado para controle de plantas daninhas nas culturas de abacaxi, café, cana-de-açúcar, citros, eucalipto, fumo e soja, devendo ser aplicado em pré-emergência das culturas. Possui solubilidade em água de 110 mg L^{-1} (pH 6,0), densidade de $0,53 \text{ g mL}^{-1}$ (20°C), pressão de vapor de $8,03 \times 10^{-10} \text{ mm Hg}$ (25°C), constante de dissociação (pK_a) de 6,56 e coeficiente de partição (K_{ow}) de 9,8 (pH 7,0) (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). Sua degradação ocorre principalmente por microrganismos presentes no solo, assim como ocorre com quase todos os herbicidas inibidores da PROTOX.

Quanto maior a proporção de um herbicida adsorvida aos colóides do solo, menor sua atividade, pois as moléculas adsorvidas não são passíveis da influência de processos químicos, físicos e biológicos. Segundo os mesmos autores, que estudaram a atividade de flumioxazin e metribuzin após aplicação em diferentes tipos de solo, quanto maior o teor de argila e carbono orgânico (CO) no solo, maior a quantidade de flumioxazin adsorvida. Uma das causas possíveis para este comportamento seria sua baixa solubilidade em água. Já para o metribuzin, as características físico-químicas do solo que mais influenciaram a adsorção foram os teores de argila e CO, a capacidade de troca catiônica (CTC) do solo e o pH. Para ambos os herbicidas, recomenda-se que as doses sejam ajustadas em função do tipo de solo (OLIVEIRA et al., 1998).

Blanco e Velini (2005) estudando a persistência do herbicida sulfentrazone em solo cultivado com soja e seus efeitos sobre culturas sucedâneas determinaram que, este herbicida, pode permanecer no solo por um período superior a 539 dias após a aplicação. Além disso, o resíduo presente no solo foi capaz de afetar o desenvolvimento e produtividade de milho, aveia e trigo cultivados após a soja.

Em solos argilosos e/ou que possuem elevados teores de matéria orgânica, ocorre alta sorção e baixa dessorção de sulfentrazone, prolongando sua persistência no solo. A afinidade do herbicida com o carbono orgânico presente no solo possui implicações na sua distribuição. Outro fator importante é o grau de decomposição da cobertura morta, pois quanto mais decomposta a palhada, maior a sorção do herbicida na mesma. Da mesma forma, quanto maior a quantidade sorvida ao carbono orgânico,

menor sua disponibilidade para absorção por plantas e degradação por microrganismos (REDDY; LOCKE, 1998).

A matéria orgânica é o principal componente da matriz do solo responsável pela adsorção de compostos com baixa solubilidade, como o flumioxazin. Além disso, as moléculas de matéria orgânica são carregadas negativamente, o que explica serem o sítio principal de adsorção deste herbicida. Sua degradação no solo ocorre principalmente por microrganismos. A dessorção normalmente ocorre de forma lenta quando comparada ao processo de sorção. Os mesmos autores concluíram que o flumioxazin pode tornar-se mais disponível na solução do solo com o incremento no teor de água no mesmo, apesar de sua lixiviação no perfil do solo ser limitada. O aumento da disponibilidade de flumioxazin na solução do solo pode causar injúrias à cultura (FERRELL et al., 2005).

Alister et al. (2008) determinaram a persistência, adsorção e movimentação de flumioxazin em quatro áreas de produção de uva, no Chile. Os valores de meia-vida obtidos nos diferentes solos variaram de 11 a 35 dias, e estavam diretamente correlacionados a quantidade de chuvas ocorridas em cada local avaliado e ao tempo entre a aplicação do herbicida e a ocorrência da primeira chuva após o tratamento. Aos 90 dias após a aplicação, cerca de 45% da dose empregada foi encontrada abaixo de 15 cm e, em todas as localidades, a profundidade máxima alcançada pelo produto foi de 45 cm. Os mesmos autores verificaram que, aos 90 dias após a aplicação, a quantidade de herbicida encontrada nas diferentes áreas variou de 10 a 25% da dose de flumioxazin utilizada. Esses dados indicam que o flumioxazin é um herbicida de baixa persistência e baixa mobilidade no solo, apresentando baixo risco ambiental.

Outros fatores podem também contribuir para uma maior ou menor retenção do herbicida aos colóides do solo. Segundo Grey et al. (1997), a diminuição do pH da solução do solo até uma faixa próxima ao pKa do herbicida, aumenta a sorção de sulfentrazone. Já para o flumioxazin, que não é dissociável, o pH do solo possui pouco efeito sobre seu comportamento (JAREMTCHUK et al., 2009).

Deste modo, estudos que permitam esclarecer a dinâmica de liberação de herbicidas com efeito residual quando sua aplicação é realizada sobre a cobertura ainda verde, no manejo em pré-semeadura, em sistema de semeadura direta, associados ou não a herbicidas de ação total, são importantes para determinar a quantidade da dose recomendada que efetivamente chega ao solo. Além disso, é preciso

entender como os diferentes tipos de cobertura do solo podem influenciar a concentração e distribuição de herbicida no mesmo. Com essas informações, é possível definir doses e sistemas de manejo mais adequados, a fim de garantir um bom controle das plantas daninhas e diminuir possíveis efeitos deletérios sobre a cultura atualmente implantada e /ou culturas que venham a ser implantadas na mesma área, posteriormente.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Instalação dos experimentos

Foram desenvolvidos dois experimentos na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônomicas (FCA) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, em Botucatu, São Paulo.

Segundo o sistema de Koppen, o clima da Fazenda Experimental Lageado é classificado como Cwa, com clima temperado quente (mesotérmico), verão chuvoso e inverno seco, com temperatura média do mês mais frio inferior a 17°C e temperatura média do mês mais quente superior a 22°C (CUNHA et al., 1999).

O primeiro experimento foi localizado a 22°50'38,60"S e 48°25'29,00"O e o segundo a 22°50'40,40"S e 48°25'27,23"O, ambos a 779 m de altitude. Nas Figuras 1 e 2 estão apresentadas as condições climáticas durante a condução dos experimentos.

Em ambos, o delineamento estatístico utilizado foi o de blocos casualizados, e 4 repetições. Cada parcela possuía sete metros de comprimento e cinco linhas da cultura, espaçadas entre si por 0,5 m, totalizando uma área de 18m², sendo metade mantida capinada até a colheita da soja e metade sem capina.

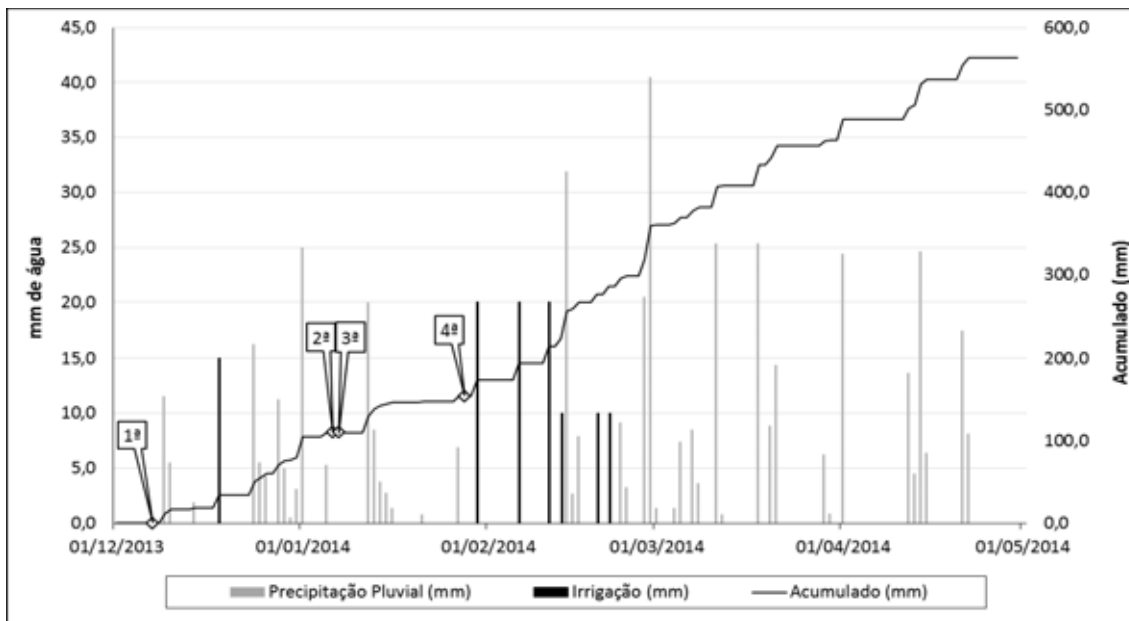


Figura 1. Precipitação, irrigações e acumulado (mm) durante a condução dos experimentos. 1ª: Primeira coleta de solo; 2ª: Segunda coleta de solo; 3ª: Coleta pontual de solo; 4ª: Quarta coleta de solo.

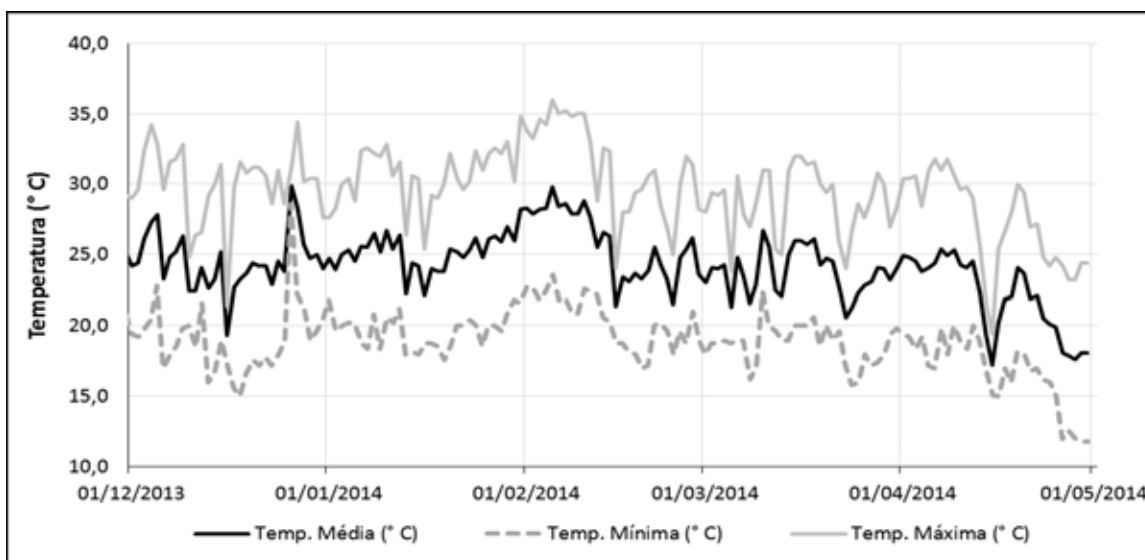


Figura 2. Temperaturas média, máxima e mínima durante a condução dos experimentos.

Antes da implantação dos experimentos, o solo das áreas experimentais foi amostrado nas profundidades de 0 – 20 e 20 – 40 cm de profundidade por meio do uso de trados do tipo sonda, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, e encaminhadas ao laboratório de solos da Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA/UNESP), onde foram realizadas as análises granulométrica e química.

Nenhum dos herbicidas em estudo foi empregado nas áreas experimentais na safra anterior.

O solo das áreas experimentais é classificado como Terra Roxa Estruturada distrófica por Carvalho et al. (1983), sendo atualizado para NITOSSOLO VERMELHO distrófico (NVd) pela EMBRAPA (2006b). As características químicas das áreas 1 e 2 são descritas na Tabela 1 e 2, respectivamente. Já os resultados da análise granulométrica do solo das áreas experimentais estão dispostos na Tabela 3.

Tabela 1. Resultado na análise química do solo da área com cobertura de sorgo.

Prof. cm	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P _{resina} mg dm ⁻³	Al ³⁺	H ⁺ Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
				mmol _c dm ⁻³							
10-20	4,9	26	19	1	44	4,6	33	14	52	96	54
20-40	4,9	21	8	1	40	3,3	28	12	43	83	52
Prof. cm	B		Cu	Fe		Mn		Zn			
	mg dm ⁻³										
10-20	0,29		8,5	30		49,3		1,9			
20-40	0,42		7,1	28		42,2		1,2			

Tabela 2. Resultado na análise química do solo da área com cobertura de milho.

Prof. cm	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P _{resina} mg dm ⁻³	Al ³⁺	H ⁺ Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
				mmol _c dm ⁻³							
10-20	4,7	22	13	1	44	9,2	32	13	54	98	55
20-40	4,5	17	8	3	57	3,9	27	10	40	97	42
Prof. cm	B		Cu	Fe		Mn		Zn			
	mg dm ⁻³										
10-20	0,36		8,3	26		45,4		2,3			
20-40	0,44		5,8	16		20,6		0,9			

Tabela 3. Resultados da análise granulométrica do solo das áreas experimentais.

Área	Profundidade (cm)	Granulometria (g Kg ⁻¹)					Textura
		Areia			Argila	Silte	
		Grossa	Fina	Total			
1	10 – 20	51	152	203	507	290	Argilosa
1	20 – 40	49	137	186	525	289	Argilosa
2	10 – 20	48	145	193	529	278	Argilosa
2	20 – 40	40	117	157	578	265	Argilosa

Previamente à semeadura das culturas de coberturas (sorgo e milho), as áreas foram dessecadas com glyphosate na dose de 720 g e.a. ha⁻¹ (Roundup WG[®]), no dia 26 de setembro de 2013. A semeadura das culturas de cobertura foi realizada no dia 7 de outubro de 2013. No primeiro experimento, foi semeada como cultura de cobertura o sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), híbrido AG 2501 C, com espaçamento de 0,17 m entre linhas, empregando 9 kg de sementes ha⁻¹. No segundo experimento, semeou-se a cultura do milho (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown), cultivar ADR-300, também no espaçamento de 0,17 m, utilizando 15 kg de sementes ha⁻¹.

Em ambos os experimentos, as aplicações dos herbicidas foram realizadas com pulverizador costal pressurizado à CO₂, com barra de seis bicos de jato plano, modelo Teejet[®] XR 11002 VS, espaçados de 0,5 m, pressão de 3 bar (43,5 psi) e volume de calda de 200 L ha⁻¹ (Figura 3).

Foram testados sete tratamentos sobre as culturas de cobertura no manejo pré-semeadura da soja, sendo eles: glyphosate aos 20 dias antes da semeadura (DAS) + sulfentrazone aos 10 DAS; glyphosate aos 20 DAS + flumioxazin aos 10 DAS; glyphosate e sulfentrazone em associação aos 10 DAS; glyphosate e flumioxazin em associação aos 10 DAS; sulfentrazone sobre o solo sem cobertura aos 10 DAS; flumioxazin sobre o solo sem cobertura aos 10 DAS e apenas glyphosate aos 10 DAS. Os produtos empregados nos tratamentos bem como um resumo das épocas de aplicação são apresentados na Tabela 4. Nas parcelas onde o flumioxazin e o sulfentrazone foram aplicados isolados foi removida mecanicamente toda a vegetação, sendo esta retirada da área (solo descoberto) (Figura 3).

Tabela 4. Tratamentos e épocas de aplicação dos herbicidas nos experimentos.

	Tratamento (i.a.)	Dose (g ha⁻¹ de e.a.¹. ou i.a.²)	Tipo de manejo	Dias antes da semeadura
1	glyphosate ³ / sulfentrazone ⁴	720/600	Sequencial	20 / 10
2	glyphosate / flumioxazin ⁵	720/50	Sequencial	20 / 10
3	glyphosate + sulfentrazone	720 + 600	Mistura	10
4	glyphosate + flumioxazin	720 + 50	Mistura	10
5	sulfentrazone	600	Aplicação	10
6	flumioxazin	50	Aplicação	10
7	glyphosate	720	Aplicação	10

1: equivalente ácido. 2: ingrediente ativo. 3: Roundup[®]. 4: Boral 500 SC[®]. 5: Flumyzin 500[®].



Figura 3. Primeira (A) e segunda (B) aplicações dos tratamentos em parcelas com palha e sem palha em área com cobertura de sorgo.

A primeira aplicação sobre as coberturas (20 DAS) foi realizada no dia 27 de novembro de 2013 e a segunda (10 DAS) no dia 7 de dezembro de 2013. Por ocasião da primeira aplicação, as culturas de cobertura encontravam-se com cerca de 1,0 m de altura; já na data da segunda aplicação, as plantas estavam, em média, com 1,20 m de altura. O horário de início e fim das aplicações, bem como as condições atmosféricas no momento de cada uma constam na Tabela 5.

Tabela 5. Horário e condições climáticas no momento das aplicações.

	1ª Aplicação		2ª Aplicação	
	Início	Fim	Início	Fim
Horário (h)	10:00	11:00	10:10	12:05
Temperatura (°C)	26,6	28,4	28,6	37,4
Umidade relativa do ar (%)	47,7	40,8	52,4	36,4
Velocidade do vento (km/h)	1,0	0,7	9,3	2,5

No dia da sementeira, as sementes de soja foram previamente tratadas com Standak Top[®] (fipronil + piraclostrobina + tiofanato metílico) na dose de 100 mL para 100 kg de sementes. A sementeira da soja, cultivar BMX Potência, ocorreu no dia 17 de dezembro de 2013, em cinco linhas por parcela, espaçadas a 0,5 m entre si, com comprimento de 7 m por parcela, empregando-se 22 sementes m⁻¹. Como adubação de base, foram utilizados 250 kg ha⁻¹ de formulação 02-20-20 de NPK. A emergência das plântulas ocorreu entre os dias 25 a 27 de dezembro de 2013 nas parcelas com palha e, entre os dias 27 a 29 de dezembro de 2013, nas parcelas sem a presença de cobertura.

Na ausência de chuvas, foi empregada a irrigação por aspersão para o suprimento adequado de água as culturas de cobertura e, posteriormente, à soja. Durante a condução dos experimentos não foram empregados herbicidas no controle de plantas daninhas. O controle de pragas e doenças foi realizado segundo as recomendações técnicas para a cultura na região.

5.2. Avaliações realizadas

5.2.1. Amostragem da quantidade de cobertura vegetal

Foram realizadas amostragens das coberturas vegetais em três ocasiões, através da coleta do material presente em um quadro de 0,25 m². Na primeira coleta, efetuada antes dos manejos, no dia 2 de dezembro de 2013 (56 dias após a sementeira), e na segunda, realizada após a primeira aplicação, do dia 9 de dezembro de 2013 (63 dias após a sementeira), foram coletadas amostras em dez pontos de cada área, aleatoriamente. Na terceira coleta, efetuada após as duas aplicações, no dia 16 de dezembro de 2014 (70 dias após a sementeira), coletou-se uma amostra por parcela, totalizando quatro amostras por tratamento. As amostras foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secagem em estufa de circulação forçada de ar, a 60°C, até atingirem peso constante. Após este procedimento, determinou-se o peso da matéria seca de cada amostra e estimou-se a quantidade média de palha em t ha⁻¹ presente em cada tratamento.

5.2.2. Quantificação dos herbicidas no solo

Para a determinação da concentração dos herbicidas sulfentrazone e flumioxazin no solo, foram coletadas amostras aos 1, 31 e 53 dias após a segunda aplicação, sendo cada amostra composta constituída por 3 amostras simples. O equipamento utilizado na coleta das amostras de solo e a distribuição das amostras na coleta pontual pode ser observada na Figura 4. A primeira coleta foi realizada antes da ocorrência de chuvas. As coletas realizadas aos 31 e 53 dias após a aplicação dos herbicidas residuais foram realizadas após uma precipitação acumulada de 90 mm. Também realizou-se uma coleta para determinação da distribuição espacial dos herbicidas, aos 32 dias após a segunda aplicação, em um total de 20 amostras por tratamento, onde todas as amostras foram simples (Tabela 6). Após cada coleta as amostras foram homogeneizadas e armazenadas em sacos plásticos e mantidas congeladas em freezer (-20 °C) até o momento do preparo das amostras.

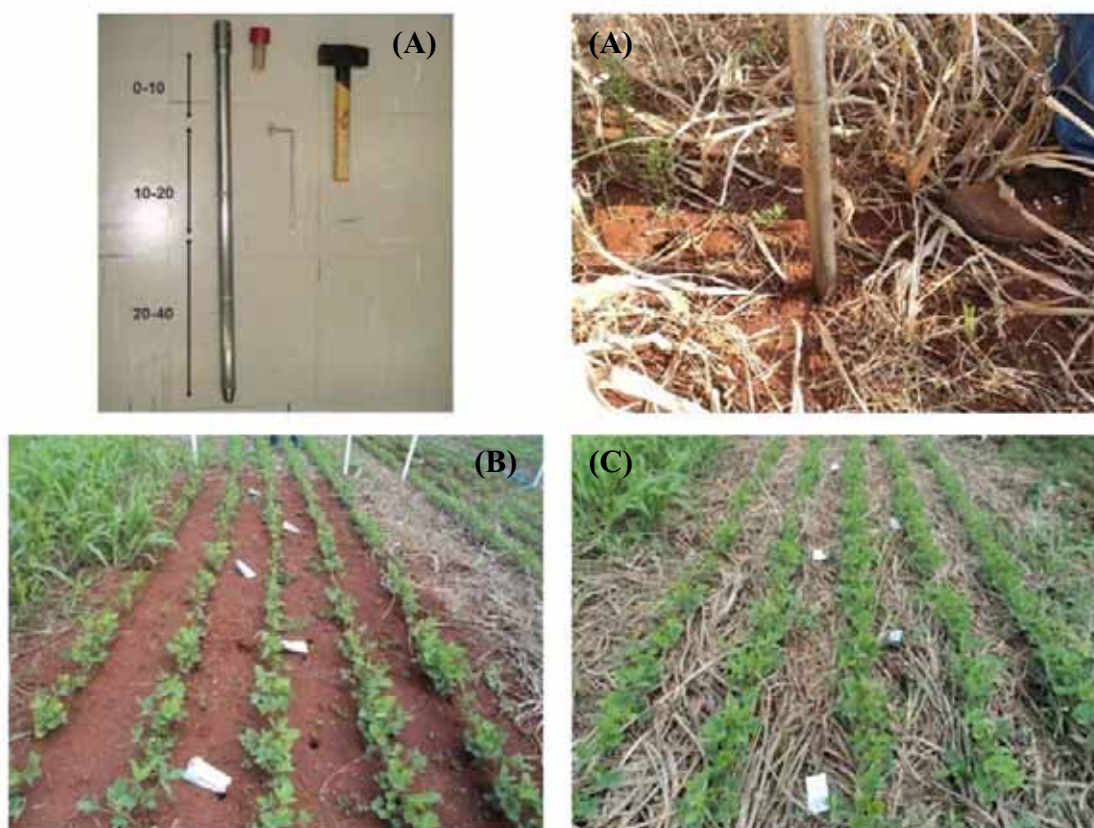


Figura 4. Trado empregado no processo de amostragem (A) e distribuição espacial da coleta das amostras na coleta pontual em área sem (B) e com a presença de palha (C).

As amostras foram armazenadas em freezer (-20° C) até o momento da extração e quantificação dos herbicidas. As análises laboratoriais foram realizadas no Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia (NUPAM) da Faculdade de Ciências Agronômicas, em Botucatu, São Paulo.

Tabela 6. Data, profundidade e número de pontos por parcela das coletas de solo.

	Data	Dias após a 2^a aplicação	Profundidade (cm)	Pontos por parcela
1^a Coleta	08/12/2013	1	0 – 10	3
2^a Coleta	07/01/2014	31	0 – 10 10 – 20 20 – 40	3
3^a Coleta	08/01/2014	32	0 – 10	5
4^a Coleta	29/01/2014	53	0 – 10 10 – 20 20 – 40	3

Para a extração dos herbicidas, uma alíquota de 7 g de cada amostra de solo foi acondicionada em cartuchos plásticos com volume total de 10 mL, contendo uma pastilha porosa para retenção de partículas de solo, acoplados a um compartimento para a coleta da solução. Cada amostra foi saturada com 2,5 mL de água deionizada. Após saturados, os solos permaneceram em repouso durante 24 horas, sob refrigeração (8 ± 3 °C), conforme Figura 5. Posteriormente, as amostras foram centrifugadas em centrífuga Hettich Zentrifugen a 3270 G, a 25°C por 10 minutos. Em seguida, coletando-se toda a solução presente no coletor. Esta solução foi filtrada em seringas plásticas de 3,0 mL equipadas com filtro Millipore e, posteriormente, transferidas para frascos do tipo “vials”, de 2,0 mL, os quais foram lacrados e armazenados em freezer a (-20 °C) até o momento da quantificação dos herbicidas por cromatografia e espectrometria de massas (CARBONARI, 2009).

A quantificação do herbicida presente na solução coletada foi realizada por um sistema LC-MS/MS, o qual é composto por Cromatógrafo Líquido de Alta Performance (HPLC), da marca Shimadzu e modelo Prominence UFLC, sendo este equipado com duas bombas LC-20AD, injetor automático SIL-20AC, degazeificador DGU-20A5, controlador CBM-20^a e forno CTO-20AC. O HPLC está acoplado a um espectrômetro de massas 3200 Q TRAP da Applied Biosystems, do tipo triplo quádruplo,

constituído por coluna de C18, marca Synergi 2,5 μ Hydro-RP 100Å, com dimensões de 50 x 4,6 mm e volume de injeção de 20 μ L (Figura 6).

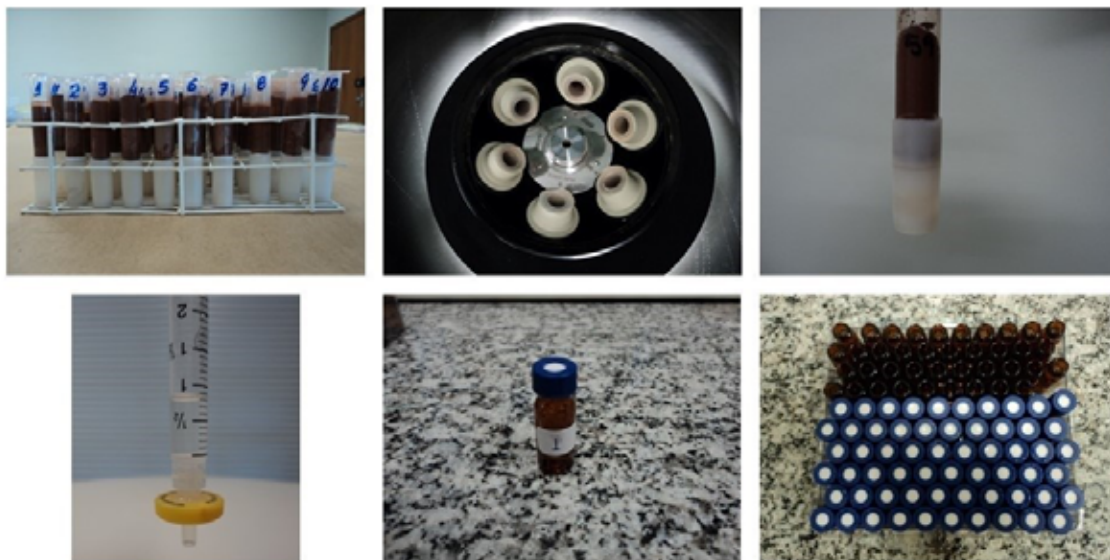


Figura 5. Detalhe do processo de saturação e extração do herbicida contido na solução do solo das amostras para quantificação dos compostos por cromatografia líquida de alta performance e espectrometria de massas.

As análises foram efetuadas utilizando o modo gradiente, apresentando como fases móveis os solventes metanol e água com ácido acético (pH 3,0). A partir das áreas dos picos e das concentrações de padrões dos herbicidas, foram determinados a equação linear de regressão, o coeficiente de correlação, o coeficiente determinação, o limite de detecção e o limite de quantificação do método (MEIER; ZÜND, 1993).



Figura 6. Cromatógrafo Líquido (Prominence UFLC) acoplado ao espectrômetro de massas (3200 Q TRAP) – LC-MS/MS.

Para grupos de compostos similares, este método apresenta resultado uniforme e confiável, mantendo uma relação constante entre a intensidade de sinal (área do pico cromatográfico) e a concentração dos diferentes compostos, em unidades molares (CARBONARI, 2009).

As condições cromatográficas utilizadas para a quantificação dos herbicidas, no modo de ionização positivo, estão apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7. Condições cromatográficas empregadas para quantificação dos herbicidas.

Coluna Analítica	Synergi 2,5 μ - Hydro-RP 100 Å (50 x 4,60 mm)
Fase	Fase A água 0,5% ácido acético Fase B metanol 0,5% ácido acético
Gradiente	0 - 1 minuto: 70% Fase A e 30% Fase B 1 - 4 minutos: 5% Fase A e 95% Fase B 4 - 6 minutos: 5% Fase A e 95% Fase B 6 - 8 minutos: 70% Fase A e 30% Fase B 8 - 10 minutos: 70% Fase A e 30% Fase B
Fluxo	0,4 mL min ⁻¹

Na confecção das curvas, as equações obtiveram bom ajuste ao modelo linear para descrever a relação entre resposta do detector (y) e concentração do herbicida (x), tendo como coeficiente de correlação (r^2) de 0,9953 para o sulfentrazone. A curva analítica dos herbicidas analisados pode ser representada pela equação da regressão linear: $y = ax + b$, onde, a é a inclinação da reta e b é a intersecção da curva analítica.

As curvas analíticas e as faixas de concentração para cada herbicida analisado estão representadas na Tabela 8.

Tabela 8. Curvas analíticas e faixas de concentração para os herbicidas analisados.

Analitos	Dados de calibração		Intervalo linear ($\mu\text{g L}^{-1}$)
	Equação da reta	r^2	
flumioxazin	$y = 41,7 x + 440$	0,9915	1,5625 a 100
sulfentrazone	$y = 664 x + 533$	0,9953	1,5625 a 500

Para a identificação exata de um composto torna-se necessário o monitoramento de mais do que um fragmento molecular bem como as transições iônicas oriundas da fragmentação de cada analito. Desta forma, garante-se sensibilidade e especificidade necessárias para a quantificação de cada composto (QUEIROGA, 2014). A massa molecular e os fragmentos gerados a partir de cada molécula estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Massa molecular e íons secundários dos herbicidas analisados.

Composto	Massa Molecular	Íons Secundários (Fragmentos)
flumioxazin	355,055	77,1
		176,1
		79,1
sulfentrazone	386,950	110,2
		146,1
		273,1

A detecção do sulfentrazone pode ser observada na Figura 7, através das áreas de picos representadas no cromatograma dos padrões analíticos. O tempo de retenção do sulfentrazone na coluna cromatográfica foi de 4,96 minutos.

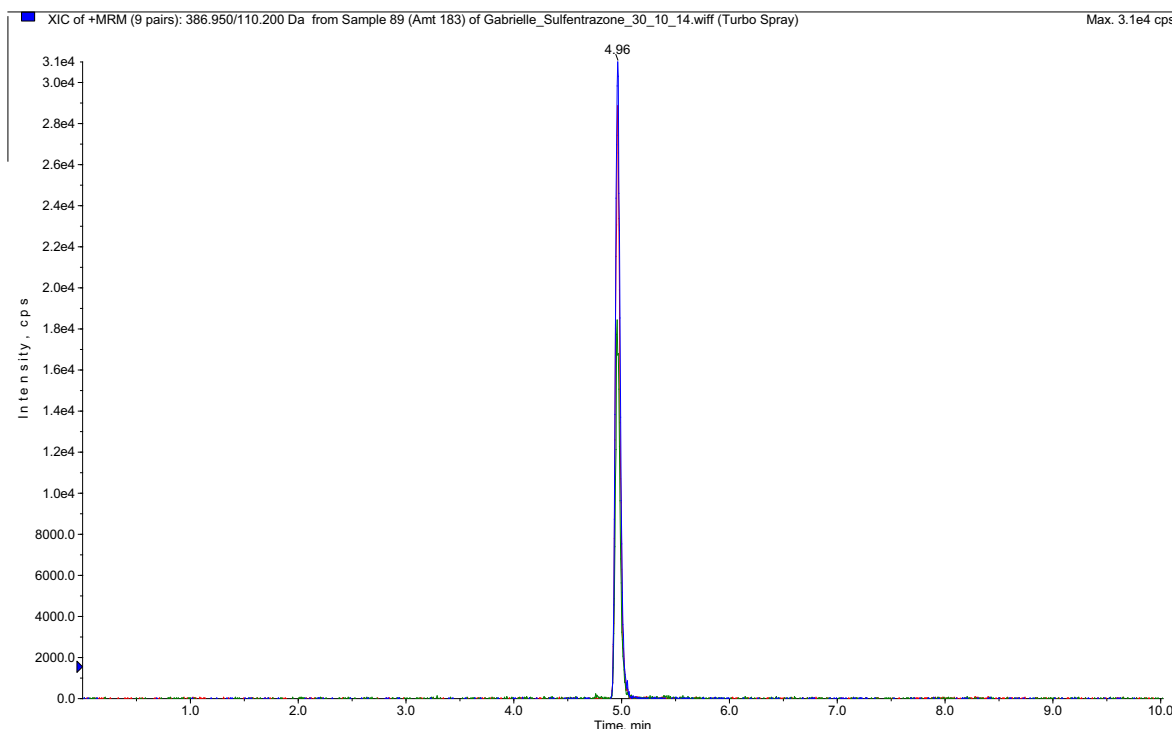


Figura 7. Cromatograma do sulfentrazone com seus respectivos fragmentos na concentração de $50 \mu\text{g L}^{-1}$.

5.2.3. Avaliação da ocorrência e controle de plantas daninhas

A avaliação de controle de plantas daninhas foi realizada aos 7, 14, 21, 35 e 42 dias após a segunda aplicação dos herbicidas, através de escala percentual de notas entre “0” a “100”, onde “0” corresponde a nenhum controle e “100” controle total das plantas daninhas. Foram avaliados também os novos fluxos de emergência de plantas daninhas ocorridos durante a condução do trabalho.

Para o levantamento fitossociológico da área, calculou-se a densidade de plantas daninhas, a frequência de ocorrência e a abundância das espécies. A coleta dos dados foi realizada em todas as parcelas dos experimentos, após o estabelecimento da comunidade infestante, no dia 24 de janeiro de 2014, 48 dias após a aplicação dos herbicidas residuais e 38 dias após a semeadura da soja. A partir desses cálculos, foi determinada a frequência relativa (Frr), densidade relativa (Der), abundância relativa (Abr) e o índice de valor de importância (IVI), com as seguintes fórmulas, propostas por Mueller-Dombois e Ellenberg (1974) e Braun-Blanquet (1979).

$$\text{Frequência (Fr)} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de parcelas que contém a espécie} \times 100}{\text{N}^\circ \text{ total de parcelas utilizadas}}$$

$$\text{Frequência relativa (Frr)} = \frac{\text{Frequência da espécie} \times 100}{\text{Frequência total das espécies}}$$

$$\text{Densidade (Den)} = \frac{\text{N}^\circ \text{ total de indivíduos por espécie}}{\text{Área total amostrada}}$$

$$\text{Densidade relativa (Der)} = \frac{\text{Densidade da espécie} \times 100}{\text{Densidade total das espécies}}$$

$$\text{Abundância (Abu)} = \frac{\text{N}^\circ \text{ total de indivíduos por espécie}}{\text{N}^\circ \text{ total de parcelas contendo a espécie}}$$

$$\text{Abundância relativa (Abr)} = \frac{\text{Abundância da espécie} \times 100}{\text{Abundância total das espécies}}$$

$$\text{Índice de valor e importância (IVI)} = \text{Frr} + \text{Der} + \text{Abr}$$

Para análise de similaridade entre espécies será determinado o índice de similaridade (IS), analisando-se a similaridade das populações de espécies de plantas daninhas entre todos os tratamentos (SORENSEN, 1972), a partir da seguinte equação:

$$\text{IS (\%)} = (2a / b + c) \times 100$$

Onde, **a** é o número de espécies comuns aos tratamentos; **b** e **c** correspondem ao número total de espécies nos tratamentos comparados. O IS varia de 0 a 100%, sendo máximo quando todas as espécies são comuns aos tratamentos e mínimo quando não existem espécies em comum.

5.2.4. Avaliação dos teores de clorofila na soja

Para a quantificação do teor de clorofila na soja foram coletados 10 folíolos de cada parcela, aos 7 e 21 dias após a emergência da cultura. Após a coleta as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente e armazenadas em freezer (-80°C). Para a determinação do conteúdo de clorofila e carotenoides, amostras de 200 mg de tecido foliar fresco foram maceradas em nitrogênio líquido e acondicionadas em tubos “falcon” contendo 10 mL de acetona 80% (v/v) (Figura 8). Os tubos foram mantidos em repouso, no escuro, durante 30 minutos e posteriormente centrifugados a 4000 rpm, durante 10 minutos. Coletou-se o sobrenadante para determinação do conteúdo das clorofilas *a*, *b* e carotenoides em espectrofotômetro. Os comprimentos de onda utilizados nas leituras foram 663, 647 e 470 nm. As determinações da clorofila (mg g⁻¹) foram baseadas nas equações abaixo relacionadas, segundo Lichenthaler (1987):

$$\text{Clorofila } a = (12,25 \times A_{663} - 2,79 \times A_{647});$$

$$\text{Clorofila } b = (21,5 \times A_{647} - 5,1 \times A_{663});$$

$$\text{Carotenoides} = (1000 \times A_{470} - 1,82 \times \text{Clorofila } a - 85,02 \times \text{Clorofila } b) / 198;$$

onde, A é a absorbância no comprimento de onda indicado.



Figura 8. Detalhe do processo de extração de pigmentos de folíolos de soja e determinação da concentração de clorofila *a*, *b* e carotenoides em espectrofotômetro.

5.2.5. Produtividade da soja

Para a avaliação dos componentes de rendimento, no dia 9 de abril de 2014, foram coletadas manualmente 10 plantas de cada parcela, totalizando 40 plantas por tratamento. Posteriormente foi medida a altura de todas as plantas, contado o número de vagens por planta, o número de grãos por vagem e determinado a massa de 1000 grãos. A determinação da massa de 1000 grãos foi realizada de acordo com Brasil (1992). Para a estimativa da produtividade por hectare, a colheita da soja foi realizada mecanicamente, no mesmo dia da coleta manual, colhendo-se as 3 linhas centrais da parcela e excluindo 0,5 m de cada bordadura, totalizando uma área de 9 m².

5.3. Análise dos dados

Os dados de quantidade de material vegetal, concentração de herbicidas no solo, produtividade da soja e componentes de rendimento da soja foram submetidos à análise de variância pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade, e as médias comparadas utilizando o teste t (LSD), também a 5% de probabilidade.

Os dados das frequências acumuladas da disponibilidade pontual dos herbicidas foram submetidos à análise de regressão pelo modelo de Gompertz, empregando-se o programa estatístico SAS (Statistical Analysis System), proposto por Velini (1995):

$$F = [e^{a - e^{(-b - c * x)}}]$$

Onde: F representa a frequência acumulada da disponibilidade do herbicida, em percentagem; a é a assíntota máxima da curva, cujo valor adotado é de 4,60517; $e^a = 100$; o deslocamento da curva ao longo do eixo x é representado pelo módulo do parâmetro b e, o parâmetro c é a inclinação ou concavidade da curva em relação à frequência acumulada.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Estimativa da quantidade de palha produzida pelas coberturas

Antes e após a aplicação dos herbicidas sobre as coberturas, nos diferentes manejos de dessecação, foram coletadas amostras de material vegetal para a estimativa da quantidade de palha gerada por cada cobertura em cada tipo de manejo. Na segunda amostragem, evitou-se coletar material das parcelas já tratadas, pois alguns dos tratamentos ainda não haviam sido aplicados. Os resultados médios da primeira e segunda coleta podem ser observados na Tabela 10 e o da terceira coleta (após os tratamentos), na Tabela 11.

Tabela 10. Quantidade média de palha nas áreas experimentais aos 56 e 63 dias após a semeadura das coberturas e aos 23 e 16 dias antes.

Matéria seca (t ha⁻¹)			
Cobertura de sorgo		Cobertura de milho	
1ª Coleta	2ª Coleta	1ª Coleta	2ª Coleta
8,56	9,73	4,23	6,70

Por ocasião da aplicação dos tratamentos, as culturas de cobertura encontravam-se em estágio vegetativo, com aproximadamente 1,2 m de altura da área de sorgo e 1,0 m na área de milho.

Tabela 11. Quantidade média de palha nas áreas experimentais aos 70 dias após a semeadura das coberturas e aos 9 dias após a aplicação dos herbicidas residuais.

Herbicidas	Matéria seca (t ha ⁻¹)	
	Cobertura de sorgo	Cobertura de milho
glyphosate 20 DAS + sulfentrazone 10 DAS	1,99b	1,65c
glyphosate 20 DAS + flumioxazin 10 DAS	1,42b	2,21bc
glyphosate + sulfentrazone 10 DAS	9,48a	5,09a
glyphosate + flumioxazin 10 DAS	7,20a	3,32b
sulfentrazone 10 DAS	-	-
flumioxazin 10 DAS	-	-
glyphosate (Testemunha) 10 DAS	8,58a	3,45b
F tratamento	5,57**	8,25**
F bloco	2,05 ^{ns}	2,45 ^{ns}
CV (%)	55,79	29,36
D.M.S.	4,93	1,42

DAS: Dias antes da semeadura. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$). ns: não significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. *Significativo pelo teste F ao nível 5% de probabilidade. **Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.

A cultura do sorgo produziu maior quantidade de massa seca em relação ao milho (Tabela 10). Tal resultado é devido às características genéticas e morfológicas intrínsecas às espécies. De forma geral, a cobertura de sorgo mantém esta característica mesmo após as aplicações, onde em 4 dos 5 tratamentos amostrados a quantidade de palha sobre as parcelas foi maior (Tabela 11). A exceção ficou a cargo do tratamento com aplicação de glyphosate aos 20 DAS e flumioxazin aos 10 DAS, onde, na área de milho, a média foi maior (Tabela 11).

Nos tratamentos com aplicação de glyphosate aos 20 DAS e sulfentrazone aos 10 DAS e glyphosate aos 20 DAS e flumioxazin aos 10 DAS, nos dois tipos de cobertura, a quantidade de palha presente na parcela foi menor do que na testemunha, em função do maior tempo transcorrido entre a primeira aplicação de

dessecação e a coleta, o que implica em maior grau de decomposição dos restos vegetais (Tabela 11). Observou-se, ainda, que a aplicação sequencial resultou em maior facilidade de semeadura da soja.

Nos tratamentos com aplicação de mistura de glyphosate e sulfentrazone e glyphosate e flumioxazin aos 10 DAS, a quantidade de cobertura sobre o solo foi maior em função do menor tempo entre o manejo e a coleta (Tabela 11). Este efeito é observado em menor escala na cultura do milho, pois a mesma produz menor quantidade de massa e decompõe-se mais rapidamente que o sorgo. Apesar de a mistura de herbicidas sistêmicos com outros de pouca ou nenhuma translocação acelerar o processo de morte da cobertura, os 11 dias transcorridos entre aplicação e a coleta não foram suficientes para diminuir de forma tão acentuada a quantidade de palha, como no tratamento anteriormente citado, a ponto de não diferirem da testemunha com aplicação isolada de glyphosate aos 10 DAS na área de sorgo, exceção do tratamento com glyphosate e flumioxazin aplicados aos 10 DAS na área de milho.

Na área com cobertura de sorgo, nos tratamentos com aplicação única da mistura dos herbicidas e na testemunha com aplicação apenas de glyphosate, durante a fase de emergência das plântulas de soja houve estiolamento das mesmas, em função da grande quantidade de cobertura sobre o solo e a dificuldade em transpor a barreira física exercida pela palha. Na área com cobertura de milho, este efeito foi observado em menor escala, sobretudo no tratamento com aplicação de mistura de glyphosate e sulfentrazone (Tabela 11).

A velocidade de decomposição dos restos vegetais e disponibilização de nutrientes, sobretudo nitrogênio, e herbicidas que por ventura tenham ficado retidos nos mesmos, depende de uma série de fatores como condições edafoclimáticas, grau de contato dos restos vegetais com o solo e relação carbono / nitrogênio (C/N), por exemplo (SILGRAM; SHEPHERD, 1999). De forma geral, gramíneas tropicais, como o sorgo e o milho possuem relação C/N relativamente alta em comparação com leguminosas (AMBROSANO et al., 1996). A alta relação C/N das gramíneas resulta em decomposição mais lenta de seus restos vegetais e maior persistência dos mesmos sobre o solo no sistema de semeadura direta na palha (ANDREOLA et al., 2000).

Calvo et al. (2010) determinaram a relação C/N média das culturas de sorgo e milho, sendo esta 40,20 para a primeira e 33,55 para a segunda. Os

mesmos autores ressaltam que a relação C/N é tanto maior quanto mais tempo leva-se da semente até o corte ou dessecação da cultura, sendo de 20,70, 33,91 e 46,06 para o milho e 28,60, 36,96 e 55,02 para o sorgo aos 30, 60 e 90 dias após a semente, respectivamente. Já Silva et al. (2009) determinaram relação C/N de 49,39 e 73,19 aos 60 e 90 dias após a semente da cultura do sorgo, enquanto Boer et al. (2007) chegaram a uma relação C/N de 34 aos 51 dias após a semente do milho.

6.2. Quantificação dos herbicidas no solo

Para o parâmetro concentração de herbicidas no solo, o método analítico empregado na quantificação dos herbicidas não foi capaz de detectar a presença de flumioxazin nas amostras coletadas, em função de problemas no ajuste do método. Por este motivo, no presente estudo, serão discutidos apenas os dados referentes à concentração de sulfentrazone encontrada nas amostras de solo.

Nas Tabelas 12 e 13 são apresentados os dados de concentração de sulfentrazone no solo nas áreas com cobertura de sorgo e milho, respectivamente, 1, 31 e 53 dias após a aplicação dos herbicidas residuais (DAA). A coleta de 1 DAA foi realizada antes da ocorrência de chuvas.

No solo coletado 1 DAA, na área com cobertura de sorgo (Tabela 12), observa-se que na aplicação sobre solo com ausência de material vegetal como barreira física à chegada do herbicida, a concentração de sulfentrazone foi de 131,96 ng g⁻¹. No manejo com aplicação sequencial a concentração média encontrada nas parcelas foi de 56,30 ng g⁻¹ e no manejo com aplicação da mistura sobre a massa verde foi de 10,79 ng g⁻¹, ou seja, pode-se considerar que nestes tratamentos a interceptação pela palha ocasionou a chegada de 42,66 e 8,18%, respectivamente, das doses aplicadas quando comparados a aplicação ausência de cobertura. Quando comparados os manejos com palha, o manejo sequencial apresentou concentração superior em relação à aplicação de mistura em momento único, porém não diferiram estatisticamente entre si. Este resultado deve-se ao fato de que, no momento da segunda aplicação, as plantas de sorgo já se encontravam controladas, devido à ação do glyphosate, o que diminuiu a quantidade de palha sobre a parcela, restando menor quantidade de sulfentrazone oriundo da segunda aplicação (Tabela 12).

Tabela 12. Concentração de sulfentrazone no solo em coletas realizadas 1, 31 e 53 dias após a aplicação dos herbicidas residuais (DAA) em área com cobertura de sorgo.

1 DAA			
Profundidade (cm)	Concentração de sulfentrazone no solo (ng g⁻¹)		
	glyphosate (20DAS) + sulfentrazone (10DAS)	glyphosate + sulfentrazone (10DAS)	sulfentrazone (10DAS) – Sem palha
0 – 10	56,30b	10,79b	131,96a
F tratamento		15,14**	
F bloco		0,31 ^{ns}	
CV (%)		47,42	
D.M.S.		54,45	
31 DAA			
Profundidade (cm)	Concentração de sulfentrazone no solo (ng g⁻¹)		
	glyphosate (20DAS) + sulfentrazone (10DAS)	glyphosate + sulfentrazone (10DAS)	sulfentrazone (10DAS) – Sem palha
0 – 10	43,99A	24,78A	30,44A
10 – 20	20,22B	15,39AB	17,67AB
20 – 40	6,47B	7,01B	13,69B
F tratamento		1,60 ^{ns}	
F profundidade		15,11**	
F tratamento*profundidade		1,24 ^{ns}	
F bloco		3,03 ^{ns}	
CV (%)		54,28	
D.M.S.		15,98	
53 DAA			
Profundidade (cm)	Concentração de sulfentrazone no solo (ng g⁻¹)		
	glyphosate (20DAS) + sulfentrazone (10DAS)	glyphosate + sulfentrazone (10DAS)	sulfentrazone (10DAS) – Sem palha
0 – 10	24,57A	20,70A	27,7A
10 – 20	9,38B	6,99B	12,88B
20 – 40	8,87B	1,93B	5,96B
F tratamento		1,49 ^{ns}	
F profundidade		16,80**	
F tratamento*profundidade		0,21 ^{ns}	
F bloco		1,74 ^{ns}	
CV (%)		63,28	
D.M.S.		12,31	

DAS: Dias antes da sementeira. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si na coluna e mesma letra minúscula não diferem entre si na linha pelo teste t ($p \leq 0,05$). ns: não significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. * Significativo pelo teste F ao nível 5% de probabilidade. ** Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.

Aos 31 dias após a aplicação dos herbicidas residuais (DAA), para os diferentes manejos pré-semeadura, o teste de variância apresentou-se não significativo. No entanto, para as diferentes profundidades foram observadas diferenças significativas. Em todos os manejos, a concentração média encontrada na profundidade de 0 – 10 cm foi superior à quantidade de herbicida presente na profundidade de 20 – 40 cm. Contudo, apenas no manejo sequencial as profundidades de 0 – 10 e 10 – 20 cm diferiram entre si quanto a concentração média de sulfentrazone observada nas amostras. Pode-se observar, ainda, que no manejo sem palha, maiores quantidade de sulfentrazone alcançaram as camadas mais profundas do solo, denotando que a ausência de cobertura do solo resulta em maior lixiviação (Tabela 12).

Aos 53 DAA, as concentrações encontradas foram, em geral, menores em relação às observadas aos 31 DAA, com exceção da profundidade de 20 – 40 cm do manejo sequencial, onde houve aumento na quantidade de sulfentrazone presente nas amostras. A redução da concentração do herbicida denota lixiviação para camadas ainda mais profundas que 40 cm e/ou degradação do herbicida. Em todos os manejos, na profundidade de 0 – 10 cm as concentrações de sulfentrazone foram superiores as demais profundidades (Tabela 12).

Na área com cobertura de milho (Tabela 13), no manejo em aplicação única sem a presença de palha, foi encontrada a concentração média de 127,05 ng g⁻¹ de sulfentrazone no solo, sendo apenas 19,98% (25,39 ng g⁻¹) desta concentração observada no manejo em aplicação única. No manejo com aplicação sequencial, 67,33% (85,54 ng g⁻¹) da concentração observada no manejo sem palha foi recuperada, contudo, sem diferir do manejo sem a presença de palha. Nos tratamentos com presença de palha, a concentração de sulfentrazone encontrada foi superior no manejo sequencial em relação ao manejo em aplicação única pelas mesmas razões acima descritas para a área com sorgo. Além disso, as concentrações de herbicida observadas nos manejos com dessecação e presença de palha foram superiores àquelas encontradas na área com sorgo, denotando maior interceptação de herbicida pela cobertura de sorgo em relação ao milho (Tabela 13).

Tabela 13. Concentração de sulfentrazone no solo em coletas realizadas 1, 31 e 53 dias após a aplicação dos herbicidas residuais (DAA) em área com cobertura de milho.

1 DAA			
Profundidade (cm)	Concentração de sulfentrazone no solo (ng g⁻¹)		
	glyphosate (20DAS) + sulfentrazone (10DAS)	glyphosate + sulfentrazone (10DAS)	sulfentrazone (10DAS) – Sem palha
0 – 10	85,54a	25,39b	127,05a
F tratamento		14,34**	
F bloco		0,34 ^{ns}	
CV (%)		34,03	
D.M.S.		46,71	
31 DAA			
Profundidade (cm)	Concentração de sulfentrazone no solo (ng g⁻¹)		
	glyphosate (20DAS) + sulfentrazone (10DAS)	glyphosate + sulfentrazone (10DAS)	sulfentrazone (10DAS) – Sem palha
0 – 10	52,50Aa	21,25Ab	50,00Aa
10 – 20	22,10Bb	13,12Bc	29,86Ba
20 – 40	20,11Ba	4,88Cb	16,98Ca
F tratamento		61,85**	
F profundidade		103,11**	
F tratamento*profundidade		7,05**	
F bloco		3,17*	
CV (%)		18,70	
D.M.S.		7,07	
53 DAA			
Profundidade (cm)	Concentração de sulfentrazone no solo (ng g⁻¹)		
	glyphosate (20DAS) + sulfentrazone (10DAS)	glyphosate + sulfentrazone (10DAS)	sulfentrazone (10DAS) – Sem palha
0 – 10	21,46Aa	18,55Aa	27,43Aa
10 – 20	6,96Bab	6,06Bb	15,82Ba
20 – 40	5,65Bab	3,67Bb	14,30Ba
F tratamento		8,48**	
F profundidade		20,22**	
F tratamento*profundidade		0,08 ^{ns}	
F bloco		1,26 ^{ns}	
CV (%)		46,14	
D.M.S.		9,06	

DAS: Dias antes da sementeira. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si na coluna e mesma letra minúscula não diferem entre si na linha pelo teste t ($p \leq 0,05$). ns: não significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. * Significativo pelo teste F ao nível 5% de probabilidade. ** Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.

A camada de 10 a 20 cm de profundidade é a região de desenvolvimento do sistema radicular da cultura e é interessante que pouco herbicida chegue até ela, visando evitar qualquer problema de fitotoxicidade à cultura. Abaixo dos 20 cm de profundidade, a presença de herbicida não é desejável, pois perde-se parte do potencial de controle do mesmo, visto que a germinação das sementes de plantas daninhas ocorre, em geral, até 10 cm de profundidade. Partindo deste pressuposto, tanto na área com sorgo quanto com milho, o manejo com aplicações sequenciais apresentou melhores resultados, pois manteve maior concentração de sulfentrazone na camada superficial de solo, na qual ele é mais requerido para o controle das plantas daninhas, ou seja, de 0 a 10 cm.

Com relação à cobertura de milho (Tabela 13), foram obtidas diferenças tanto entre os tratamentos quanto entre as profundidades e, ainda, para a interação entre ambos aos 31 DAA. Na profundidade de 0 – 10 cm foi disponibilizada maior concentração de sulfentrazone no manejo em aplicação sem palha e no sequencial em relação à quantidade observada no manejo em aplicação única com palha. Na profundidade de 10 – 20 cm foram detectadas diferenças entre todos os tratamentos, sendo o manejo com aplicação única sem palha o que obteve maior concentração do herbicida na solução do solo, seguido pelo manejo de dessecação sequencial e manejo de dessecação em aplicação única. Na profundidade de 20 – 40 cm os manejos sem palha e em aplicação sequencial não diferiram entre si, mas foram superiores ao manejo com dessecação em aplicação única.

Ainda aos 31 DAA (Tabela 13), levando-se em consideração as profundidades, no manejo em dessecação com aplicação sequencial, maior concentração de sulfentrazone foi observada na superfície do solo, de 0 a 10 cm. No manejo de dessecação em aplicação única ocorreram diferenças entre as três profundidades amostradas. Comportamento semelhante se observou no terceiro manejo.

Aos 53 DAA, na área de milho (Tabela 13), ocorreram diferenças entre os tratamentos e entre as profundidades estudadas. No manejo sequencial, a concentração de sulfentrazone encontrada na profundidade de 0 – 10 cm foi superior, sendo 208,33 e 279,82% maior do que as profundidades de 10 – 20 cm e 20 – 40 cm, respectivamente. O mesmo comportamento foi observado no manejo em aplicação única, sendo a concentração de herbicida disponível na solução do solo na primeira profundidade, 206,11% maior do que na segunda e 405,45% maior do que na terceira. De

forma semelhante, na aplicação sem a presença de palha, a profundidade de 0 – 10 cm apresentou concentração 73,39 e 91,82% maior do que as profundidades de 10 – 20 cm e 20 – 40 cm, respectivamente.

Comparando-se os manejos dentro de cada profundidade (Tabela 13), podemos observar que na profundidade de 0 – 10 cm não houve diferença entre os três manejos em estudo. Nas profundidades de 10 – 20 e 20 – 40 cm, a maior concentração de sulfentrazone foi observada no manejo sem palha, não diferindo estatisticamente, porém, do manejo sequencial.

Entre a coleta de 1 DAA e 31 DAA, o acumulado de chuvas e irrigações correspondeu a, aproximadamente, 90 mm (Figura 1). A mesma quantidade foi observada entre a coleta de 31 e 53 DAA (Figura 1). Em estudo realizado por Rossi et al. (2003) observou-se que o sulfentrazone mostrou-se pouco móvel em Nitossolo Vermelho e móvel em Neossolo Quartzarênico. Os mesmos autores concluíram que, mesmo em solos em que a mobilidade deste herbicida é baixa, 90 mm de precipitação acumulada são suficientes para torná-lo ativo, denotando a importância do teor de umidade do solo em seu poder de ação. Resultados parecidos em relação à precipitação foram obtidos por Rossi et al. (2005), onde o sulfentrazone apresentou-se mais móvel em Chernossolo do que em Latossolo Vermelho.

De acordo com Rodrigues e Almeida (2005), a degradação de sulfentrazone no solo ocorre lentamente, sendo caracterizada pela diminuição da concentração do herbicida no solo ao longo do tempo.

Sua sorção é determinada, principalmente, pelo teor de matéria orgânica, argila e pH, o que pode influenciar a persistência do herbicida de acordo com o tipo de solo da região do estudo (OHMES; MUELLER, 2007; GREY et al., 1997). O tipo de solo, em função de sua textura e, principalmente, seu teor de matéria orgânica possui influência sobre a dinâmica dos herbicidas inibidores da PROTOX no solo. Os inibidores da PROTOX, de forma geral, têm grande afinidade pela matéria orgânica, podendo grande parte do produto aplicado ficar adsorvido a ela. Esta característica confere ainda alta resistência à lixiviação. O período residual no solo pode variar de um a vários meses, dependendo do princípio ativo e grupo químico ao qual o herbicida pertence (OLIVEIRA JÚNIOR., 2011).

O sulfentrazone é classificado como um ácido fraco, com constante de equilíbrio de ionização (pK_a) de 6,56 (GREY et al., 1997; GREY et al.,

2000; REDDY; LOCKE, 1998). A adsorção de sulfentrazone é fortemente influenciada pelo pH, ou seja, em solos com valores de pH superiores ao seu pK_a ocorre a diminuição da sua adsorção aos coloides do solo e, conseqüentemente, aumento da concentração deste herbicida na solução solo (GREY et al., 1997). Já em solos com pH inferiores ao pK_a do herbicida, a tendência é de que a maior parte das moléculas permaneça na forma molecular, sendo passíveis de adsorção aos coloides, sobretudo da fração orgânica do solo (SILVA et al.; 2007; GREY et al., 1997). Como observado nas Tabelas 1 e 2, o pH das áreas experimentais é inferior aos pK_a do sulfentrazone e, portanto, a tendência é de que suas moléculas permaneçam, em boa parte, adsorvidas aos coloides do solo, sobretudo os orgânicos, com os quais possuem grande afinidade e, com isso, é possível que sua persistência no solo seja maior.

Brum et al. (2013) avaliando a degradação de sulfentrazone em Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo) e Latossolo Vermelho Distroférico típico (LVdf), com 80% da capacidade de campo, observaram taxas mais altas de degradação no LVdf. A maior persistência do herbicida no RQo é atribuída ao seu menor teor de matéria orgânica e, conseqüentemente, menor atividade biológica e degradação do herbicida no solo por microrganismos, o que resulta em maior persistência do herbicida no solo.

Os valores de meia-vida podem variar em função do tipo de solo em estudo e suas características físico-químicas, bem como em função do teor de umidade do solo e sua temperatura. Brum et al. (2013) encontram valores de meia-vida de sulfentrazone variando de 60 a 116 dias, a 30 °C, sendo tanto menores, quanto menor era a profundidade em estudo. De acordo com Ohmes et al. (2000), a degradação de sulfentrazone na superfície do solo (0 – 10 cm) ocorre mais rapidamente do que em subsuperfície (30 – 40 cm), estando entre 93 e 102 dias. Martinez (2006) estudando a degradação de sulfentrazone em Argissolo Vermelho Amarelo, Latossolo Vermelho Amarelo e Latossolo Vermelho Escuro, em temperaturas variando de 27 a 40°C, determinou meia-vida do herbicida de 172, 147 e 92 dias, respectivamente.

Blanco e Velini (2005) avaliando a persistência de sulfentrazone através do uso de culturas bioindicadoras concluíram que, até a última amostragem realizada, aos 539 dias após a aplicação do herbicida, ainda havia sinais do mesmo no solo, indicando que a persistência do herbicida foi superior a 539 dias para a dose de

1.200 g i.a. ha⁻¹. Já para a dose de 600 g i.a. ha⁻¹ a persistência determinada foi de 376 dias após o tratamento.

O índice de GUS (GUSTAFSON, 1989) é empregado na avaliação do potencial de lixiviação de herbicidas, sendo calculado a partir dos valores de K_{oc} e meia-vida. Este índice classifica as moléculas de acordo com sua maior ou menor tendência a lixiviação, onde, herbicidas com GUS < 1,8 não são passíveis de lixiviação, herbicidas com valores de GUS entre 1,8 e 2,8 são intermediários e herbicidas com GUS > 2,8 são considerados passíveis de lixiviação. Spadotto (2002) classificou o sulfentrazone como passível de lixiviação, com índice de GUS de 6,9.

Na Tabela 14 são apresentadas as concentrações médias de sulfentrazone quantificado nas amostras, levando-se em consideração todas as profundidades amostradas em cada coleta, na área experimental com cobertura de sorgo. Para adequação dos dados empregou-se a fórmula:

$$[C_{0-10} + C_{10-20} + (2 * C_{20-40})] / 4$$

Onde: C₀₋₁₀ corresponde à concentração determinada na camada de 0 a 10 cm; C₁₀₋₂₀ corresponde a concentração determinada na camada de 10 a 20 cm e C₂₀₋₄₀ corresponde a concentração determinada para a camada de 20 a 40 cm.

Na área que tinha como cultura de cobertura o sorgo (Tabela 14), no tratamento com manejo sequencial, a 1 DAA foram extraídos 14,08 ng de sulfentrazone por grama de solo, considerando a média das quatro repetições; aos 31 DAA, levando-se em conta a soma do herbicida encontrado, em média, nas três profundidades amostradas, foram encontrados 19,29 ng g⁻¹ de solo e aos 53 DAA, encontrou-se 12,92 ng g⁻¹ de solo. Não houve diferença estatística para este tratamento nos diferentes períodos de coleta. Apesar de não diferirem estatisticamente, estes resultados denotam a liberação do herbicida ao longo do tempo e sua diluição na solução do solo das diferentes profundidades, através da lixiviação das moléculas de sulfentrazone da camada superficial para as mais profundas, e posterior degradação do herbicida, em função do menor valor de média observado na coleta aos 53 DAA.

Tabela 14. Média do teor de sulfentrazone no solo, em todas as profundidades amostradas, nas três coletas realizadas após a aplicação nos diferentes manejos de dessecação pré-semeadura da soja em área com cobertura de sorgo.

Manejo	Concentração de sulfentrazone no solo (ng g ⁻¹)		
	1 DAA ¹	31 DAA ¹	53 DAA ¹
glyphosate (20DAS) + sulfentrazone (10DAS)	14,08Ba	19,29Aa	12,92Aa
glyphosate + sulfentrazone (10DAS)	2,70Cb	13,55Aa	7,88Aab
sulfentrazone (10DAS) – Sem palha	32,99Aa	18,87Ab	13,01Ab
F tratamento		11,54**	
F coleta		2,67 ^{ns}	
F tratamento*coleta		4,76**	
F bloco		1,36 ^{ns}	
CV (%)		46,13	
D.M.S.		10,12	

DAA: dias após a aplicação. 1: Camada de 0 a 40 cm. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si na coluna e mesma letra minúscula não diferem entre si na linha pelo teste t ($p \leq 0,05$).

ns: não significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. * Significativo pelo teste F ao nível 5% de probabilidade. ** Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.

Para o tratamento com associação de glyphosate e sulfentrazone em aplicação única, houve diferença entre os diferentes períodos avaliados, sendo a concentração média de sulfentrazone na coleta de 1DAA inferior (2,70 ng g⁻¹) a da coleta realizada aos 31 DAA (13,55 ng g⁻¹) (Tabela14). Como discutido mais a fundo anteriormente, a palhada apresenta-se como uma barreira física a chegada dos herbicidas residuais ao solo, local onde vão exercer sua atividade. Se a quantidade de massa vegetal cobrindo o solo é grande, boa parte do herbicida empregado pode ficar retido na mesma. Com a degradação dos restos culturais ao longo do tempo, aliada a ocorrência de chuvas e irrigação, maior quantidade de sulfentrazone tornou-se disponível na solução do solo, ao ser liberado pela palhada.

No tratamento com a aplicação de sulfentrazone isolado, sem a presença de palha, houve diferença estatística entre as diferentes coletas, sendo a coleta realizada a 1 DAA, na profundidade de 0 a 10 cm, a que possui maior concentração média de sulfentrazone nas amostras (32,99 ng g⁻¹) em relação as demais (31 e 53 DAA). A ausência de palha, contudo, confere menor proteção às moléculas herbicidas à radiação solar, as temperaturas mais altas e a ocorrência de chuvas torrenciais, que podem lixiviar

o produto as camadas mais profundas mais rapidamente. Além disso, o herbicida permanece disponível para absorção tanto pelas plantas daninhas quanto pela cultura em pouco tempo após a aplicação. Esses fatores em conjunto podem explicar a redução na disponibilidade de sulfentrazone na solução do solo observada no tratamento sem palha da primeira para a segunda e terceira coleta. Nas coletas realizadas aos 31 e 53 DAA, mesmo somadas as três profundidades amostradas, as concentrações diminuíram quando comparadas a 1 DAA (42,80% aos 31 DAA e 60,56% aos 53 DAA), tanto em função da degradação, quanto em função da sua lixiviação para as camadas mais profundas (Tabela 14).

Para o fator de variação coleta, a 1 DAA, onde todas as amostras foram coletadas apenas na camada de 0 a 10 cm, houve diferenças entre todos os tratamentos, sendo a maior concentração encontrada no tratamento sem palha (32,99 ng g⁻¹), seguido pelo tratamento com aplicação sequencial (14,08 ng g⁻¹) e pelo tratamento com aplicação de mistura (2,70 ng g⁻¹). Com relação às coletas realizadas aos 31 e 53 DAA, não houve diferença estatística entre as concentrações de sulfentrazone encontradas dos diferentes sistemas de manejo (Tabela 14).

A degradação microbiana é a principal via de dissipação dos herbicidas inibidores da PROTOX (OHMES et al., 2000), como sulfentrazone e flumioxazin. Em solos argilosos, em geral com maior teor de matéria orgânica, em condições de temperatura e umidade do solo elevadas, a taxa de degradação é ainda maior. Brum et al. (2013) observaram que o aumento na temperatura e no teor de umidade do solo resultou em aumento da taxa de degradação do herbicida sulfentrazone. Resultados semelhantes foram obtidos por Martinez et al. (2010), que avaliou a degradação de sulfentrazone em Latossolo Vermelho a 15, 30 e 40°C. A aceleração da degradação ocorreu, possivelmente, por esses parâmetros terem influência direta sobre a multiplicação e atividade dos microrganismos, aumentando-as (Martinez et al., 2008). Corroborando esta afirmação, Ohmes et al. (2000) observaram que a taxa de degradação é menor em solos autoclavados.

Na Tabela 15 são encontradas as concentrações médias de sulfentrazone quantificado nas amostras, somadas todas as profundidades amostradas em cada coleta, na área experimental com cobertura de milho.

Tabela 15. Média do teor de sulfentrazone no solo, em todas as profundidades amostradas, nas três coletas realizadas após a aplicação nos diferentes manejos de dessecação pré-semeadura da soja em área com cobertura de milho.

Manejo	Concentração de sulfentrazone no solo (ng g ⁻¹)		
	1 DAA ¹	31 DAA ¹	53 DAA ¹
Glyphosate (20DAS) + Sulfentrazone (10DAS)	21,38Bb	28,70Aa	9,93Bc
Glyphosate + Sulfentrazone (10DAS)	6,35Ca	11,03Ba	7,98Ba
Sulfentrazone (10DAS) – Sem palha	31,76Aa	28,45Aa	17,96Ab
F tratamento		44,62**	
F coleta		17,34**	
F tratamento*coleta		5,01**	
F bloco		1,14 ^{ns}	
CV (%)		25,52	
D.M.S.		6,77	

DAA: dias após a aplicação. 1: Camada de 0 a 10 cm. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si na coluna e mesma letra minúscula não diferem entre si na linha pelo teste t ($p \leq 0,05$).

ns: não significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. * Significativo pelo teste F ao nível 5% de probabilidade. ** Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.

Na área onde a cultura de cobertura empregada foi o milho (Tabela 15), houve diferença estatística entre todos os períodos avaliados no tratamento com aplicação em manejo sequencial, sendo a coleta realizada aos 31 DAA a que apresentou a maior concentração média de sulfentrazone no solo (28,70 ng g⁻¹), seguida pela coleta a 1 DAA (21,38 ng g⁻¹) e por fim, a menor média foi observada aos 53 DAA (9,93 ng g⁻¹). Para a aplicação de mistura, não ocorreu diferenças entre as concentrações médias nos diferentes períodos de coleta. Com aplicação de sulfentrazone isolado em parcela sem palha, houve diferença estatística entre os períodos amostrados, sendo a concentração aos 53 DAA menor do que a 1 e 31 DAA. As concentrações foram de 31,76 ng g⁻¹, 28,45 ng g⁻¹ e 17,96 ng g⁻¹ para as coletas de 1, 31 e 53 DAA, respectivamente, no manejo com ausência de palha (Tabela 15).

Para o fator de variação coleta, a 1 DAA foi observada diferença estatística entre todos os tratamentos, onde o tratamento com ausência de palha apresentou maior média das concentrações (31,76 ng g⁻¹), seguido pelo manejo com aplicação sequencial (21,38 ng g⁻¹) e por último o manejo com aplicação de mistura (6,35 ng g⁻¹). Nas coletas realizadas aos 31 e 53 DAA foram detectadas diferenças entre os

diferentes sistemas de manejo. Aos 31 DAA, a aplicação de mistura proporcionou a menor concentração média (11,03 ng g⁻¹). Já aos 53 DAA, o maior teor de sulfentrazone (17,96 ng g⁻¹) foi observado no tratamento com aplicação do herbicida residual na ausência de palha (Tabela 15).

Sob o ponto de vista agrônômico, uma vez no solo, a lixiviação do herbicida pelo perfil do solo deve ser suficiente para atingir o banco de sementes de plantas daninhas, evitando sua germinação e/ou emergência, situado nos 5 a 10 cm superficiais do solo, mas não tão grande que atinja a zona de crescimento do sistema radicular da cultura. O objetivo de qualquer aplicação de defensivos agrícolas é distribuir o produto de maneira mais uniforme possível na área a ser tratada.

Além das coletas para determinação da dinâmica de liberação de sulfentrazone no perfil do solo, em diferentes manejos de dessecação e em diferentes tipos de cobertura, procedeu-se também uma coleta pontual, pretendendo demonstrar a uniformidade da concentração do herbicida em diferentes pontos da parcela experimental nos diferentes sistemas de manejo pré-semeadura da soja.

Para o ajuste dos dados da coleta pontual optou-se pelo emprego da equação de Gompertz. Para a escolha do modelo, levou-se em consideração o melhor ajuste do mesmo ao comportamento dos dados, sendo que o modelo utilizado apresentou bom ajuste, com elevados coeficientes de determinação (r^2) dos dados de distribuição espacial do herbicida sulfentrazone no solo nas diferentes condições de aplicação estudadas. Nas Tabelas 16 e 17 encontram-se os resultados da análise de regressão dos dados, o valor de F da regressão e os valores das constantes empregadas no modelo, para as áreas com cobertura de sorgo e milho, respectivamente.

Na área experimental com cobertura de sorgo (Tabela 16), a disponibilidade média de sulfentrazone na solução do solo foi de 21,52 ng g⁻¹ para o tratamento com dessecação em aplicações sequenciais, 17,57 ng g⁻¹ no manejo com aplicação de mistura em momento único e 42,63 ng g⁻¹ para o tratamento com ausência de cobertura.

Tabela 16. Parâmetros do modelo de Gompertz, médias, medianas e coeficientes de variação (CV) dos dados de distribuição pontual das concentrações de sulfentrazone para as diferentes modalidades de aplicação em área com cobertura de sorgo.

Parâmetros do modelo		R (20DAS) + B (10DAS)	R+B (10DAS)	B (10DAS)
Constantes	a	4,60517	4,60517	4,60517
	b	-1,132517	-1,229123	-1,34277
	x0	0,077544	0,115526	0,044517
F regressão		1584,76	915,46	1475,43
S Q Resíduo		405,18	698,52	435,02
r ²		0,98	0,96	0,97
Média		21,52	17,57	42,63
Mediana		21,96	16,70	43,75
CV%		61,94	74,26	54,52

Modelo utilizado: Gompertz - $f = a \cdot \exp(-\exp(-(x-x_0)/b))$

R: Roundup[®] = glyphosate. B: Boral 500 SC[®] = sulfentrazone. DAS: Dias antes da semeadura.

Tabela 17. Parâmetros do modelo de Gompertz, médias, medianas e coeficientes de variação (CV) dos dados de distribuição pontual das concentrações de sulfentrazone para as diferentes modalidades de aplicação em área com cobertura de milho.

Parâmetros do modelo		R (20DAS) + B (10DAS)	R+B (10DAS)	B (10DAS)
Constantes	a	4,60517	4,60517	4,60517
	b	-2,396569	-1,0851	-1,842336
	x0	0,043005	0,044795	0,041371
F regressão		1348,61	2873,66	1067,51
S Q Resíduo		475,65	224,01	599,85
r ²		0,97	0,99	0,96
Média		68,43	38,38	56,91
Mediana		72,86	35,33	57,21
CV%		35,158	66,49	43,12

Modelo utilizado: Gompertz - $f = a \cdot \exp(-\exp(-(x-x_0)/b))$

R: Roundup[®] = glyphosate. B: Boral 500 SC[®] = sulfentrazone. DAS: Dias antes da semeadura.

Na área com cobertura de milho (Tabela 17), a concentração média de sulfentrazone na solução do solo foi de 68,43 ng g⁻¹ no tratamento com aplicações sequenciais, 38,38 ng g⁻¹ no manejo com aplicação de mistura e 56,91 ng g⁻¹ para o tratamento com ausência de cobertura, o que mais uma vez evidencia as reduções da disponibilidade do herbicida no solo proporcionadas pela presença da cobertura, especialmente da cobertura ainda verde.

A partir dos ajustes proporcionados pelo modelo de Gompertz foram confeccionadas curvas de frequência acumulada da disponibilidade de sulfentrazone na solução do solo nos diferentes pontos amostrados.

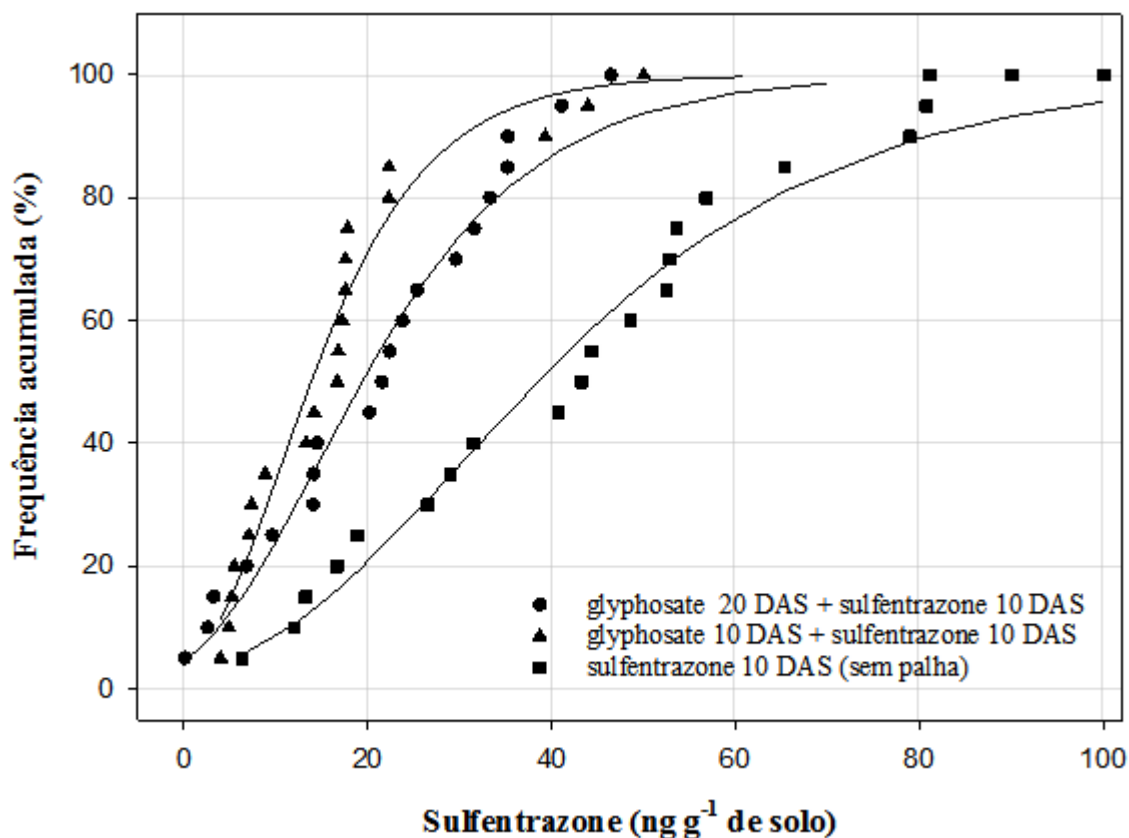


Figura 9. Frequência acumulada da distribuição pontual das concentrações de sulfentrazone no solo em área com cobertura de sorgo. Nota: DAS = dias antes da semeadura.

Observa-se pela distribuição das frequências acumuladas (Figura 9) e coeficientes de variação (Tabela 18) das concentrações pontuais de sulfentrazone no solo na área com cobertura de sorgo que a distribuição pontual do sulfentrazone na área sem palha apresenta menor variação, seguido da aplicação sequencial (sobre a palha) e da aplicação conjunta (sobre a massa verde das plantas). Tal fato indica que além de interferir na concentração média do sulfentrazone nas diferentes profundidades do solo, conforme já discutido acima, as diferentes modalidades de aplicação do sulfentrazone em relação à cobertura, interferiram também na uniformidade de distribuição deste herbicida no solo. Para a aplicação conjunta do glyphosate houve a menor disponibilidade dos herbicida na camada superficial do solo e ainda uma maior desuniformidade de

distribuição, sendo encontrados pontos com maiores dispersões em relações aos valores médios.

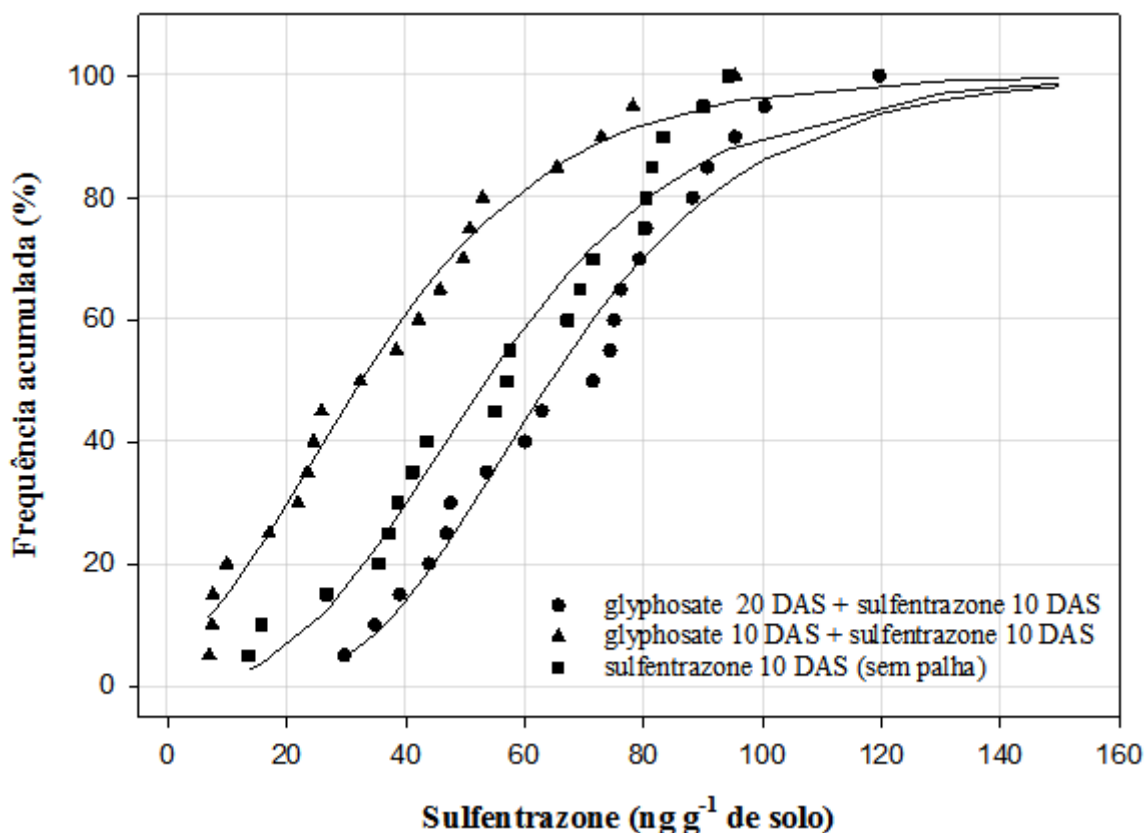


Figura 10. Frequência acumulada da distribuição pontual das concentrações de sulfentrazone no solo em área com cobertura de milho. Nota: DAS = dias antes da semeadura.

Para a cobertura de milho (Figura 10 e Tabela 19) observa-se que a aplicação no solo sem palha e a aplicação sobre a palha (sequencial) apresentaram variações das distribuições pontuais semelhantes. No entanto para esta cobertura foram observadas concentrações médias superiores para a área com palha em relação a ausência de palha. Também para o milho a aplicação conjunta com glyphosate sobre as plantas verdes promoveu, além da redução da concentração média do herbicida no solo, uma maior variação na distribuição pontual do sulfentrazone no solo.

No manejo sem palha as concentrações variaram de 6,36 a 81,07 ng de sulfentrazone por grama de solo na área com cobertura de sorgo, de 13,57 a 94,29 ng g^{-1} (Figura 10). A ausência de cobertura permite a chegada de quantidades maiores de herbicida no solo, mas também deixa as moléculas mais expostas à degradação por agentes químicos, físicos e biológicos, além de mais propenso a lixiviação, pois a chuva

não encontra barreiras físicas para sua penetração e percolação pelo perfil do solo. Este fato fica evidente quando se observa que neste tratamento, maiores concentrações de sulfentrazone foram encontradas na camada de 20 – 40 cm, aos 53 DAA, na área com cobertura de milheto. A ocorrência de plantas daninhas neste tratamento não foi uniforme, havendo áreas infestadas intercaladas com áreas sem plantas daninhas dentro da parcela. Tal fato denota a distribuição desuniforme do herbicida na área tratada, com reflexo direto em sua bioatividade.

Velini et al. (2010), estudando a disponibilidade de sulfentrazone no solo, observaram heterogeneidade no controle de *Cyperus rotundus* nas áreas experimentais e determinaram sua relação com a quantidade de herbicida presente na solução do solo do local em questão. Menores concentrações do herbicida resultaram em níveis de controle mais baixos. Os autores citaram a baixa qualidade da aplicação do herbicida, sobretudo em função de oscilações na barra e deriva, como possíveis causas das diferenças entre as concentrações de sulfentrazone encontradas nos pontos avaliados.

6.3. Avaliação do controle de plantas daninhas

Na Tabela 18 é apresentada a análise de variância referente a cada uma das espécies avaliadas em suas respectivas épocas de avaliação em área com cobertura de sorgo. Nas Figuras 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 17 são observados os dados de controle para as espécies *Cenchrus echinatus*, *Euphorbia heterophylla*, *Cyperus esculentus*, *Conyza* spp., *Sida rhombifolia*, *Richardia brasiliensis* e *Digitaria* spp., respectivamente, em área com cobertura de sorgo.

Para as espécies *C. echinatus*, *E. heterophylla* e *C. esculentus* as melhores porcentagens de controle foram obtidas aos 7 DAA. Para as espécies *S. rhombifolia*, *R. brasiliensis* e *Digitaria* spp. os melhores resultados foram observados aos 14 DAA. Já para *Conyza* spp. o melhor resultado de controle ocorreu aos 14 e 21 DAA.

Tabela 18. Análise de variância dos dados de controle das principais espécies de plantas daninhas presentes na área com cobertura de sorgo aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a aplicação dos herbicidas residuais (DAA).

	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA	35 DAA	42 DAA
<i>Cenchrus echinatus</i>						
F tratamento	7,92**	22,00**	7,40**	1,64 ^{ns}	10,39**	12,68**
F bloco	6,56**	2,14 ^{ns}	1,23 ^{ns}	1,31 ^{ns}	4,36*	1,17 ^{ns}
CV (%)	3,23	4,31	6,73	9,84	8,45	11,44
D.M.S.	4,40	5,15	8,10	11,05	8,59	9,98
<i>Euphorbia heterophylla</i>						
F tratamento	7,87**	17,68**	18,99**	18,65**	14,52**	13,45**
F bloco	1,28 ^{ns}	2,25 ^{ns}	2,60 ^{ns}	2,63 ^{ns}	1,90 ^{ns}	1,38 ^{ns}
CV (%)	4,97	5,65	5,63	5,89	6,81	6,98
D.M.S.	6,95	7,48	7,43	7,76	8,91	8,66
<i>Cyperus esculentus</i>						
F tratamento	5,14**	5,32**	3,91*	3,42*	3,76*	8,77**
F bloco	0,94 ^{ns}	1,46 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,40 ^{ns}	1,14 ^{ns}	0,43 ^{ns}
CV (%)	9,66	12,28	13,15	14,39	15,61	14,02
D.M.S.	12,87	14,97	15,37	15,92	16,53	13,43
<i>Conyza spp.</i>						
F tratamento	7,82**	6,55**	7,60**	3,55*	2,82 ^{ns}	4,16*
F bloco	0,49 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,48 ^{ns}
CV (%)	12,33	9,10	8,42	11,50	12,06	9,80
D.M.S.	14,86	11,99	11,28	14,89	15,51	12,22
<i>Sida rhombifolia</i>						
F tratamento	214,67**	221,48**	87,86**	40,35**	73,90**	194,92**
F bloco	0,36 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,92 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,85 ^{ns}	1,34 ^{ns}
CV (%)	3,98	2,60	3,96	5,26	4,52	3,13
D.M.S.	4,88	3,44	4,82	6,05	5,00	3,35
<i>Richardia brasiliensis</i>						
F tratamento	103,03**	56,19**	49,90**	38,65**	20,02**	29,92**
F bloco	0,55 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,53 ^{ns}
CV (%)	5,51	4,24	5,21	5,19	7,62	6,34
D.M.S.	6,79	5,73	6,15	5,43	6,96	5,31
<i>Digitaria spp.</i>						
F tratamento	478,14**	114,21**	54,04**	23,84**	29,59**	33,00**
F bloco	1,00 ^{ns}	1,60 ^{ns}	1,05 ^{ns}	1,60 ^{ns}	1,40 ^{ns}	0,80 ^{ns}
CV (%)	3,14	3,75	5,18	7,20	6,77	9,65
D.M.S.	3,87	5,01	6,19	7,52	6,14	7,61

ns: não significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. * Significativo pelo teste F ao nível 5% de probabilidade. ** Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.

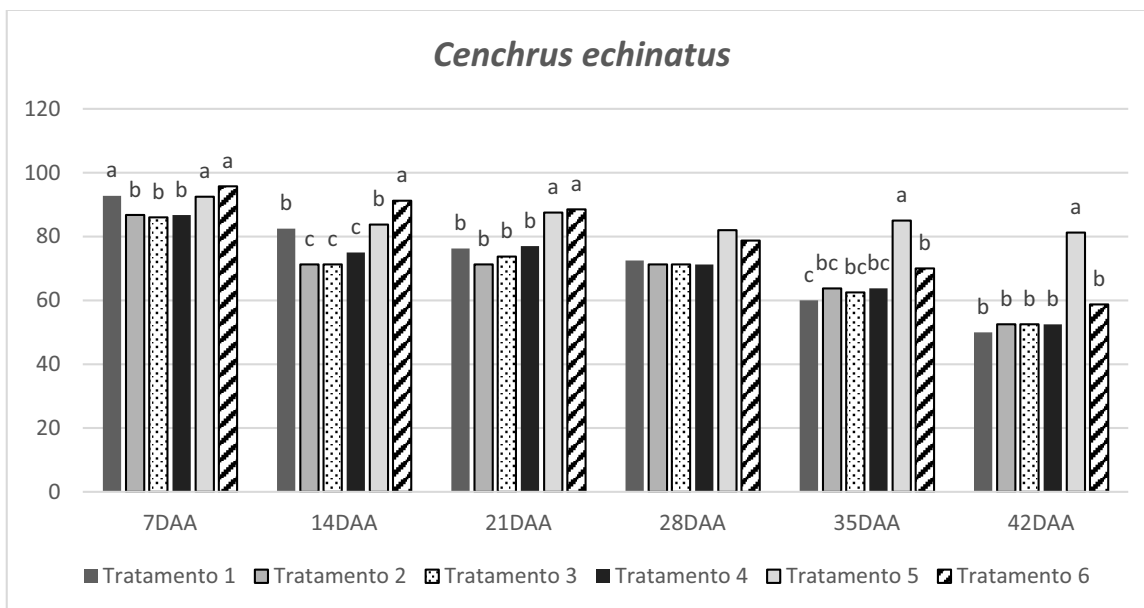


Figura 11. Porcentagem de controle de *Cenchrus echinatus* aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a segunda aplicação (DAA) em área com cobertura de sorgo. 1: glyphosate 20 DAS + sulfentrazone 10 DAS; 2: glyphosate 20 DAS + flumioxazin 10 DAS; 3: glyphosate + sulfentrazone 10 DAS; 4: glyphosate + flumioxazin 10 DAS; 5: sulfentrazone 10 DAS; 6: flumioxazin 10 DAS. Médias seguidas de mesma letra para cada período de avaliação não diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$).

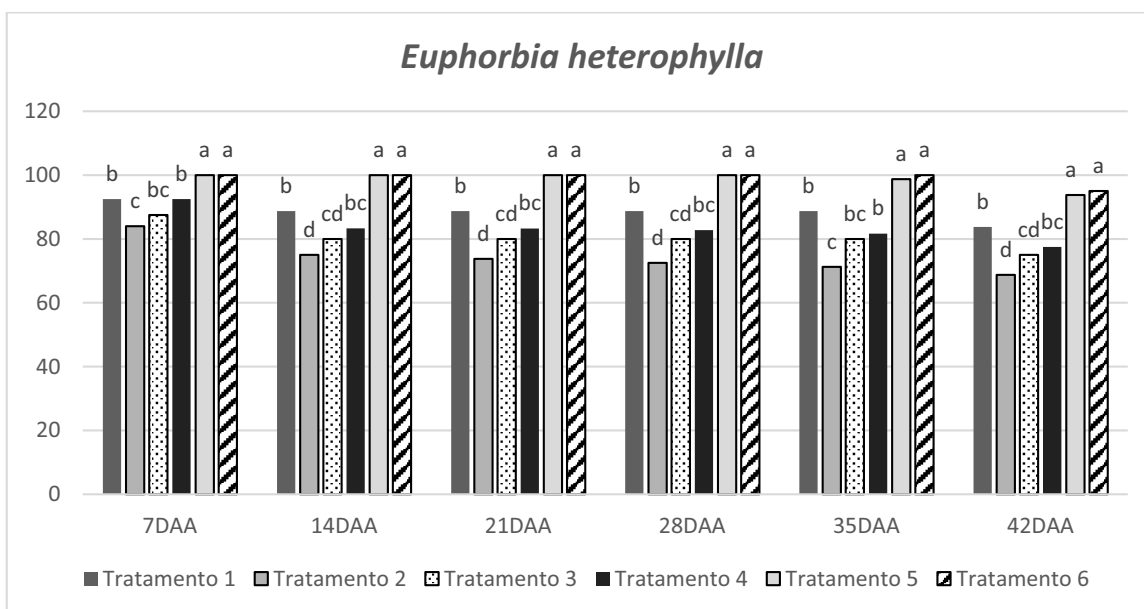


Figura 12. Porcentagem de controle de *Euphorbia heterophylla* aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a segunda aplicação (DAA) em área com cobertura de sorgo. 1: glyphosate 20 DAS + sulfentrazone 10 DAS; 2: glyphosate 20 DAS + flumioxazin 10 DAS; 3: glyphosate + sulfentrazone 10 DAS; 4: glyphosate + flumioxazin 10 DAS; 5: sulfentrazone 10 DAS; 6: flumioxazin 10 DAS. Médias seguidas de mesma letra para cada período de avaliação não diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$).

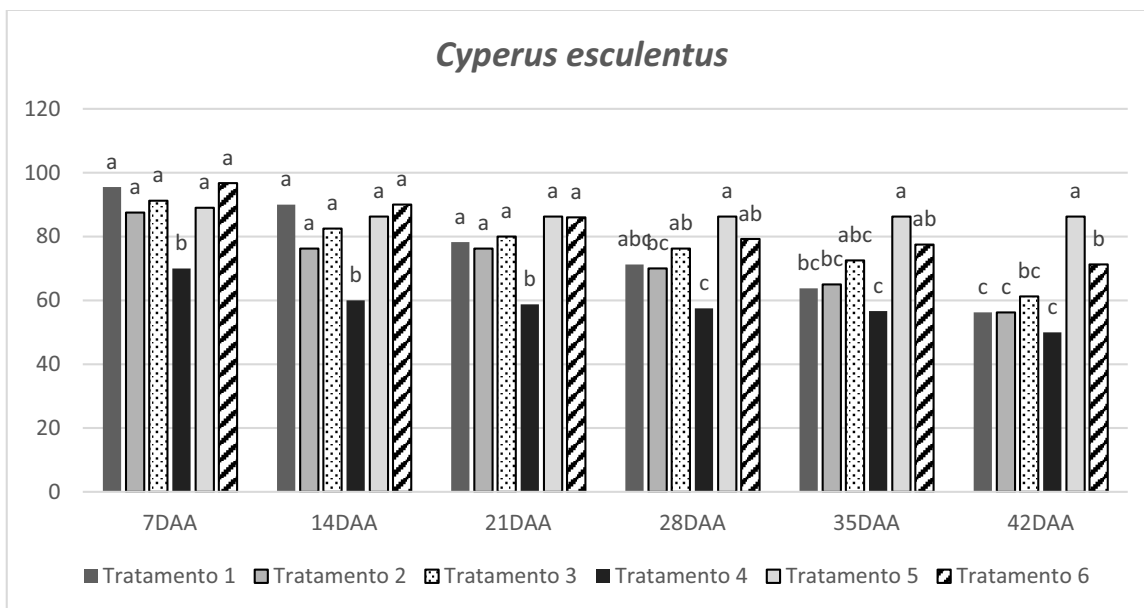


Figura 13. Porcentagem de controle de *Cyperus esculentus* aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a segunda aplicação (DAA) em área com cobertura de sorgo. 1: glyphosate 20 DAS + sulfentrazone 10 DAS; 2: glyphosate 20 DAS + flumioxazin 10 DAS; 3: glyphosate + sulfentrazone 10 DAS; 4: glyphosate + flumioxazin 10 DAS; 5: sulfentrazone 10 DAS; 6: flumioxazin 10 DAS. Médias seguidas de mesma letra para cada período de avaliação não diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$).

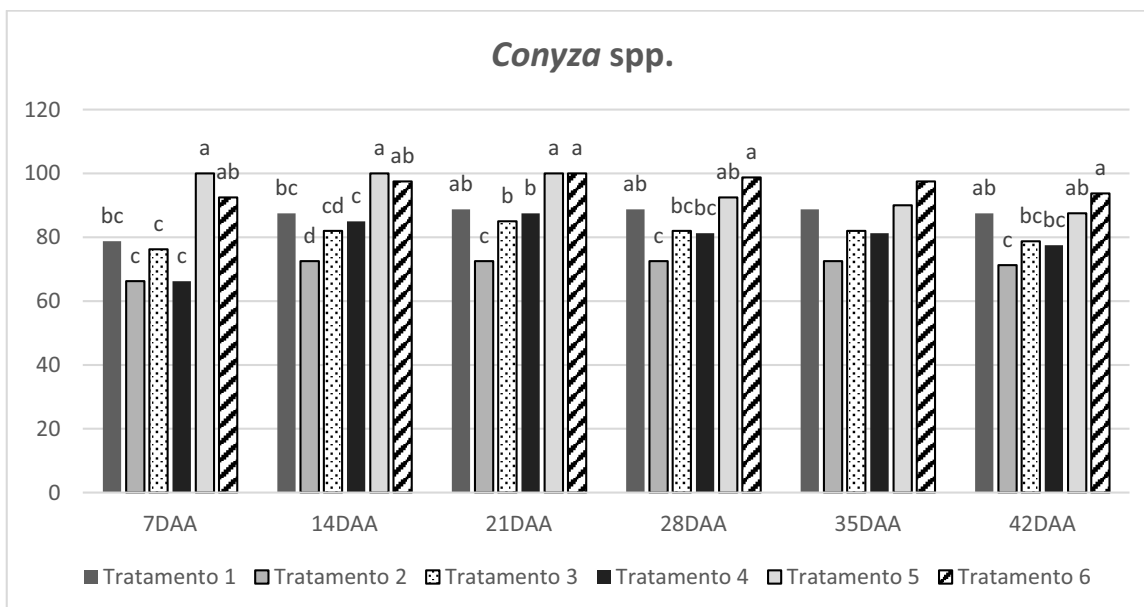


Figura 14. Porcentagem de controle de *Conyza spp.* aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a segunda aplicação (DAA) em área com cobertura de sorgo. 1: glyphosate 20 DAS + sulfentrazone 10 DAS; 2: glyphosate 20 DAS + flumioxazin 10 DAS; 3: glyphosate + sulfentrazone 10 DAS; 4: glyphosate + flumioxazin 10 DAS; 5: sulfentrazone 10 DAS; 6: flumioxazin 10 DAS. Médias seguidas de mesma letra para cada período de avaliação não diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$).

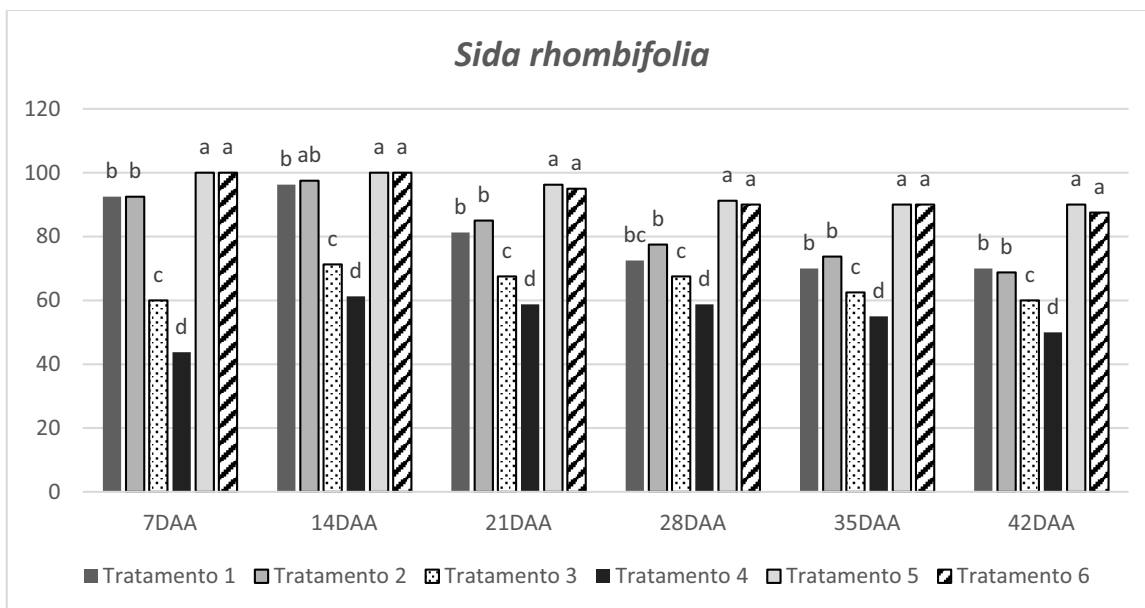


Figura 15. Porcentagem de controle de *Sida rhombifolia* aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a segunda aplicação (DAA) em área com cobertura de sorgo. 1: glyphosate 20 DAS + sulfentrazone 10 DAS; 2: glyphosate 20 DAS + flumioxazin 10 DAS; 3: glyphosate + sulfentrazone 10 DAS; 4: glyphosate + flumioxazin 10 DAS; 5: sulfentrazone 10 DAS; 6: flumioxazin 10 DAS. Médias seguidas de mesma letra para cada período de avaliação não diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$).

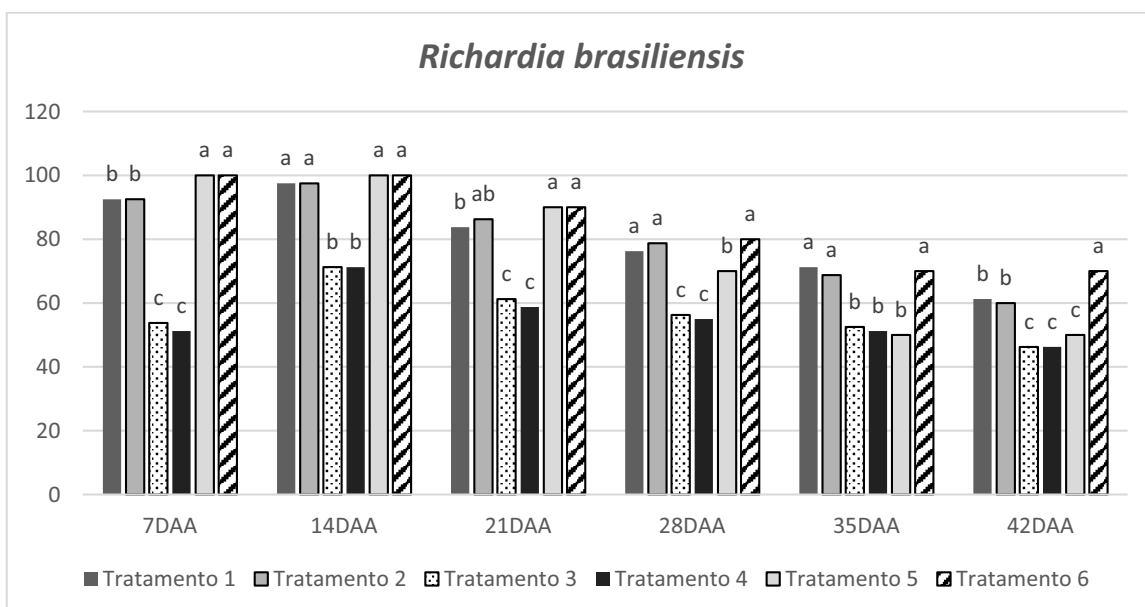


Figura 16. Porcentagem de controle de *Richardia brasiliensis* aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a segunda aplicação (DAA) em área com cobertura de sorgo. 1: glyphosate 20 DAS + sulfentrazone 10 DAS; 2: glyphosate 20 DAS + flumioxazin 10 DAS; 3: glyphosate + sulfentrazone 10 DAS; 4: glyphosate + flumioxazin 10 DAS; 5: sulfentrazone 10 DAS; 6: flumioxazin 10 DAS. Médias seguidas de mesma letra para cada período de avaliação não diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$).

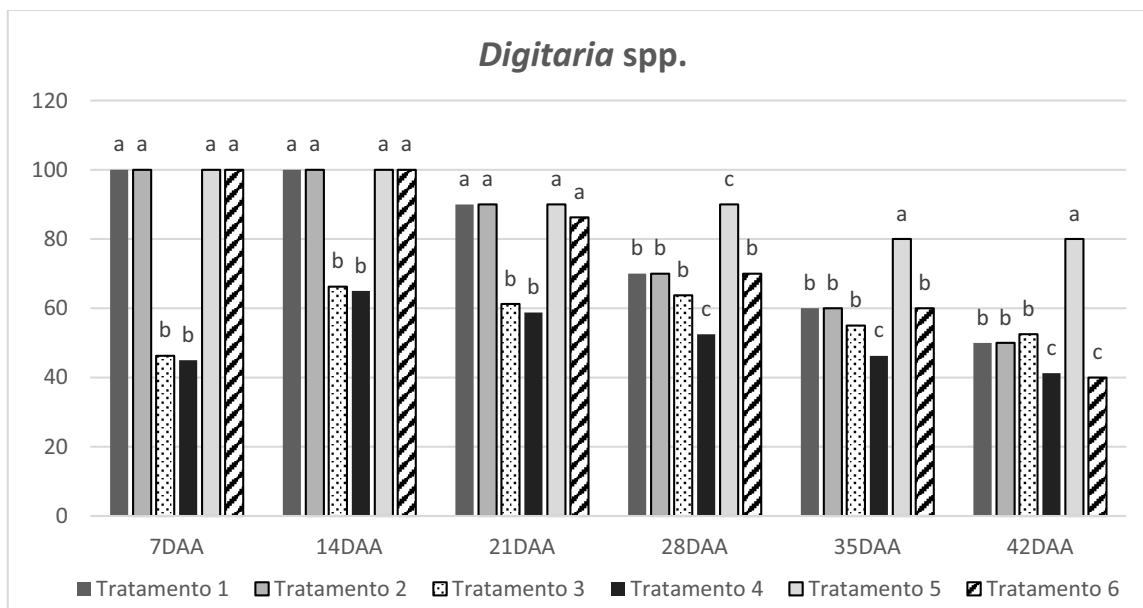


Figura 17. Porcentagem de controle de *Digitaria spp.* aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a segunda aplicação (DAA) em área com cobertura de sorgo. 1: glyphosate 20 DAS + sulfentrazone 10 DAS; 2: glyphosate 20 DAS + flumioxazin 10 DAS; 3: glyphosate + sulfentrazone 10 DAS; 4: glyphosate + flumioxazin 10 DAS; 5: sulfentrazone 10 DAS; 6: flumioxazin 10 DAS. Médias seguidas de mesma letra para cada período de avaliação não diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$).

Na área com cobertura de sorgo foram encontradas maiores concentrações de sulfentrazone no tratamento com ausência de palha (tratamento 5), seguido pelo tratamento com aplicações sequenciais dos herbicidas (tratamento 1) e a menor concentração deste herbicida foi observada no tratamento com aplicação de mistura (tratamento 3), sobretudo na camada de 0 – 10 cm de profundidade (Tabela 12). Esta variação na disponibilidade do herbicida na solução do solo refletiu-se no controle das plantas daninhas. Para a espécie *Cenchrus echinatus*, observou-se melhor controle no tratamento 5 quando comparado aos demais em 5 dos 6 períodos avaliados. Em relação às espécies *Euphorbia heterophylla*, *Conyza spp.* e *Sida rhombifolia*, o tratamento 5 exerceu maiores porcentagens de controle em todos os períodos avaliados. Para a espécie *Richardia brasiliensis*, as melhores porcentagens de controle foram observadas no tratamento 5 até os 21 DAA; aos 28, 35 e 42 DAA, os resultados foram superiores no tratamento 1, em relação aos tratamentos 3 e 5, pois possivelmente houve liberação do herbicida retido pela palha, auxiliando na supressão das plantas daninhas por um tempo mais longo, além do próprio efeito físico de controle exercido pela presença de palhada. Os tratamentos 1 e 5 proporcionaram excelentes porcentagens de controle até os 21 dias

após a aplicação dos herbicidas residuais para as espécies *Cyperus esculentus* e *Digitaria* spp. Após os 21 DAA, o tratamento 5 permaneceu proporcionando controle superior em relação aos demais para *C. esculentus*.

Na Tabela 19 é apresentada a análise de variância referente a cada uma das espécies avaliadas em suas respectivas épocas de avaliação em área com cobertura de milho. Nas Figuras 18, 19, 20, 21, 22, 23 e 24 são observados os dados de controle para as espécies *Cenchrus echinatus*, *Euphorbia heterophylla*, *Cyperus esculentus*, *Conyza* spp., *Sida rhombifolia*, *Richardia brasiliensis* e *Digitaria* spp., respectivamente, em área com cobertura de milho.

Na área com cobertura de milho as concentrações de sulfentrazone encontradas tiveram comportamento semelhante aquele observado em área com cobertura de milho, onde as maiores médias foram observadas na profundidade de 0 – 10 cm no tratamento com aplicação isolada do herbicida (tratamento 5), seguido pelo tratamento com aplicações sequenciais dos herbicidas (tratamento 1) e a menor concentração deste herbicida foi observada no tratamento com aplicação de mistura (tratamento 3) (Tabela 13). Para as espécies *Cenchrus echinatus* e *Conyza* spp., observou-se melhor controle no tratamento 5 quando comparado aos demais em todos os períodos avaliados. Em relação às espécies *Euphorbia heterophylla* e *Sida rhombifolia*, o tratamento 5 exerceu maiores porcentagens de controle em todos os períodos avaliados, porém, sem diferir estatisticamente do tratamento 1 em todos os períodos avaliados para a primeira e, aos 7, 14, 35 e 42 DAA para a segunda. O tratamento 5 proporcionou novamente excelentes porcentagens de controle em relação aos demais tratamentos aos 7, 21, 28, 35 e 42 DAA, porém sem diferir dos tratamentos 1 e 3 aos 21, 28, 35 e 42 DAA para a espécie *Cyperus esculentus*. Para a espécie *Richardia brasiliensis*, as melhores porcentagens de controle foram observadas no tratamento 5 em cinco das seis avaliações realizadas. Em relação à *Digitaria* spp., os tratamentos 1 e 5 apresentaram melhores porcentagens de controle aos 7 e 14 DAA, mas a partir dos 21 DAA os resultados foram semelhantes para quase todos os tratamentos.

Tabela 19. Análise de variância dos dados de controle das principais espécies de plantas daninhas presentes na área com cobertura de milho aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a aplicação dos herbicidas residuais (DAA).

	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA	35 DAA	42 DAA
<i>Cenchrus echinatus</i>						
F tratamento	9,05**	0,96 ^{ns}	6,06**	14,40**	25,19**	31,70**
F bloco	0,11 ^{ns}	0,60 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,29 ^{ns}	1,56 ^{ns}	0,39 ^{ns}
CV (%)	6,62	7,60	8,56	7,84	7,56	9,17
D.M.S.	8,72	10,38	10,17	8,63	7,78	8,43
<i>Euphorbia heterophylla</i>						
F tratamento	6,78**	3,60*	4,36*	4,57**	4,57**	4,57**
F bloco	0,36 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,22 ^{ns}
CV (%)	7,16	5,73	5,35	5,82	5,82	5,82
D.M.S.	9,76	8,14	7,64	8,23	8,23	8,23
<i>Cyperus esculentus</i>						
F tratamento	18,56**	2,81 ^{ns}	3,48*	4,94**	2,99*	2,99*
F bloco	1,02 ^{ns}	3,44*	1,90 ^{ns}	1,26 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,86 ^{ns}
CV (%)	7,21	6,81	6,95	7,27	7,74	7,74
D.M.S.	9,11	8,99	8,80	8,95	9,12	9,12
<i>Conyza spp.</i>						
F tratamento	5,69**	8,51**	8,39**	10,64**	11,55**	18,71**
F bloco	1,87 ^{ns}	3,39*	3,10 ^{ns}	3,64*	3,56*	2,48 ^{ns}
CV (%)	15,95	10,13	10,57	10,53	10,86	10,79
D.M.S.	19,49	13,33	13,64	13,26	13,50	12,70
<i>Sida rhombifolia</i>						
F tratamento	45,45**	10,91**	12,24**	6,72**	7,58**	7,51**
F bloco	1,13 ^{ns}	1,00 ^{ns}	2,21 ^{ns}	0,81 ^{ns}	0,69 ^{ns}	0,12 ^{ns}
CV (%)	5,95	5,84	6,23	7,25	8,39	9,69
D.M.S.	7,66	8,09	8,02	9,21	10,20	11,62
<i>Richardia brasiliensis</i>						
F tratamento	117,60**	31,20**	9,96**	96,00**	245,94**	221,40**
F bloco	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,60 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}
CV (%)	1,83	1,74	2,98	2,04	2,58	3,25
D.M.S.	2,51	2,51	3,97	2,51	2,95	3,55
<i>Digitaria spp.</i>						
F tratamento	235,25**	16,27**	4,54*	2,47 ^{ns}	4,82**	3,47*
F bloco	0,29 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,88 ^{ns}	1,00 ^{ns}
CV (%)	1,00	0,95	1,48	4,13	4,27	5,31
D.M.S.	1,43	1,39	1,98	5,49	5,50	6,82

ns: não significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. * Significativo pelo teste F ao nível 5% de probabilidade. ** Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.

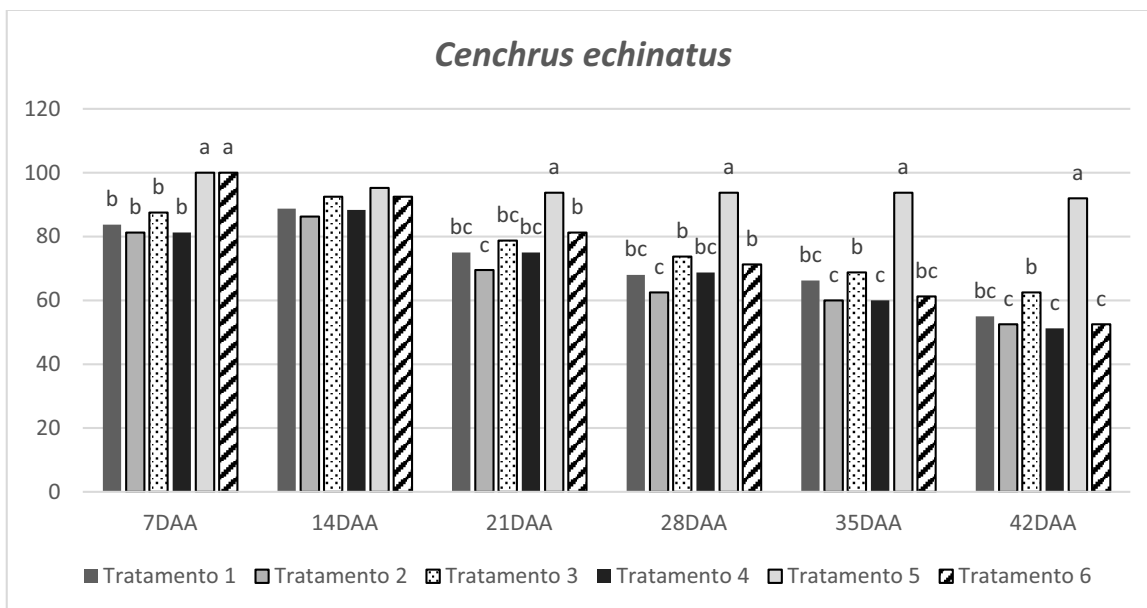


Figura 18. Porcentagem de controle de *Cenchrus echinatus* aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a segunda aplicação (DAA) em área com cobertura de milho: 1: glyphosate 20 DAS + sulfentrazone 10 DAS; 2: glyphosate 20 DAS + flumioxazin 10 DAS; 3: glyphosate + sulfentrazone 10 DAS; 4: glyphosate + flumioxazin 10 DAS; 5: sulfentrazone 10 DAS; 6: flumioxazin 10 DAS. Médias seguidas de mesma letra para cada período de avaliação não diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$).

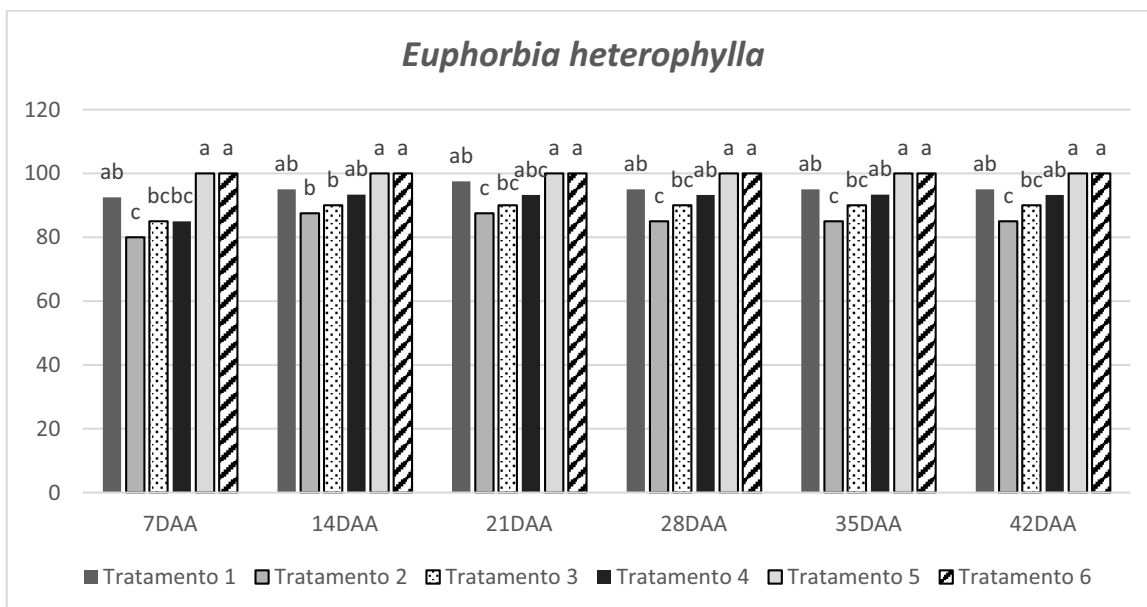


Figura 19. Porcentagem de controle de *Euphorbia heterophylla* aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a segunda aplicação (DAA) em área com cobertura de milho. 1: glyphosate 20 DAS + sulfentrazone 10 DAS; 2: glyphosate 20 DAS + flumioxazin 10 DAS; 3: glyphosate + sulfentrazone 10 DAS; 4: glyphosate + flumioxazin 10 DAS; 5: sulfentrazone 10 DAS; 6: flumioxazin 10 DAS. Médias seguidas de mesma letra para cada período de avaliação não diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$).

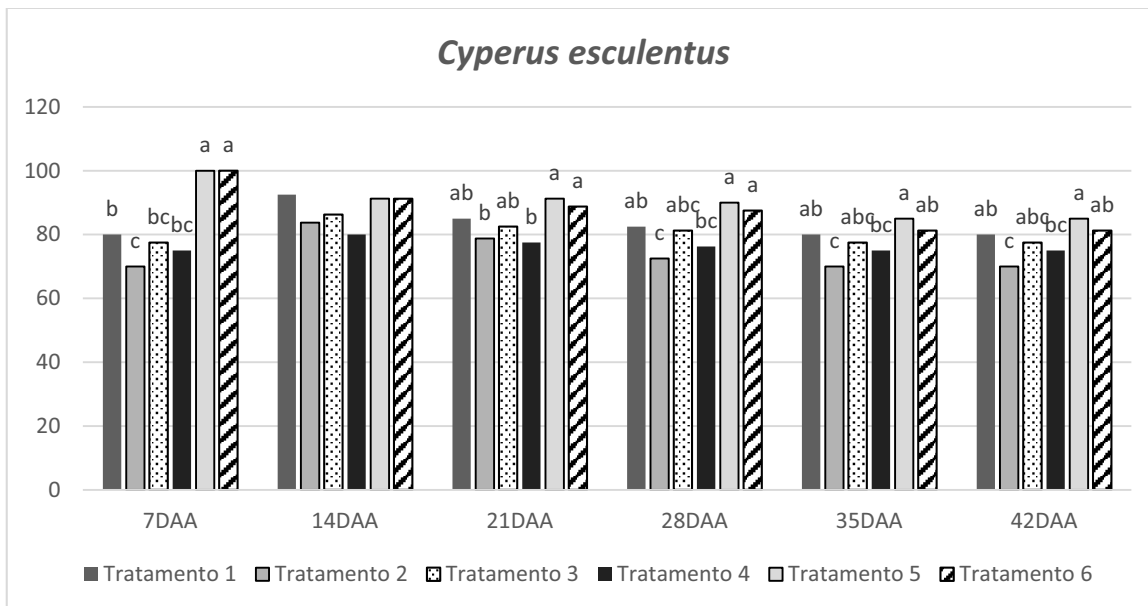


Figura 20. Porcentagem de controle de *Cyperus esculentus* aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a segunda aplicação (DAA) em área com cobertura de milho. 1: glyphosate 20 DAS + sulfentrazone 10 DAS; 2: glyphosate 20 DAS + flumioxazin 10 DAS; 3: glyphosate + sulfentrazone 10 DAS; 4: glyphosate + flumioxazin 10 DAS; 5: sulfentrazone 10 DAS; 6: flumioxazin 10 DAS. Médias seguidas de mesma letra para cada período de avaliação não diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$).

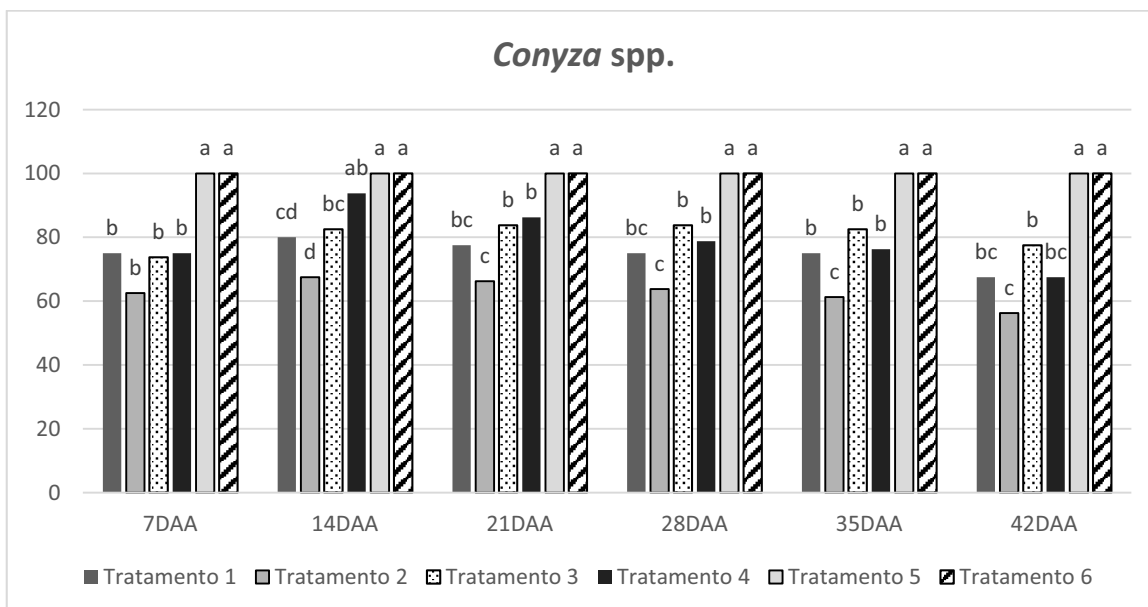


Figura 21. Porcentagem de controle de *Conyza spp.* aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a segunda aplicação (DAA) em área com cobertura de milho. 1: glyphosate 20 DAS + sulfentrazone 10 DAS; 2: glyphosate 20 DAS + flumioxazin 10 DAS; 3: glyphosate + sulfentrazone 10 DAS; 4: glyphosate + flumioxazin 10 DAS; 5: sulfentrazone 10 DAS; 6: flumioxazin 10 DAS. Médias seguidas de mesma letra para cada período de avaliação não diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$).

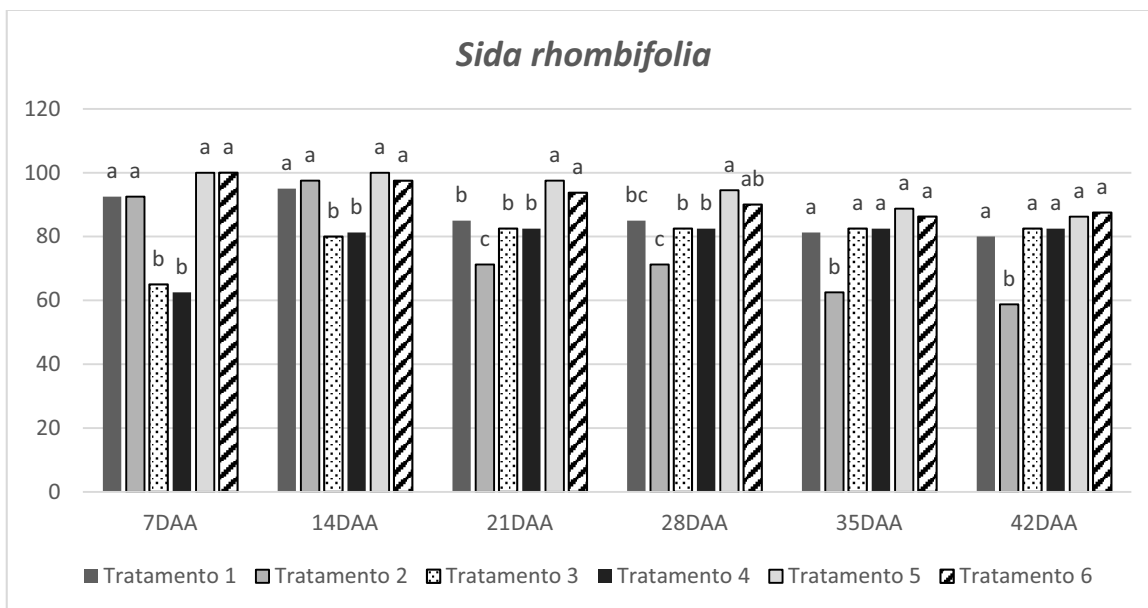


Figura 22. Porcentagem de controle de *Sida rhombifolia* aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a segunda aplicação (DAA) em área com cobertura de milho. 1: glyphosate 20 DAS + sulfentrazone 10 DAS; 2: glyphosate 20 DAS + flumioxazin 10 DAS; 3: glyphosate + sulfentrazone 10 DAS; 4: glyphosate + flumioxazin 10 DAS; 5: sulfentrazone 10 DAS; 6: flumioxazin 10 DAS. Médias seguidas de mesma letra para cada período de avaliação não diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$).

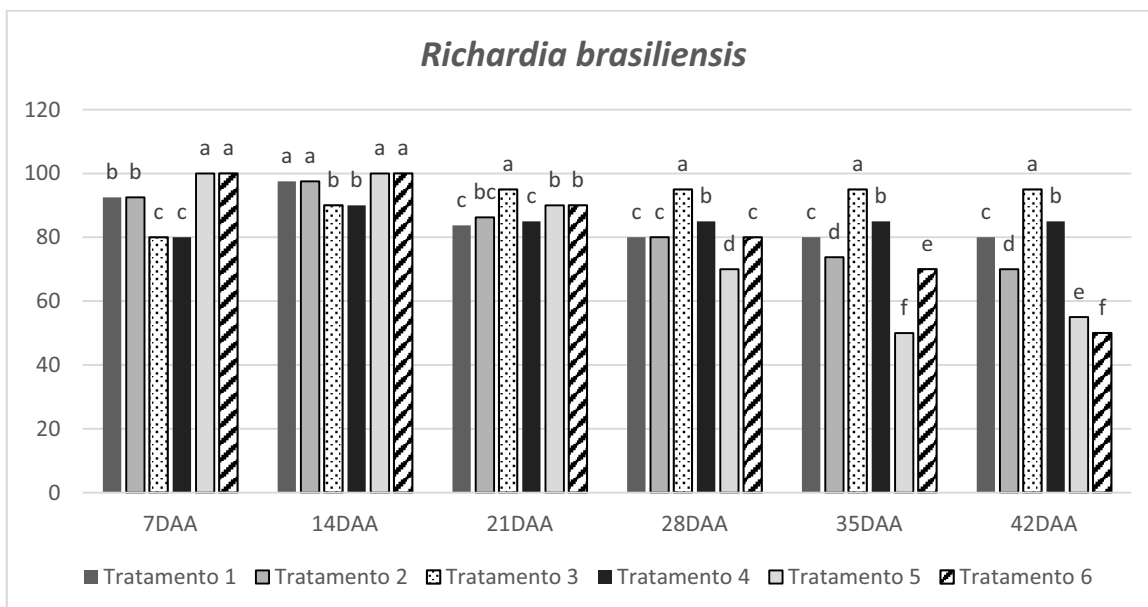


Figura 23. Porcentagem de controle de *Richardia brasiliensis* aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a segunda aplicação (DAA) em área com cobertura de milho. 1: glyphosate 20 DAS + sulfentrazone 10 DAS; 2: glyphosate 20 DAS + flumioxazin 10 DAS; 3: glyphosate + sulfentrazone 10 DAS; 4: glyphosate + flumioxazin 10 DAS; 5: sulfentrazone 10 DAS; 6: flumioxazin 10 DAS. Médias seguidas de mesma letra para cada período de avaliação não diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$).

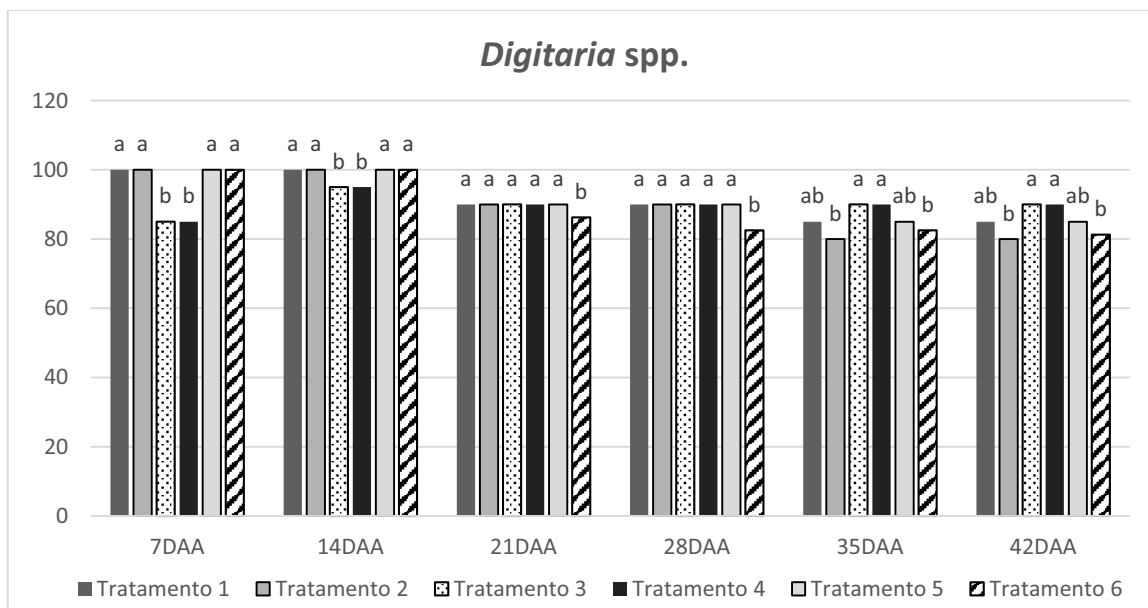


Figura 24. Porcentagem de controle de *Digitaria* spp. aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a segunda aplicação (DAA) em área com cobertura de milho. 1: glyphosate 20 DAS + sulfentrazone 10 DAS; 2: glyphosate 20 DAS + flumioxazin 10 DAS; 3: glyphosate + sulfentrazone 10 DAS; 4: glyphosate + flumioxazin 10 DAS; 5: sulfentrazone 10 DAS; 6: flumioxazin 10 DAS. Médias seguidas de mesma letra para cada período de avaliação não diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$).

As espécies *C. echinatus* e *C. esculentus* foram melhor controladas até os 7 DAA. Para *E. heterophylla* e *Conyza* spp., as aplicações resultaram em bom controle até os 42 DAA. Já para *S. rhombifolia*, *R. brasiliensis* e *Digitaria* spp., aos 14 DAA os níveis de controle foram superiores aos demais períodos avaliados.

Segundo Rodrigues e Almeida (2005), quanto maior o teor de matéria orgânica do solo, menor a eficiência de controle sobre as plantas daninhas, em função da adsorção aos colóides orgânicos e menor disponibilidade na solução do solo.

Quando há ocorrência de espécies resistentes ao glyphosate, como *Conyza* spp., tem-se utilizado como alternativa a mistura deste herbicida com outros de mecanismos de ação distintos ou mesmo aplicações sequenciais (VARGAS; ROMAN, 2006).

Segundo Alves et al. (2004) a eficácia de sulfentrazone é afetada negativamente pelo aumento no teor de óxido de ferro. Os mesmos autores, contrariando as afirmações de Rodrigues e Almeida (2005), concluíram que os teores de argila e matéria orgânica não diminuíram a eficácia deste herbicida.

A aplicação do herbicida diclosulam sobre palha de milho seguida por 30 mm de chuva foi eficiente no controle de *S. rhombifolia* até 35 dias após a aplicação (CARBONARI, 2008).

Constantin et al. (2007) concluíram que a aplicação sequencial de subdoses de flumiclorac-pentyl (36 + 36 g i.a. ha⁻¹) ofereceu controle satisfatório de *S. rhombifolia* quando comparados aos resultados obtidos com aplicações sequenciais de lactofen (75 + 75 g i.a. ha⁻¹) e fomesafen (120 + 120 g i.a. ha⁻¹).

Grande parte dos trabalhos relacionados aos danos ou manejo de *C. esculentus* é restrita a cultura do arroz irrigado por inundação, na Região Sul.

Novo et al. (2008) avaliando o efeito da integração entre palha de cana-de-açúcar, cv 80-1842, e sulfentrazone no controle de *Cyperus rotundus* concluíram que a aplicação de 700 g ha⁻¹ de sulfentrazone, isolado ou em associação a cobertura com palha, em uma quantidade correspondente a 15 t ha⁻¹, controlou satisfatoriamente o desenvolvimento inicial de *C. rotundus*. Nos tratamentos com a deposição de palha, esta causou estiolamento das plantas daninhas. Em tese, o mesmo tratamento pode surtir efeito para *C. esculentus*.

Em trabalho realizado por Dan et al. (2011), a aplicação de atrazine (3,5 kg ha⁻¹) em pós-emergência, no estádios iniciais de desenvolvimento das plantas de *C. echinatus* resultou em bom controle desta planta daninha, sendo superior a 90% em plantas com um par e folhas. Segundo os autores, aplicações em estádios mais avançados de desenvolvimento, apesar de ocasionarem redução no acúmulo de biomassa seca, na produção de estruturas reprodutivas e menor altura de plantas, não oferecem controle satisfatório.

Segundo Figueiredo et al. (2010), o herbicida flumioxazin é eficiente no controle de *C. echinatus*, com a dose variando de 42,9 g i.a. ha⁻¹ em solo arenoso a 271,5 g i.a. ha⁻¹ em solo argiloso, resultando em 95% de controle da planta daninha em ambos os casos.

Para um controle eficiente de *R. brasiliensis*, Cechin et al. (2012) observaram que a mistura de glyphosate com outros herbicidas produz melhores resultados.

De acordo com Amstalden et al. (2008) o emprego do herbicida clomazone é uma boa opção para o controle de capim-colchão. López-Ovejero et al. (2006) concluíram que o emprego de sulfentrazone isolado ou em mistura com

trifluranina, clomazone ou S-metolachlor, em pré-emergência das plantas daninhas, foi eficaz no controle de *D. ciliaris* resistente a inibidores de ACCase.

D. insularis tem sido tratada como espécie tolerante ao glyphosate, sendo necessário o emprego de herbicidas com outros mecanismos de ação para auxiliar em seu controle (CORREIA et al., 2010; CARVALHO et al., 2012).

6.4. Levantamento fitossociológico

Todos os indivíduos de uma espécie, ocorrendo em uma mesma, área compõem uma população. Por sua vez, um grupo de populações, ocorrendo em um mesmo momento, nesta mesma área, forma uma comunidade. As populações de plantas daninhas podem sofrer variações em função de alguns aspectos como o fluxo de emergência, taxa de crescimento, índice de mortalidade dos indivíduos e duração do ciclo da espécie (OLIVEIRA; FREITAS, 2008). A sazonalidade, condições edafoclimáticas e também o manejo da cultura e presença de cobertura morta influenciam diretamente a comunidade infestante, visto que cada espécie de planta daninha possui maior ou menor poder de adaptabilidade a uma determinada condição ambiental e de solo.

Segundo Braun-Blanquet (1979) a fitossociologia é o estudo da composição das comunidades vegetais, tanto do ponto de vista das espécies vegetais que a compõem como em relação à sua distribuição. De acordo com Causton (1988), neste tipo de levantamento, busca-se estabelecer as características qualitativas (relação entre as espécies presentes na área em estudo) e quantitativas (número de indivíduos e densidade de plantas daninhas por m²).

Quando a comunidade infestante encontrava-se bem desenvolvida, próximo ao fechamento da cultura, aos 38 dias após a emergência da soja, foram identificadas, em toda a área experimental de sorgo, 15 espécies de plantas daninhas de ocorrência natural, sendo elas *Alternanthera tenella*, *Commelina benghalensis*, *Cyperus esculentus*, *Sonchus olecareus*, *Richardia brasiliensis*, *Bidens pilosa*, *Raphanus sativus*, *Euphorbia heterophylla*, *Sida rhombifolia*, *Emilia sonchifolia*, *Eleusine indica*, *Brachiaria plantaginea*, *Digitaria* spp., *Cenchrus echinatus* e *Conyza* spp. O levantamento fitossociológico teve como principal objetivo determinar de que forma os tratamentos influenciaram a flora infestante, caracterizando tanto as espécies presentes como em que densidade elas ocorriam.

Na Tabela 20 podem ser observados os valores de frequência relativa, densidade relativa, abundância relativa e índice de valor de importância das plantas daninhas encontradas em quantidade expressiva, em cada tratamento, na área experimental com sorgo. É possível observar que a aplicação de diferentes herbicidas em manejos distintos alterou a composição da comunidade de plantas daninhas em cada tratamento. Isto fica mais nítido quando se observa o número de espécies que ocorreram de forma mais acentuada na testemunha bem superior a maior parte dos tratamentos, por ocasião do levantamento.

As espécies *S. rhombifolia*, *C. echinatus*, *C. esculentus*, *R. brasiliensis* e *Digitaria* spp. ocorrem com maior frequência, sendo comuns a quase todos os tratamentos. Nas parcelas sem aplicação de herbicidas residuais (testemunha), observou-se maior quantidade de espécies de plantas daninhas, denotando que o controle das mesmas foi superior com o emprego de herbicidas residuais, em qualquer tipo de manejo. A espécie com maior IVI neste tratamento foi *S. rhombifolia*. Nos tratamentos com a aplicação de sulfentrazone, ocorreram, no máximo, três espécies com maior importância. Nos tratamentos com o emprego de flumioxazin, sobretudo naquele onde ele foi aplicado isolado aos 10 DAS, o controle de plantas daninhas ficou aquém o esperado, devido ao número de espécies e indivíduos encontrados nas parcelas. A ausência de palha como barreira física também pode ser considerada um fator de positivo para a germinação e emergência das plantas daninhas (Tabela 20).

Na Tabela 21 são apresentados os dados referentes ao índice de similaridade (IS) entre os tratamentos da área com cobertura de sorgo. O IS mais alto foi obtido entre os tratamentos 1 (glyphosate 20 DAS + sulfentrazone 10 DAS) e 7 (glyphosate 10 DAS), provavelmente em função da presença de quase todas as espécies de plantas daninhas na testemunha. O segundo maior índice observado ocorreu entre os tratamentos 1 (glyphosate 20 DAS + sulfentrazone 10 DAS) e 2 (glyphosate 20 DAS + flumioxazin 10 DAS) que tinham em comum a época de aplicação e quantidade de palha sobre a parcela, o que pode ter favorecido as semelhanças entre a ocorrência das espécies.

Tabela 20. Índice de valor de importância (IVI) das principais plantas daninhas presentes nos diferentes sistemas de manejo de dessecação pré-semeadura da soja, aos 38 dias após a semeadura da soja, em área com cobertura de sorgo.

Espécies vegetais	FRE	DEN	ABU	IVI
Glyphosate (20 DAS) + Sulfentrazone (10 DAS)				
<i>Sida rhombifolia</i>	66,67	17,65	26,47	110,78
<i>Cenchrus echinatus</i>	66,67	11,76	17,65	96,08
<i>Digitaria</i> spp.	33,33	35,29	105,88	174,51
Glyphosate (20 DAS) + Flumioxazin (10 DAS)				
<i>Cyperus esculentus</i>	100,00	34,33	34,33	168,66
<i>Cenchrus echinatus</i>	75,00	32,84	43,78	151,62
Glyphosate + Sulfentrazone (10 DAS)				
<i>Cyperus esculentus</i>	50,00	8,70	17,39	76,09
<i>Richardia brasiliensis</i>	75,00	60,87	81,16	217,03
<i>Digitaria</i> spp.	50,00	13,04	26,09	89,13
Glyphosate + Flumioxazin (10 DAS)				
<i>Bidens pilosa</i>	50,00	19,23	38,46	107,69
<i>Cyperus esculentus</i>	75,00	19,23	25,64	119,87
<i>Alternanthera tenella</i>	25,00	19,23	76,92	121,15
<i>Digitaria</i> spp.	25,00	26,92	107,69	159,62
Sulfentrazone (10 DAS)				
<i>Cyperus esculentus</i>	50,00	38,46	76,92	165,38
<i>Richardia brasiliensis</i>	75,00	61,54	82,05	218,59
Flumioxazin (10 DAS)				
<i>Cyperus esculentus</i>	75,00	19,05	25,40	119,44
<i>Richardia brasiliensis</i>	25,00	9,52	38,10	72,62
<i>Eleusine indica</i>	50,00	16,67	33,33	100,00
<i>Cenchrus echinatus</i>	25,00	23,81	95,24	144,05
<i>Commelina benghalensis</i>	50,00	9,52	19,05	78,57
<i>Brachiaria plantaginea</i>	50,00	11,90	23,81	85,71
Testemunha – Glyphosate (10 DAS)				
<i>Sida rhombifolia</i>	50,00	43,53	87,06	180,59
<i>Euphorbia heterophylla</i>	50,00	8,24	15,47	74,71
<i>Cyperus esculentus</i>	50,00	5,88	11,76	67,65
<i>Richardia brasiliensis</i>	25,00	3,53	14,12	42,65
<i>Bidens pilosa</i>	50,00	5,88	11,76	67,65
<i>Raphanus sativus</i>	50,00	7,06	14,12	71,18
<i>Alternanthera tenella</i>	75,00	7,06	9,41	91,47
<i>Digitaria</i> spp.	25,00	5,88	23,53	54,41
<i>Conyza</i> spp.	50,00	3,53	7,06	60,59
<i>Cenchrus echinatus</i>	50,00	2,35	4,71	57,06

FRE: Frequência relativa. DEN: Densidade relativa. ABU: Abundância relativa. IVI: Índice de valor de importância. DAS: Dias antes da semeadura.

Tabela 21. Índice de similaridade (IS) entre os tratamentos, aos 38 dias após a semeadura da soja, em área com dessecação de cobertura de sorgo.

Índice de Similaridade (%)							
Tratamento							
Tratamento	1	2	3	4	5	6	7
1	-	90,00	66,67	77,38	30,77	60,00	91,67
2	90,00	-	62,50	62,50	36,36	55,56	72,73
3	66,67	62,50	-	57,14	44,44	50,00	70,00
4	77,38	62,50	57,14	-	22,22	37,50	70,00
5	30,77	36,36	44,44	22,22	-	36,36	26,67
6	60,00	55,56	50,00	37,50	36,36	-	63,64
7	91,67	72,73	70,00	70,00	26,67	63,64	-

1: glyphosate 20 DAS + sulfentrazone 10 DAS; 2: glyphosate 20 DAS + flumioxazin 10 DAS; 3: glyphosate + sulfentrazone 10 DAS; 4: glyphosate + flumioxazin 10 DAS; 5: sulfentrazone 10 DAS; 6: flumioxazin 10 DAS; 7: glyphosate (Testemunha) 10 DAS.

Na área experimental de milho foram observadas as espécies *Alternanthera tenella*, *Cyperus esculentus*, *Richardia brasiliensis*, *Bidens pilosa*, *Raphanus sativus*, *Euphorbia heterophylla*, *Sida rhombifolia*, *Emilia sonchifolia*, *Eleusine indica*, *Brachiaria plantaginea*, *Digitaria* spp., *Cenchrus echinatus* e *Conyza* spp., em um total de 13 gêneros de plantas daninhas.

Na Tabela 22 podem ser observados os valores de frequência relativa, densidade relativa, abundância relativa e índice de valor de importância das plantas daninhas encontradas em quantidade mais expressiva em cada tratamento na área experimental com cobertura de milho. Na área com cobertura de milho, a presença e dispersão das espécies diferenciou-se, sobretudo, pela maior presença de *S. rhombifolia* e *R. brasiliensis* na maioria das parcelas. As demais características foram muito semelhantes às observadas na área com cobertura de sorgo.

O gênero *Sida* compreende cerca de 170 espécies, presentes na América, Ásia, África e Austrália (CONSTANTIN et al. 2007). *S. rhombifolia*, conhecida popularmente como guanxuma, pertence à família Malvaceae, sendo uma planta anual ou perene que pode alcançar até 80 cm de altura (LORENZI, 2014), com ocorrência em todas as regiões do Brasil. É uma planta daninha bastante agressiva e competitiva em relação a culturas anuais por ter um profundo sistema radicular, e sua presença dificulta a colheita mecânica em função de seu resistente caule (KISSMANN; GROTH, 2000; LORENZI, 2014). Dentre as espécies do gênero *Sida* que ocorrem no Brasil, é considerada a mais disseminada e de mais difícil controle (FLECK et al., 2003). Rizzardi et al. (2003) avaliando a interferência causada pela presença de *S. rhombifolia* em

lavoura de soja observaram 14% de redução na produção de grãos da cultura em função da presença da planta daninha.

Tabela 22. Índice de valor de importância (IVI) das principais plantas daninhas presentes nos diferentes sistemas de manejo de dessecação pré-semeadura da soja, aos 38 dias após a semeadura da soja, em área com cobertura de milheto.

Espécies vegetais	FRE	DEN	ABU	IVI
Glyphosate (20 DAS) + Sulfentrazone (10 DAS)				
<i>Sida rhombifolia</i>	100,00	20,59	20,59	141,18
<i>Richardia brasiliensis</i>	100,00	20,59	20,59	141,18
Glyphosate (20 DAS) + Flumioxazin (10 DAS)				
<i>Sida rhombifolia</i>	100,00	101,49	101,49	302,99
<i>Richardia brasiliensis</i>	50,00	7,46	14,93	72,39
<i>Cyperus esculentus</i>	50,00	14,93	29,85	94,78
Glyphosate + Sulfentrazone (10 DAS)				
<i>Sida rhombifolia</i>	100,00	26,09	26,09	152,17
<i>Euphorbia heterophylla</i>	50,00	21,74	43,48	115,22
<i>Richardia brasiliensis</i>	75,00	56,52	75,36	206,88
Glyphosate + Flumioxazin (10 DAS)				
<i>Bidens pilosa</i>	50,00	15,38	30,77	96,15
<i>Sida rhombifolia</i>	100,00	173,08	173,08	446,15
<i>Euphorbia heterophylla</i>	50,00	15,38	30,77	96,15
Sulfentrazone (10 DAS)				
<i>Sida rhombifolia</i>	75,00	38,46	51,28	164,74
<i>Richardia brasiliensis</i>	75,00	46,15	61,54	182,69
Flumioxazin (10 DAS)				
<i>Cyperus esculentus</i>	100,00	73,81	73,81	247,62
<i>Sida rhombifolia</i>	50,00	61,90	123,81	235,71
<i>Cenchrus echinatus</i>	75,00	9,52	12,70	97,22
<i>Brachiaria plantaginea</i>	75,00	11,90	15,87	102,78
Testemunha – Glyphosate (10 DAS)				
<i>Sida rhombifolia</i>	100,00	64,71	64,71	229,41
<i>Bidens pilosa</i>	100,00	11,76	11,76	123,53
<i>Richardia brasiliensis</i>	75,00	8,24	10,98	94,22
<i>Alternanthera tenella</i>	25,00	4,71	18,82	48,53
<i>Cyperus esculentus</i>	75,00	3,53	4,71	83,24
<i>Emilia sonchifolia</i>	75,00	4,71	6,27	85,98
<i>Conyza spp.</i>	50,00	3,53	7,06	60,59
<i>Digitaria spp.</i>	25,00	3,53	14,12	42,65

FRE: Frequência relativa. DEN: Densidade relativa. ABU: Abundância relativa. IVI: Índice de valor de importância. DAS: Dias antes da semeadura.

Segundo Fleck et al. (2002), quanto mais próxima à dessecação for realizada a semeadura da soja, menor será o grau de interferência de *S. rhombifolia*. O

nível de dano econômico (NDE) foi substancialmente mais alto quando a semeadura da soja foi realizada aos 3 dias após a dessecação (NDE = 50 plantas m²) do que quando foi realizada aos 11 dias após a dessecação (NDE = 2 plantas m²), corroborando a afirmação de que a interferência será tanto menor quanto mais rápida for feita a semeadura.

C. esculentus, também conhecida pelo nome comum de tiriricão, pertence à família Cyperaceae, assim como *C. rotundus*, espécie mais comum do gênero *Cyperus* (LORENZI, 2014), que possui grande importância, sendo listada como a principal planta daninha do mundo. *C. esculentus* é uma das principais plantas daninhas na cultura do arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul (PANOZZO et al., 2009).

A espécie *C. echinatus*, popularmente denominada capim-carrapicho, é uma planta anual, pertencente à família Poaceae, de ocorrência em todas as regiões do Brasil (LORENZI, 2014). Pode causar danos diretos ou indiretos às culturas devido ao seu elevado potencial competitivo, agressividade, grande capacidade de dispersão via sementes (KISSMANN, 1997; PACHECO; MARINIS, 1984) e características de sua sementes, que podem diminuir a qualidade do produto colhido em função da sua capacidade de aderir as mais diversas superfícies através de seus espinhos.

R. brasiliensis, conhecida no Brasil pelo nome comum de poaia-branca, é uma dicotiledônea anual, pertencente a família Rubiaceae, de hábito prostrado, podendo alcançar até 50 cm de altura. Ocorre com frequência, durante todo o verão, em lavouras do Sul, Sudeste e Centro-Oeste em função de sua grande adaptabilidade aos mais diferentes ambientes e sistemas de plantio (PEDRINHO JÚNIOR et al., 2004; LORENZI, 2014). Compete de forma agressiva com a cultura da soja e é considerada de difícil controle (KISSMANN, 1995).

Em trabalho realizado por Pedrinho Júnior e colaboradores (2004), a poaia-branca foi mais rápida do que a soja na alocação de nutrientes para as estruturas reprodutivas, iniciando este processo aos 50 dias após a emergência (DAE). Esta é uma característica importante, pois a planta daninha produz e dispersa suas sementes durante todo seu ciclo, o que não ocorre com a soja. Contudo, os autores concluíram que já aos 78 DAE a soja foi mais eficiente tanto no acúmulo de nutrientes quanto no incremento em massa seca do que a poaia-branca.

De forma geral, o gênero *Digitaria* compreende espécies agressivas, que podem causar danos a diversas culturas de interesse. Engloba cerca de 300 espécies, sendo 28 com ocorrência no Brasil (DIAS, 2011), destacando-se entre elas

o capim amargoso (*D. insularis*) e o capim-colchão (*D. ciliaris*, *D. horizontalis*, *D. sanguinalis*, *D. nuda*, etc). As espécies de capim-colchão são de difícil identificação e diferenciação em campo. São plantas anuais, pertencentes à família Poaceae (LORENZI, 2014).

Fialho et al. (2011) estudando a comunidade de plantas daninhas na culturas da soja RR sob dois sistemas de preparo do solo, antes e após a aplicação do herbicidas lactofen + chlorimuron-ethyl (150 + 50 g ha⁻¹), imazethapyr + fomesafen (100 + 250 g ha⁻¹) e glyphosate (1000 g ha⁻¹) concluíram que, no sistema de plantio convencional *B. plantaginea* e *C. rotundus* apresentaram os maiores valores de IVI, enquanto no sistema de semeadura direta na palha, os destaque foi das espécies *B. plantaginea* e *D. horizontalis*.

Na Tabela 23 são apresentados os dados referentes ao índice de similaridade (IS) entre os tratamentos da área com cobertura de milho.

Tabela 23. Índice de similaridade (IS) entre os tratamentos, aos 38 dias após a semeadura da soja, em área com dessecação de cobertura de milho.

Índice de Similaridade (%)							
Tratamento							
Tratamento	1	2	3	4	5	6	7
1	-	61,54	72,73	50,00	54,55	46,15	66,67
2	61,54	-	50,00	70,59	50,00	42,86	75,00
3	72,73	50,00	-	53,33	60,00	50,00	57,14
4	50,00	70,59	53,33	-	40,00	58,82	73,68
5	54,55	50,00	60,00	40,00	-	83,33	42,86
6	46,15	42,86	50,00	58,82	83,33	-	62,50
7	66,67	75,00	57,14	73,68	42,86	62,50	-

1: glyphosate 20 DAS + sulfentrazone 10 DAS; 2: glyphosate 20 DAS + flumioxazin 10 DAS; 3: glyphosate + sulfentrazone 10 DAS; 4: glyphosate + flumioxazin 10 DAS; 5: sulfentrazone 10 DAS; 6: flumioxazin 10 DAS; 7: glyphosate (Testemunha) 10 DAS.

De forma geral, o IS entre os tratamentos na área experimental com cobertura de milho foram menores, sendo o maior observado entre os tratamentos 5 (sulfentrazone 10 DAS) e 6 (flumioxazin 10 DAS). Em ambos havia ausência de cobertura, o que pode justificar a grande semelhança (Tabela 23).

Com a introdução de culturas tolerantes a herbicidas, estudos de fitossociologia são importantes, pois podem prever mudanças na comunidade de plantas

daninhas de uma determinada área, podendo-se, através destes, antever problemas com resistência (PITELLI, 2000).

6.5. Quantificação dos teores de clorofila e carotenoides na cultura da soja

Na Tabela 24 são apresentados os dados da análise de variância para os teores de clorofila *a*, *b* e carotenoides em folíolos de soja coletados aos 7 e 21 dias após a emergência da soja. Nas Figuras 25 e 26, são apresentados os teores de clorofila *a*, *b* e carotenoides extraídos de folíolos de soja, respectivamente aos 7 e 21 dias após a emergência da cultura (DAE), em área com cobertura de sorgo.

Tabela 24. Análise de variância dos teores de clorofila *a*, *b* e carotenoides nas áreas com cobertura de sorgo e milho aos 7 e 21 dias após a emergência da soja.

Clorofila <i>a</i>				
	Cobertura de sorgo		Cobertura de milho	
	7 DAA	21 DAA	7 DAA	21 DAA
F tratamento	0,55 ^{ns}	0,97 ^{ns}	5,41**	1,20 ^{ns}
F bloco	1,21 ^{ns}	0,60 ^{ns}	2,87 ^{ns}	2,10 ^{ns}
CV (%)	21,48	20,97	8,63	23,52
D.M.S.	0,30	0,23	0,08	0,26
Clorofila <i>b</i>				
	Cobertura de sorgo		Cobertura de milho	
	7 DAA	21 DAA	7 DAA	21 DAA
F tratamento	0,57 ^{ns}	0,77 ^{ns}	4,32**	1,14 ^{ns}
F bloco	1,06 ^{ns}	0,70 ^{ns}	1,79 ^{ns}	1,77 ^{ns}
CV (%)	23,47	20,40	9,55	23,20
D.M.S.	0,91	0,07	0,03	0,08
Carotenoides				
	Cobertura de sorgo		Cobertura de milho	
	7 DAA	21 DAA	7 DAA	21 DAA
F tratamento	0,70 ^{ns}	1,11 ^{ns}	1,21 ^{ns}	1,28 ^{ns}
F bloco	1,79 ^{ns}	0,75 ^{ns}	2,11 ^{ns}	3,07 ^{ns}
CV (%)	15,99	19,12	8,45	16,81
D.M.S.	0,08	0,08	0,03	0,06

ns: não significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. *Significativo pelo teste F ao nível 5% de probabilidade. **Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.

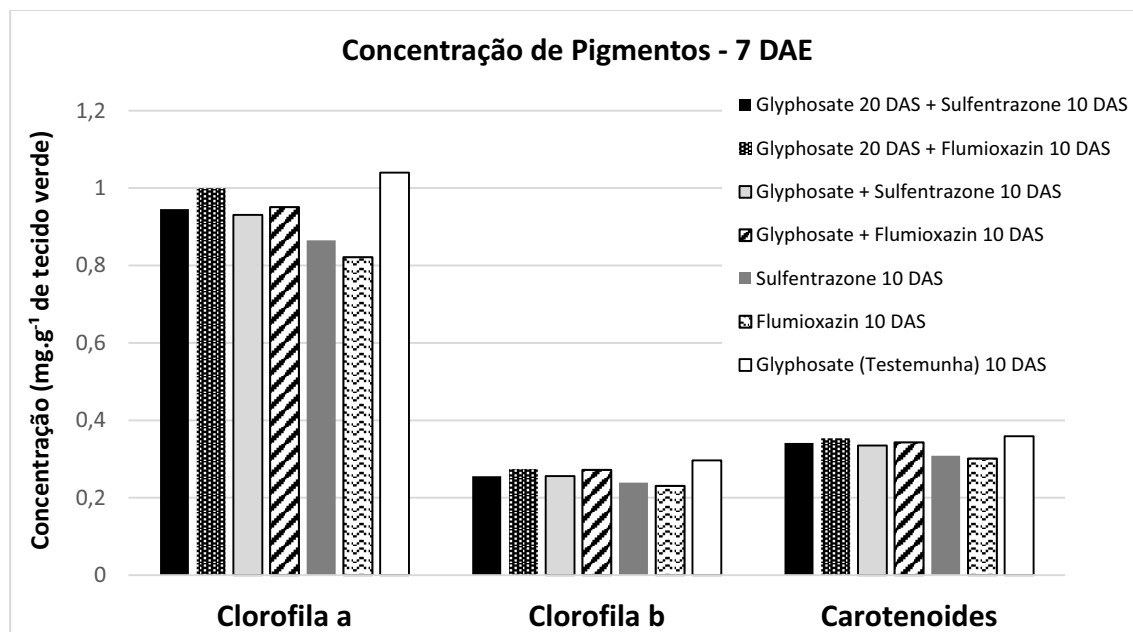


Figura 25. Concentração (mg g^{-1}) de clorofila *a*, *b* e carotenoides em folíolos de soja coletados aos 7 dias após a emergência da cultura em área com cobertura de sorgo. DAE: Dias após a emergência.

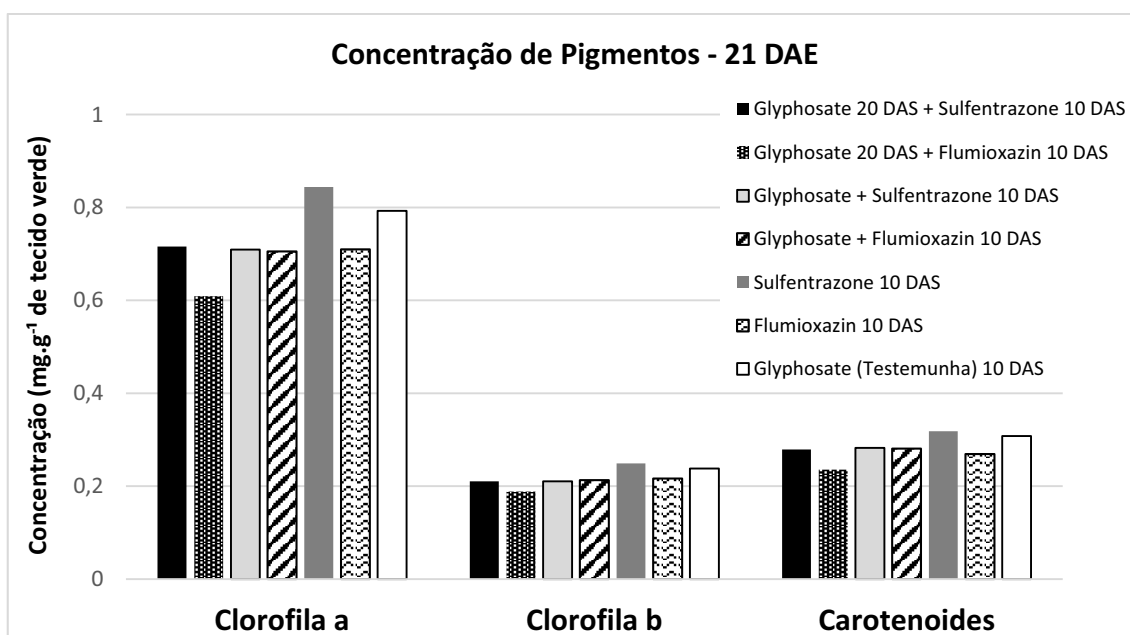


Figura 26. Concentração (mg g^{-1}) de clorofila *a*, *b* e carotenoides em folíolos de soja coletados aos 21 dias após a emergência da cultura em área com cobertura de sorgo. DAE: Dias após a emergência.

Aos 7 dias após a emergência (DAE) da soja não houve diferenças nas concentrações dos pigmentos fotossintéticos da soja para os diferentes sistemas de manejo, independente da aplicação dos herbicidas residuais (Figura 25). Aos

21 DAE também não são observadas diferenças significativas na concentração de nenhum dos pigmentos avaliados, mas observa-se que uma tendência de redução é mantida para os tratamentos com aplicação dos herbicidas residuais, exceto para o sulfentrazone aplicado sem palha (Figura 26).

Nas Figuras 27 e 28, são apresentados os teores de clorofila *a*, *b* e carotenoides extraídos de folíolos de soja coletados aos 7 e 21 dias após a emergência das plântulas, respectivamente, em área com cobertura de milho. Para essa cobertura foram observadas diferenças significativas entre os diferentes tratamentos aos 7 DAA. No tratamento com flumioxazin aplicado sem palha foram observados menores teores de clorofilas *a* e *b*. Apesar da concentração deste herbicida não ter sido quantificada no solo, é provável que esta seja a condição que permitiu os maiores teores deste herbicida no solo, de acordo com os resultados observados para o sulfentrazone (Figura 27).

Aos 21 DAE (Figura 28) não são observados efeitos negativos dos herbicidas sobre a concentração de nenhum dos pigmentos avaliados. É interessante observar que na avaliação realizada em folíolos coletados aos 21 DAE, o teor dos pigmentos fotossintéticos, apesar de não diferir estatisticamente, foi numericamente maior àquele encontrado na testemunha para alguns tratamentos contendo os herbicidas residuais (Figuras 26 e 28).

Os herbicidas com ação de inibição da enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), presente nos cloroplastos e que atua na rota de biossíntese de clorofila e carotenoides, causam o acúmulo de protoporfirinogênio IX no cloroplasto, sendo este extravasado para o citoplasma, onde é convertido em protoporfirina IX por outras enzimas e leva a formação de oxigênio singlete, sua forma reativa. Essa cadeia de reações ocasiona a peroxidação de lipídeos da membrana celular com seu consequente rompimento e extravasamento do conteúdo celular e, por fim, levando a morte da planta suscetível (DUKE et al., 1991, DAYAN et al., 1997b; WEHTJE et al., 1997).

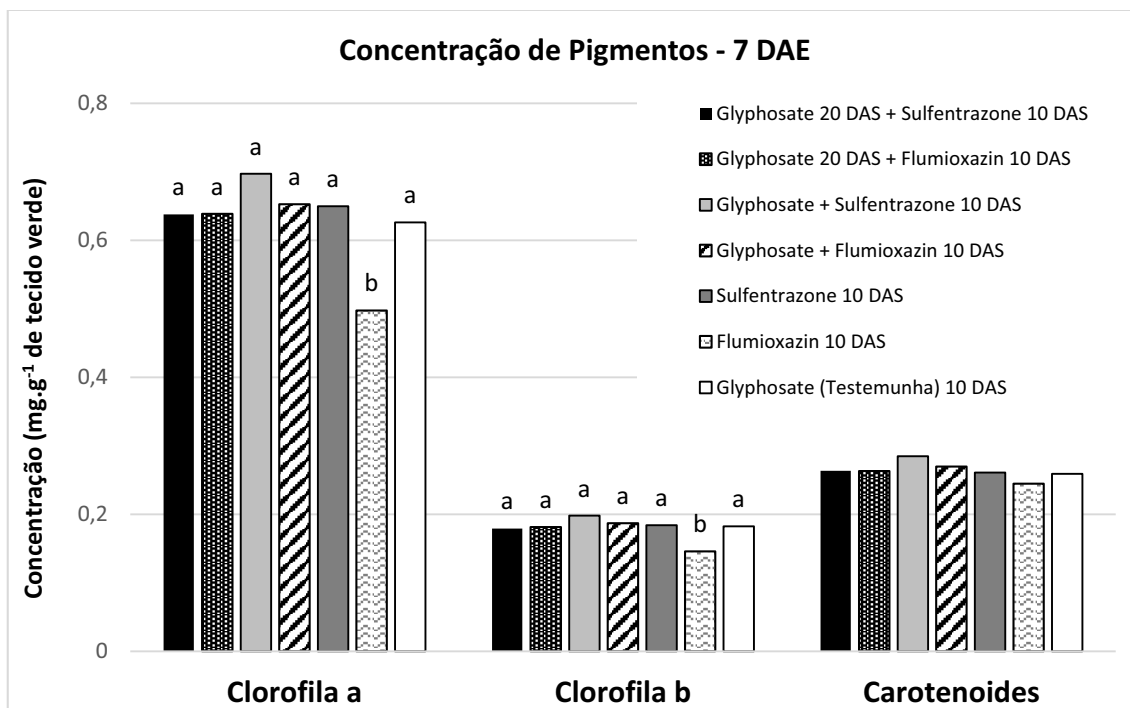


Figura 27. Concentração (mg g⁻¹) de clorofila *a*, *b* e carotenoides em folíolos de soja coletados aos 7 dias após a emergência da cultura em área com cobertura de milho. DAE: Dias após a emergência. Médias seguidas de mesma letra para cada tratamento avaliado não diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$).

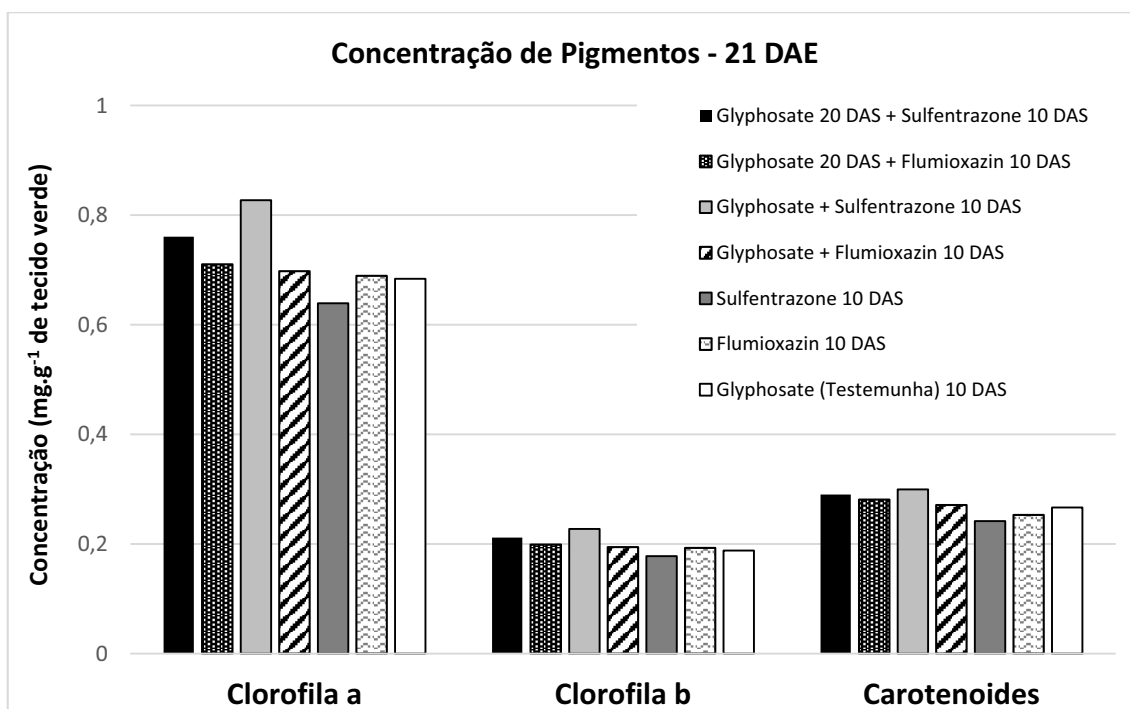


Figura 28. Concentração (mg g⁻¹) de clorofila *a*, *b* e carotenoides em folíolos de soja coletados aos 21 dias após a emergência da cultura em área com cobertura de milho. DAE: Dias após a emergência.

Os herbicidas inibidores da PROTOX ocasionam perda na produção de clorofila e carotenoides em culturas suscetíveis (OLIVEIRA JÚNIOR, 2001). O menor teor deste pigmento no referido tratamento pode ser explicado pela ausência de palha, que seria uma barreira física ao contato do herbicida com a cultura durante seu desenvolvimento inicial.

A avaliação dos teores de clorofila *a*, *b* e carotenoides tem sido empregada para indicar a fitointoxicação causada por herbicidas, sobretudo aqueles que têm como mecanismo de ação a interrupção da rota de produção destes pigmentos. Os carotenoides, presentes nas membranas dos cloroplastos, possuem a função de dissipar na forma de calor a energia química armazenada pelas clorofilas (VIDAL, 1997).

Oliveira et al. (2008) analisando os efeitos da aplicação de glyphosate (0, 720, 1.440 e 2.880 g e.a. ha⁻¹), haloxyfop-methyl (0, 120, 240 e 480 g ha⁻¹), oxyfluorfen (0, 360, 720 e 1.440 g ha⁻¹) e sulfentrazone (0, 300, 600 e 1.200 g ha⁻¹) sobre os teores de clorofila e carotenoides em plantas de Cedro Australiano (*Toona ciliata* var. *australis*), observaram que o emprego de glyphosate nas doses de 1.440 e 2.280 g de e.a. ha⁻¹ ocasionou redução no teor de clorofila total de 30,4 e 49,8%, respectivamente, em relação à testemunha sem a aplicação de herbicida. Em relação ao oxyfluorfen, a dose de 360 g ha⁻¹ levou ao aumento do teor de clorofila. Neste caso, é possível que, em função da cerosidade das folhas, o houve dificuldade de penetração do produto (ROMAN et al., 2007). Nas doses de 720 e 1.440 g ha⁻¹ de oxyfluorfen e 600 e 1.200 g ha⁻¹ de sulfentrazone os teores de clorofila sofreram redução quando comparadas as folhas sem aplicação.

O primeiro local de ação do glyphosate é a via do chiquimato, porém, o primeiro sintoma de intoxicação de plantas por este herbicida é a clorose em meristemas e folhas jovens (MOLDES et al., 2008). Portanto, a aplicação de glyphosate, mesmo em doses subletais, causa efeito negativo na síntese de clorofila (NILSSON, 1985) e isso ocorre porque, o acúmulo de chiquimato atua como dreno de carbono oriundo do ciclo de Calvin, reduzindo a taxa fotossintética (SERVIATES et al., 1987; DUKE et al., 2003). O ácido aminolevulênico (ALA), precursor da clorofila, também sofre efeito deletério pela aplicação de glyphosate (KITCHEN et al., 1981), pois as enzimas catalase e peroxidase, envolvidas em sua biossíntese são sensíveis à deficiência de ferro (MARSH, 1963), que pode ser quelado pelo glyphosate.

No presente estudo, pelo fato da aplicação do glyphosate ter sido

aplicado na dessecação das coberturas, em pré-emergência da soja, e de que este herbicida possui grande afinidade com os colóides do solo, sendo imediatamente inativado quando em contato com estes, pode-se presumir que possíveis efeitos sobre as concentrações de clorofilas e carotenóides nos folíolos de soja avaliados tenham ficado a cargo, apenas, dos herbicidas sulfentrazone e flumioxazin, que possuem atividade herbicida mesmo no solo e tem efeito direto sobre a rota de biossíntese dos referidos pigmentos.

6.6. Avaliação da produtividade e componentes de rendimento da soja

Segundo Constantin et al. (2009), a escolha do momento mais adequado para a dessecação da cobertura vegetal em pré-semeadura da soja é fundamental para o bom desenvolvimento da cultura no sistema de semeadura direta.

Nos tratamentos com aplicação de sulfentrazone (tratamento 5) e flumioxazin (tratamento 6) isolados, aos 10 dias antes da semeadura da soja, removeu-se toda a cobertura vegetal presente nas parcelas. Presume-se, desta forma, que todos os nutrientes extraídos pelas coberturas de sorgo e milho não retornaram ao solo, como ocorreu nos demais tratamentos onde não houve a remoção da cobertura e das plantas daninhas. Tal fato pode ter contribuído para as menores produtividades encontradas nestes tratamentos, de modo que, os componentes de produtividade e a produção das plantas de soja destes tratamentos, por não terem crescido sob as mesmas condições que as plantas dos demais tratamentos, não podem ser comparadas, a fim de não superestimar o efeito dos herbicidas sobre a produção e componentes de produtividade da soja.

Na Tabela 25 encontram-se os dados de produtividade da soja nos sistemas de manejo de dessecação com presença de palha. De modo geral, as produtividades obtidas no experimento foram baixas. Tal resultado pode ser explicado, em termos, pela semeadura de uma cultivar precoce em período tardio, em uma região onde a soja não é cultivada extensivamente, em função do clima e relevo. Além disso, as áreas experimentais foram acometidas por doenças causadas pelos fungos *Colletotrichum* spp. e *Macrophomina* spp., aos quais as formas mais eficientes de controle são a rotação de culturas e o emprego de cultivares de soja resistentes.

Não foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos. Contudo, nos tratamentos onde houve a aplicação de sulfentrazone em mistura ou em

aplicação sequencial ao glyphosate a produção de grãos de soja tenha sido 41,95 e 16,73% maior, respectivamente, quando comparadas a testemunha. Para o flumioxazin, este aumento foi menor, sendo de 10,30 e 5,52% para o manejo de dessecação com mistura e sequencial, respectivamente (Tabela 25).

A ausência total de palha mostrou-se prejudicial à cultura por vários aspectos. A quantidade de herbicida recebida pelo solo foi muito superior aos demais tratamentos e, já nas primeiras chuvas, os herbicidas foram lixiviados em maior quantidade para a zona de crescimento das raízes ainda nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura, onde esta apresenta-se mais sensível à ação destes compostos. Outro ponto a ser destacado é que a camada formada pela cobertura morta é capaz de reter por mais tempo a umidade do solo após chuvas e irrigações, diminuindo o tempo para germinação e emergência da soja e proporcionando melhores condições de desenvolvimento durante a fase inicial do ciclo da cultura.

Tabela 25. Produtividade de soja em diferentes manejos de dessecação pré-semeadura da soja em área com cobertura de sorgo.

Herbicidas	Dose (g de i.a. ou e.a. ha⁻¹)	Produtividade Kg ha⁻¹
glyphosate 20 DAS + sulfentrazone 10 DAS	720 + 600	1914,70
glyphosate 20 DAS + flumioxazin 10 DAS	720 + 50	1730,73
glyphosate + sulfentrazone 10 DAS	720 + 600	2328,33
glyphosate + flumioxazin 10 DAS	720 + 50	1809,26
glyphosate (Testemunha) 10 DAS	720	1640,24
F tratamento		0,74 ^{ns}
F bloco		1,74 ^{ns}
CV (%)		33,10
D.M.S.		961,03

DAS: Dias após a semeadura. ns: Não significativo pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Em trabalhos realizados nos municípios de Sertãozinho, Campo Mourão, Iretama, Pitanga, Boa Esperança e Mamborê, no Estado do Paraná, foram comparados dois sistemas de manejo de plantas daninhas. No manejo antecipado (MA), com aplicações sequenciais, a primeira aplicação foi realizada entre 30 e 35 dias antes da

semeadura da soja, empregando-se 1.240 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate e a segunda aplicação ocorreu na véspera da semeadura, utilizando-se a mistura de diuron (120 g ha⁻¹) e paraquat (240 g ha⁻¹). Já no sistema “aplique-plante” (AP), a aplicação foi realizada 48 horas antes da semeadura, com doses variando de 1.080 a 1.260 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate. As avaliações de controle de plantas daninhas após a emergência da cultura evidenciaram melhores resultados no MA. Os autores verificaram que no manejo AP as plantas atingiram menor altura em relação às daquelas do MA. Observaram-se também reduções de produtividade no manejo AP, variando de 15% a 50% nas áreas experimentais (CONSTANTIN et al., 2009).

Na Tabela 26 encontram-se os dados de produtividade da soja nos diferentes sistemas de manejo de dessecação do milho com a presença de palha.

Tabela 26. Produtividade de soja em diferentes manejos de dessecação pré-semeadura da soja em área com cobertura de milho.

Herbicidas	Dose (g de i.a. ou e.a. ha⁻¹)	Produtividade Kg ha⁻¹
glyphosate 20 DAS + sulfentrazone 10 DAS	720 + 600	1925,96
glyphosate 20 DAS + flumioxazin 10 DAS	720 + 50	1663,40
glyphosate + sulfentrazone 10 DAS	720 + 600	1860,08
glyphosate + flumioxazin 10 DAS	720 + 50	1281,41
glyphosate (Testemunha) 10 DAS	720	1579,47
F tratamento		2,2 ^{ns}
F bloco		3,06 ^{ns}
CV (%)		20,69
D.M.S.		529,67

DAS: Dias após a semeadura. ns: Não significativo pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Na área em que a cultura do milho foi utilizada como cobertura, assim como na área com cobertura de sorgo, não ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos, embora os tratamentos com aplicação sequencial e em mistura empregando sulfentrazone foram 21,94 e 17,77% , respectivamente, maiores do que a testemunha. A dessecação da cobertura em aplicações sequencias de glyphosate e flumioxazin também proporcionou produtividade 5,31% superior à testemunha, mas sem diferir desta e dos demais tratamentos (Tabela 26).

Na Tabela 27 encontram-se os dados médios dos componentes de rendimento da soja em área com cobertura de sorgo. Nos tratamentos onde houve aplicação de sulfentrazone as médias de altura de plantas foram maiores quando comparadas aos demais tratamentos e a testemunha. Com relação ao número de vagens por planta não se observou um comportamento específico, com valores similares para todos os tratamentos. Para a variável grãos por vagem também não ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos. No tratamento com aplicação de glyphosate aos 20 DAS e sulfentrazone aos 10 DAS o peso de mil grãos apresentou valor superior aos demais, porém sem diferir dos outros tratamentos, inclusive da testemunha (glyphosate 10 DAS) (Tabela 27).

Tabela 27. Altura de plantas, número de grãos por vagem, número de vagens por planta e massa de 1000 grãos nos diferentes manejos em pré-semeadura da soja em área com cobertura de sorgo.

Herbicidas	Altura (cm)	Vagens por planta	Grãos por vagem	1000 grãos (g)
Gly 20 DAS + Sul10 DAS	65,03a	23,50	2,01	167,76a
Gly 20 DAS + Flu 10 DAS	59,58b	26,40	1,90	164,20a
Gly + Sul 10 DAS	64,18a	27,33	2,04	162,23a
Gly + Flu 10 DAS	56,23b	23,55	1,96	157,69a
Gly 10 DAS	55,35b	25,38	2,04	158,58a
F tratamento	8,33*	0,62 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,41 ^{ns}
F bloco	13,54*	1,21 ^{ns}	3,11 ^{ns}	5,32*
CV (%)	16,18	17,09	10,26	8,00
D.M.S.	4,29	6,64	0,31	19,98

Gly: glyphosate; Sul: sulfentrazone; Flu: flumioxazin; DAS: Dias antes da semeadura.

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$).

ns: não significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. * Significativo pelo teste F ao nível 5% de probabilidade.

Na Tabela 28 encontram-se os dados médios dos componentes de produtividade da soja em área com cobertura de milheto. No manejo sequencial, tanto com o emprego de sulfentrazone quanto de flumioxazin, a média de altura de plantas foi superior ao manejo com aplicação de mistura. Para o número e vagens por planta o teste de variância foi significativo, mas não houve diferença entre os tratamentos. Com relação

ao número de grãos por vagem não houve significância para o teste F. Já para o peso de mil grãos, houve diferenças apenas entre os tratamentos, sendo a aplicação de glyphosate e sulfentrazone em mistura aos 10 DAS o que apresentou a maior média de peso de 1000 grãos, não diferindo, contudo, do tratamento com aplicação de glyphosate aos 20 DAS e flumioxazin aos 10 DAS e da testemunha (glyphosate 10 DAS) (Tabela 28).

Tabela 28. Altura de plantas, número de grãos por vagem, número de vagens por planta e massa de 1000 grãos nos diferentes manejos em pré-semeadura da soja em área com cobertura de milheto.

Herbicidas	Altura (cm)	Vagens por planta	Grãos por vagem	1000 grãos (g)
Gly 20 DAS + Sul10 DAS	65,08a	25,85a	1,80	147,09b
Gly 20 DAS + Flu 10 DAS	62,33ab	26,58a	1,83	155,11ab
Gly + Sul 10 DAS	56,90c	23,36a	2,03	160,43a
Gly + Flu 10 DAS	57,85c	27,00a	1,73	144,03b
Gly 10 DAS	60,43bc	24,73a	1,78	155,68ab
F tratamento	6,12*	0,50 ^{ns}	1,49 ^{ns}	7,19**
F bloco	18,33*	6,05**	0,25 ^{ns}	2,12 ^{ns}
CV (%)	14,05	16,48	10,35	6,06
D.M.S.	3,75	6,47	0,29	14,22

Gly: glyphosate; Sul: sulfentrazone; Flu: flumioxazin; DAS: Dias antes da semeadura.

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$).

ns: não significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. * Significativo pelo teste F ao nível 5% de probabilidade. ** Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.

O sulfentrazone deve ser aplicado em pré-emergência da cultura da soja, antes ou logo após a semeadura, pois sua utilização imediatamente antes ou durante a emergência das plântulas pode causar fitointoxicação, devida, principalmente, à alta concentração do herbicida na zona de germinação das sementes (DIRKS et al., 2000; HULTING et al., 2001).

Segundo Swantek (1998), diferentes cultivares de soja apresentam variações de seletividade ao sulfentrazone, podendo apresentar até 53% de fitotoxicidade. Após a absorção, ele é rapidamente metabolizado, antes que possa causar danos às plantas. O herbicida carfentrazone utilizado em pós-emergência da soja também pode causar injúrias às folhas, mas as plantas se recuperam durante o crescimento (DAYAN et

al., 1997a).

Warabi e colaboradores (2001), trabalhando com células de soja em presença de oxyfluorfen, observaram que o aumento da concentração da enzima PROTOX nas mitocôndrias possibilitou a utilização de protoporfirina IX em excesso no citoplasma, diminuindo a formação de oxigênio singlete e, conseqüentemente o rompimento da membrana celular.

Ainda na cultura da soja, a aplicação de lactofen em dose 150% superior a recomendada comercialmente resultou em apenas 34% de fitotoxicidade e não afetou a produção de grãos (WICHERT; TALBERT, 1993). Situação semelhante foi observada por Mengarda e Fleck (1989), ao aplicar doses 20% superiores as recomendadas de acifluorfen, fomesafen e lactofen.

Em estudo conduzido por Zobiolo et al. (2007), no qual avaliou-se o efeito de sulfentrazone na cultura da soja cultivada em Latossolo Vermelho distroférico, em quatro níveis de compactação, observou-se que a presença de sulfentrazone ocasionou redução na área foliar, na formação e massa seca de nódulos no sistema radicular da soja, além de causar menor acúmulo de nitrogênio na parte aérea das plantas, sendo este efeito tanto pior quanto maior o nível de compactação do solo. Segundo Arruda et al. (2001) os efeitos deletérios do sulfentrazone sobre a nodulação e produção de nitrogênio é acentuado em função do aumento na dose do herbicida.

7 CONCLUSÕES

O emprego de sorgo ou milho para cobertura do solo apresentou efeito sobre a dinâmica de distribuição e liberação e dos herbicidas aplicados sobre elas em dessecação. A ausência de cobertura proporcionou maiores concentrações de sulfentrazone no solo e também maior lixiviação deste herbicida para camadas mais profundas.

A distribuição pontual de sulfentrazone foi afetada pelas diferentes modalidades de aplicação, sendo mais desuniforme quando a aplicação foi realizada conjuntamente com glyphosate.

A aplicação do sulfentrazone e flumioxazin proporcionou níveis de controle acima de 85% das plantas daninhas e seus novos fluxos de emergência até os 21 dias após a aplicação. O manejo com aplicações sequenciais proporcionou, de forma geral, melhores porcentagens de controle de plantas daninhas em relação aos manejos com aplicação de misturas.

Os herbicidas aplicados nos diferentes sistemas de manejo pré-semeadura mostraram-se seletivos à cultura.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALISTER, C. et al. Dissipation and movement of flumioxazin in soil at four field sites in Chile. **Pest Management Science**, Oxford, v. 64, n. 4, p. 579-583, 2008.

ALONSO, D. G. et al. Selectivity of glyphosate tank mixtures for RR soybean. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 929-937, 2011.

ALVES, P. L. C. A.; MARQUES JÚNIOR, J.; FERRAUDO, A. S. Soil attributes and the efficiency of sulfentrazone on control of purple nutsedge (*Cyperus rotundus* L.). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 3, p. 319-325, 2004.

AMBROSANO, E. J.; TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A. Leguminosas e Oleaginosas. In: van RAIJ et al. (Ed.). **Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1996. p.187-203.

AMSTALDEN, F. et al. Manejo químico de *Cyperus rotundus* e *Digitaria* spp. em área comerciais de produção de cana-de-açúcar. **Nucleus**, Edição Especial, 2008.

ANDEF. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DEFESA VEGETAL. **Ciência que protege as lavouras**. Disponível em: < <http://www.andef.com.br/agricultura/index.asp?cod=1>>. Acesso em 14 ago.2013.

ANDREOLA, F. et al. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n. 4, p.867-874, 2000.

APROSOJA. ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE SOJA DO MATO GROSSO DO SUL. **Soja**. Disponível em: < <http://www.aprosojams.org.br/soja>>. Acesso em 23 mar. 2015.

ARRUDA, J. S.; LOPES, N. F.; BACARIN, M. A. Nodulação e fixação do dinitrogênio em soja tratada com sulfentrazone. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 2, p. 325-330, 2001.

BAILEY, G. W.; WHITE, J. L. Factors influencing the adsorption, desorption and movement of pesticides in soil. In: **Residue Review, The Triazines Herbicides**. New York, USA: Springer Verlag, v.32, p. 29-92, 1970.

BARCELÓ, D.; HENNION, M. C. **Trace determination of pesticides and their degradation products in water**. 1st ed., Elsevier: Amsterdam, v.19, 1997.

BERGAMIN, A. C. et al. Manejo convencional do solo e semeadura direta com diferentes intervalos de dessecação do milho sobre o desenvolvimento inicial da soja. **Planta daninha**, Viçosa, vol.31, n.1, p. 137-146, 2013.

BLANCO, F. M. G. **Persistência do herbicida sulfentrazone em solos cultivados com cana-de-açúcar e soja e seu efeito em culturas sucedâneas**. 2002, 101p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

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

BOER, C. A. et al. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 9, p.1269-1276, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: DNDV/SNAD/CLAN, 1992.365p.

BRAUN-BLANQUET, J. **Fitosociología: bases para el estudio de las comunidades vegetales**. 3.ed. Madrid: H. Blume, 1979. 820 p.

BRUM, C. S.; FRANCO, A. A.; SCORZA JUNIOR, R. P. Degradação do herbicida sulfentrazone em dois solos de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, vol.17, n.5, p. 558-564, 2013.

CALVO, C. L.; FOLONI, J. S. S.; BRANCALIANO, S. R. Produtividade de fitomassa e relação C/N de monocultivos e consórcios de guandu-anão, milho e sorgo em três épocas de corte. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 77-86, 2010.

CARBONARI, C. A. **Efeito da palha na disponibilidade do herbicida amicarbazone na solução do solo em área cultivadas com cana-de-açúcar**. 2009, 101p. Tese (Doutorado em Agronomia/Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

CARBONARI, C. A. et al. Eficácia do herbicida diclosulam em associação com a palha de sorgo no controle de *Ipomoea grandifolia* e *Sida rhombifolia*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 3, p.657-664, 2008.

CARBONARI, C. A.; GOMES, G. L. G. C.; VELINI, E. D. Efeitos de períodos de permanência do flumioxazin no solo e na palha de milho e aveia na eficácia de controle de plantas daninhas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Maringá, v. 8, n. 3, p. 85-95, 2009.

CARBONARI, C. A.; GOMES, G. L. G. C.; VELINI, E. D. Efeitos de períodos sem a ocorrência de chuva na eficácia do flumioxazin aplicado no solo e na palha de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 9, n. 3, p. 81-88, 2011.

CARVALHO, F. T.; VELINI, E. D. Período de interferência de plantas daninhas na cultura da soja. I – Cultivar IAC 11. **Planta Daninha**, v. 19, n. 3, p. 317-322, 2001.

CARVALHO, L. B. et al. Pool of resistance mechanisms to glyphosate in *Digitaria insularis*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.60, n.2, p.615-622, 2012.

CARVALHO, W. A.; ESPÍNDOLA, C. R.; PACCOLA, A. A. **Levantamento de solos da Fazenda Lageado - Estação Experimental "Presidente Médici"**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agronômicas, 1983. 95 p. (Boletim Técnico,1).

CAVENAGHI, A. L. et al. Dinâmica de sulfentrazone em palha de aveia e cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23, 2002, Gramado. **Anais...** Gramado: SBCPD, 2002. p.162.

CAUSTON, D. R. **An introduction to vegetation analysis, principles, practice and interpretation**. London: Unwin, Hyman. 342 p.1988.

CECHIN, J. et al. Dessecação tardia de *Richardia brasiliensis* na pré semeadura da soja com glifosato e misturas. **XVI Simpósio de Ensino, Pesquisa e Extensão: Aprender e empreender na educação e na ciência**. v. 3, 2012.

CHAUDIÈRE, J.; FERRARI-ILIOU, R. Intracellular antioxidants: From chemical to biochemical mechanisms. **Food and Chemical Toxicology**, v. 37, n. 9-10, p. 949-962, 1999.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F. Resistência de plantas daninhas a herbicidas: definições, bases e situação no Brasil e no mundo. In: CHRISTOFFOLETI, P. J. (Orgs.). **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 3.ed. Piracicaba: HRAC-BR, 2008. p. 9-34.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F. **Dinâmica dos herbicidas aplicados na cultura da cana-de-açúcar**. Piracicaba, 49 p. 2005.

CHRISTOFFOLETI, P. J. et al. Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar: novas moléculas herbicidas. In: II Simpósio de Tecnologia de Produção de Cana-de-Açúcar, 2005, Piracicaba. II Simpósio de Tecnologia de Produção de Cana-de-Açúcar. Piracicaba: ESALQ/POTAFOS, 2005.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, v. 2, n.4, p. 1-90 – Safra 2014/15 – Quarto levantamento, Brasília. 2015. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_01_09_09_00_21_boletim_graos_janeiro_2015.pdf>. Acesso 14 jan. 2015.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira – Soja Safra 2012/13**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_08_09_10_43_44_boletim_portugues_agosto_2013_port.pdf>. Acesso 13 ago. 2013.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. Dessecação antecedendo a semeadura direta pode afetar a produtividade. Potafós: **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 109, p. 14-15, 2005.

CONSTANTIN, J. et al. Sistemas de manejo de plantas daninhas no desenvolvimento e na produtividade da soja. **Bragantia**, Campinas, v.68, n. 1, p.125-135, 2009.

CONSTANTIN, J. et al. Controle de diferentes espécies de guaxuma com aplicações sequenciais de flumiclorac-pentil. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 4, p. 475-480, 2007.

CONSTANTIN, J. et al. Dessecação em áreas com grande cobertura vegetal: alternativas de manejo. Potafós: **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 111, p. 7-9, 2005.

CORREIA, N. M.; LEITE, G. J.; GARCIA, L. D. Resposta de diferentes populações de *Digitaria insularis* ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 769-776, 2010.

CORREIA, N. M.; REZENDE, P. M. **Manejo integrado de plantas daninhas na cultura da soja**. Lavras: UFLA, 2002. 55 p. (Boletim Agropecuário, 51). Disponível em: <<http://www.editora.ufla.br/upload/boletim/tecnico/boletim-tecnico-51.pdf>>. Acesso em 08 nov. 2014.

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**, Campinas, v.67, n.3, p.663-671, 2008.

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

CORREIA, N. M.; SOUZA, I. F.; KLINK, U. P. Palha de sorgo associada ao herbicida imazamox no controle de plantas daninhas na cultura da soja em sucessão. **Planta Daninha**, Viçosa, v.23, n.3, p. 483-489, 2005.

CUNHA, A. R. et al. Classificação climática para o município de Botucatu, SP, segundo Köppen. In: Simpósio em Energia na Agricultura, 1, 1999, Botucatu. **Anais...** Botucatu: UNESP, FCA, 1999. p. 487-91.

DAN, H. A. et al. Influência do estágio de desenvolvimento de *Cenchrus echinatus* na supressão imposta por atrazine. **Planta Daninha**, Viçosa, vol.29, n.1, p. 179-184, 2011.

DAN, H. A. et al. R. S. Residual activity of herbicides used in soybean agriculture on grain sorghum crop succession. **Planta Daninha**, Viçosa, v.28, Número Especial, p. 1087-1095, 2010.

DAN HESS, F. Herbicide effects on plant structure, physiology, and biochemistry. In: **Pesticide interactions in crop production**. CRC Press, 1993. p. 13-34

DAYAN, E. D. et al. Selectivity and mode of action of carfentrazone-ethyl, a novel phenyl triazolinone herbicide. **Pesticide Science**, Oxford, v. 57, n. 1, p. 65-73. 1997a.

DAYAN, F. E. et al. Soybean (*Glycine max*) cultivar differences in response to sulfentrazone. **Weed Science Society of America**, Champaign, v. 45, n. 4, p. 634-641, 1997b.

DAYAN, F. E.; DUKE, S. O. Phytotoxicity of protoporphyrinogen oxidase inhibitors: phenomenology, mode of action and mechanisms of resistance. In: ROE, R. M.; BURTON, J. D.; KUHR, R. J. (Eds). **Herbicide Activity: Toxicology, Biochemistry and Molecular Biology**. IOS Press, Washington, p. 11–35, 1997.

DIAS, A. C. R. **Identificação de espécies de capim-colchão**. Treinamento. 2011. Disponível em; < <http://www.esalq.usp.br/departamentos/lpv/lpv672/2%20-%20aula%20pratica%20-%20Identificacao%20especies%20de%20capim%20colchao.pdf> >. Acesso em 11 jan. 2015.

DIRKS, J. T. et al. Reduced rates of sulfentrazone plus chlorimuron and glyphosate in no-till, narrow-row, glyphosate-resistant *Glycine max*. **Weed Science Society of America**, Champaign, v. 48, n. 5, p. 618-627, 2000.

DUKE, S. O. et al. Isoflavone, glyphosate, and aminomethylphosphonic acid levels in seeds of glyphosate-resistant soybean. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.51, n. 1, p.340-344, 2003.

DUKE, S. O. et al. Photosensitizing porphyrins as herbicides. In: Hedin, P. A. (eds) **Naturally Occurring Pest Bioregulators**. ACS Symposium, Washington. n. 449, p. 371-386, 1991.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 261 p. Disponível em: < <http://www.cnpsa.embrapa.br/download/SP15-VE.pdf> >. Acesso em 23 dez. 2014.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Milho e Sorgo. **Cultivo do Milho**. 2010. Disponível em: < http://www.cnpsa.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/sisplantiodireto.htm >. Acesso em 13 jan. 2015.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manejo e controle de plantas daninhas na cultura da soja**. 2006a. Disponível em: < http://www.cnpsa.embrapa.br/biblio/do/p_do62.pdf >. Acesso em 11 ago.2014.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006b. 306p.

FERREIRA, E. A. et al. Efeitos de períodos de competição nas características morfológicas de grãos de soja. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 3, n. 2, p. 53-60, 2009.

FERREIRA, F. A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R. Mecanismos de ação de herbicidas. In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5, 2005, Salvador, BA. Algodão, uma fibra natural: **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005.

FERRELL, J. A. et al. Sorption and desorption of flumioxazin to soil, clay minerals and ion-exchange resin. **Pest Management Science**, Oxford, v. 61, n. 1, p. 40-46, 2005.

FERRELL, J. A.; VENCILL, W. K. Flumioxazin soil persistence and mineralization in laboratory experiments. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 51, n. 16, p. 4719–4721, 2003.

FIALHO, C. M. T. et al. Fitossociologia da comunidade de plantas daninhas na cultura da soja transgênica sob dois sistemas de preparo do solo. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 12, n.1, p. 009-011, 2011.

FIGUEIREDO, M. R. A. ; CHRISTOFOLETTI, P. J. ; MELO, M. S. C. Determinação de doses ótimas do herbicida flumioxazin para o controle de *Cenchrus echinatus* em solo argiloso e arenoso. In: XVIII Simpósio Internacional de Iniciação Científica, 2010,

Piracicaba - SP. Anais do XVIII Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP, 2010.

FLECK, N. G. et al. Produção de sementes por picão-preto e guaxuma em função de densidades das plantas daninhas e da época de semeadura da soja. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 191-202, 2003.

FLECK, N. G.; RIZZARDI, M. A.; AGOSTINETTO, D. Nível de dano econômico como critério para tomada de decisão no controle de guaxuma em soja. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 20, n. 3, p.421-429, 2002.

GASTON, L. A.; BOQUET, D. J.; BOSCH, M. A. Fluometuron wash-off from cover crop residues and fate in a loessial soil. **Soil Science**, Baltimore, v. 166, n. 10, p. 681-690, 2001.

GAZZIERO, D. L. P. et al. Um alerta sobre a resistência de plantas daninhas ao glifosato. In: IV CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 6, 2012, Cuiabá. Soja: integração nacional e desenvolvimento sustentável. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa, 2012.

GOMES JÚNIOR, F. G.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Biologia e manejo de plantas daninhas em áreas de plantio direto. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 789-798, 2008.

GRAVEEL, J. G.; TURCO, R. F. Factors affecting mobility of pesticides in soil. In: **Intensive course on the activity, selectivity, behavior, and fate of herbicides in plants and soils**. 1994, West Lafayette, Indiana, USA. Herbicide action. West Lafayette: Purdue University. Departments of Horticulture, Agronomy, Botany and Plant Pathology, and Forestry and Natural Resources, p. 464-507, 1994.

GREY, T. L. et al. Behavior of sulfentrazone in ionic exchange resins, electrophoresis gels, and cation-saturated soils. **Weed Science Society of America**, Champaign, v. 48, p. 239-247, 2000.

GREY, T. L. et al. Sulfentrazone adsorption and mobility as affected by soil and pH. **Weed Science Society of America**, Champaign, v. 45, n. 5, p. 733-738, 1997.

GUSTAFSON, D. I. Groundwater ubiquity score: a simple method for assessing pesticide leachability. **Environmental Toxicology and Chemistry**, Elmsford., v. 8, n. 4, p. 339-357, 1989.

HEAP, I. M. **The International Survey of Herbicide Resistant Weeds**. 2014.
Disponível em: <<http://www.weedscience.com>> Acesso em: 17 de novembro de 2014.

HULTING, A. G. et al. Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivars tolerance to sulfentrazone. **Crop Protection**, v. 20, n. 8, p. 679-683, 2001.

JAREMTCHUCK, C. C. et al. Efeito de sistemas de manejo sobre a velocidade de dessecação, infestação inicial de plantas daninhas e desenvolvimento e produtividade da soja. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 30, n. 4, p. 449-455, 2008.

JAREMTCHUK, C. C. et al. Efeito residual de flumioxazin sobre a emergência de plantas daninhas em solos de texturas distintas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 191-196, 2009.

JOHNSON, M. D.; WYSE, D. L.; LUESCHEN, W. E. The influence of herbicide formulation on weed control in four tillage systems. **Weed Science Society of America**, Champaign, v. 37, n. 1, p. 239-249, 1989.

KISSMANN, K. G. **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo: BASF, 1995. T.3.

KISSMANN, K. G. **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo: BASF, 1997. 824 p

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**: Tomo III. 2.ed. São Paulo: BASF, 2000. 722 p.

KITCHEN, L. M.; WITT, W. W.; RIECK, C. E. Inhibition of aminolevulinic acid synthesis by glyphosate. **Weed Science Society of America**, Champaign, v.29, p.571-577, 1981.

LEHNEN, L. P. et al. Tissue and cellular localization of acifluorfen-induced porphyrins in cucumber cotyledons. **Pesticide Biochemistry Physiology**, v. 37, n. 3, p. 239-248. 1990.

LI, Z.; WEHTJE, G. R.; WALKER, R. H. Physiological basis for the differential tolerance of *Glycine max* to sulfentrazone during seed germination. **Weed Science Society of America**, Champaign, v. 48, n. 2, p.281-285, 2000.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods of Enzymology**. v.148, p.350-385, 1987.

LOCKE, M. A.; BRYSON, C. T. Herbicide-soil interaction in reduced tillage and plant residue management systems. **Weed Science Society of America**, Champaign, v. 45, n. 2, p. 307-320, 1997.

LÓPEZ-OVEJERO, R. F. et al. Alternativas de manejo químico da planta daninha *Digitaria ciliaris* resistente aos herbicidas inibidores da ACCase na cultura de soja. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 407-414, 2006.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. 7. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2014. 379 p.

MARSH, H. V. JR.; EVANS, H. J.; MATRONE, G. Investigations on the role of iron in chlorophyll metabolism. II. Effect of iron deficiency on chlorophyll synthesis. **Plant Physiology**, v.38, p.638-642, 1963.

MARTINEZ, C. O. **Biotransformação do herbicida sulfentrazone em solos brasileiros**. 2006, 93f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos)-Universidade de Campinas, Campinas, 2006.

MARTINEZ, C. O. et al. Microbial degradation of sulfentrazone in a Brazilian rhodichapludox soil. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v.41, p.209-217, 2010.

MARTINEZ, C. O.; SILVA, C. M. M. S.; FAY, E. F.; ABAKERLI, R. B.; MAIA, A. H. N.; DURRANT, L. R. The effects of moisture and temperature on the degradation of sulfentrazone. **Geoderma**, Amsterdam, v. 147, n. 1, p. 56-62, 2008.

MEIER, P. C.; ZÜND, R. E. **Statistical methods in analytical chemistry**. New York: John Wiley & Sons, 1993. 424 p.

MENGARDA, I. P.; FLECK, N. G. Atividade de compostos difeniléteres aplicados em pós-emergência à cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, p. 531-541. 1989.

MESCHEDE, D. K. **Período crítico de interferência de *Euphorbia heterophylla* na cultura da soja, sob baixa densidade de semeadura**. 2002. 58 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2002.

MESCHEDE, D. K. et al. Período anterior à interferência de plantas daninhas em soja: estudo de caso com baixo estande e testemunhas duplas. **Planta Daninha**, v. 22, n. 2, p. 239-246, 2004.

MEIER, P. C.; ZÜND, R. E. **Statistical methods in analytical chemistry**. New York: John Wiley & Sons, 1993. 424 p.

MENGARDA, I. P.; FLECK, N. G. Atividade de compostos difeniléteres aplicados em pós-emergência à cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, p. 531-541. 1989

MEROTTO JÚNIOR, A; VIDAL, R. A. **Herbicidologia**. Porto Alegre: Evangraf, 2001. 152 p.

MOLDES, C. A. et al. Biochemical responses of glyphosate resistant and susceptible soybean plants exposed to glyphosate. **Acta Physiologiae Plantarum**, Heidelberg, v.20, n. 4, p.469-479, 2008.

MONQUERO, P. A. **Dinâmica populacional e mecanismos de tolerância de espécies de plantas daninhas ao herbicida glyphosate**. 2003. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

MORILLO, E., UNDABEYTIA, T., MAQUEDA, C. Adsorption of glyphosate on the clay mineral montmorillonite: effect of Cu (II) in solution and adsorbed on the mineral. **Environmental Science and Technology**, Washington, v. 31, n. 12, p. 3588-3592, 1997.

MORAIS, L. Z. et al. A. Eficiência e seletividade de herbicidas na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em área de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 28, n. 2, p. 113-118, 1998.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG. H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley, 1974. 547 p.

NEPOMUCENO, M. et al. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da soja nos sistemas de semeadura direta e convencional. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 43-50, 2007.

NEVES, R. et al. Associação de herbicidas pós-emergentes ao glifosato no manejo de plantas daninhas na soja transgênica In: XXVII CONGRESSO BRASILEIRO DA

CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 2010. Ribeirão Preto. **Resumos...** Ribeirão Preto. 2010, p. 2437-2440.

NILSSON, G. **Interactions between glyphosate and metals essential for plant growth. The herbicide glyphosate.** London: Butterworth, 1985. p.35-47.

NOVO, M. C. S. S. et al. Efeito de sulfentrazone no sistema integrado palha de cana-de-açúcar, herbicida e vinhaça no desenvolvimento inicial da tiririca (*Cyperus rotundus*). **Revista Brasileira de Herbicidas**, Maringá, v. 7, n. 1, p. 1-14, 2008.

OHMES, G. A.; HAYES, R. M.; MUELLER, T. C. Sulfentrazone dissipation in a Tennessee soil. **Weed Technology**, Champaign, v.14, n. 1, p.100-105, 2000.

OHMES, G. A.; MUELLER, T. C. Sulfentrazone adsorption and mobility in surface soil of the southern United States. **Weed Technology**, Champaign, v. 21, n. 3, p. 796-800, 2007.

OLIVEIRA, A. R.; FREITAS, S. P. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em áreas de produção de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 33-46, 2008.

OLIVEIRA, J. R.; DUARTE, N. F.; FASSIO, P. O. Análise dos teores de clorofila e carotenoides como indicadores de fitotoxicidade de herbicidas em *Toona ciliata* var. australis. In: **I Jornada Científica e VI FIPA do CEFET**, Bambuí, 2008.

OLIVEIRA, M. F. Comportamento de herbicidas no ambiente. In: OLIVEIRA JÚNIOR, R.S.; CONSTANTIN, J. **Plantas Daninhas e seu manejo**. Guaíba, Agropecuária. 2001, p. 315-362.

OLIVEIRA, M. F. et al. Atividade dos herbicidas flumioxazin e metribuzin em diferentes solos. **Planta Daninha**, Viçosa, vol. 16, n. 1, p. 37-43, 1998.

OLIVEIRA, M. F.; BRIGHENTI, A. M. Comportamento de herbicidas no ambiente. In: OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. cap. 11, p. 263-304.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. **Mecanismos de Ação de Herbicidas**. In: OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (Eds.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, p.141-192. 2011.

OLIVEIRA JUNIOR, R. S. et al. Interação entre sistemas de manejo e de controle de plantas daninhas em pós-emergência afetando o desenvolvimento e a produtividade da soja. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 721-732, 2006.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. Mecanismos de ação de herbicidas. In In: OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J. **Plantas Daninhas e seu manejo**. Guaíba, Agropecuária, 2001, p. 207-260.

OLIVEIRA NETO, A. M. et al. Sistemas de dessecação de manejo com atividade residual no solo para áreas de pousio de inverno infestadas com buva. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 4, n. 2, p. 120-128, 2013.

OSIPE, J. B. et al. Associação de sulfentrazone e glyphosate para o controle de plantas daninhas na cultura da soja RR[®]. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Maringá, v.7, n.1, p.15-25, 2008.

OSIPE, J. B. et al. Seletividade de aplicações combinadas de herbicidas em pré e pós-emergência para a soja tolerante ao glyphosate. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 3, p. 623-631, 2014.

PACHECO, R. P. B.; MARINIS, G. Ciclo de vida, estruturas reprodutivas e dispersão de populações experimentais de capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 7, n. 1, p. 58-64, 1984.

PANOZZO, L. E. et al. Métodos de manejo de *Cyperus esculentus* na lavoura de arroz irrigado. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 165-174, 2009.

PEDRINHO JÚNIOR, A. F. F.; BIANCO, S.; PITELLI, R. A. Acúmulo de massa seca e macronutrientes por plantas de *Glycine max* e *Richardia brasiliensis*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n.1, p.53-61, 2004.

PEIXOTO, M. F.; SOUZA, I. F. Efeitos de doses de imazamox e densidades de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em soja (*Glycine max* (L.) Merrill.) sob plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 252-258, 2002.

PITELLI, R. A. Estudos fitossociológicos em comunidades infestantes de agroecossistemas. **Jornal Conserb**, v.1, n.2, p.1-7, 2000.

- PITELLI, R. A. Competição e controle das plantas daninhas em áreas agrícolas. In: SEMINÁRIO TÉCNICO SOBRE HERBICIDAS EM REFLORESTAMENTO, Piracicaba, 1986. **IPEF - Série Técnica**, v.4, n.12, p.25-35, 1987.
- PITELLI, R. A. Interferências de plantas daninhas em culturas agrícolas. In: Controle de Plantas Daninhas II. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 129, p. 16-27, 1985.
- PITELLI, R. A.; DURIGAN, J. C. Terminologia para períodos de controle e de convivência das plantas daninhas em culturas anuais e bianuais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 15, 1984, Belo Horizonte. **Resumos...** Belo Horizonte: SBHED, 1984. p. 37.
- PITELLI, R. A. Ervas daninhas x culturas anuais. **A Granja**, Porto Alegre, v. 36, n. 387, p. 56-61, 1980.
- PRIMEL, E. G. Poluição das águas por herbicidas utilizados no cultivo do arroz irrigado n região central do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil: predição teórica e monitoramento. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 605-609, 2005.
- PROCÓPIO, S. O.; et al. Eficácia de imazethapyr e chlorimuron-ethyl em aplicações de pré-semeadura da cultura da soja. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 467-473, 2006.
- QUEIROGA, C. L. Analisadores de massa: QTRAP. In: Espectrometria de massas: princípios e aplicações. Disponível em: <<http://www.espectrometriademassas.com.br/capitulos/assuntos/assunto.asp?codcapitulo=8&codassunto=44&numero=8>>. Acesso em: 15 jul. 2014.
- REDDY, N. K.; LOCKE, M. A.; GASTON, L. A. Tillage and cover crop effects on cyanazine adsorption and desorption kinetics. **Soil Science**, Baltimore, v. 162, n. 7, p. 501-509, 1997.
- REDDY, K. N.; LOCKE, M. A. Sulfentrazone sorption, desorption, and mineralization in soils from two tillage systems. **Weed Science Society of America**, Champaign, v. 46, p. 494-500, 1998.
- REGITANO, J. B.; CASTRO, N. R. A. Sorção e dessorção do glyphosate no solo. In: VELINI, E. D.; MESCHEDÉ, D. K.; CARBONARI, C. A.; TRINDADE, M. L. B. **Glyphosate**. Botucatu, FEPAF, 2009. p. 153-178.

RIZZARDI, M. A. et al. Perdas de rendimento de grãos de soja causados por interferência de picão-preto e guanxuma. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 4, 2003.

RODRIGUES, B. N. Influência da cobertura morta no comportamento dos herbicidas imazaquin e clomazone. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 11, n. 1/2, p. 21-28, 1993.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 5. ed. Londrina: IAPAR, 2005. 591 p.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 6. ed. Londrina: IAPAR, 2011. 697 p.

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

ROSSI, C. V. S.; ALVES, P. L. C. A.; MARQUES JÚNIOR, J. Mobilidade do sulfentrazone em Latossolo Vermelho e Chernossolo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 701-710, 2005.

ROSSI, C. V. S.; ALVES, P. L. C. A.; MARQUES JÚNIOR, J. Mobilidade do sulfentrazone em Nitossolo Vermelho e em Neossolo Quartzarênico. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 1, p. 111-120, 2003.

SERVIADES, J. C.; TUCCI, M. A.; GEIGER, D. R. Glyphosate effects on carbon assimilation, ribulose biphosphate carboxylase activity, and metabolite levels in sugar beet leaves. **Plant Physiology**, Rockville, v.85, n.2, p.370-374, 1987.

SIGUA, G. C.; ISENSEE, A. R.; SADEGHI, A. M. Influence of rainfall intensity and crop residue on leaching of atrazine through intact no-till soil cores. **Soil Science**, Baltimore, v. 156, n. 4, p. 225-232, 1993.

SILGRAM, M.; SHEPHERD, M. A. The effects of cultivation on soil nitrogen mineralization. **Advances in Agronomy**, v. 65, n. 1, p. 267- 311, 1999.

SILVA, A. F. et al. Período anterior à interferência na cultura da soja-RR em condições de baixa, média e alta infestação. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 57-66, 2009.

SILVA, A. F. et al. Densidades de plantas daninhas e épocas de controle sobre os componentes de produção da soja. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 65-71, 2008.

SILVA, A. A.; VIVIAN, R.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. Herbicidas: comportamento no solo. In: SILVA, A.; SILVA, J. F. (Eds.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. cap. 5, p. 189-248.

SODRÉ FILHO, J. et al. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 4, p. 327-334, 2004.

SORENSEN, T. A method of stablishing groups of equal amplitude in plant society based on similarity of species content. In: ODUM, E.P. (Ed.). **Ecologia**. 3.ed. México: Interamericana, 1972. 640 p.

SPADOTTO, C. A. Abordagem interdisciplinar na avaliação ambiental de agrotóxicos. **Revista Núcleo de Pesquisa Interdisciplinar**, São Manuel, 2006. Disponível em: <<http://www.fmr.edu.br/npi/003.pdf>>. Acesso em 15 ago. 2013.

SPADOTTO, C. A. Screening method for assessing pesticide leaching potential. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 12, n. 1, p. 69-78, 2002.

SWANTEK, J. M. et al. Evaluation of soybean injury from sulfentrazone and inheritance of tolerance. **Weed Science Society of America**, Champaign, v. 46, p. 271-277. 1998.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. **Oil Crops Outlook: March 2015**. Disponível em: <<http://ers.usda.gov/publications/ocs-oil-crops-outlook/ocs-15c.aspx>>. Acesso em: 23 mar. 2015.

VARGAS, L.; GAZZIERO, D. Prevenir e manejar. **Cultivar**, Pelotas, v. 13, n. 146, p. 1-16, 2011.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Identificação e manejo de plantas daninhas resistentes a herbicidas**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 19 p. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do60.htm>. Acesso em: 15 out. 2014.

VELINI, E. D. et al. Modo de ação do glyphosate. In: VELINI, E. D.; MESCHEDE, D. K.; CARBONARI, C. A.; TRINDADE, M. L. B. **Glyphosate**. Botucatu, FEPAF, 2009. p. 113-133.

VELINI, E.D. et al. Monitoramento da disponibilidade do sulfentrazone no solo em área de cana-de-açúcar com infestação de tiririca. In: XXVII CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27, 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SBCPD, 2010, p.1950-1954.

VELINI, E. D. **Estudos e desenvolvimento de métodos experimentais e amostrais adaptados à matologia**. 1995. 250f. Tese (Doutorado em Agronomia/Produção Vegetal)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 1995.

VELINI, E. D. Comportamento de herbicidas no solo. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE MANEJO DE PLANTAS DANINHAS EM HORTALIÇAS, 1992, Botucatu. **Resumos...** Botucatu: 1992. p. 44-64.

VELINI, E. D. et al. Avaliação dos efeitos do herbicida clomazone, aplicado em pós-emergência inicial, sobre o crescimento e produtividade de soqueira de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* cv. SP 71-1406). **STAB Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 10, p. 13-16, 1992.

VIDAL, R. A.; **Herbicidas: Mecanismos de ação e resistência de plantas**. Porto Alegre, RS, 1997, 165p.

VIDAL, R. A.; MEROTTO JÚNIOR, A.; FLECK, N. G. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas de menor risco para desenvolver problemas. Curso de Manejo e Resistência de Plantas Daninhas aos Herbicidas, 2, 1999, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: AEACG, 1999, p. 68-72.

VITORINO, H. S. **Interferência da comunidade de plantas daninhas na cultura da soja em função do espaçamento de semeadura**. 2013, 69 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

WARABI, E. et al. Resistance of a soybean cell line to oxyfluorfen by overproduction of mitochondrial protoporphyrinogen oxidase. **Pest Management Science**, Oxford, v. 57, n. 8, p.743–748. 2001.

WEBSTER, E. P.; BRYANT, K. J.; EARNEST, LARRY, D. Weed control and economics in nontransgenic and glyphosateresistant soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, Champaign, v.13, n.3, p.586-593, 1999.

WEHTJE, G. R. et al. Response of purple (*Cyperus rotundus*) and yellow nutsedges (*C. esculentus*) to selective placement of sulfentrazone. **Weed Science Society of America**, Champaign, v. 45, p. 382-387, 1997.

WICHERT, R. A.; TALBERT, R. E. Soybean (*Glycine max* L.) response to lactofen. **Weed Science Society of America**, Champaign, v. 41, n. 1, p. 23-27. 1993.

ZANATTA, O. A. **Dinâmica de flumioxazin em solos com diferentes teores de argila, carbon orgânico e níveis de cobertura com palha**. 2007, 66 p. Tese Doutorado em Agronomia/Proteção de Plantas) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2007.

ZOBIOLE, L. H. S. et al. Efeito da compactação do solo e do sulfentrazone sobre a cultura da soja em duas condições de água no solo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 537-545, 2007.

