

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CÂMPUS DE BOTUCATU

**COMPORTAMENTO DOS HERBICIDAS SULFENTRAZONE E DICLOSULAM
EM DIFERENTES MANEJOS DE CULTURAS DE COBERTURA**

ILCA PUERTAS DE FREITAS E SILVA

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da Unesp - Câmpus de Botucatu,
para obtenção do título de Doutor em
Agronomia (Agricultura)

Botucatu-SP

Julho - 2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CÂMPUS DE BOTUCATU

**COMPORTAMENTO DOS HERBICIDAS SULFENTRAZONE E DICLOSULAM
EM DIFERENTES MANEJOS DE CULTURAS DE COBERTURA**

ILCA PUERTAS DE FREITAS E SILVA

Orientador: Prof. Dr. Caio Antonio Carbonari

Co-Orientador: Prof. Dr. Edivaldo Domingues Velini

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da Unesp - Câmpus de Botucatu,
para obtenção do título de Doutor em
Agronomia (Agricultura)

Botucatu-SP

Julho – 2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

S586c Silva, Ilca Puertas de Freitas e, 1986-
Comportamento dos herbicidas sulfentrazone e diclosu-
lam em diferentes manejos de culturas de cobertura / Ilca
Puertas de Freitas e Silva. - Botucatu : [s.n.], 2016
vi, 102 f. : fots. color., grafs., ils., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Fa-
culdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2016

Orientador: Caio Antonio Carbonari

Coorientador: Edivaldo Domingues Velini

Inclui bibliografia

1. Plantas - Efeito dos herbicidas. 2. Cultivos de co-
bertura. 3. Erva daninha - Controle. 4. Solos - Movimen-
to de herbicidas. I. Carbonari, Caio Antonio. II. Velini,
Edivaldo Domingues. III. Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade
de Ciências Agrônômicas. IV. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "COMPORTAMENTO DOS HERBICIDAS SULFENTRAZONE E DICLOSULAM EM DIFERENTES MANEJOS DE CULTURAS DE COBERTURA"

AUTORA: ILCA PUERTAS DE FREITAS E SILVA

ORIENTADOR: CAIO ANTONIO CARBONARI

CO-ORIENTADOR: EDIVALDO DOMINGUES VELINI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA (AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. CAIO ANTONIO CARBONARI

Dep. de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu

Prof. Dr. FERNANDO TADEU DE CARVALHO

Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dra. DANA KÁTIA MESCHÉDE

Centro de Ciências Agrárias / UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA

Prof. Dra. MARIA LUCIA BUENO TRINDADE

Incubadora de Empresas Prospecta / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu

Prof. Dr. LUIS RODRIGO MIYAMOTO BARBERIS

Faculdade Eduvale de Avaré

Botucatu, 04 de julho de 2016.

OFEREÇO

À Deus e ao meu pai, Samuel Impastari de Freitas e Silva, em memória, por mais um sonho realizado.

DEDICO

A minha mãe, Cecilia Puertas de Freitas e Silva, pelo incentivo, compreensão, carinho, força, dedicação, confiança e companheirismo.

Aos meus irmãos Igor e Breno Puertas de Freitas e Silva, pelos momentos de conforto, amor, amizade, conselhos, paciência e ajuda em todos os momentos.

Ao meu noivo Josué Ferreira Silva Junior, pela ajuda, amor, paciência, atenção, ensinamentos, confiança e tempo disponibilizado a mim.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela sua presença em todos os momentos da minha vida.

Ao meu pai, Samuel Impastari, pelo grande incentivo à carreira escolhida por mim, dedicação em sempre me ajudar a obter sucesso, companheirismo, amizade, amor, confiança, compartilhamento de sonhos, ideias, aprendizado e proteção.

Ao Prof. Caio Antonio Carbonari pela orientação, ajuda em todos os momentos, confiança, ensinamentos e participação ativa em todas as fases da dissertação.

Ao Prof. Edivaldo Domingues Velini pela co-orientação, suporte técnico-científico e inestimáveis contribuições ao longo de todo o doutorado.

Ao meu noivo, Josué Ferreira Silva Junior, pelo amor incondicional, apoio, ajuda, paciência, ensinamento, alegrias e confiança em meu potencial.

À CNPq e CAPES pela bolsa concedida.

Aos docentes da pós-graduação, não apenas pelos ensinamentos acadêmicos, mas também pela experiência de vida transmitida.

Aos meus amigos e companheiros do NUPAM, em especial, Ivana de Brito, Leandro Tropaldi, Bruna Marchesi, Carolina Pucci, Ana Karollyna, Débora Lattore e Giovanna Gomes, pelos bons momentos de convívio e colaborações no desenvolvimento deste trabalho.

Aos técnicos de campo e laboratório, Luis Marcelo Siono, José Guilherme Cordeiro e José Roberto Marques Silva pelas preciosas colaborações.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (Agricultura), da Faculdade de Ciências Agrônômicas, pela oportunidade, formação e por dar condições de realização deste projeto.

A Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (UNESP-FEIS), por ser à base da minha formação profissional.

Aos meus grandes amigos, Rosilaine Araldi, Natalia Corniani, Adriana Tanaka, Larissa Fernanda, Débora de Cássia, Lara Lys e Danielle Costa, pela compreensão, conversas incentivadoras, alegrias, companheirismo, carinho, conselhos e momentos que passamos juntos.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram na realização deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

	Página
1 RESUMO.....	1
2 SUMMARY	3
3 INTRODUÇÃO	5
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
4.1 Sistema de plantio direto (SPD).....	7
4.1.1 Tipos de plantas de cobertura utilizadas na formação da palha no SPD	8
4.1.2 Plantas daninhas no sistema de plantio direto	11
4.2 Manejo da dessecação das espécies de cobertura do solo em SPD	13
4.2.1 Comportamento de herbicida em palha.....	15
4.2.2 Comportamento de herbicida no solo.....	18
5 MATERIAL E MÉTODOS	24
5.1 Comportamento de herbicidas em manejo de dessecação das plantas de cobertura	27
5.1.1 Quantificação da liberação dos herbicidas	27
5.1.2 Bioensaios das soluções extraídas das palhas de sorgo, milho e braquiária	31
5.2 Bioensaios para verificação da chegada do herbicida no solo no momento da dessecação.....	32
5.3 Manejo de dessecação das plantas de cobertura e quantificação dos herbicidas presentes na solução do solo	32
5.4 Análise dos resultados	35
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
6.1 Diclosulam	36
6.1.1 Transposição do herbicida pela palha para aplicação em mistura ou sequencial ao glyphosate após simulações de chuva.....	36
6.1.2 Quantidade de palha obtida após a aplicação dos tratamentos.....	40
6.1.3 Bioensaios utilizando as soluções extraídas das palhas de sorgo, milho e braquiária.....	42
6.1.4 Bioensaios para verificação da chegada do herbicida ao solo no momento da dessecação das plantas de cobertura.....	47

6.1.5 Manejo de dessecação das plantas de cobertura e quantificação do herbicida na solução do solo	50
6.2 Sulfentrazone	56
6.2.1 Transposição do herbicida para as aplicações em mistura ou sequencial ao glyphosate após simulações de chuva	56
6.2.2 Quantidade de palha obtida após aplicação dos tratamentos	59
6.2.3 Bioensaios utilizando as soluções extraídas das palhas de sorgo, milho e braquiária.....	61
6.2.4 Bioensaios para verificação da chegada do herbicida ao solo no momento da dessecação das plantas de cobertura.....	65
6.2.5 Manejo de dessecação das plantas de cobertura e quantificação do herbicida na solução do solo	68
7 CONCLUSÕES.....	75
8 REFERÊNCIAS	76
APÊNDICE	92
APÊNDICE 1: fotos das etapas dos experimentos conduzidos.....	93

1 RESUMO

O sistema de plantio direto (SPD) é definido como um sistema de cultivo que combina minimização do revolvimento do solo e a presença de cobertura vegetal morta sobre o solo. O manejo de dessecação da espécie de cobertura do solo pode ser realizado utilizando herbicidas com efeito residual, como o diclosulam e o sulfentrazone associados ao glyphosate, garantindo a instalação e o desenvolvimento da cultura em uma área livre de plantas daninhas. O trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento e a eficácia dos herbicidas sulfentrazone e diclosulam, aplicados em mistura ou sequencial ao glyphosate no momento da dessecação de culturas de cobertura. Os experimentos foram conduzidos em casa-de-vegetação e a dessecação das plantas de cobertura, *Sorghum bicolor*, *Pennisetum glaucum* e *Brachiaria* sp., foi realizada de duas formas, a primeira com o manejo sequencial, com a aplicação dos herbicidas sulfentrazone e diclosulam sete dias após aplicação do glyphosate, e a segunda com estes herbicidas em mistura com o glyphosate, correspondendo ao manejo em mistura. Após sete dias da aplicação dos tratamentos, foram coletadas a parte aérea das plantas de cobertura, obtendo-se as palhas, as quais foram pesadas e acomodadas em arcos de PVC onde foi realizada a primeira simulação de chuva de 40 mm. Sete dias após, foi feita a segunda simulação de chuva de 60 mm. A água de chuva coletada foi utilizada para quantificação dos herbicidas liberados pela chuva e para realização de bioensaios. Para os bioensaios, foram utilizadas três espécies de plantas daninhas, *Ipomoea grandifolia*, *Brachiaria decumbens* e *Panicum maximum*, sendo irrigadas com as soluções extraídas das palhas pelas chuvas. Aos vinte e um dias foram coletadas as partes aéreas das plantas daninhas para aferição da biomassa seca. Foi analisada a chegada dos herbicidas ao solo no momento da dessecação, utilizando

as mesmas plantas daninhas e aferindo as respectivas biomassas seca. Para o manejo de dessecação e a quantificação dos herbicidas na solução do solo, foram utilizadas as mesmas espécies de cobertura, as quais foram obtidas as palhas em decorrência da aplicação dos tratamentos, sendo semeadas as plantas daninhas e cobrindo-se cada vaso com sua respectiva biomassa. Realizou-se chuva de 40 mm. Aos vinte e um dias foram coletadas as parte aéreas das plantas daninhas para aferição da biomassa seca. Ao final do experimento foi extraída a solução do solo presente em cada vaso para a quantificação dos herbicidas pelo sistema LC-MS/MS. Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade, sendo as médias comparadas entre si, pelo teste de Tukey a 5%. A maior quantidade dos herbicidas diclosulam e sulfentrazone liberadas para o solo foram obtidas no manejo sequencial ao glyphosate, com aplicação sobre braquiária (diclosulam) e milho e braquiária (sulfentrazone). Os primeiros 40 mm de chuva, para os diferentes tipos de palha, foram os mais importantes para a liberação dos herbicidas para o solo, independente do sistema de manejo utilizado. Ocorre a chegada dos herbicidas diclosulam e sulfentrazone ao solo no momento da dessecação das plantas de cobertura. A quantidade de palha obtida é afetada apenas pelo manejo da dessecação sequencial ao glyphosate independente dos herbicidas residuais utilizados.

Palavras – chave: **dessecação, dinâmica ambiental, herbicida residual.**

2 SUMMARY

BEHAVIOR HERBICIDES SULFENTRAZONE AND DICLOSULAM IN DIFFERENT COVER CROP MANagements. Botucatu, 2016, 102p. Tese (Doutorado em Agronomia / Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: ILCA PUERTAS DE FREITAS E SILVA

Adviser: DR. CAIO ANTONIO CARBONARI

Co-adviser: DR. EDIVALDO DOMINGUES VELINI

The tillage system is defined as a farming system that combines minimizing soil disturbance and the presence of dead vegetation on the ground. The management desiccation of ground cover species can be accomplished using herbicides with residual effect, as diclosulam and sulfentrazone associated with glyphosate, ensuring the establishment and development of culture in an area free of weeds. The study aimed to evaluate the performance and efficiency of sulfentrazone and diclosulam, applied in combination or sequentially to glyphosate when desiccation of cover crops. The experiments were conducted in greenhouse and desiccation of cover crops *Sorghum bicolor*, *Pennisetum glaucum* and *Brachiaria* sp., was performed in two ways, the first the sequence management, with the application of sulfentrazone and diclosulam seven days after application of glyphosate, and second with these herbicides in combination with glyphosate, corresponding to management mixed. After seven days of treatment application, were collected shoots of cover crops, obtaining the straw, which they were weighed and accommodated in PVC bows wherein the first rain simulation was performed 40 mm.

After seven days, was taken the second simulated rain of 60 mm. The rain water collected was use for quantification of herbicides released by rain and to perform bioassays. For bioassays, three species of weeds were use, *Ipomoea grandifolia*, *Brachiaria decumbens* and *Panicum maximum*, it is irrigated with solutions drawn from straw by the rains. At twenty-one days were collect air part of the weed for measurement of dry biomass. The arrival of herbicides in the soil at the time os desiccation was analyzed, using the same weeds and measuring their dry biomass. For the management of desiccation and quantification of herbicides in the soil solution, the same kinds of coverage were use, which the straws were obtained due to the application of the treatments, it is seeded weeds and covering each pot with its respective biomass. It was performed 40 mm rain. At twenty-one days were collected airo f the weed for measurement of dry biomass. At the end of the experimete was extract solution of this soil in each pot for the quantification of herbicides by LC-MS/MS system. The results were submitted to analysis of variance by F testa t 5% probability, the averages were compare with each other by 5% Tukey test. The largest amount of diclosulam and sulfentrazone released to the soil were obtain in the sequential management to glyphosate, with application on pasture (diclosulam) and millet and pasture (sulfentrazone). The first 40 mm of rain, for the different types of straw, it was the most importante for the release of herbicide to the soil, independente of the management system used. Is the arrival of diclosulam and sulfentrazone to the ground at the time of desiccation of cover crops. The amount of straw obtained is affected only by the management of sequencial desiccation with glyphosate independente of residual herbicides.

Key words: **desiccation, environmental dynamics, residual herbicide.**

3 INTRODUÇÃO

O sistema de plantio direto (SPD) é definido como um sistema de cultivo que combina minimização do revolvimento do solo e a presença de cobertura vegetal morta sobre o solo quase sempre acompanhado de rotações de culturas (FAO, 2012). Esse sistema de plantio, conhecido também como agricultura conservacionista, apresenta vários benefícios para as características químicas, físicas e biológicas do solo e para a produtividade da cultura, devido ao não revolvimento e a presença de palha na superfície do solo.

A presença de palha reduz a evaporação (CLARK et al., 1997), aumenta a infiltração da água no solo (MUNAWAR et al., 1990), quebra o ciclo de vida de algumas pragas e doenças, pode minimizar a presença de algumas plantas daninhas devido a supressão física, aumenta a ciclagem de nutrientes e a fertilidade do solo, melhora a biodiversidade da biota do solo, reduz a erosão do solo e auxilia no sequestro de carbono (PALM et al., 2013). Segundo o Ministério da Agricultura, o Brasil é líder mundial no uso do sistema de plantio direto, ocupando mais da metade de sua área plantada.

Na época da entressafra, pode-se deixar a área de cultivo em pousio, favorecendo o desenvolvimento de plantas daninhas, podendo levar a uma realimentação do banco de sementes presente no solo, ou semear algum tipo de espécie de cobertura, que são escolhidas principalmente por fatores ambientais relacionados a facilidade de decomposição da palha após o manejo de dessecação em sistema de plantio direto. Na região do Cerrado, as espécies gramíneas como sorgo (*Sorghum bicolor*), milheto (*Pennisetum glaucum*) e *Brachiaria* spp. são as mais utilizadas devido a alta relação C/N, promovendo uma maior permanência da palha na cobertura do solo.

O manejo de dessecação da espécie de cobertura do solo é realizado de diferentes formas, com dessecação em pré-semeadura em torno de 20 dias antes do plantio até a realização do aplique-plante, utilizando herbicidas de ação total, como o glyphosate. Quando a dessecação é efetuada com um prazo maior da época de plantio, normalmente aplica-se um herbicida de contato antes da semeadura, como o diquat, paraquat e glufosinato de amônio garantindo o plantio isento de plantas daninhas.

Outra forma de realização do manejo de dessecação das plantas de cobertura é a utilização de herbicidas com efeito residual, como o diclosulam e o sulfentrazone, que podem ser aplicados sequencialmente após a aplicação do glyphosate ou em mistura com o glyphosate garantindo a instalação e o desenvolvimento da cultura em uma área livre de plantas daninhas. A associação de glyphosate com herbicidas inibidores da protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), como o sulfentrazone, pode apresentar 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).

O sistema de plantio direto é uma prática consolidada no Brasil, porém, o manejo de dessecação das espécies de cobertura do solo e a dinâmica de herbicidas com efeito residual utilizados nessa operação visando à supressão de plantas daninhas é uma área que necessita de pesquisas tendo em vista, além da otimização, um sistema de manejo mais adequando, podendo levar a reduções no número de aplicações de herbicidas em pós-emergência, dependendo da chegada do herbicida ao solo e do tempo de meia-vida do herbicida para garantir o fechamento da cultura na área.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento e a eficácia dos herbicidas sulfentrazone e diclosulam, aplicados em mistura ou sequencial ao glyphosate no momento da dessecação de plantas utilizadas como cobertura do solo para formação de palha em sistema de plantio direto.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Sistema de plantio direto (SPD)

O sistema de plantio direto é constituído por um conjunto de três princípios de manejo da cultura: (1) plantio direto de culturas com o mínimo de revolvimento do solo, (2) cobertura do solo permanente por restos culturais ou por culturas de cobertura, e (3) rotação de culturas (HOBBS et al., 2008; FAO, 2011). Nas últimas décadas, ocorreu adoção generalizada do plantio direto ao longo de aproximadamente 125 milhões de hectares, o equivalente a 9% da terra arável mundial (FAO, 2011). No Brasil, a área sob plantio direto consta com 49.5 milhões de hectares, um total de 46,8% do total mundial (DERPSCH et al., 2010).

Por ser um sistema de agricultura sustentável a expansão desta tecnologia é assegurada a partir da superação de barreiras para a sua adoção (DERPSCH et al., 2010), as quais corresponde ao conhecimento sobre como fazê-lo, mentalidade (tradição e preconceito), políticas inadequadas baseados em subsídios de commodities (EUA e União Europeia), presença de máquinas apropriadas, e disponibilidade de herbicidas adequados para facilitar o manejo das plantas daninhas, especialmente nos países em desenvolvimento (FRIEDRICH; KASSAM, 2009). Essas barreiras devem ser superadas não somente pelos agricultores, mas também por cientistas, pesquisadores, extensionistas, professores universitários, políticos e todas as partes envolvidas na cadeia do agronegócio (FRIEDRICH; KASSAMA; TAHER, 2009).

A adoção do sistema de produção sustentável ou sistema de plantio direto deve ser encorajada a fim de reverter o processo de degradação do solo em um

processo de reabilitação da fertilidade e capacidade produtiva, devido ao grande potencial para aumentar o teor de matéria orgânica, sequestro de carbono e construção ou manutenção de uma boa estrutura do solo, em comparação com sistemas de manejo intensivo ou convencional que faz o oposto (KASSAM et al., 2009; FAO, 2008; FRIEDRICH; KASSAMA; CHAXSON, 2009).

O plantio direto pode ser definido como um sistema de plantio ou semeadura em solo não realizando o revolvimento do solo, apenas uma trincheira ou banda estreita com largura e profundidade suficiente para obter cobertura adequada da semente, nenhuma outra mobilização do solo é feita, esse conceito leva a um conjunto de fatores que deve ser alterados, como utilização de equipamentos de semeadura para cortar os resíduos de culturas anteriores, manejo de pragas e plantas daninhas, bem como adubação e seleção de variedades de culturas que devem ser adaptadas para atender aos requisitos do sistema (DERPSCH et al., 2010).

No Brasil, os primeiros experimentos foram conduzidos em 1971 pelo Instituto de Pesquisa IPEAME (atualmente EMBRAPA), em Londrina – PR, a partir deste momento levou 20 anos para alcançar o primeiro milhão de hectares com adoção da prática do plantio direto adotada pelos agricultores, após este indicativo, a tecnologia vem crescimento exponencial, sendo possível devido à indústria de máquinas e implementos estar envolvida desde o início em especialização de equipamentos para utilização nesse sistema de plantio (DERPSCH et al., 2010). Pode-se mencionar como exemplos típicos, o cultivo mínimo em áreas de reflorestamento, com manutenção da serrapilheira sobre o solo, o sistema de produção de cana crua e, com maior adoção, o plantio direto em culturas anuais (MACIEL; VELINI, 2005). A Federação Brasileira de Plantio Direto e Irrigação (FEBRAPDP) está em busca da melhoria da qualidade do plantio direto com o objetivo da certificação do sistema para os agricultores, a fim da utilização em créditos de carbono (DERPSCH et al., 2010).

4.1.1 Tipos de plantas de cobertura utilizadas na formação da palha no SPD

A eficácia do sistema plantio direto está relacionada, dentre outros fatores, à quantidade e qualidade dos resíduos produzidos pelas plantas de cobertura e com a persistência destes sobre o solo (GONÇALVES; CERETTA, 1999). A recomendação de

espécies de plantas de cobertura do solo, principalmente leguminosas e gramíneas, depende da persistência de seus resíduos após manejo, o que influencia a manutenção da cobertura e as características físicas, químicas e hídricas do solo (PIRES et al., 2008). Resíduos culturais na superfície do solo constituem importante reserva de nutrientes, cuja disponibilização pode ser rápida e intensa (ROSOLEM et al., 2003), ou lenta e gradual, conforme a interação entre os fatores climáticos, principalmente precipitação pluvial e temperatura, atividade macro e microbiológica do solo e qualidade e quantidade do resíduo vegetal (ALCÂNTARA et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2002).

No que diz respeito à manutenção da palha sobre o solo para viabilizar o sistema plantio direto, as gramíneas contribuem com quantidades relativamente altas de biomassa, caracterizadas pela elevada relação C/N, o que aumenta a persistência da cobertura do solo ao longo do tempo (ANDREOLA et al., 2000). Por outro lado, as leguminosas, por fixarem o nitrogênio (N) atmosférico, possuem altos teores de N na biomassa vegetal, resultando em restos vegetais com baixa relação C/N, assim a decomposição é acelerada, promovendo cobertura do solo por um tempo restrito, prejudicando o manejo conservacionista (PERIN; SANTOS; URQUIAGA, 2004).

A produção de elevada biomassa durante a entressafra (estação seca) resultando em boa cobertura morta no solo nas primeiras semanas de estabelecimento da cultura comercial, gera benefícios à proteção do solo contra oscilações de temperatura e redução na evaporação da água, resultando em maior resistência das plantas a períodos de déficit hídrico (PIRES et al., 2008). Além disso, no início da estação chuvosa o impacto das gotas de chuvas de grande intensidade, comuns nesse período, também é reduzido, diminuindo as perdas de solo por erosão (SODRÉ FILHO et al., 2004).

O sucesso da utilização das plantas de cobertura na formação de palhada na superfície do solo vai depender de vários fatores relacionados com as características edafoclimáticas da região e principalmente com aspectos como o manejo e os tratos culturais da planta de cobertura como espaçamento de cultivo, tratamento fitossanitário e manejo da adubação (CASTANÕN et al., 2014).

Em condições de Cerrado, as gramíneas têm apresentado uma importância relevante como plantas de cobertura (BOER et al., 2007). A braquiária (*Brachiaria brizanta*) destaca-se na formação de palhada na superfície do solo no sistema de plantio direto e integração lavoura pecuária (ILP) (SILVA et al., 2007; ANDRADE et al., 2009). As gramíneas tropicais - milheto e sorgo - são amplamente empregadas na

entressafra das culturas de verão no Brasil Central, principalmente pela alta adaptabilidade à deficiência hídrica, elevada produção de biomassa e grande habilidade de reciclar nutrientes (NETTO, 1998; PORTUGAL et al., 2003; PEREIRA FILHO et al., 2005; SILVA et al., 2006; BOER et al., 2008; ANDRADE et al., 2009).

O milheto (*Pennisetum glaucum* L.) é uma planta anual, de crescimento cespitoso e ereto, com ciclo de aproximadamente 130 dias, originada nas savanas africanas (SALTON, 1998). Possui adaptabilidade em resistir ao estresse hídrico e rápido crescimento, características que são favoráveis em sistemas de plantio direto (OLIVEIRA, 2014). O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é uma espécie extremamente resistente à seca e altas temperaturas, com origem na África e partes da Ásia, sendo muito cultivados em regiões com precipitações de até 625 mm por ano (OLIVEIRA, 2014). Esta espécie é intensamente empregada no Cerrado brasileiro quando a safrinha fornece risco devido à baixa possibilidade de chuva, normalmente em decorrência ao atraso da safra principal de verão (OLIVEIRA, 2014). Além do sorgo para cobertura morta/fenação/pastejo, existe o grupo granífero, forrageiro para silagem e/ou sacarino e o sorgo vassoura (RIBAS, 2003).

O controle de plantas daninhas em áreas de cultivo com sorgo está relacionado à habilidade desta cultura em produzir substâncias alelopáticas, como sorgoleone (SANTOS et al., 2012). O sorgoleone é uma mistura de substâncias lipídicas em associação com enzimas especializadas de 2-hidroxi5metoxi-3-(Z,Z)-8',11',14'-pentadecatrieno p-benzoquinona (DAYAN, 2006), sendo sintetizado naturalmente nos tricomas das raízes do sorgo, assim, quando em contato com as plantas daninhas são capazes de inibir o crescimento, por agirem na inibição da fotossíntese (SANTOS et al., 2012). Estes têm capacidade de suprimir diferencialmente o crescimento de plantas daninhas e cultivadas (NETZLY et al., 1988). Para evitar algum tipo de prejuízo que possa prejudicar o desenvolvimento inicial da lavoura, o agricultor que utilizar sorgo deve dessecar as plantas com antecedência de pelo menos 15 dias antes do plantio da cultura comercial, (OLIVEIRA, 2014).

As braquiárias sobressaem pela sua rusticidade, baixa exigência nutricional e resistência ao estresse hídrico, com origem principalmente tropical e subtropical africana, em comparação com outras forrageiras, apresentam extraordinária produtividade de biomassa seca (OLIVEIRA, 2014). Segundo Castañon et al. (2014) o sorgo foi a forrageira que resultou em maior produção de biomassa seca em relação ao

milheto e braquiária aos 65 dias após a semeadura (DAS), em contrapartida, a braquiária ocorreu a menor decomposição diária, sendo uma característica positiva, pois levará a um maior acúmulo de palha na superfície do solo.

Conforme Nunes (2006), *B. brizantha* exibe taxa de decomposição três vezes menor do que a *B. decumbens*, representando maior relação C/N e como consequência um teor mais elevado de lignina, celulose e hemicelulose do que as outras braquiárias, além de apresentar uma boa quantidade de palha e uma porcentagem ideal de cobertura do solo, durante o ciclo da cultura. Silva et al. (2005) destaca as espécies do gênero *Brachiaria*, por exemplo a *B. brizantha* por serem capazes de produzir palha em quantidade adequada, com elevada relação C/N (característico das gramíneas tropicais) e sensibilidade à dessecação. Quando bem manejada pode persistir sobre o solo por mais de seis meses (BERNARDES, 2003).

4.1.2 Plantas daninhas no sistema de plantio direto

Em ecossistemas agrícolas, cultura e plantas daninhas estão presentes concomitantemente área (FERREIRA et al., 2009). Como ambas possuem demandas por água, luz, nutrientes, e na maioria das vezes esses recursos de crescimento estão disponíveis em quantidade insuficiente, se estabelece a competição (RADOSEVIC; HOLT; GHERSA, 1997). Quanto mais parecidas forem as características morfofisiológicas entre plantas cultivadas e plantas daninhas, mais elevada será a queda de produtividade da cultura (LAMEGO et al., 2004), pois as plantas daninhas contém grande habilidade competitiva em campo, em razão da maior densidade populacional e da utilização mais eficiente de outros recursos como água e nutrientes (PROCÓPIO et al., 2004a, 2004b; FERREIRA et al., 2011).

Dentre as medidas culturais no manejo de plantas daninhas, a presença de palha na superfície do solo apresenta vários efeitos positivos (GOMES Jr; CHRISTOFFOLETI, 2008). A instalação do sistema de plantio direto pode originar modificações na composição das espécies que vivem nesses agro ecossistemas, como tem sido relatado para plantas e animais (BENGTTSSON; AHNSTRÖM; WEIBULL, 2005; GEIGER et al., 2010). Reduzir o distúrbio do solo também pode levar a mudanças nas propriedades do solo, que podem alterar a composição de comunidades de plantas daninhas (ZANIN et al., 1997).

Segundo Zanin et al. (1997), a evolução florística acontece em decorrência da intensidade, regularidade e tempo de emprego do sistema de plantio direto e, dependendo da intensidade dessas modificações, podem afetar o manejo e a competição entre plantas daninhas e a cultura. Assim, verifica-se que os efeitos diferenciados dos sistemas de preparo do solo e a ação dos herbicidas sobre as plantas daninhas podem alterar a composição botânica da comunidade daninha (JAKELAITIS et al., 2003). Essas modificações podem ser simples flutuações temporárias das populações ou podem ser definitivas, assemelhando-se a sucessão ecológica (SILVA et al., 2009).

Na agricultura conservacionista, há presença de grande quantidade de sementes próximas à superfície do solo (RADOSEVICH et al., 1997). Essa característica pode ser relevante, pois influencia na comunidade de plantas daninhas, como na dormência, germinação e mortalidade de sementes (SILVA et al., 2009). A palha na superfície do solo evita a germinação de sementes de plantas daninhas que contém pequenas quantidades de reserva, pois pode não ser suficiente para que a plântula ultrapasse a camada de palha em busca de luz (THEISEN; VIDAL, 1999; JAKELAITIS et al., 2003; SILVA et al., 2005). Em contrapartida, a palha estimula a germinação de outras espécies que encontraram um ambiente mais favorável ao seu desenvolvimento, como *Ipomoea triloba*, *Merremia aegyptia*, *Luffa aegyptiaca*, *Mucuna aterrima* e *Ricinus communis* (MARTINS et al., 1999; ROSSI et al., 2006; MONQUERO et al., 2011).

A palha pode impedir a chegada da radiação solar no solo, causando efeito negativo na germinação de sementes de espécies daninhas fotoblásticas positivas (PAES; REZENDE, 2001). Segundo Orzari et al. (2013), *Merremia aegyptia* (corda-de-viola) pode germinar em profundidades no solo de até 20 cm. Os autores também ressaltam que a partir da profundidade de 10 cm apenas algumas plantas emergiram, porém apresentavam-se cloróticas e, conseqüentemente, mais suscetíveis a qualquer método de manejo. As espécies *I. grandifolia*, *I. nil* e *M. aegyptia* são classificadas como fotoblásticas negativas, apresentando habilidade germinativa na ausência de luz (ORZARI et al., 2013).

Segundo Correia e Durigan (2004), para *Brachiaria decumbens* aos 6 e 32 dias após a semeadura, a cobertura do solo com palha de cana crua inibiu a emergência de plântulas, apresentando redução de 64% na biomassa seca sob 10 e 15 t ha⁻¹ de palha devido a perda da viabilidade das sementes em decorrência dos efeitos físicos, químicos e/ou biológicos da cobertura. Em cana-de-açúcar foi determinado que

quantidades superiores a 6 t ha⁻¹ de palha, reduziu a incidência de *Sida rhombifolia*, entretanto, as espécies *Bidens pilosa*, *Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea grandifolia* tiveram desenvolvimento normal na presença de palha até 15 t ha⁻¹ (MARTINS et al., 1999).

A palha sobre o solo pode impedir a emergência de espécies daninhas em decorrência do efeito físico devido ao sombreamento e, da consequente redução da amplitude térmica do solo (SEVERINO; CHRISTOFFOLETI, 2001). A presença de palha pode favorecer a diversidade de predadores que causam prejuízos às sementes, levando a reduções na viabilidade do banco de sementes de plantas daninhas do solo (VIDAL; THEISEN, 1999). Por favorecerem na diminuição do banco de sementes de plantas daninhas, a presença de plantas de cobertura para formação de palha torna-se uma prática relevante a ser adotada no manejo integrado de plantas daninhas (SODRÉ FILHO et al., 2008). Além do mais, o uso da palha complementa o método químico de controle de plantas daninhas, pois o resíduo da cultura anterior pode prejudicar ou retardar a emergência destas plantas (RIZZARDI ; SILVA, 2006). Deste modo, entende-se que o uso de cobertura vegetal tendo a palha como consequência, pode levar a diminuição da infestação de algumas plantas daninhas (LAMEGO et al., 2015).

Deve-se salientar que as espécies utilizadas como plantas de cobertura para formação de palha na adoção do SPD, apresentam características diferenciadas em relação à supressão ou não das espécies daninhas, e isso influencia a germinação e a emergência destas, assim, podem-se classificar os efeitos da palha sobre as plantas daninhas em função de três fatores, físico, químico e biológico, além da interação entre eles (PITELLI; PITELLI, 2004).

4.2 Manejo da dessecação das espécies de cobertura do solo em SPD

A cobertura do solo é constituída pelo dossel da cultura e pelos resíduos vegetais, ocorrendo contínuas alterações em relação ao desenvolvimento da cultura e decomposição dos resíduos vegetais (VARELLA et al., 2002). A semeadura de gramíneas forrageiras após o cultivo da safra, em substituição ao pousio, se torna uma possibilidade favorável para a cobertura do solo e possível supressão de plantas daninhas, ao longo dos anos (NUNES et al., 2006; IKEDA et al., 2007; TIMOSSO; DURIGAN; LEITE, 2007; NOCE et al., 2008). O manejo eficiente das plantas utilizadas como

cobertura do solo é um dos fatores mais relevantes para o sucesso do estabelecimento de culturas de grãos, pois possibilita o seu desenvolvimento inicialmente livre da interferência das plantas daninhas. Entretanto, eventuais falhas na dessecação pode levar a redução da eficiência e rendimento da semeadora, principalmente pela dificuldade de corte da palha o que pode causar desuniformidade no estande da cultura (ALMEIDA, 1991).

Em sistema de plantio direto, normalmente utiliza-se da dessecação da planta de cobertura ou da vegetação espontânea com o herbicida glyphosate, para na sequencia realizar a semeadura da cultura (ALMEIDA et al., 2014). O glyphosate é um herbicida derivado do aminoácido glicina, e o seu mecanismo de ação é a inibição da síntese 5 enolpyruvylshikimate-3-fosfato (EPSPS), a enzima responsável por uma das etapas envolvidas na síntese dos aminoácidos aromáticos triptofano, fenilalanina, e tirosina (ZONETTI et al., 2011; DUKE et al., 2012).

O glyphosate é um herbicida de ação sistêmica e não seletivo, com exceção para cultivares geneticamente modificados para resistência (MOLDES et al., 2012). No meio ambiente, é fortemente adsorvido pelas partículas do solo e permanecendo inativo até a completa degradação (GALLI; MONTEZUMA, 2005), sendo efetuada por microrganismos do solo, tendo meia-vida média (tempo médio necessário para que metade da quantidade do produto seja degradado) de 32 dias (GIESY; DOLESON; SOLOMON, 2000).

A dessecação da cobertura vegetal, segundo Kozlowski (2001) também pode ser realizada com a utilização dos herbicidas sulphosate, diquat e paraquat. Contudo, em espécies semiperenes e perenes, esses tipos de herbicidas imóveis na planta não apresentam boa eficácia, pois pode ocorrer rebrotes e reinfestações na área. Descobrir uma maneira eficiente de dessecação das plantas de cobertura é fundamental para obter sucesso na instalação de culturas de grãos (TIMOSSI; DURIGAN; LEITE, 2006).

O modo de ação do herbicida influencia no manejo de dessecação, herbicidas de ação sistêmica, como o glyphosate, levam a uma dessecação mais lenta das plantas, como consequência, a decomposição é mais lenta (OLIVEIRA, 2014). Herbicidas com ação de contato promovem uma dessecação mais rápida das plantas, proporcionando uma decomposição mais rápida das plantas. 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. (JAREMTCHUK et al., 2008).

O manejo químico da cobertura vegetal para a semeadura da soja em sistema de plantio direto pode ser efetuado prontamente antes da semeadura, entre sete e dez dias antes da semeadura ou entre dez e vinte dias antes da semeadura, em contrapartida, muitos produtores escolhem pela aplicação do glyphosate no dia da semeadura, no conhecido sistema “aplique-plante”, com o objetivo de otimizar tempo e maximizar a utilização do maquinário (OLIVEIRA Jr. et al., 2006).

De acordo com Nunes et al. (2009), a reinfestação de *B. decumbens* foi mais intensa nas parcelas em que o manejo químico da cobertura foi realizado 28 dias antes da semeadura e no manejo químico no mesmo dia da semeadura, este ocasiona dano mecânico nas plantas pelos disco de corte, de distribuição dos fertilizantes e sementes, prejudicando a translocação do herbicida na planta; aquele permitiu o surgimento de novas plantas de *B. decumbens* que emergiram juntamente com a cultura, nesse caso, é recomendado efetuar uma segunda aplicação de herbicida com poder residual do em mistura com glyphosate antes da semeadura ou um controle complementar após a emergência da cultura.

Uma forma eficiente de diminuir a interferência inicial é a associação de herbicidas com efeito residual no solo ao herbicida utilizado como dessecante em pré-semeadura (SPADER; MAKUCH, 2010). Outra estratégia viável de dessecação das plantas de cobertura do solo seria a aplicação sequencial de herbicidas com efeitos residuais no solo após a aplicação do herbicida utilizado como dessecante, com intervalo de sete dias entre as aplicações e mais sete dias para a realização do plantio da cultura desejada. Outro fator que deve ser observado é qual dessas formas de dessecação seria mais eficiente em relação ao controle de plantas daninhas, para garantir um desenvolvimento inicial da cultura livre de interferência causada pelas plantas daninhas.

O SPD quando realizado em diferentes biomas pode conter particularidades entre os ambientes agricultáveis do Brasil, assim, as recomendações técnicas para cada situação devem ser baseadas em resultados de pesquisas desenvolvidas nas condições edafoclimáticas locais. Desta forma, é importante ampliar o conhecimento das técnicas e estratégias de manejo das coberturas vegetais no momento da dessecação (PEREIRA; VELINI, 2003).

4.2.1 Comportamento de herbicida em palha

Um dos problemas do manejo de plantas daninhas em áreas de semeadura direta é a possibilidade de ineficiência no controle, devido à densa cobertura morta sobre o solo (GOMES Jr; CHRISTOFFOLETI, 2008). Segundo Johnson, Wyse e Lueschen (1989), a principal preocupação é o potencial da palha em reduzir a eficiência dos herbicidas, impedindo sua chegada ao solo através de retenção, expondo-o a condições favoráveis a degradação e volatilização. Nesses sistemas de produção podem ocorrer grandes variações na quantidade e na composição da cobertura morta, que podem ou não suprimir a germinação da comunidade infestante, bem como influenciar a dinâmica de herbicidas aplicados sobre a palha, nessas ocasiões, o controle de plantas daninhas se faz necessário (CARBONARI et al., 2008).

A presença de palha dificulta o desempenho de herbicidas, uma vez que os componentes principais da dinâmica de herbicidas na palha em áreas onde há a manutenção do resíduo da colheita na superfície do solo são a transposição do produto através dele e da dinâmica de molhar e lavar a palha pela água da chuva (MACIEL; VELINI, 2005). Quando um herbicida é aplicado sobre a palha, é interceptado pela superfície desta e torna-se vulnerável à volatilização e/ou fotólise, sendo o transporte de herbicidas da palha para o solo dependente da capacidade da palha de cobrir o solo e reter esses herbicidas, das características físico-químicas do herbicida, e do período em que a área permanece sem chuva após a aplicação (CARBONARI et al., 2010).

Assim, a eficácia dos herbicidas com efeito residual no solo, em áreas com a presença de palha sobre o solo, depende da sua capacidade de transpor a palha e chegar ao solo, da quantidade e tipo de palha, das características físico-químicas das moléculas dos herbicidas e da época de ocorrência e intensidade de chuvas após a aplicação, com isso, alguns herbicidas podem ser facilmente translocados da palha para o solo, em função da ocorrência de chuvas após a aplicação (CARBONARI et al., 2008).

O coeficiente de partição octanol-água (K_{ow}) mede a lipofilicidade da molécula, ou seja, sua afinidade pela fase polar (água) e apolar (octanol), podendo ser utilizado 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; 2005; BARCELÓ; HENNION, 1997). Herbicidas com menor retenção na palha são os que apresentam maior solubilidade e menor K_{ow}

(CHRISTOFOLETTI et al., 2009). Segundo Oliveira e Brighenti (2011), quanto mais polar for o herbicida, maior será sua afinidade pela água, logo, maior sua solubilidade. Herbicidas com alta solubilidade possuem facilidade de se dissiparem no ambiente por fluxo de água e apresentam coeficientes de sorção relativamente baixos na palha (KOGAN; PÉREZ, 2003).

Segundo Carbonari et al. (2008), a aplicação de diclosulam sobre a palha seca de sorgo e com ocorrência de uma chuva de 2,5 mm na sequência, foram observados excelentes níveis de controle (97,5%) de *I. grandifolia* e bons níveis de controle de *S. rhombifolia* (88,8%), esses resultados indicam bom desempenho do herbicida diclosulam em associação com a palha de sorgo. No entanto, a aplicação sobre a palha seca ou úmida e sem ocorrência de chuvas na sequência promoveu controle insatisfatório das plantas daninhas testadas, demonstrando a dependência de chuvas para que ocorra a transposição e absorção do diclosulam pelas plantas (CARBONARI et al., 2008). Godoy et al. (2007) observaram resultados semelhantes em estudo no qual a ocorrência de chuva após aplicação do herbicida metribuzin sob a palha foi determinante para o controle eficiente das plantas daninhas estudadas.

Negrisoni et al. (2007), avaliando a dinâmica de diuron em palhada de cana-de-açúcar, observaram uma redução na transposição do herbicida com quantidades de palha superiores a 2 t ha⁻¹, e com transposição nula em quantidades superiores a 15 t ha⁻¹, porém verificaram a percolação do herbicida da palha de cana-de-açúcar com a ocorrência de uma chuva simulada de 50 mm após a aplicação, alcançando cerca de 65% de transposição.

Cavenaghi et al. (2002) analisando o efeito de várias quantidades de chuva, um dia após a aplicação de sulfentrazone, sobre 6 t ha⁻¹ de palha de aveia e 10 t ha⁻¹ de palha de cana-de-açúcar, relataram que a transposição do sulfentrazone da palha de aveia chegou a 94%, enquanto que para cana-de-açúcar foi de apenas 67%, para a quantidade de chuva simulada de 65 mm. Em pesquisa realizada por Perim (2014), verificou-se que a transposição do diclosulam na dosagem 70,5 g i.a. ha⁻¹ em camadas de palha de cana-de-açúcar de 10 t ha⁻¹, ocorreu aos 20 mm iniciais de chuva simulada sendo constante até a simulação de 50 mm. O mesmo foi observado por Negrisoni et al. (2002), concluindo que a ocorrência de uma chuva simulada de 50 mm após a aplicação, promoveu percolação praticamente máxima do herbicida aplicado sobre a palha de cana-de-açúcar, alcançando 65% de transposição.

4.2.2 Comportamento de herbicida no solo

Aproximadamente 50% de todos os produtos fitossanitários utilizados no mundo pertencem à classe dos herbicidas (ANVISA, 2010). Em torno de 60 a 70% do total de produtos fitossanitários aplicados nos campos agrícolas não atingem a superfície do alvo de interesse e, de forma direta ou indireta, atingem o solo, sendo o principal receptor e acumulador desses compostos (Law, 2001). Quando os herbicidas são aplicados em pré ou pós-emergência das plantas daninhas, atingem direta ou indiretamente o solo, respectivamente (CELIS et al., 2005).

Os produtos fitossanitários pertencem a diferentes classes de substâncias químicas, e os tipos de interações desses compostos com os colóides do solo são variados, sendo complexas as interações dos produtos fitossanitários com os componentes dos solos, sendo determinada a mobilidade e persistência (SPADOTTO, 2015).

A utilização de práticas conservacionista, como o sistema integração lavoura pecuária (SILP) e plantio direto (SPD) pode, a longo prazo, aumentar e/ou manter a quantidade e a qualidade da matéria orgânica do solo (HELFRICH et al., 2006), tendo, como consequência, a melhoria das suas propriedades químicas, físicas e biológicas (COSTA; SILVA; RIBEIRO, 2013), além de colaborar na retenção de produtos fitossanitários (DICK et al., 2010).

O herbicida ao atingir o solo, pode ser absorvido pelas plantas ou sorvido, lixiviado ou degradado por processos químicos, físicos ou biológicos (SILVA et al., 2007). Esses processos são dependentes das características do solo, das condições climáticas e do herbicida (BRADY, 1974). Desse modo, os conhecimentos das interações dos herbicidas com o solo são fundamentais para compreender o comportamento desses compostos no ambiente, considerando-se os principais processos de retenção, transformação e transporte (WAUCHOPE et al., 2002).

A sorção refere-se à atração e retenção das moléculas ou íons à superfície dos sólidos e constitui um processo fundamental para a dinâmica dos produtos fitossanitários nos solos, esses produtos apresentam comportamento complexo, resultante de numerosas interações com os constituintes das diferentes frações do solo (FREITAS et al., 2014). As frações orgânicas e a argila, associadas às características químicas do solo,

principalmente o pH, são as características que mais influenciam o processo de sorção e, consequentemente, o movimento desses produtos no solo (INOUE et al., 2003; BOIVIN et al., 2005; ROSSI et al., 2005; MAGALHÃES, 2007; MONQUERO et al., 2010). Assim, a sorção dos herbicidas dependerá da associação das características do solo com as do herbicida (FREITAS et al., 2014).

Os solos tropicais são extremamente intemperizados e contem elevado teor de matéria orgânica, óxidos de ferro e alumínio (FONTES; CAMARGO; SPOSITO, 2001). Além disso, apresentam predominância de minerais de argila do tipo 1:1, que têm cargas de atração que podem ser geradas em suas bordas, permitindo a adsorção de herbicidas catiônicos (MANCUSO; NEGRISOLI; PERIM, 2011). Alguns produtos fitossanitários, principalmente herbicidas, são ionizáveis, tendo o pH do solo como principal fator de influência na sorção, que em solos tropicais com ausência de calagem, apresentam pH ácido (SPADOTTO; HORNSBY, 2003; SPADOTTO; HORNSBY; GOMES, 2005).

A retenção de produtos fitossanitários no solo é caracterizada pelos processos de sorção e dessorção, que tendem a limitar a taxa de biodegradação, a lixiviação e outros processos relacionados à dissipação desses compostos no ambiente (SCHIMIDT; SALTON; SCORZA Jr, 2015). O processo de sorção é a capacidade do solo em reter essas moléculas reduzindo sua disponibilidade em solução, portanto, evitando que ele se mova na matriz do solo (SCHIMIDT; SALTON; SCORZA Jr, 2015). Já a reversibilidade da sorção é denominada dessorção, ou seja, a liberação das moléculas sorvidas às superfícies das partículas de solo para a solução (OLIVEIRA Jr; REGITANO, 2009).

As propriedades dos herbicidas mais importantes são o coeficiente de partição octanol-água (K_{ow}), a constante de ionização (pK_a), a solubilidade (S), a pressão de vapor (PV) e a meia-vida ($T_{1/2}$) (CHRISTOFFOLETI; LOPÉZ-OVEJERO, 2005).

O coeficiente de partição (K_{ow}) refere-se a proporção entre a quantidade do herbicida que migra para o solvente orgânico apolar (octanol) ou para um solvente polar (água), representando a intensidade da afinidade da molécula pela fase polar e apolar. Geralmente, os herbicidas apolares/hidrofóbicos ($K_{ow} > 10.000$), possuem uma maior capacidade de adsorção à fração orgânica dos colóides do solo, enquanto os polares/hidrofílicos ($K_{ow} < 10$) têm uma maior afinidade em relação à fração mineral (SILVA; VIVAN; OLIVEIRA Jr, 2007).

A constante de ionização (pK_a) representa a capacidade de dissociação da molécula de herbicida, num determinado valor numérico de pH em que o produto apresenta 50% das moléculas na forma não-dissociada (molecular) e metade na forma dissociada (ionizada) (PROCÓPIO et al., 2003). De acordo com o valor da constante de ionização, os herbicidas iônicos podem ser classificados em herbicidas ácidos ou herbicidas básicos (OLIVEIRA Jr; REGITANO, 2009).

A solubilidade de um herbicida é representada pela quantidade máxima com que este é dissolvido em água pura, a certa temperatura, até que atinja a saturação da solução (MATOS, 2014). Os produtos altamente solúveis têm uma maior quantidade de grupos hidrofílicos em sua estrutura, estando mais disponíveis na solução do solo, em relação à retenção, sendo propenso a degradação, transporte e em especial, a lixiviação (OLIVEIRA; BRIGHENTI, 2011), permitindo inferências sobre a mobilidade horizontal ou vertical no solo (LINDE, 1994).

A pressão de vapor corresponde a pressão exercida por um vapor em equilíbrio com o líquido, a certa temperatura, indicando o grau de volatilização da molécula, ou seja, a sua tendência de se perder para a atmosfera na forma de gás. As moléculas com elevada pressão de vapor têm baixa solubilidade em água e menor tendência à adsorção, podendo ser degradadas por fotólise (MATOS, 2014). A Lei de Henry, também conhecida como constante K_H , expressa a capacidade do herbicida em volatilizar ou permanecer na fase aquosa, podendo ser interpretada conjuntamente à pressão de vapor (SILVA; FAY, 2004).

A meia-vida é o tempo em dias, necessário para que metade das moléculas do herbicida sejam dissipadas, abrangendo os processos de degradação, metabolização e formação de resíduo ligado (SILVA; VIVAN; OLIVEIRA Jr, 2007). É utilizado como parâmetro para indicar o período residual do produto e depende de fatores como o solo (textura, pH e teor de material orgânico), população microbiana (atividade e densidade), ambiente (radiação, temperatura e precipitação) e práticas culturais (sistema de semeadura e manejo) (MATOS, 2014).

O sulfentrazone 2',4'-dichloro-5'-(4-difluoromethyl-4,5-dihydro-3-methyl-5-oxo-1*H*-1,2,4-triazol-1-yl) methanesulfonanilide (Figura 1) é um herbicida para aplicação em pré-emergência amplamente utilizado no Brasil, sendo recomendado para controle de plantas daninhas mono e dicotiledôneas na cultura de cana-de-açúcar, soja, eucalipto e café (ANVISA, 2011). Esse herbicida pertence ao grupo químico das

triazolinonas e atua inibindo a enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), a qual é responsável pela oxidação do protoporfirinogênio à protoporfirina IX, na biossíntese da clorofila (FREITAS et al., 2014). As plantas se tornam necróticas e morrem após exposição à luz (DAYAN et al., 1998).

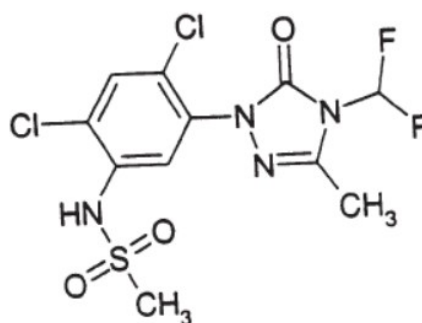


Figura 1. Estrutura química do herbicida sulfentrazone (BRUM, 2012).

O sulfentrazone apresenta meia-vida estimada no solo ($T_{1/2}$) entre 110 e 280 dias, variando de acordo com as condições edafoclimáticas locais, sendo a atividade microbiológica seu mecanismo inicial de degradação (VIVIAN et al., 2006). O sulfentrazone é um ácido fraco com pKa de 6,56 (BRUM, 2012). A solubilidade do é influenciado pelo valor do pH, variando entre 110 mg L⁻¹ (pH 6,0) e 1.600 mg L⁻¹ (pH 7,5) (TOMLIN, 2011; RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). O sulfentrazone apresenta log de Kow de 1,48, Koc de 43 e a pressão de vapor de 1x10⁻⁹ mm Hg a 25 °C, assim, no solo a mobilidade é moderada, de baixa adsorção (CHRISTOFFOLETI et al., 2009, RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). Em trabalhos realizados por Grey et al. (1997) e Ohmes e Mueller (2007), a sorção do sulfentrazone nas partículas do solo foi superior em condições de alta matéria orgânica e argila e de baixo pH.

O diclosulam [N-(2,6-diclorofenil)-5-etoxi-7-fluor-(1,2,4)triazolo(1,5-c)pirimidina-2-sulfonamida] (Figura 2) pertencente ao grupo químico Sulfonanilida triazolopirimidina, cujo mecanismo de ação é a inibição da Acetolactato sintase (ALS), que é a enzima chave na biossíntese de aminoácidos de cadeia ramificada de plantas, controlando principalmente plantas daninhas de folhas largas (XU et al., 2015). O herbicida diclosulam é aplicado para o controle de plantas daninhas na cultura da soja (BARNES et al., 1998; BAILEY et al., 1999a, 1999b) e recomendado para aplicação em pré-emergência da planta daninha, e/ou pré ou pós da cana-de-açúcar, apresentado na

formulação de grânulo dispersivo em água e com classe toxicologia II, altamente tóxico (YODER et al., 2000).

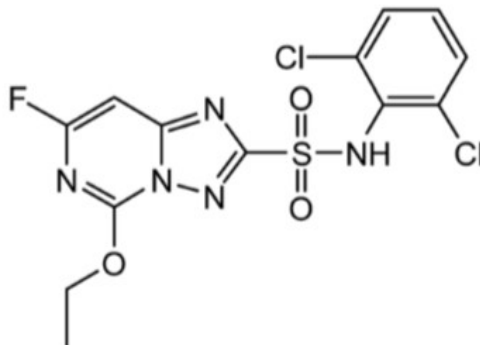


Figura 2. Estrutura química do herbicida diclosulam (XU et al., 2015).

A meia-vida do diclosulam é de 60 a 90 dias, dependendo das condições de clima e solo, a solubilidade do diclosulam em água é dependente do pH e varia de $\sim 100 \text{ mg kg}^{-1}$ em pH entre 5 e 7 e $> 4.000 \text{ mg kg}^{-1}$ em pH 9, o pKa da molécula é de 4,09 a 20 °C, indicando sua predominância na forma aniônica em valores de pH característicos de solos agricultáveis (LAVORENTI et al., 2003). Seus valores de log Kow variam de -0,448, em pH 9, a 1,42, em pH 5, indicando também baixa hidrofobicidade (YODER et al., 2000). Apresenta amplo espectro de controle como latifolicida, sendo que também pode promover a supressão do crescimento de algumas gramíneas, como *Cenchrus echinatus*, *Brachiaria plantaginea*, *Brachiaria decumbens*, *Digitaria horizontalis* e *Cyperus rotundus* (RODRIGUES; ALMEIDA, 1998).

A dose aplicada do diclosulam varia de 25 a 35 g ha⁻¹, sendo considerada baixa quando comparada com a de outros herbicidas (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). Os teores de umidade e matéria orgânica do solo são os principais fatores que influenciam na adsorção do diclosulam, com Koc de 90 mL.g⁻¹ (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). A degradação no solo ocorre principalmente por via microbiana, sendo a fotodegradação e volatilização são insignificantes (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). Em plantas susceptíveis, ocorre a paralisação do crescimento e desenvolvimento de clorose internerval e, ou arroxamento foliar dentro de 7 a 10 dias após a aplicação do herbicida (OLIVEIRA Jr, 2011).

A umidade do solo interfere nos processos químicos e biológicos responsáveis pela dissipação do herbicida no ambiente (SILVA et al., 1999). A quantidade

de água, da chuva ou irrigação, aplicados na área após a pulverização do herbicida afeta a distribuição da molécula, movimento, persistência e eficácia, bem como a tolerância das culturas ao herbicida (LOURENÇO; CARVALHO, 2015).

Frequentemente, são desenvolvidas técnicas complexas para quantificar a persistências de produtos fitossanitários no ambiente, envolvendo cromatografia (líquida ou gás), as moléculas radiomarcadas ou isótopos estáveis, com alto custo de execução (LOURENÇO; CARVALHO, 2015). Blanco et al. (2010) salientam que o período de bioatividade de uma molécula herbicida no solo pode também ser analisado por métodos biológicos, com emprego de planta sensível, conhecida como bioindicador ou planta teste.

5 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida em casa-de-vegetação no NUPAM (Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia), pertencente ao departamento de Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, Campus de Botucatu/SP.

O estudo foi dividido em quatro etapas (experimentos), as três primeiras foram conduzidas nos meses de abril a julho de 2014 e a quarta nos meses de dezembro de 2015 a fevereiro de 2016. A primeira etapa corresponde à compreensão do comportamento de herbicidas em manejo de dessecação das plantas de cobertura. A segunda refere-se à realização de bioensaios utilizando as soluções extraídas das palhas obtidas após a dessecação das plantas de cobertura; a terceira a bioensaios para verificação da chegada do herbicida no solo durante o momento da dessecação das plantas de cobertura, e a quarta ao manejo de dessecação das plantas de cobertura e quantificação dos herbicidas presentes na solução do solo.

Os experimentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e quatro repetições (Tabela 1). A dessecação das plantas de cobertura foi realizada de duas formas, a primeira referindo-se ao manejo sequencial, com a aplicação dos herbicidas com efeito residual (diclosulam e sulfentrazone) sete dias após aplicação do glyphosate, e a segunda estes mesmos herbicidas em mistura com o glyphosate, correspondendo ao manejo em mistura. A dose aplicada do glyphosate foi de 1440 g e.a. ha⁻¹. As aplicações foram realizadas em uma temperatura média de 22° C e umidade relativa média de 65%.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos utilizados nos experimentos.

Herbicida	Momento	Tratamento	Dose (g i.a. ha ⁻¹)
testemunha	-	1	-
sulfentrazone	sequencial	2	600
	mistura	3	600
diclosulam	sequencial	4	25
	mistura	5	25

A pulverização dos herbicidas e a simulação de chuvas foram realizadas através de um equipamento instalado em laboratório do NUPAM (Figura 3), o qual é constituído de uma estrutura metálica com 3 m de altura por 2 m de largura, com o acoplamento de um “carrinho” suspenso a 2,5 m de altura. Nesse carrinho encontram-se inseridas duas barras de pulverização, uma responsável pelo sistema de simulação de chuva e a outra pelo sistema de pulverização de produtos fitossanitários, as quais se deslocam por uma área útil de 6 m² no sentido do comprimento do equipamento. O sistema de pulverização tem funcionamento independente do sistema de simulação de chuva, apesar de ambos compartilharem o mesmo equipamento e as mesmas funções de controle.

A simulação da chuva foi realizada utilizando-se uma bomba hidráulica de pressão constante e acionamento automático, a qual bombeia água armazenada de um reservatório com capacidade para 1.000 L até a barra e pontas de pulverização responsáveis pela formação de gotas de chuva. A barra de simulação de chuva situada a 1,45 m de altura em relação à superfície das unidades experimentais é constituída por três bicos de pulverização TK-SS-20, espaçados de 0,5 m e posicionados de forma a propiciar maior uniformidade de precipitação na área aplicada.

Esse sistema foi operado com velocidade de deslocamento de 0,052 m s⁻¹, o que correspondeu a 2,5 Hertz no modulador de frequência e pressão de trabalho constante de 1,5 bar, por meio de ar comprimido. Cada lâmina de água aplicada correspondeu a aproximadamente 2,5 mm de chuva. Para as pulverizações dos herbicidas, utilizou-se a barra de pulverização sendo constituída por quatro pontas de pulverização XR 11002 VS, espaçadas de 0,5 m e posicionadas a 0,5 m de altura em relação às plantas. O sistema foi operado com velocidade de deslocamento de 1 m s⁻¹, o que corresponde a 45,0 Hertz no modulador de frequência, com consumo de calda correspondente a 200 L ha⁻¹. A aplicação da chuva foi realizada com sete dias após a aplicação dos tratamentos.



Figura 3. Pulverizador estacionário utilizado para a aplicação dos herbicidas e simulação de chuva.

A quantificação dos herbicidas das soluções extraídas das palhas obtidas após a dessecação das plantas de cobertura, e dos herbicidas presentes na solução do solo, foi realizada pelo sistema LC-MS/MS (Figura 4) sendo composto por um Cromatógrafo Líquido de Alta Eficiência (HPLC), Shimadzu, modelo Proeminence UFLC, que combina análise ultra-rápida e excelente performance de separação, com alta confiabilidade de resultados; equipado com duas bombas LC-20AD, autoinjeter SIL-20AC, degazeificador DGU-20A5, sistema controlador CBM-20A (permite a operação totalmente automatizada) e forno CTO-20AC (para controle da temperatura da coluna). Acoplado ao HPLC está o espectrômetro de massas 3200 Q TRAP (Applied Biosystems), híbrido do tipo triplo quadrupolo.



Figura 4. Cromatógrafo Líquido (Proeminence UFLC) acoplado ao espectrômetro de massas (3200 Q TRAP) LC-MS/MS.

5.1 Comportamento de herbicidas em manejo de dessecação das plantas de cobertura

5.1.1 Quantificação da liberação dos herbicidas

Foram utilizadas três espécies de plantas de cobertura empregadas em sistemas de plantio direto, sorgo híbrido serprotec (*Sorghum bicolor*) cultivar silotec-20, milho (*Pennisetum glaucum*) cultivar ADR - 300 e *Brachiaria brizanta* cultivar Marandú semeadas em vasos com capacidade para cinco litros, preenchidos com uma mistura de substrato (composto por turfa de Sphagno, vermiculita expandida, casca de arroz torrefada, calcário dolomítico, gesso agrícola e fertilizante NPK), e solo, o qual foi seco à sombra por um período de 48h e passado em uma peneira com malha de 200 mesh e submetido às análises químicas (Tabela 2). Com base nesses resultados, o solo foi adubado, conforme a necessidade de cada espécie de planta de cobertura. As plantas foram conduzidas, nos vasos, por 40 dias.

Tabela 2. Análise química da amostra de solo utilizado nos vasos.

pH	MO	P resina	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
(CaCl ₂)	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	-----mmol/dm ³ -----				-----			(%)
3,8	32	3	-	94	1,4	2	1	5	99	5

Após sete dias da aplicação dos tratamentos foram coletadas a parte aérea das plantas de cobertura, obtendo-se as palhas, as quais foram pesadas e acomodadas em arcos de PVC com área de 710 cm², telado na parte inferior. Em seguida, foi realizada a primeira simulação de chuva de 40 mm, após sete dias foi efetuada a segunda simulação de chuva de 60 mm, totalizando 100 mm. Ao final de cada simulação de chuva foi aferido o volume que transpôs cada arco com palha, coletou-se 10 ml dessas soluções extraídas em tubos falcon com capacidade para 15 ml, essas amostras foram congeladas para posterior análise no LC-MS/MS, sendo o restante utilizado para realização de bioensaios (Figura 5).

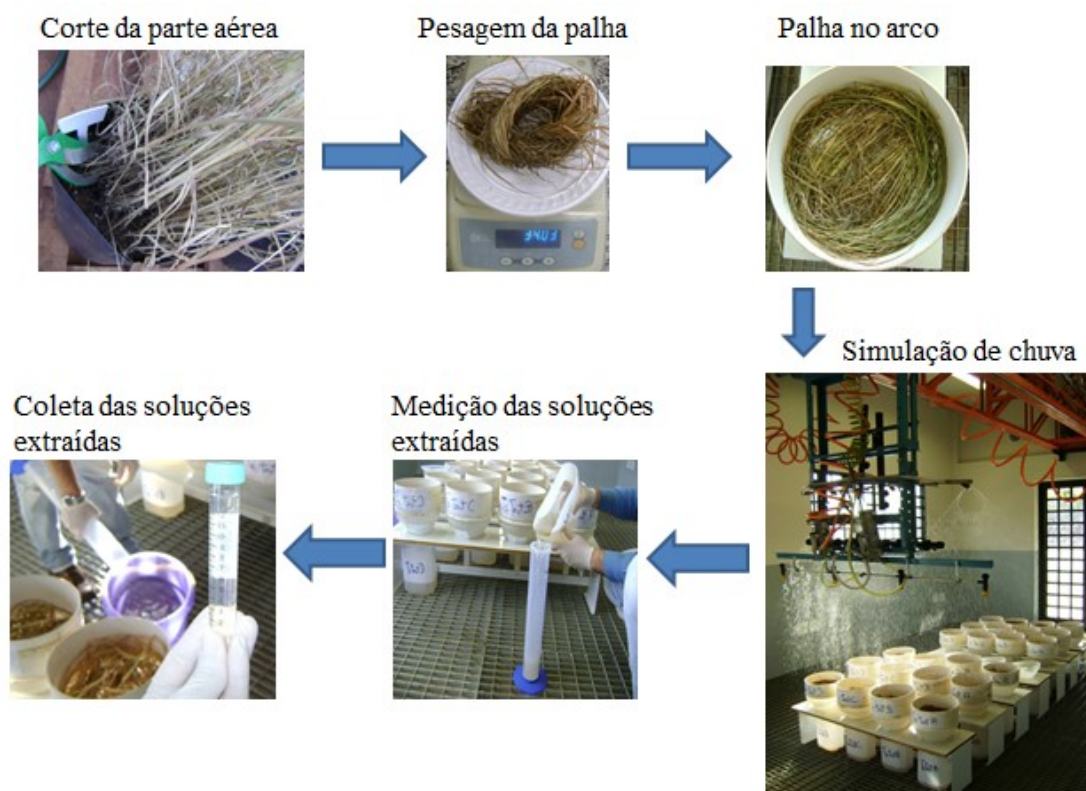


Figura 5. Sequência das etapas para coleta das soluções extraídas das palhas de sorgo.

Para a análise das soluções extraídas das palhas após as chuvas de 40 e 60 mm, as amostras foram diluídas duas vezes, assim, adicionou-se em tubo de ensaio 1 ml da solução extraída com 1ml de água destilada. As caldas foram diluídas 100.000 mil vezes com auxílio de balão volumétrico. Foi filtrado 2 ml de cada amostra em filtro com milipore 0,2 µm, após analisadas em LC-MS/MS. Foi obtida uma resposta uniforme a grupos dos herbicidas com características similares, mantendo uma relação

aproximadamente constante entre a intensidade de sinal (área do pico cromatógrafo) e a concentração dos herbicidas expressas em unidades molares.

A utilização do sistema LC-MS/MS possibilita o controle do íon molecular e de transições iônicas provenientes da fragmentação do mesmo, garantindo a sensibilidade e a especificidade necessárias para a quantificação dos analíticos, em concentrações, por vezes vestigiais, presentes em matrizes de elevada complexidade. A massa molecular e os fragmentos gerados a partir de cada molécula estão apresentados na Tabela 3. O fragmento utilizado para quantificação de cada um dos herbicidas foi sempre o primeiro apresentado na Tabela 3. A detecção e separação dos compostos foram realizadas em uma corrida e os tempos de retenção dos herbicidas retidos pela coluna cromatográfica foram: diclosulam (5,35 min) e sulfentrazone (5,24 min). As Figuras 6 e 7 representam o cromatograma do padrão analítico do herbicida diclosulam e sulfentrazone. A Tabela 4 representa as curvas analíticas e as faixas de concentração para cada composto analisado.

Tabela 3. Massa molecular e íons secundários dos compostos analisados.

Compostos	Massa Molecular	Íons Secundários (Fragmentos)
diclosulam	405,9	160,9
		90,2
		125,1
sulfentrazone	386,9	110,2
		146,6
		273,1

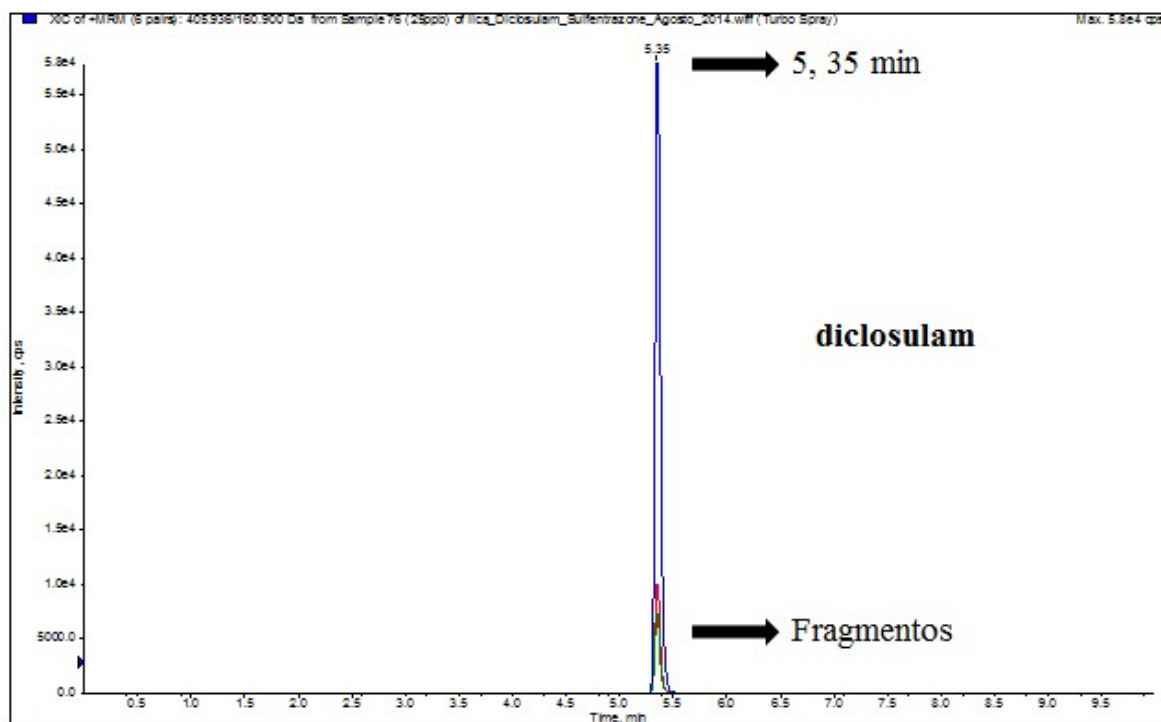


Figura 6. Cromatograma do herbicida diclosulam com os respectivos fragmentos na concentração de 25 ng mL⁻¹.

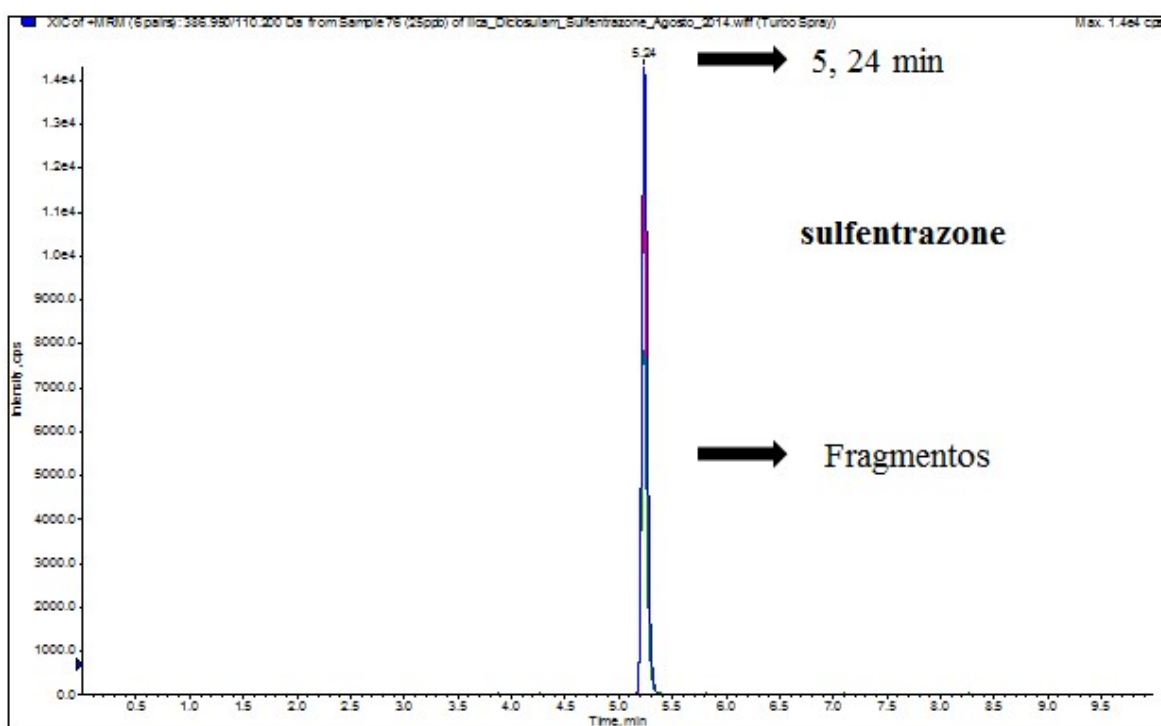


Figura 7. Cromatograma do herbicida sulfentrazone com os respectivos fragmentos na concentração de 25 ng mL⁻¹.

Tabela 4. Curvas analíticas e faixas de concentração para cada composto analisados.

Compostos	Equação da reta	R ²	Intervalo linear (ng.ml ⁻¹)
diclosulam	$y = 7,97.e + 003.x + 98,9$	0,995	160 - 900
sulfentrazone	$y = 2,01.e + 003.x + 84,2$	0,990	110 - 200

5.1.2 Bioensaios das soluções extraídas das palhas de sorgo, milho e braquiária

Foram utilizadas três espécies de plantas daninhas, *Ipomoea grandifolia*, *Brachiaria decumbens* e *Panicum maximum* semeadas em vasos com área de 50,27 cm², preenchidos com solo, o qual foi seco à sombra por um período de 48 h, após foi passado em uma peneira com malha de 200 mesh e submetido às análises químicas e físicas (Tabela 5 e 6).

Tabela 5. Análise química da amostra de solo utilizado nos bioensaios.

pH (CaCl ₂)	M.O. (g/dm ³)	P _{resina} (mg/dm ³)	Al ³⁺ -----	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V %
4,1	23	8	---	82	1,0	13	3	17	100	18

Tabela 6. Análise física da amostra de solo utilizado nos bioensaios.

Areia -----	Argila g kg ⁻¹ -----	Silte -----	Textura do Solo
229	571	200	Argilosa

As soluções extraídas das palhas após as simulações de chuva de 40 e 60 mm foram utilizadas para irrigação dos bioensaios no mesmo dia em que foram semeadas as plantas daninhas (Figura 8), após foi utilizado água até 21 dias após a semeadura, finalizando o ensaio. A quantidade de solução extraída das palhas utilizada nos bioensaios foi calculada relacionando a área do vaso utilizado no bioensaio com o diâmetro do arco e a quantidade de solução que transpôs os arcos. Aos 21 dias após a aplicação (DAA), foi coletado a parte aérea das plantas daninhas e levado para estufa de secagem à 60°C por 72 horas para aferição da biomassa seca.

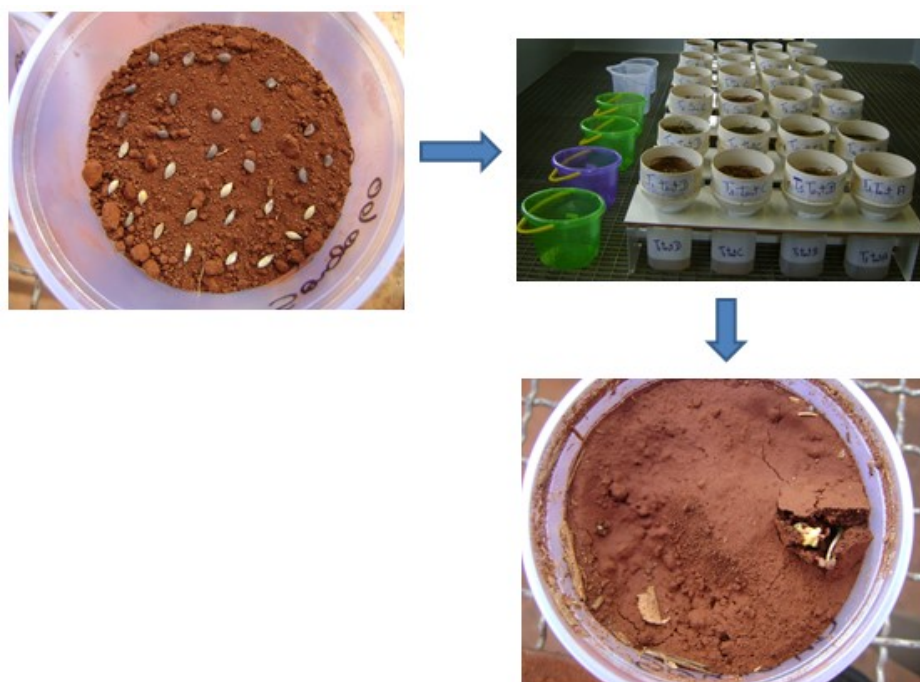


Figura 8. Etapas da execução dos bioensaios: semeadura de *I. grandifolia* e *B. decumbens* e soluções extraídas das palhas sendo utilizadas na irrigação.

5.2 Bioensaios para verificação da chegada do herbicida no solo no momento da dessecação

Foram utilizadas três espécies de plantas daninhas, *Ipomoea grandifolia*, *Brachiaria decumbens* e *Panicum maximum* semeadas nos vasos que estavam presentes as espécies de cobertura após o corte da parte aérea das mesmas. Com este bioensaio pode-se verificar a chegada dos herbicidas no momento da dessecação das plantas de cobertura.

Ao final do experimento, 21 dias após a semeadura (DAS) foi coletado a parte aérea das plantas daninhas e levado para estufa de secagem à 60°C por 72 horas para aferição da biomassa seca.

5.3 Manejo de dessecação das plantas de cobertura e quantificação dos herbicidas presentes na solução do solo

Foram utilizadas três espécies de plantas de cobertura empregadas em sistemas de plantio direto, sorgo híbrido biomatrix (*Sorghum bicolor*) cultivar BR 5610, milho BR seeds (*Pennisetum glaucum*) cultivar BRS 1501 e *Brachiaria decumbens*

cultivar basilisk semeadas em vasos com capacidade para um litro, preenchidos com solo, o qual foi seco à sombra por um período de 48h, e passado em uma peneira com malha de 200 mesh, adubados conforme Tabela 2 e submetido às análises química e física (Tabela 7 e 8). As plantas foram conduzidas nos vasos por 30 dias.

Tabela 7. Análise química da amostra de solo utilizado nos vasos.

pH	MO	P resina	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
(CaCl ₂)	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	-----mmol _c /dm ³ -----							(%)
5,8	32	10	-	28	2,7	29	26	57	85	67

Tabela 8. Análise física da amostra de solo utilizado nos bioensaios.

Areia	Argila	Silte	Textura do Solo
-----	g kg ⁻¹ -----	-----	
650	280	70	Média

Após sete dias da aplicação dos tratamentos foram coletadas a parte aérea das plantas de cobertura, obtendo-se as palhas, as quais foram picotadas e pesadas. Em todos esses vasos utilizados para a condução das espécies de cobertura, foram semeadas três espécies de plantas daninhas, *Ipomoea grandifolia*, *Brachiaria decumbens* e *Panicum maximum*. Após a semeadura, cobriu-se cada vaso com sua respectiva biomassa (após a pesagem). Em seguida, foi realizada uma chuva de 40 mm (Figura 9).

Aos 21 DAS foi coletado a parte aérea das plantas daninhas e levado para estufa de secagem à 60°C por 72 horas para aferição da biomassa seca. Durante o período de condução do experimento, para que não faltasse água para as plantas daninhas, os vasos foram colocados dentro de sacos plásticos e a água, com auxílio de piseta, foi adicionada aos mesmos (Figura 10).

Ao final do experimento, foi coletado todo o solo de cada vaso, acondicionado em sacos de papel e levados à estufa de secagem à 40°C por 120 horas, em seguida foram passados em uma peneira com malha de 200 mesh e homogeneizados. Pesou-se 7 g de cada amostra de solo, as quais foram acondicionadas em cartuchos plásticos com volume total de 10 ml, constituídos por uma pastilha porosa para retenção de partículas de solo e acoplados a um compartimento para a coleta da solução (CARBONARI, 2009), sendo aferido o peso seco. Posteriormente, os cartuchos foram saturados com aproximadamente 2 ml de água deionizada e efetuado o peso úmido de cada

cartucho. Depois de saturados os cartuchos foram cobertos com filme de PVC e mantidos em repouso durante 24 horas em ambiente escuro.

Para a extração da solução do solo, os cartuchos foram centrifugados a 2991 G, a 15°C por 5 minutos (centrífuga Hettich Zentrifugen). Coletou-se toda a solução presente no coletor e filtrado com seringas plásticas de 3 ml equipadas com filtro Millex - HV (membrana de PVDF 0,45 µm e 13,0 mm diâmetro) em “vials” de 2,0 mL, os quais foram levados para a quantificação dos herbicidas pelo sistema LC-MS/MS (CARBONARI, 2009) (Figura 11).



Figura 9. Sequência da fase inicial do experimento da quantificação dos herbicidas no solo: aplicação do herbicida, pesagem da palha, semeadura das plantas daninhas, vaso coberto com a respectiva palha e realização da chuva de 40 mm.



Figura 10. Método para irrigação dos vasos.

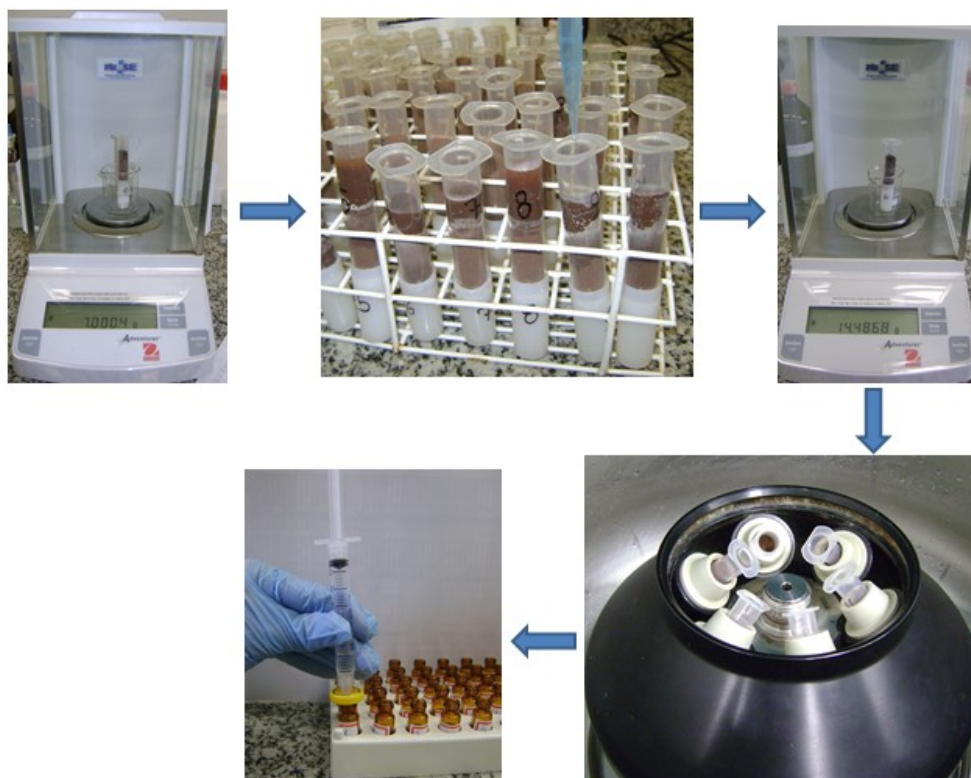


Figura 11. Quantificação do herbicida na solução do solo: pesagem do solo no cartucho, saturação do solo, peso úmido, centrifugação dos cartuchos contendo solo saturado após 24h de repouso e filtragem das soluções do solo para análise no LC-MS/MS.

5.4 Análise dos resultados

Todos os dados foram submetidos ao teste de normalidade, quando necessário, foram transformados para seguir os pressupostos da análise de variância, realizada com o programa estatístico Assistat. Assim, os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade, sendo as médias comparadas entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

Na interpretação dos resultados obtidos da biomassa seca em todos os experimentos, foram transformados em porcentagem relativa à média da testemunha.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Diclosulam

6.1.1 Transposição do herbicida pela palha para aplicação em mistura ou sequencial ao glyphosate após simulações de chuva

A quantidade máxima removida do herbicida diclosulam após chuvas acumuladas de 40 e 60 mm sobre as palhas dessecadas com aplicação em mistura ou sequencial ao glyphosate mostrou significância para a palha de sorgo e milho em função da quantidade de chuva e do manejo de dessecação, tendo para a palha de braquiária diferença significativa apenas em relação à quantidade de chuva (Tabela 9).

Para todos os tipos de palha, a maior quantidade do herbicida diclosulam foi transposta em decorrência da chuva de 40 mm, pelo fato de ter sido a primeira simulação e da quantidade ter sido suficiente para transpor a maior parte do herbicida. O manejo sequencial ao glyphosate transpôs mais com os primeiros 40 mm de chuva, 43, 71 e 67% respectivamente para palha de sorgo, milho e braquiária. O manejo em mistura ao glyphosate promoveu uma maior transposição do herbicida com a chuva de 40 mm, 81, 78 e 64% respectivamente para palha de sorgo, milho e braquiária (Figura 12A, B e C).

O total do herbicida diclosulam liberado da palha de sorgo em função do manejo sequencial e em mistura ao glyphosate foi de 19 e 11 ng cm⁻², respectivamente, tendo para o manejo em mistura, transposição 42% menor (Figura 12A). A transposição do diclosulam da palha de milho foi de 17 e 13 ng cm⁻² respectivamente

para o manejo sequencial e em mistura ao glyphosate, sendo 24% menor para o manejo em mistura (Figura 12B). Para a palha de braquiária, a transposição do diclosulam foi 28% menor para o manejo em mistura, sendo de 19 ng cm⁻² e de 25 ng cm⁻² para o manejo sequencial, (Figura 12C).

A quantidade máxima removida do herbicida diclosulam com 100 mm de chuva apresentou significância em função dos tipos de palha (sorgo, milho e braquiária) e do manejo de dessecação (Tabela 10).

Em função da quantidade total de 100 mm de chuva, a máxima remoção do herbicida diclosulam foi significativamente superior em aproximadamente 31% com o manejo sequencial em comparação ao manejo em mistura (Figura 13A). Esse resultado deve-se ao fato de no momento da aplicação do diclosulam, as plantas de cobertura já estavam secas devido à aplicação do glyphosate, deixando o diclosulam disponível para ser transportado em decorrência das chuvas.

A máxima remoção do diclosulam, com 100 mm de chuva, ocorreu para a palha de braquiária, sendo 32 e 33% maior em comparação as palhas de sorgo e milho, respectivamente (Figura 13B). A braquiária, como planta de cobertura, produziu maior biomassa obtendo uma maior área foliar, com isso, a deposição do herbicida no momento da aplicação foi maior em comparação as outras plantas de cobertura, esse fato explica a maior quantidade removida do herbicida pela chuva sobre a palha de braquiária (Figura 14).

Na operação de dessecação, a associação de glyphosate com outros herbicidas que apresentam residual no solo constitui-se em alternativa capaz de diminuir as infestações de plantas daninhas e inclusive redução no custo de controle (CARVALHO et al., 2000).

Tabela 9. Resumo da análise de variância para a quantidade máxima removida do herbicida diclosulam (ng cm^{-2}) após chuvas de 40 mm e 60 mm em função do manejo de dessecação sobre palha de sorgo, milho e braquiária.

Fator de Variação	QM	
	GL	40 e 60mm ¹
Sorgo		
Quantidade de chuva (A)	1	1,8748*
Manejo de dessecação (B)	1	0,1563*
Interação (A x B)	1	0,00706 ^{ns}
Erro	12	0,0309
C.V (%)		24,63
Milheto		
Quantidade de chuva (A)	1	0,8889*
Manejo de dessecação (B)	1	0,0898*
Interação (A x B)	1	0,0341 ^{ns}
Erro	12	0,0130
C.V (%)		14,37
Braquiária		
Quantidade de chuva (A)	1	0,2487*
Manejo de dessecação (B)	1	0,0495 ^{ns}
Interação (A x B)	1	0,0007 ^{ns}
Erro	12	0,0217
C.V (%)		14,75

* e ^{ns}, respectivamente, significativo e não significativo pelo teste F a 5% de erro.

¹ dados transformados em log (X)

C.V.: coeficiente de variância; GL: grau de liberdade; QM: quadrado médio

Tabela 10. Resumo da análise de variância para a quantidade máxima removida do herbicida diclosulam (ng cm^{-2}) após 100 mm de chuva em função do manejo de dessecação sobre palha de sorgo, milho e braquiária.

Fator de Variação	GL	QM
		100 mm ¹
Tipos de palha (A)	2	0,0857*
Manejo de dessecação (B)	1	0,1328*
Interação (A x B)	2	0,0079 ^{ns}
Erro	18	0,0148
C.V (%)		10,07

* e ^{ns}, respectivamente, significativo e não significativo pelo teste F a 5% de erro.
¹ dados transformados em log (X)

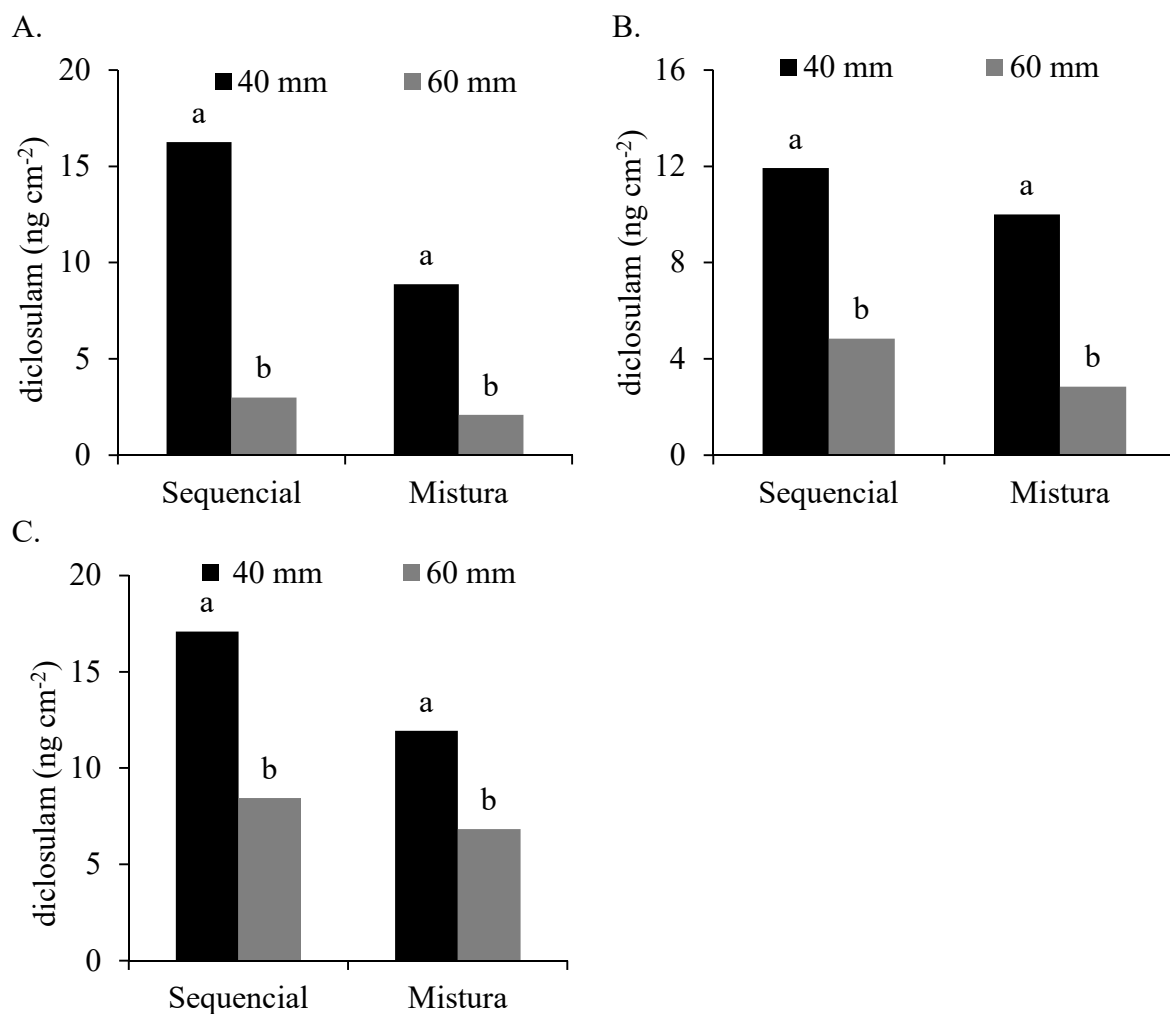


Figura 12. Quantidade máxima removida do herbicida diclosulam (ng cm^{-2}) após chuvas de 40 e 60 mm nas palhas de sorgo (A), milho (B) e braquiária (C). Diferentes letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os fatores, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

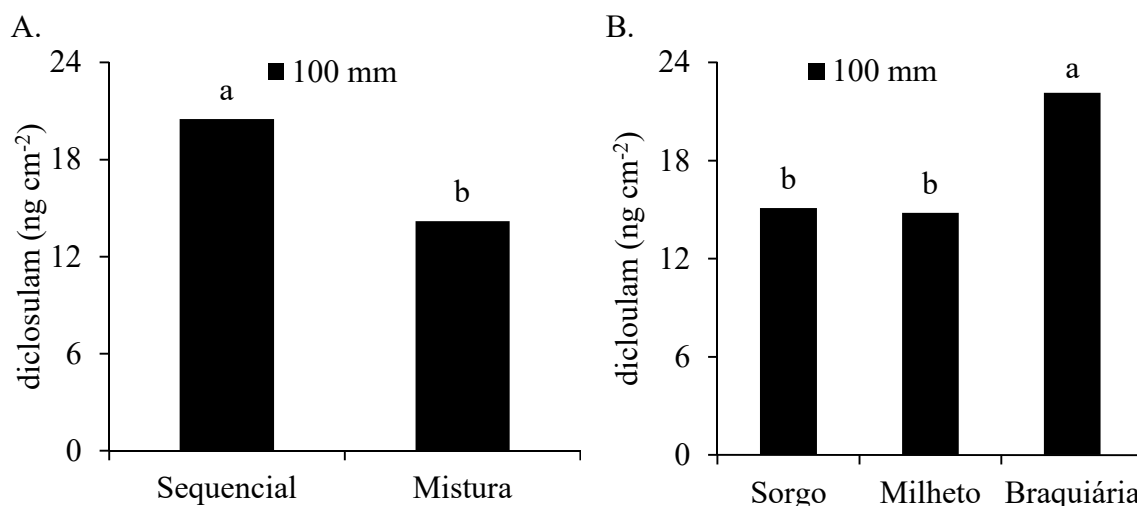


Figura 13. Quantidade máxima removida do herbicida diclosulam (ng cm⁻²), em função da quantidade total de 100 mm de chuva, do manejo de dessecação (A) e dos diferentes tipos de palha (B). Diferentes letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os fatores, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

6.1.2 Quantidade de palha obtida após a aplicação dos tratamentos

A quantidade de palha obtida foi significativa para sorgo, milho e braquiária em função dos manejos de dessecação sequencial e em mistura ao glyphosate (Tabela 11).

Tabela 11. Resumo da análise de variância em função da quantidade de palha obtida para sorgo, milho e braquiária utilizada nos arcos.

Sorgo, milho e braquiária cultivada nos anos.		
Fator de Variação	GL	QM
		Peso Palha
Sorgo		
Manejo de dessecação	1	753,2911*
Erro	6	3,7536
C.V (%)		10,49
Milheto		
Manejo de dessecação	1	286,0272*
Erro	6	7,0464
C.V (%)		9,99
Braquiária		
Manejo de dessecação	1	389,9595*
Erro	6	4,8606
C.V (%)		8,34
* e ^{ns} , respectivamente, significativo e não significativo pelo teste F a 5% de erro.		

* e ^{ns}, respectivamente, significativo e não significativo pelo teste F a 5% de erro.

A quantidade de palha obtida após os manejos de dessecação foi significativamente menor em 69, 37 e 42% para as espécies de sorgo, milho e braquiária, respectivamente, quando foi realizado o manejo sequencial em comparação com a mistura (Figura 14A, B e C). Esse comportamento deve-se ao fato de no manejo sequencial, o tempo entre a primeira aplicação e a pesagem da palha foi de 15 dias, já para o manejo em mistura, o tempo entre a aplicação e a pesagem foi de 7 dias, obtendo uma palha com maior umidade, assim, a quantidade de palha é afetada apenas pelo manejo da dessecação sequencial ao glyphosate.

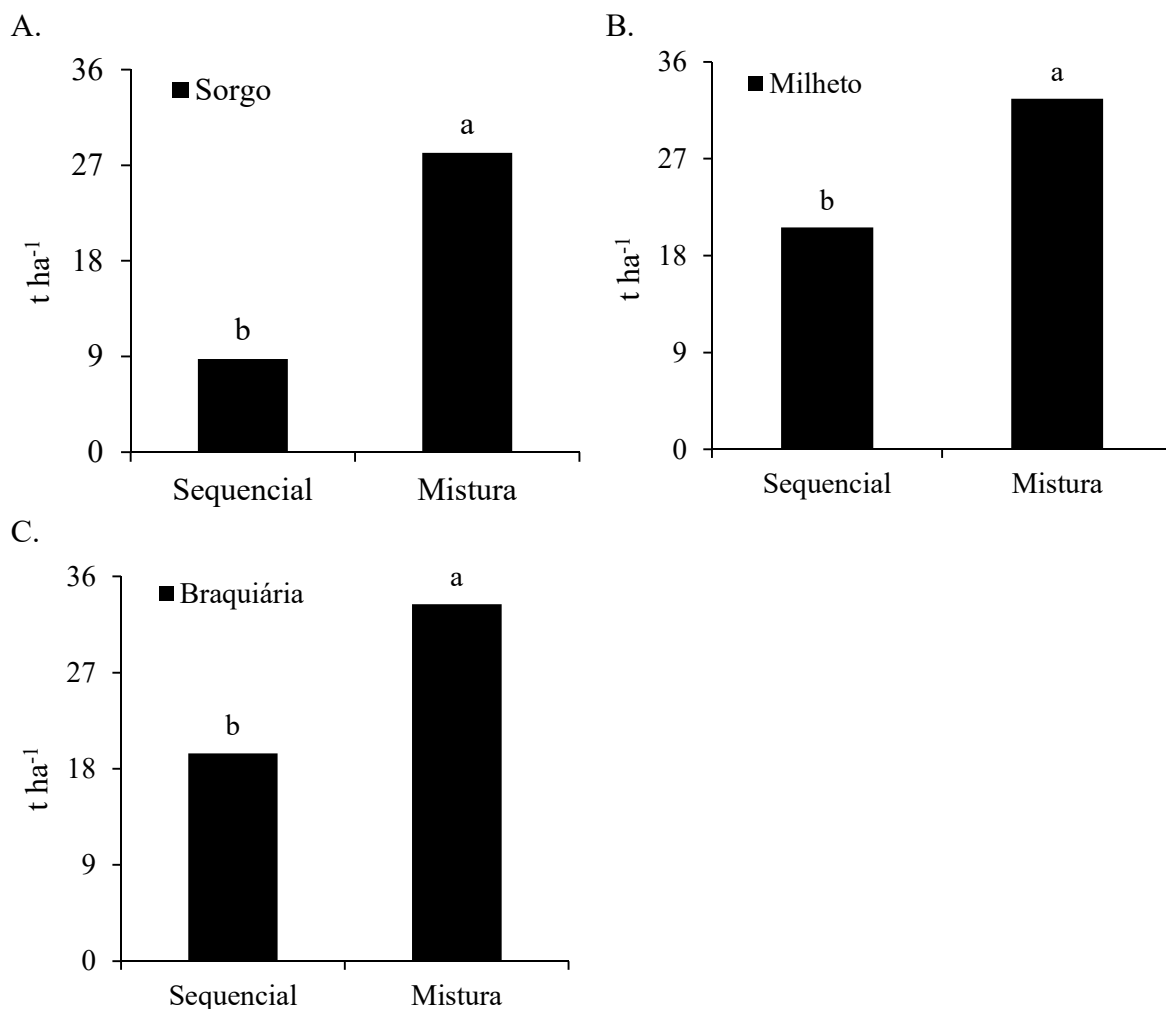


Figura 14. Quantidade de palha obtida para cada espécie de cobertura utilizada nos arcos em $t\ ha^{-1}$, palha de sorgo (A), palha de milho (B) e palha de braquiária (C). Diferentes letras minúsculas indicam diferenças significativas entre manejo de dessecação, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A quantidade, composição e estabilidade da palha na superfície do solo estão diretamente relacionadas com as espécies de plantas utilizadas como cobertura do solo, o clima e o manejo de dessecação da cultura. Esses fatores influenciam a flora de plantas daninhas e dinâmica do herbicida (ALMEIDA; RODRIGUES, 1985).

6.1.3 Bioensaios utilizando as soluções extraídas das palhas de sorgo, milho e braquiária

Não houve diferença significativa da biomassa seca em relação à porcentagem da testemunha da parte aérea de *B. decumbens* submetidos às soluções extraídas em decorrência das chuvas de 40 e 60 mm sobre as palhas de sorgo, milho e braquiária (Tabela 12).

A utilização das soluções extraídas da chuva de 40 mm em função dos manejos de dessecação refletiu na produção de biomassa seca de *B. decumbens*, sendo observado 16% de redução do manejo sequencial em relação ao manejo em mistura, com respectivamente, 45 e 53% em relação à testemunha. Esse comportamento se repetiu com a utilização das soluções extraídas da chuva de 60 mm, com 50 e 60% da biomassa seca em relação à testemunha para o manejo sequencial e em mistura, respectivamente (Figura 15A).

Em função dos tipos de palha com a utilização das soluções obtidas da chuva de 40 mm, a palha de braquiária apresentou maior redução na produção de biomassa seca de *B. decumbens*, com 40% em relação à testemunha, na sequência, a palha de milho e sorgo obtiveram 52 e 55% de redução na produção de biomassa seca de *B. decumbens*, respectivamente (Figura 15B).

Para a biomassa seca de *B. decumbens*, em função dos tipos de palha com a utilização das soluções obtidas após chuva de 60 mm, foi observada maiores reduções com a palha de braquiária, apresentando 48% de biomassa seca em relação à testemunha. Com as palhas de milho e sorgo as reduções de biomassa seca de *B. decumbens* foram de 57 e 61% em relação à testemunha, respectivamente (Figura 15B). A máxima quantificação do herbicida diclosulam da solução obtida após as chuvas sobre palha de braquiária (Figura 13B) é causa da menor quantidade de matéria seca de *B. decumbens* quando utilizada as soluções da palha de braquiária.

Tabela 12. Resumo da análise de variância da biomassa seca (porcentagem da testemunha) da parte aérea de *B. decumbens* submetidos às soluções extraídas após chuva de 40 e 60 mm sobre as palhas de sorgo, milho e braquiária.

Fator de Variação	GL	QM	
		40 mm ¹	60 mm ¹
Tipos de palha (A)	2	3,4289 ^{ns}	1,9634 ^{ns}
Manejo de dessecação (B)	1	2,2599 ^{ns}	2,3177 ^{ns}
Interação (A x B)	2	0,2060 ^{ns}	0,2651 ^{ns}
Erro	18	1,8498	1,0461
C.V (%)		19,78	13,87

* e ^{ns}, respectivamente, significativo e não significativo pelo teste F a 5% de erro.

¹ dados transformados em log (X)

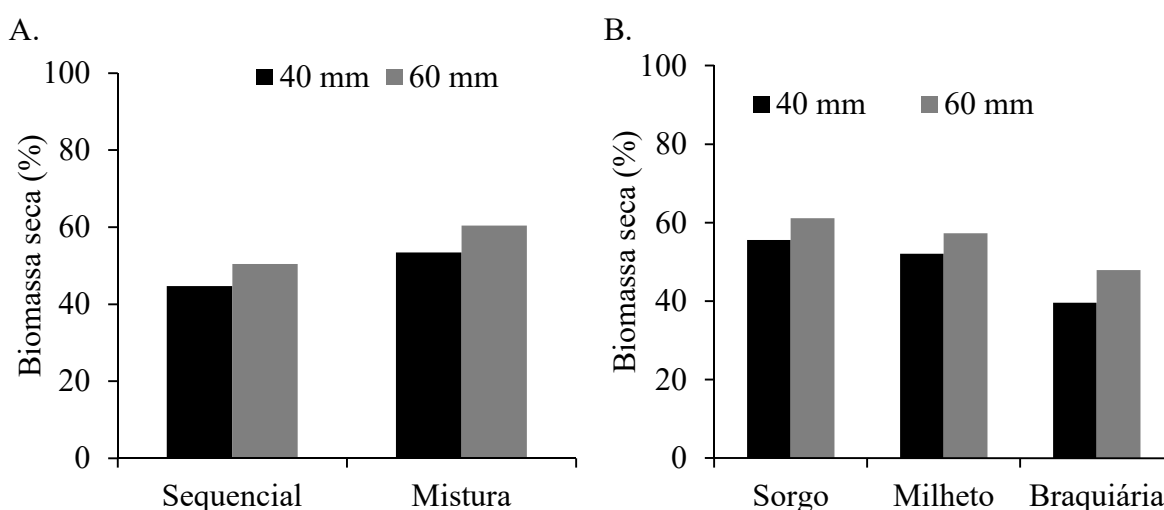


Figura 15. Biomassa seca (porcentagem da testemunha) da parte aérea de *B. decumbens* submetidos às soluções extraídas pelas chuvas de 40 mm e 60 mm sobre as palhas de sorgo, milho e braquiária, em função do manejo de dessecação (A) e diferentes tipos de palha (B).

Não houve diferença significativa da biomassa seca em relação à porcentagem da testemunha da parte aérea de *I. grandifolia* submetidos às aplicações das soluções extraídas em decorrência das chuvas de 40 e 60 mm sobre as palhas de sorgo, milho e braquiária (Tabela 13).

A utilização das soluções extraídas da chuva de 40 mm em função dos manejos de dessecação refletiu na produção de biomassa seca de *I. grandifolia*, sendo observado 19% de redução devido ao manejo sequencial em relação ao manejo em mistura, com respectivamente, 32 e 40% em relação à testemunha. Esse comportamento se repetiu com a utilização das soluções extraídas da chuva de 60 mm, com 37 e 48% da biomassa

seca em relação à testemunha para o manejo sequencial e em mistura, respectivamente (Figura 16A).

A biomassa seca de *I. grandifolia* em função dos diferentes tipos de palha com a utilização das soluções obtidas após chuva de 40 mm, a palha de braquiária mostrou maior redução, com 33% de biomassa seca em relação à testemunha. Constatou-se para palha de milho e sorgo respectivamente, uma produção de 36 e 40% de biomassa seca de *I. grandifolia* em relação à testemunha (Figura 16B).

A utilização das soluções após chuva de 60 mm em função dos diferentes tipos de palha proporcionou menor biomassa seca de *I. grandifolia* em relação à testemunha para a palha de braquiária, com 39%. Em relação as palhas de milho e sorgo, a produção de biomassa seca foi de *I. grandifolia* de 42 e 48% em relação à testemunha (Figura 16B).

Segundo Norsworthy e grey (2004) a adição de chlorimuron-ethyl ao glyphosate aumentou o controle da corda-de-viola (*Ipomoea hederacea* e *I. Purpurea*); enquanto que Monquero et al. (2001) constataram efeito sinérgico no controle de caruru-roxo (*Amaranthus hybridus*) e poaia-branca (*Richardia brasiliensis*).

Tabela 13. Resumo da análise de variância da biomassa seca (porcentagem da testemunha) da parte aérea de *I. grandifolia* submetidos às soluções extraídas após chuva de 40 e 60 mm sobre as palhas de sorgo, milho e braquiária.

Fator de Variação	GL	QM	
		40 mm ¹	60 mm ¹
Tipos de palha (A)	2	0,0118 ^{ns}	0,0141 ^{ns}
Manejo de dessecação (B)	1	0,0445 ^{ns}	0,0780 ^{ns}
Interação (A x B)	2	0,0220 ^{ns}	0,0137 ^{ns}
Erro	18	0,0571	0,0225
C.V (%)		15,83	9,34

* e ^{ns}, respectivamente, significativo e não significativo pelo teste F a 5% de erro.

¹ dados transformados em log (x)

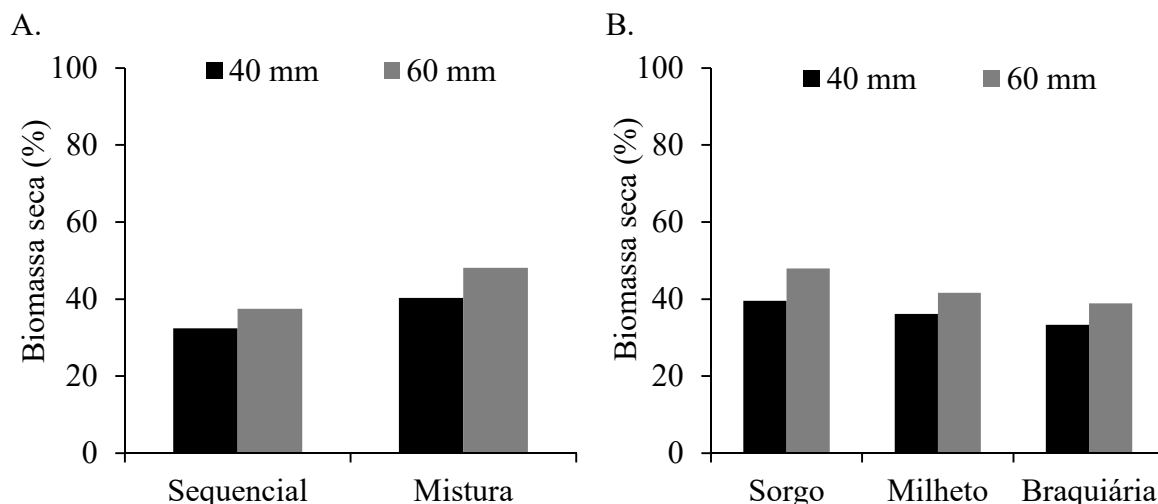


Figura 16. Biomassa seca (porcentagem da testemunha) da parte aérea de *I. grandifolia* submetidos às soluções extraídas das chuvas de 40 mm e 60 mm sobre as palhas de sorgo, milho e braquiária, em função do manejo de dessecação (A) e diferentes tipos de palha (B).

Não houve diferença significativa para a biomassa seca da parte aérea de *P. maximum* submetidos às soluções extraídas após realização das chuvas de 40 e 60 mm nas palhas de sorgo, milho e braquiária (Tabela 14).

A utilização das soluções extraídas após chuva de 40 mm em função dos manejos de dessecação promoveu para o manejo sequencial, a menor biomassa seca de *P. maximum* em relação à testemunha, com 45%, tendo para o manejo em mistura 47% de biomassa em relação à testemunha. Quando se usou as soluções coletadas da chuva de 60 mm, o manejo sequencial mostrou-se também mais eficiente, com 58% de produção de biomassa seca em relação à testemunha para *P. maximum*, tendo para o manejo em mistura, produção de 60% (Figura 17A).

As soluções extraídas da palha de braquiária em consequência das chuvas de 40 e 60 mm apresentaram menor biomassa seca de *P. maximum* quando comparada à testemunha. Com as soluções da chuva de 40 e 60 mm, obtiveram respectivamente 35 e 56 % de biomassa seca de *P. maximum* em relação à testemunha. Para a palha de milho, as soluções obtidas das chuvas de 40 e 60 mm, apresentaram respectivamente 47 e 58 % de biomassa seca de *P. maximum* em relação à testemunha. Tendo para as soluções coletadas das chuvas de 40 e 60 mm da palha de sorgo, as maiores porcentagens de biomassa seca de *P. maximum* em relação à testemunha (Figura 17B).

Tabela 14. Resumo da análise de variância da biomassa seca (porcentagem da testemunha) da parte aérea de *P. maximum* submetidos às soluções extraídas após chuva de 40 e 60 mm sobre as palhas de sorgo, milho e braquiária.

Fator de Variação	GL	QM	
		40 mm ¹	60 mm ¹
Tipos de palha (A)	2	0,0814 ^{ns}	0,0114 ^{ns}
Manejo de dessecação (B)	1	0,0001 ^{ns}	0,0013 ^{ns}
Interação (A x B)	2	0,0029 ^{ns}	0,0013 ^{ns}
Erro	18	0,0276	0,0265
C.V (%)		10,17	9,31

* e ^{ns}, respectivamente, significativo e não significativo pelo teste F a 5% de erro.

¹ dados transformados em log (x)

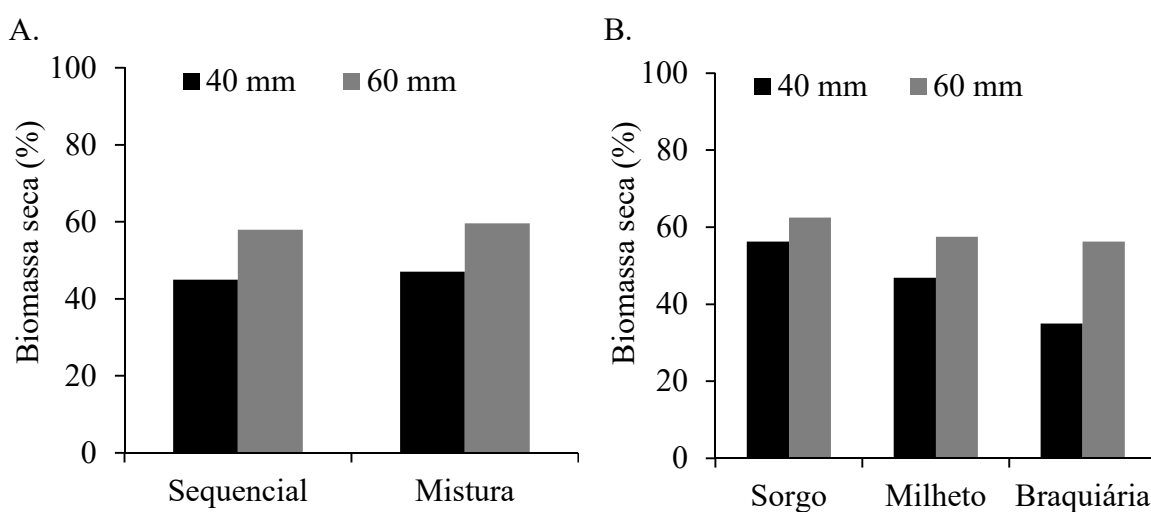


Figura 17. Biomassa seca (porcentagem da testemunha) da parte aérea de *P. maximum* submetidos às soluções extraídas das chuvas de 40 mm e 60 mm sobre as palhas de sorgo, milho e braquiária, em função do manejo de dessecação (A) e diferentes tipos de palha (B).

O manejo sequencial ao glyphosate mostrou ser mais eficiente no controle das plantas daninhas pelo fato deste tratamento promover a maior transposição do herbicida diclosulam em decorrência das chuvas. Pode-se observar também que a chuva de 40 mm transpôs a maior parte do herbicida residual pelo fato de ter obtido maior redução na produção de biomassa seca das plantas daninhas.

A eficácia dos herbicidas com efeito residual, em áreas com a presença de palhada, depende de sua capacidade de transpor da palha até o solo, da quantidade e tipo de palha, das características físico-químicas das moléculas dos herbicidas e da época de ocorrência e intensidade de chuvas após a aplicação (CARBONARI et al., 2008).

Piccinini et al. (2011) avaliaram o efeito da combinação de glyphosate com diversos herbicidas na dessecação de plantas daninhas aplicados à cultura da soja, os autores observaram que a combinação de glyphosate (2 L ha^{-1}) com diclosulam (42 g ha^{-1}) foram suficientes para o controle de guaxuma, apresentando valores superiores a 85% de controle, aos sete dias após a emergência da soja.

6.1.4 Bioensaios para verificação da chegada do herbicida ao solo no momento da dessecação das plantas de cobertura

A mudança da biomassa seca da parte aérea de *B. decumbens* em relação à testemunha, quanto à chegada do herbicida ao solo no momento da dessecação das plantas de sorgo, milho e braquiária foi significativo em função dos tipos de palha (Tabela 15).

O manejo sequencial proporcionou menor biomassa seca de *B. decumbens* em relação à testemunha, com 38%. O manejo em mistura exibiu 52% de biomassa seca de *B. decumbens* em relação à testemunha (Figura 18A). A menor biomassa seca de *B. decumbens* em relação à testemunha foi encontrada utilizando a palha de braquiária, com 29%, diferindo significativamente das palhas de sorgo e milho, as quais obtiveram respectivamente 50 e 56% (Figura 18B).

Tabela 15. Resumo da análise de variância da biomassa seca (porcentagem da testemunha) da parte aérea de *B. decumbens* para verificação da chegada do herbicida ao solo no momento da dessecação das plantas de sorgo, milho e braquiária.

Fator de Variação	GL	QM
		<i>B. decumbens</i> ¹
Tipos de palha (A)	2	0,2437*
Manejo de dessecação (B)	1	0,1397 ^{ns}
Interação (A x B)	2	0,0504 ^{ns}
Erro	18	0,0384
C.V (%)		12,32

* e ^{ns}, respectivamente, significativo e não significativo pelo teste F a 5% de erro.
¹ dados transformados em log(x)

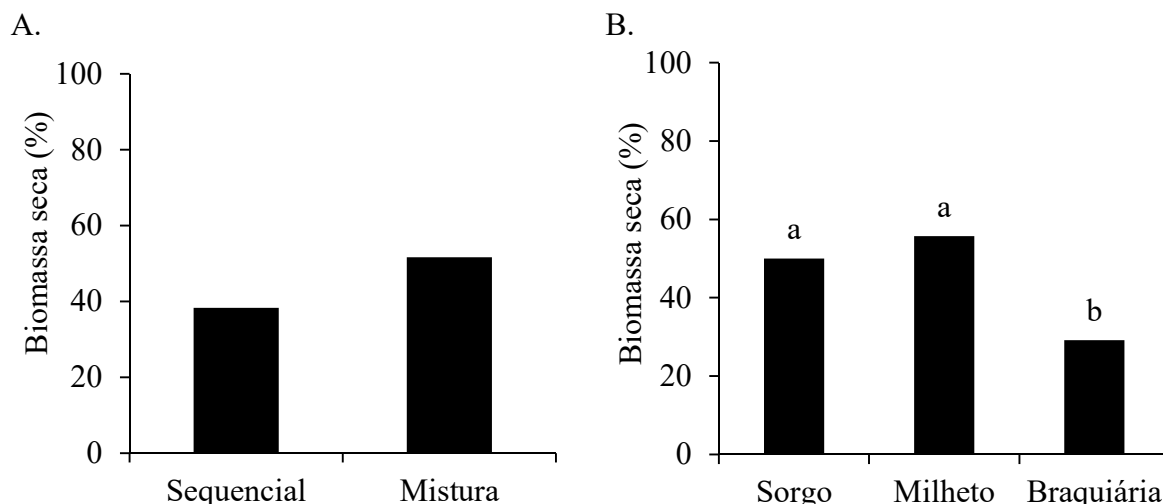


Figura 18. Biomassa seca (porcentagem da testemunha) de *B. decumbens* para verificação da chegada de herbicida ao solo no momento da dessecação de sorgo, milho e braquiária, em função do manejo de dessecação (A) e diferentes tipos de palha (B). Diferentes letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os fatores, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Não houve diferença significativa da biomassa seca em relação à testemunha de *I. grandifolia*, em função dos tipos de palha e do manejo de dessecação na verificação da chegada do herbicida ao solo no momento da dessecação (Tabela 16).

Pode-se observar que a biomassa seca em relação à testemunha de *I. grandifolia* foi menor quando utilizou o manejo sequencial ao glyphosate, com 30%. O manejo em mistura atingiu 38% de biomassa seca em relação à testemunha de *I. grandifolia* (Figura 19A). O emprego da palha de braquiária proporcionou 26% de biomassa seca em relação à testemunha de *I. grandifolia*, sendo o menor dentre os tipos de palha, porém, não diferiu significativamente (Figura 19B).

Tabela 16. Resumo da análise de variância da biomassa seca (porcentagem da testemunha) da parte aérea de *I. grandifolia* para verificação da chegada do herbicida ao solo no momento da dessecação das plantas de sorgo, milho e braquiária.

Fator de Variação	GL	QM
		<i>I. grandifolia</i> ¹
Tipos de palha (A)	2	0,0781 ^{ns}
Manejo de dessecação (B)	1	0,1113 ^{ns}
Interação (A x B)	2	0,0159 ^{ns}
Erro	18	0,0431
C.V (%)		13,44

* e ^{ns}, respectivamente, significativo e não significativo pelo teste F a 5% de erro.

¹ dados transformados em log(x)

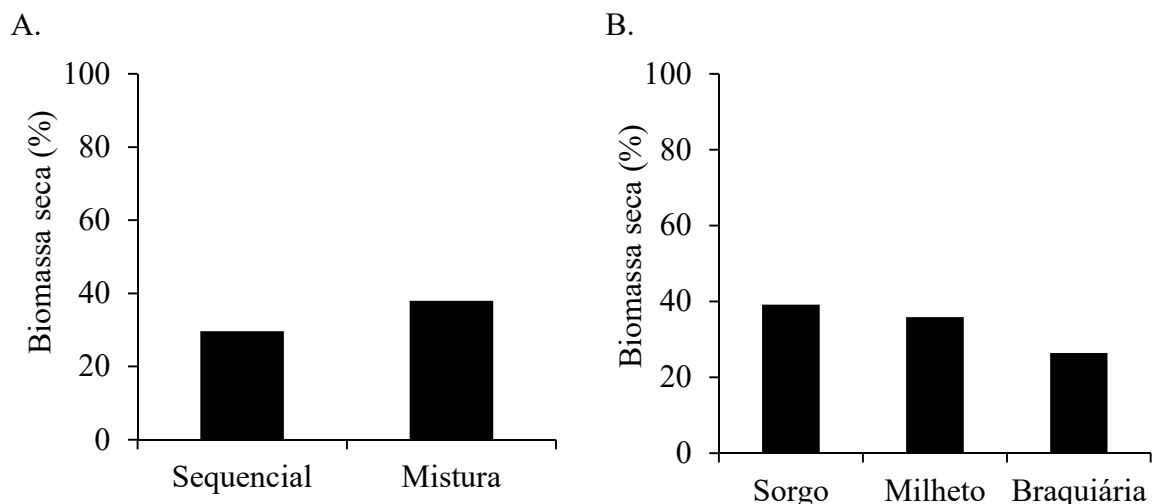


Figura 19. Biomassa seca (porcentagem da testemunha) de *I. grandifolia* para verificação da chegada de herbicida ao solo no momento da dessecação de sorgo, milho e braquiária, em função do manejo de dessecação (A) e diferentes tipos de palha (B).

Houve diferença significativa da biomassa seca em relação à testemunha de *P. maximum* em função dos tipos de palha na verificação da chegada do herbicida ao solo no momento da dessecação (Tabela 17).

Observa-se que apesar de não ter ocorrido diferença significativa em função do manejo de dessecação para a biomassa seca de *P. maximum* em relação à testemunha, o manejo sequencial proporcionou a menor biomassa seca (39%) quando comparado ao manejo em mistura ao glyphosate (44%) (Figura 20A).

Em contrapartida, obteve-se diferença da redução da biomassa seca de *P. maximum*, em relação à testemunha, quando se considera os tipos de palha, tendo-se obtido a menor biomassa seca quando utilizou-se a palha de braquiária, com 25%, não diferindo da palha de milho, com 34%. A palha de sorgo proporcionou 65% da biomassa seca de *P. maximum* em relação à testemunha, mostrando que o herbicida diclosulam atingiu o solo em maior quantidade com a presença da palha de braquiária e milho (Figura 20B).

Tabela 17. Resumo da análise de variância da biomassa seca (porcentagem da testemunha) da parte aérea de *P. maximum* para verificação da chegada do herbicida ao solo no momento da dessecação das plantas de sorgo, milho e braquiária.

Fator de Variação	GL	QM
		<i>P. maximum</i> ¹
Tipos de palha (A)	2	0,3874*
Manejo de dessecação (B)	1	0,0094 ^{ns}
Interação (A x B)	2	0,0076 ^{ns}
Erro	18	0,0506
C.V (%)		14,68

* e ^{ns}, respectivamente, significativo e não significativo pelo teste F a 5% de erro.

¹ dados transformados em log (x)

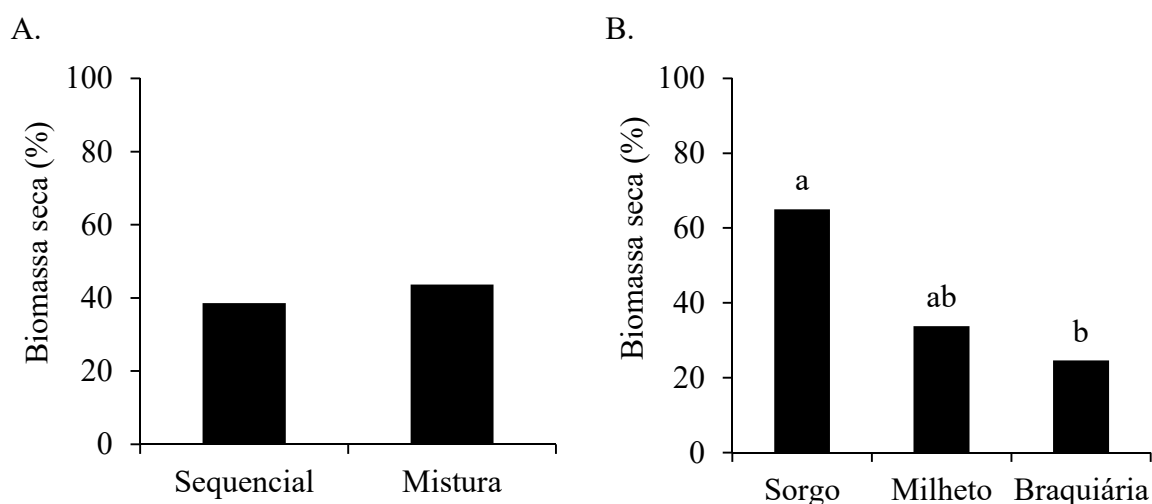


Figura 20. Biomassa seca (porcentagem da testemunha) de *P. maximum* para verificação da chegada de herbicida ao solo no momento da dessecação de sorgo, milho e braquiária, em função do manejo de dessecação (A) e diferentes tipos de palha (B). Diferentes letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os fatores, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

6.1.5 Manejo de dessecação das plantas de cobertura e quantificação do herbicida na solução do solo

6.1.5.1 Dinâmica de liberação para aplicação em mistura ou sequencial ao glyphosate

A quantidade máxima extraída do herbicida diclosulam da solução do solo após chuva de 40 mm sobre as palhas foi significativa em função do manejo de dessecação e dos tipos de palha (Tabela 18). O manejo sequencial ao glyphosate obteve

uma extração 38% maior do herbicida diclosulam em comparação ao manejo em mistura ao glyphosate (Figura 21A).

Tabela 18. Resumo da análise de variância para a quantidade máxima removida do herbicida diclosulam (ng solo^{-1}) da solução do solo após realização da chuva de 40 mm em função do manejo de dessecação sobre a palha de diferentes culturas (sorgo, milho e braquiária).

Fator de Variação	GL	QM
		40 mm ¹
Manejo de dessecação (A)	1	0,1851*
Tipos de palha (B)	2	0,1211*
Interação (A x B)	2	0,0193 ^{ns}
Erro	18	0,0298
C.V (%)		12,54

* e ^{ns}, respectivamente, significativo e não significativo pelo teste F a 5% de erro.
¹ dados transformados em $x+1$

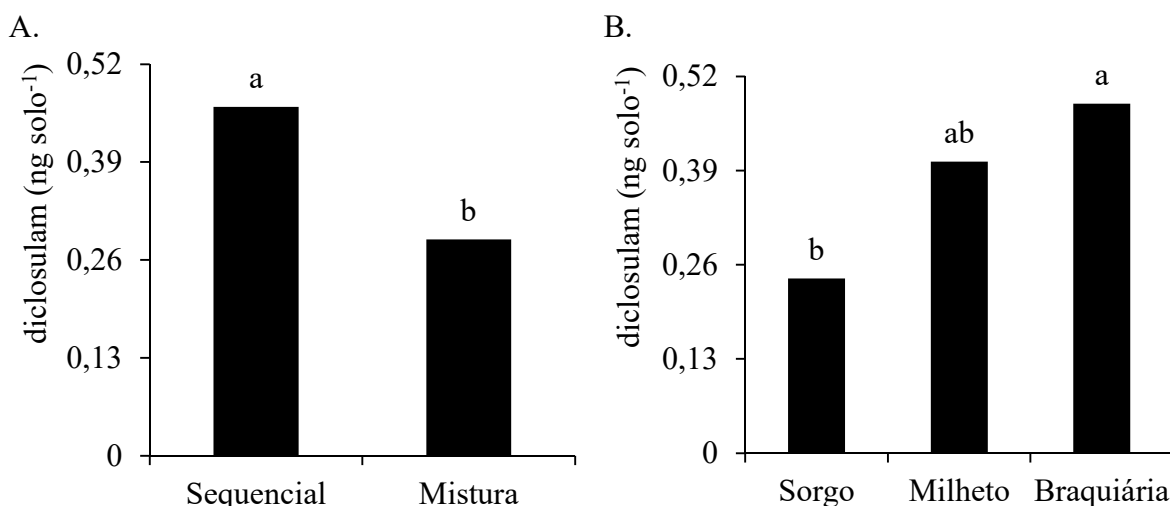


Figura 21. Quantidade máxima removida do herbicida diclosulam (ng solo^{-1}) da solução do solo após realização da chuva de 40 mm, em função do manejo de dessecação (A) e dos tipos de palha (B). Diferentes letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os fatores, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação aos tipos de palha, a quantificação do herbicida diclosulam no solo foi 50% maior quando utilizada a palha de braquiária em comparação com a de sorgo. Não havendo diferença entre palha de sorgo com milho e milho com braquiária (Figura 21B). Esse resultado é explicado devido à quantidade de palha produzida pelas espécies de cobertura, tendo-se para a braquiária uma produção de 25 t ha^{-1} , milho 22 t ha^{-1} e sorgo 12 t ha^{-1} , assim braquiária e milho produziram maior biomassa, obtendo-se maior área foliar, levando a maior deposição do herbicida no

momento da aplicação, originando maior quantidade removida e quantificada na solução do solo pelo herbicida diclosulam em decorrência da chuva.

6.1.5.2 Biomassa seca em relação a porcentagem da testemunha das plantas daninhas

Não houve diferença significativa da biomassa seca em relação à testemunha da parte aérea de *B. decumbens* aos 21 dias após chuva de 40 mm sobre as palhas de sorgo, milho e braquiária (Tabela 19).

Apesar de não ocorrer diferença significativa, o manejo sequencial ao glyphosate causou a menor biomassa seca em relação à testemunha de *B. decumbens*, com 48%. O manejo em mistura, a biomassa seca em relação à testemunha de *B. decumbens* atingiu 58% (Figura 22A).

Em função dos tipos de palha, a palha de braquiária proporcionou a menor biomassa seca em relação à testemunha de *B. decumbens* em comparação às palhas de sorgo e milho. As palhas de braquiária, milho e sorgo apresentaram, respectivamente 40, 52 e 67 % de biomassa seca de *B. decumbens* em relação à testemunha (Figura 22B).

Tabela 19. Resumo da análise de variância da biomassa seca (porcentagem da testemunha) de *B. decumbens* aos 21 dias após chuva de 40 mm sobre as palhas de sorgo, milho e braquiária.

Fator de Variação	GL	QM
		40 mm ¹
Tipos de palha (A)	2	0,1587 ^{ns}
Manejo de dessecação (B)	1	0,0939 ^{ns}
Interação (A x B)	2	0,0091 ^{ns}
Erro	18	0,0585
C.V (%)		14,52

* e ^{ns}, respectivamente, significativo e não significativo pelo teste F a 5% de erro.

¹ dados transformados em log (x)

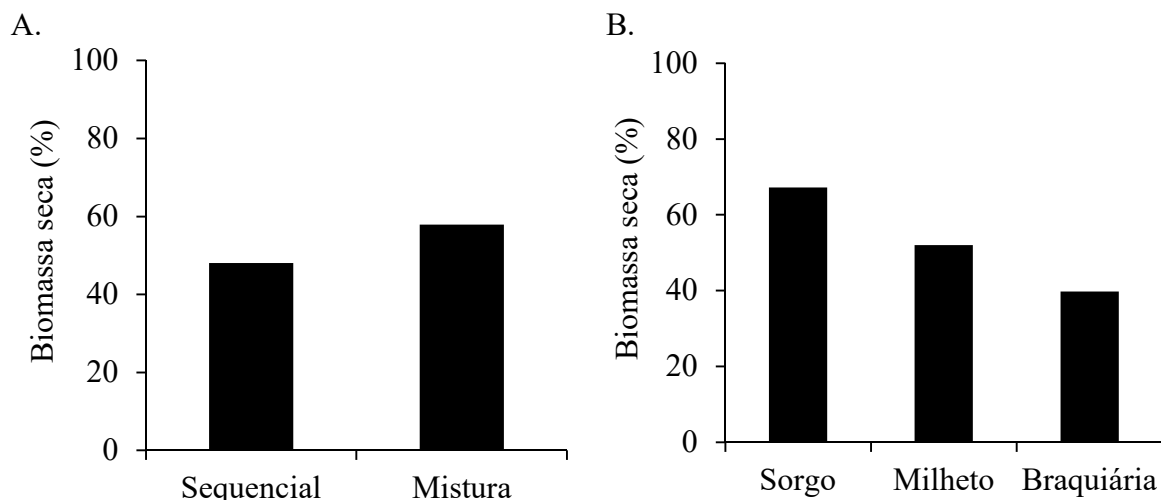


Figura 22. Biomassa seca (porcentagem da testemunha) de *B. decumbens* aos 21 dias após chuva de 40 mm sobre as palhas de sorgo, milheto e braquiária, em função do manejo de dessecação (A) e diferentes tipos de palha (B).

A biomassa seca em relação à testemunha de *I. grandifolia* em decorrência do manejo de dessecação aos 21 dias após chuva de 40 mm sobre as palhas de sorgo, milheto e braquiária foi significativa em função da interação dos fatores (Tabela 20).

Em função do manejo de dessecação, a biomassa seca em relação à testemunha de *I. grandifolia* foi significativa para palha de milheto e braquiária, tendo sido observado menores porcentagens de biomassa seca para o manejo sequencial. Para a palha de braquiária o manejo sequencial e em mistura proporcionaram, respectivamente 4 e 42% de biomassa seca de *I. grandifolia*, diferença de 90% na redução da biomassa seca entre esses tratamentos. Para a palha de milheto, o manejo sequencial e em mistura apresentou, respectivamente 6 e 54% de biomassa seca de *I. grandifolia*, diferença de 89% na redução da biomassa seca. Apesar de não constar diferença significativa com a palha de sorgo, o manejo sequencial também proporcionou menor biomassa seca de *I. grandifolia*, com diferença de 56% entre os tratamentos (Figura 23).

Segundo Timossi e Durigan (2006) estudando o manejo de convulváceas em dois cultivares de soja semeados sob palha residual de cana crua, concluíram que o diclosulam demonstrou ter boa solubilidade e baixa retenção, transpondo através da camada de palha de cana-de-açúcar deixada sobre o solo e agindo eficazmente no controle das plantas daninhas em estudo.

Tabela 20. Resumo da análise de variância da biomassa seca (porcentagem da testemunha) de *I. grandifolia* aos 21 dias após chuva de 40 mm sobre as palhas de sorgo, milho e braquiária.

Fator de Variação	GL	QM
		40 mm ¹
Tipos de palha (A)	2	6,6525*
Manejo de dessecação (B)	1	100,3596*
Interação (A x B)	2	3,9174*
Erro	18	0,5921
C.V (%)		15,52

* e ^{ns}, respectivamente, significativo e não significativo pelo teste F a 5% de erro.

¹ dados transformados em

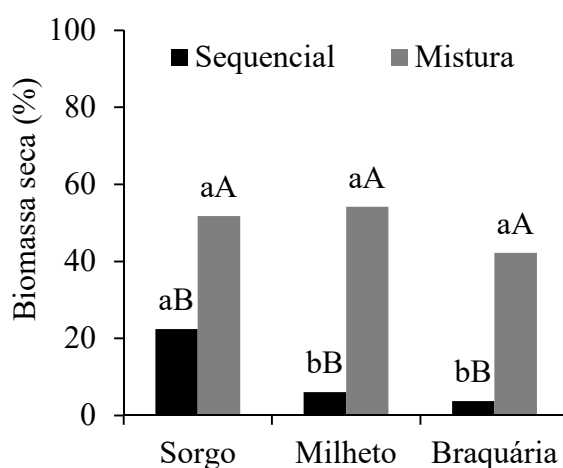


Figura 23. Biomassa seca (porcentagem da testemunha) de *I. grandifolia* aos 21 dias após chuva de 40 mm sobre as palhas de sorgo, milho e braquiária, em função da interação dos fatores. Diferentes letras maiúsculas indicam diferenças significativas entre os grupos e diferentes letras minúsculas indicam diferenças significativas dentro do mesmo grupo, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Não observou-se diferença significativa para a biomassa seca em relação à testemunha de *P. maximum* em função do manejo de dessecação aos 21 dias após chuva de 40 mm sobre as palhas de sorgo, milho e braquiária (Tabela 21).

Apesar de não constar diferença significativa, os resultados da biomassa seca de *P. maximum* acompanham os resultados de *B. decumbens* e *I. grandifolia*. Em relação ao manejo de dessecação, o sequencial apresentou 24% de biomassa seca de *B. decumbens*, enquanto que o manejo em mistura obteve 33% (Figura 24A). A utilização da palha de braquiária proporcionou 26% de biomassa seca de *B. decumbens*, tendo para as palhas de milho e sorgo 30% de biomassa seca de *B. decumbens* (Figura 24B).

A dinâmica de herbicidas pré-emergentes aplicados sobre qualquer tipo de palha ou resíduo de colheita presente como cobertura do solo depende de fatores como características físico-químicas do herbicida, do tipo e quantidade da cobertura vegetal, do período antes do primeiro evento de chuva após a aplicação e de eventos de chuva subsequentes, bem como sobre as condições de tempo durante e após a aplicação, sendo a chuva um fator ambiental chave que permite herbicidas pré-emergentes aplicados sobre cobertura vegetal, atingir o solo para assim possam controlar as plantas daninhas (CARBONARI et al., 2016).

Tabela 21. Resumo da análise de variância da biomassa (porcentagem da testemunha) de *P. maximum* aos 21 dias após chuva de 40 mm sobre as palhas de sorgo, milho e braquiária.

Fator de Variação	GL	QM
		40 mm ¹
Tipos de palha (A)	2	0,0042 ^{ns}
Manejo de dessecação (B)	1	0,0461 ^{ns}
Interação (A x B)	2	0,0088 ^{ns}
Erro	18	0,0331
C.V (%)		14,11

* e ^{ns}, respectivamente, significativo e não significativo pelo teste F a 5% de erro.
¹ dados transformados em (x/100)+1

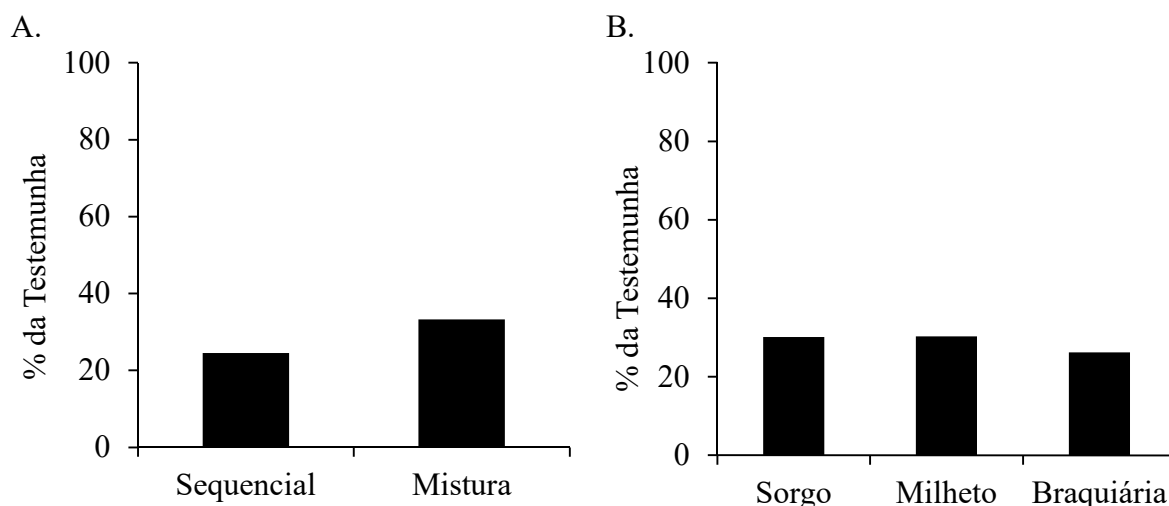


Figura 24. Biomassa seca (porcentagem da testemunha) de *P. maximum* aos 21 dias após chuva de 40 mm sobre as palhas de sorgo, milho e braquiária, em função do manejo de dessecação (A) e diferentes tipos de palha (B).

Carbonari et al. (2008), observaram elevados níveis de controle para *I. grandifolia* e *Sida rhombifolia* com a aplicação do herbicida diclosulam sobre palha seguido da simulação de 30 mm de chuva.

6.2 Sulfentrazone

6.2.1 Transposição do herbicida para as aplicações em mistura ou sequencial ao glyphosate após simulações de chuva

A quantidade máxima removida do herbicida sulfentrazone após chuvas acumuladas de 40 e 60 mm sobre as palhas dessecadas com aplicação em mistura e sequencial ao glyphosate mostrou significância para as palhas de sorgo e milho em função da quantidade de chuva. Para a palha de braquiária, ocorreu significância em função da quantidade de chuva e manejo de dessecação (interação dos fatores) (Tabela 22).

Para todos os tipos de palha, a maior quantidade do herbicida sulfentrazone foi transposta com chuva de 40 mm pelo fato de ter sido a primeira simulação e da quantidade ter sido suficiente para transpor a maior parte do herbicida. O manejo sequencial ao glyphosate transpôs mais com os primeiros 40 mm de chuva, 86, 78 e 37 % respectivamente para palha de sorgo, milho e braquiária. O manejo em mistura promoveu uma maior transposição do herbicida com a chuva de 40 mm, 90, 84 e 81 % respectivamente para palha de sorgo, milho e braquiária (Figura 25A, B e C).

O total do herbicida sulfentrazone liberado da palha de sorgo, milho e braquiária foi maior em 11% para sorgo e milho e 32% para braquiária quando utilizado o manejo sequencial ao glyphosate em comparação ao manejo em mistura (Figura 24A, B e C).

A quantidade máxima extraída do herbicida sulfentrazone com 100 mm de chuva apresentou significância em função dos tipos de palha (sorgo, milho e braquiária) (Tabela 23).

Apesar do manejo de dessecação não indicar diferença significativa na quantidade máxima extraída do herbicida sulfentrazone com 100 mm de chuva, o manejo sequencial mostrou 19% de transposição a mais quando comparado com o manejo em mistura (Figura 26A). Em função dos tipos de palha, a maior transposição do herbicida sulfentrazone com chuva de 100 mm foi para palha de milho, não diferindo

significativamente da palha de braquiária, sendo, respectivamente 40 e 32% maior em comparação com a palha de sorgo (Figura 26B).

O milho e a braquiária, como plantas de cobertura, produziram maior biomassa obtendo-se uma maior área foliar, com isso, a deposição do herbicida no momento da aplicação foi maior em comparação as outras plantas de cobertura, esse fato explica a maior quantidade removida do herbicida pela chuva sobre a palha de braquiária (Figura 27).

Tabela 22. Resumo da análise de variância para a quantidade máxima removida do herbicida sulfentrazone (ng cm^{-2}) após chuvas de 40 mm e 60 mm em função do manejo de dessecação sobre palha de sorgo, milho e braquiária.

de dessecação sobre palha de sorgo, milho e braquiária.		
Fator de Variação	GL	QM
		40 e 60mm ¹
Sorgo		
Quantidade de chuva (A)	1	3,3894*
Manejo de dessecação (B)	1	0,0394 ^{ns}
Interação (A x B)	1	0,0275 ^{ns}
Erro	12	0,0087
C.V (%)		4,72
Milheto		
Quantidade de chuva (A)	1	2,1341*
Manejo de dessecação (B)	1	0,0461 ^{ns}
Interação (A x B)	1	0,0131 ^{ns}
Erro	12	0,0147
C.V (%)		5,37
Braquiária		
Quantidade de chuva (A)	1	1,0053*
Manejo de dessecação (B)	1	0,3369*
Interação (A x B)	1	0,2890*
Erro	12	0,0565
C.V (%)		10,61

* e ^{ns}, respectivamente, significativo e não significativo pelo teste F a 5% de erro.

¹ dados transformados em log (X)

O comportamento de herbicidas em relação à remoção da palha em decorrência da chuva é, dentre outros fatores, em função das propriedades físico-químicas do herbicida. Brum et al. (2013) descobriu valores variáveis de sulfentrazone em relação a $T_{1/2}$, compreendida entre 34 e 116 dias, em diferentes condições ambientais. Esses autores concluíram que a umidade do solo e temperatura de incubação influenciam a persistência do herbicida, cuja degradação ocorreu mais rapidamente no solo úmido (80% da capacidade de campo) e sob a alta temperatura (40°C). Portanto, a dissipação do sulfentrazone no

ambiente é sugerido que ocorra principalmente por degradação bacteriana (OHMES; HAYES; MUELLER, 2000; MARTINEZ et al., 2010; RODRIGUES; ALMEIDA, 2011; BRUM et al., 2013). Segundo Lourenço e Carvalho (2015), a taxa média de dissipação do sulfentrazone foi de $2,15 \text{ g ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ e meia-vida superior a 182 dias.

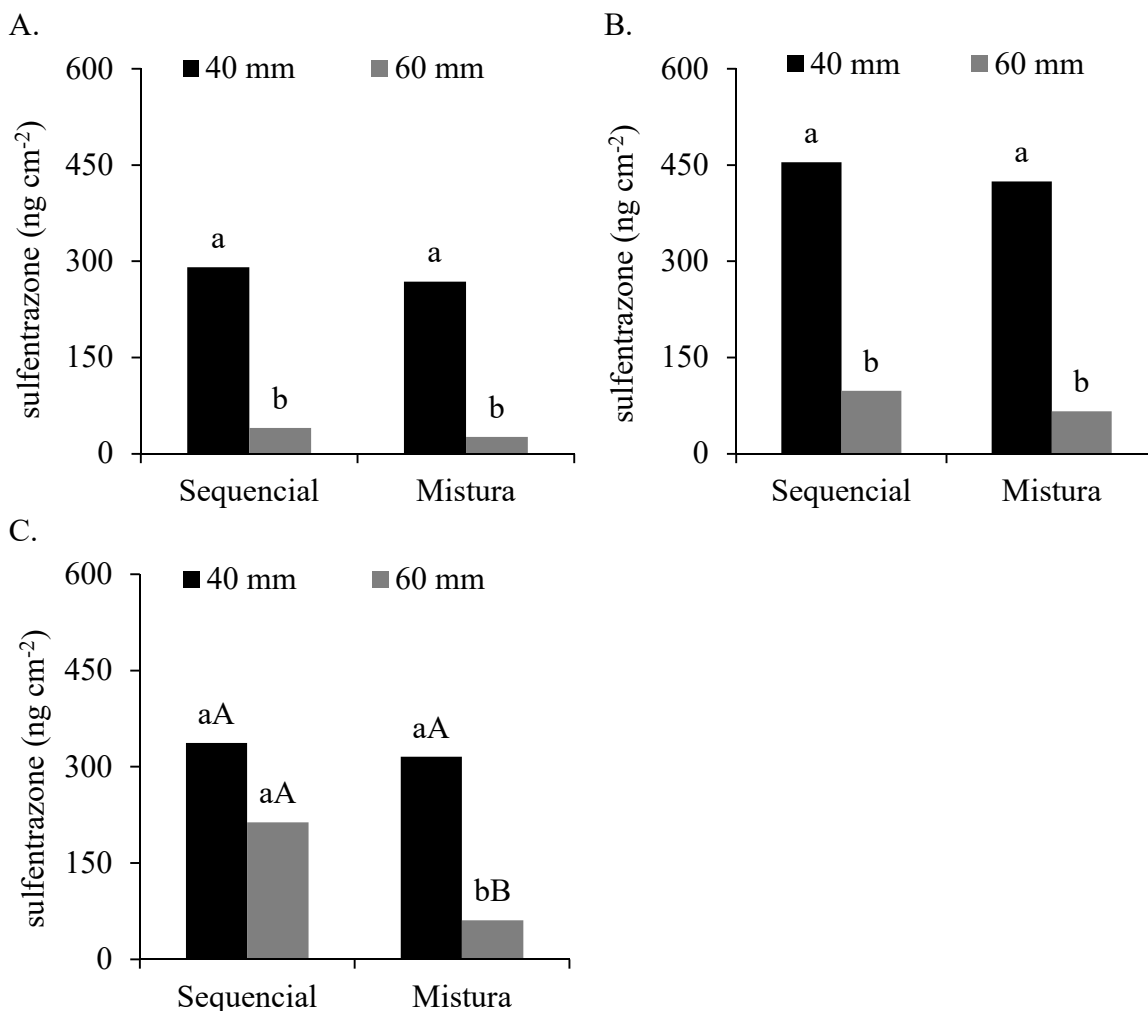


Figura 25. Quantidade máxima removida do herbicida sulfentrazone (ng cm^{-2}) após chuvas de 40 e 60 mm na palha de sorgo (A), milheto (B) e braquiária (C). Diferentes letras maiúsculas indicam diferenças significativas entre os grupos e diferentes letras minúsculas indicam diferenças significativas dentro do mesmo grupo, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 23. Resumo da análise de variância para a quantidade máxima extraída do herbicida sulfentrazone (ng cm^{-2}) após 100 mm de chuva em função do manejo de dessecação sobre palhas de sorgo, milho e braquiária.

Fator de Variação	GL	QM
		100 mm ¹
Tipos de palha (A)	2	0,1035*
Manejo de dessecação (B)	1	0,0470 ^{ns}
Interação (A x B)	2	0,0091 ^{ns}
Erro	18	0,0153
C.V (%)		4,14

* e ^{ns}, respectivamente, significativo e não significativo pelo teste F a 5% de erro.

¹ dados transformados em log (X)

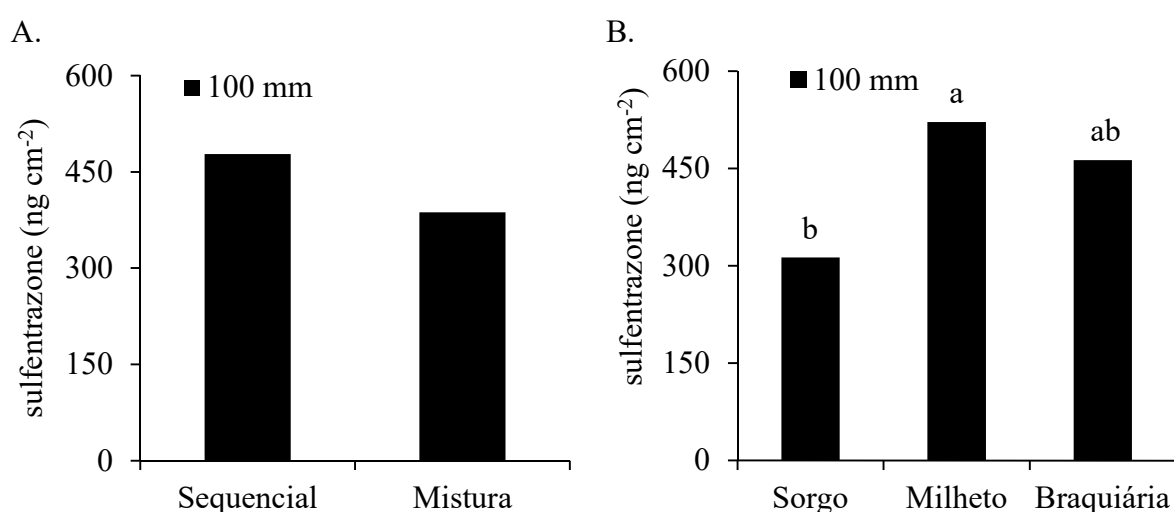


Figura 26. Quantidade máxima removida do herbicida sulfentrazone (ng cm^{-2}), em função da quantidade total de 100 mm de chuva, do manejo (A) e dos diferentes tipos de palha (B). Diferentes letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os fatores, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

6.2.2 Quantidade de palha obtida após aplicação dos tratamentos

A quantidade de palha obtida foi significativa para sorgo, milho e braquiária em função dos manejos de dessecação, sequencial e em mistura ao glyphosate (Tabela 24).

O manejo sequencial proporcionou reduções significativas de 60, 27 e 40% na quantidade de palha de sorgo, milho e braquiária, respectivamente, em comparação ao manejo em mistura ao glyphosate (Figura 27A, B e C). Esse comportamento deve-se ao fato que no manejo sequencial o tempo entre a primeira aplicação e a pesagem da palha foi de 15 dias, já para o manejo em mistura, o tempo entre a aplicação e a pesagem transcorreram apenas 7 dias, obtendo uma palha mais úmida,

assim, a quantidade de palha é afetada apenas pelo manejo da dessecação sequencial ao glyphosate.

Tabela 24. Resumo da análise de variância em função da quantidade de palha obtida para sorgo, milho e braquiária utilizada nos arcos.

Sorgo, milho e braquiária adubada nos anos.		
		QM
Fator de Variação	GL	Peso Palha
Sorgo		
Manejo de dessecação	1	282,0675*
Erro	6	5,4848
C.V (%)		16,24
Milheto		
Manejo de dessecação	1	174,5318*
Erro	6	11,4811
C.V (%)		11,92
Braquiária		
Manejo de dessecação	1	380,9047*
Erro	6	6,0849
C.V (%)		8,87
* e ^{ns} , respectivamente, significativo e não significativo pelo teste F a 5% de erro.		

Segundo Jaremtchuk et al. (2008), em trabalho realizado em Iguaraçu, Paraná, na safra 2004/2005, os autores concluíram que a associação de glyphosate (1080 g i.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 do herbicida flumioxazin sobre novos fluxos de emergência de plantas daninhas.

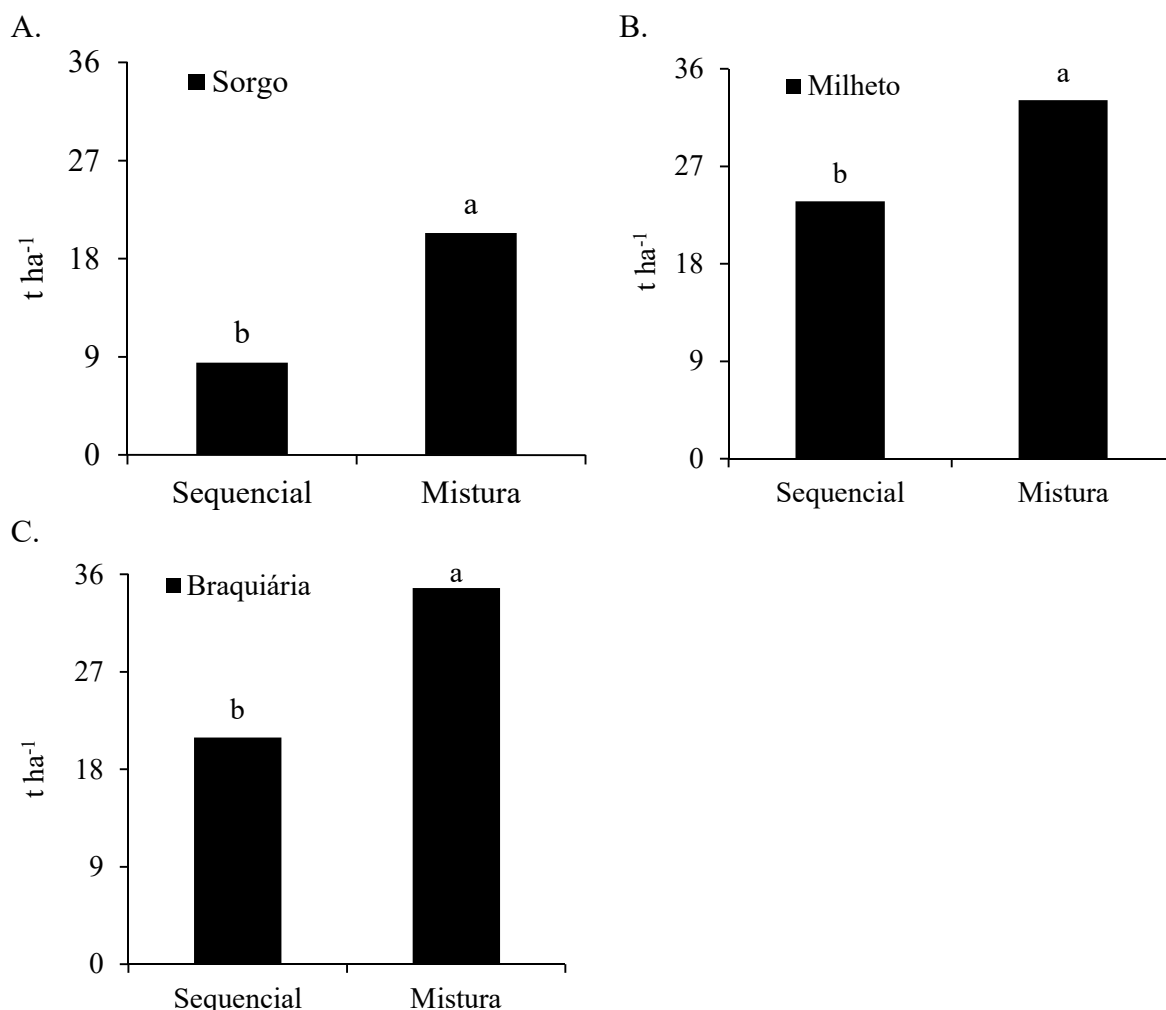


Figura 27. Quantidade de palha obtida para cada espécie de cobertura utilizada nos arcos em t ha⁻¹, palha de sorgo (A), palha de milho (B) e palha de braquiária (C). Diferentes letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os fatores, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

6.2.3 Bioensaios utilizando as soluções extraídas das palhas de sorgo, milho e braquiária

Houve diferença significativa da biomassa seca em relação à porcentagem da testemunha da parte aérea de *B. decumbens* submetidas às soluções extraídas da chuva de 60 mm em função dos tipos de palha e manejo de dessecação (Tabelas 25).

Não houve biomassa seca mensurável de *B. decumbens* com a utilização das soluções obtidas das chuvas de 40 mm (Figura 28A e B). Devido as soluções coletadas da chuva de 60 mm em função do manejo de dessecação, tem-se que o manejo

sequencial proporcionou redução de 47% da biomassa seca de *B. decumbens* em comparação ao manejo em mistura (Figura 28A).

Em relação aos tipos de palha, a biomassa seca de *B. decumbens* foi menor quando utilizado as soluções obtidas da palha de milho, não diferindo significativamente da biomassa seca de *B. decumbens* com o uso das soluções da palha de braquiária. A biomassa de *B. decumbens* foi menor respectivamente em 68 e 45% com a utilização das soluções da palha de milho e braquiária, em relação a palha de sorgo (Figura 28B).

Tabela 25. Resumo da análise de variância da biomassa seca (porcentagem da testemunha) da parte aérea de *B. decumbens* submetidos às soluções extraídas após chuva de 40 e 60 mm sobre as palhas de sorgo, milho e braquiária.

Fator de Variação	GL	QM	
		40 mm	60 mm ¹
Tipos de palha (A)	2	0	0,4297*
Manejo de dessecação (B)	1	0	0,4124*
Interação (A x B)	2	0	0,1208 ^{ns}
Erro	18	0	0,0379
C.V (%)		0	14,89

* e ^{ns}, respectivamente, significativo e não significativo pelo teste F a 5% de erro.
¹ dados transformados em log (X)

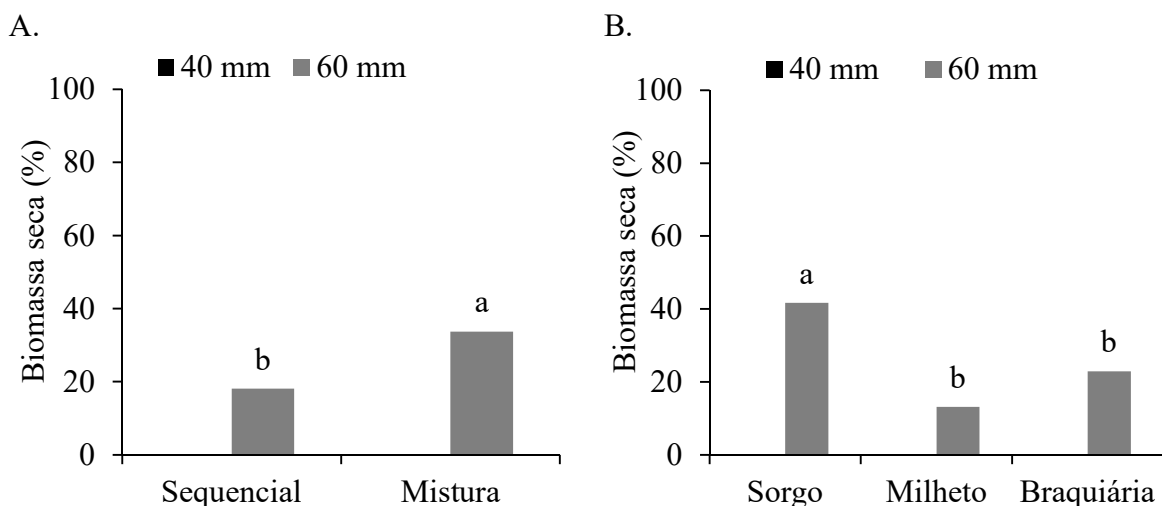


Figura 28. Biomassa seca (porcentagem da testemunha) da parte aérea de *B. decumbens* submetidos às soluções extraídas das chuvas de 40 mm e 60 mm sobre as palhas de sorgo, milho e braquiária, em função do manejo de dessecação (A) e diferentes tipos de palha (B). Diferentes letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os fatores, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Não houve diferença significativa da biomassa seca em relação à porcentagem da testemunha de *I. grandifolia* submetidas às aplicações das soluções

extraídas em decorrência da chuva de 60 mm sobre as palha de sorgo, milho e braquiária (Tabela 26).

Não obteve biomassa seca mensurável de *I. grandifolia* com a utilização das soluções obtidas da chuva de 40 mm (Figura 29A e B). Apesar de não ter sido detectado diferença significativa da biomassa seca de *I. grandifolia* em função dos fatores de variação, o resultado encontrado segue a mesma tendência dos obtidas para *B. decumbens*. O manejo sequencial proporcionou menor biomassa seca de *I. grandifolia* quando comparado ao manejo em mistura (Figura 29A). Para os tipos de palha, o palha de milho obteve menor biomassa seca de *I. grandifolia* em comparação com as palhas de braquiária e sorgo. Observa-se que a menor redução da biomassa seca de *I. grandifolia* foi com as soluções coletadas da palha de sorgo, atingido 17% em relação à testemunha (Figura 29B).

Tabela 26. Resumo da análise de variância da biomassa seca (porcentagem da testemunha) da parte aérea de *I. grandifolia* submetidos às soluções extraídas após chuva de 40 e 60 mm sobre as palhas de sorgo, milho e braquiária.

Fator de Variação	GL	QM	
		40 mm	60 mm ¹
Tipos de palha (A)	2	0	0,0523 ^{ns}
Manejo de dessecação (B)	1	0	0,0004 ^{ns}
Interação (A x B)	2	0	0,0004 ^{ns}
Erro	18	0	0,0158
C.V (%)		0	10,81

* e ^{ns}, respectivamente, significativo e não significativo pelo teste F a 5% de erro.

¹ dados transformados em log (X)

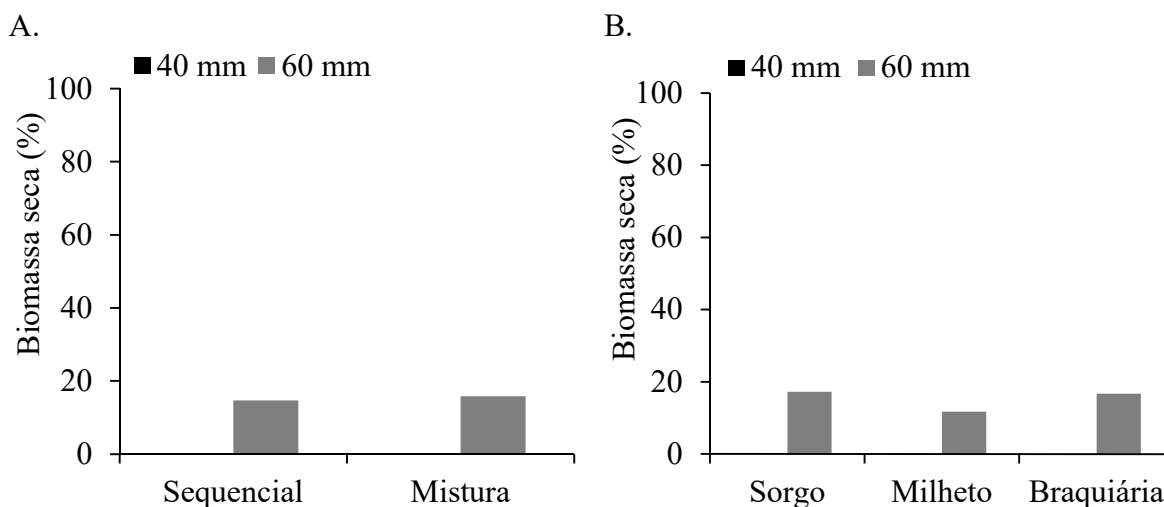


Figura 29. Biomassa seca da parte aérea de *I. grandifolia* submetidos às soluções extraídas das chuvas de 40 mm e 60 mm sobre as palhas de sorgo, milho e braquiária, em função do manejo de dessecação (A) e diferentes tipos de palha (B).

Houve diferença significativa da biomassa seca em relação à porcentagem da testemunha da parte aérea de *P. maximum* submetidas às soluções extraídas da chuva de 60 mm em função dos tipos de palha e manejo de dessecação (interação dos fatores) (Tabelas 27).

Não houve biomassa seca mensurável de *P. maximum* com a utilização das soluções obtidas da chuva de 40 mm (Figura 30A e B). O manejo sequencial proporcionou menor biomassa seca de *P. maximum* quando comparado ao manejo em mistura, com redução de 15% utilizando as soluções da chuva de 60 mm (Figura 29A). Em relação ao tipos de palha, os menores valores de biomassa seca de *P. maximum* utilizando soluções da chuva de 60 mm foi para a palha de milho e braquiária, com redução de 19% em comparação com a palha de sorgo (Figura 30B).

Com a utilização de herbicidas com efeito residual como forma de manejo na dessecação de plantas de cobertura em pré-semeadura, muitos fatores interferem na transposição dos herbicidas da palha até atingir o solo, onde podem agir para controlar plantas daninhas. Essa palha pode criar uma barreira que dificulta a chegada de herbicidas ao solo, a intensidade desse efeito depende da interceptação, retenção e degradação dos herbicidas e da ocorrência de precipitação (BANKS; ROBINSON, 1982, 1986; GHADIRI et al., 1984; REDDY et al., 1995).

Tabela 27. Resumo da análise de variância da biomassa seca (porcentagem da testemunha) da parte aérea de *P. maximum* submetidos às soluções extraídas após chuva de 40 e 60 mm sobre as palhas de sorgo, milho e braquiária.

Fator de Variação	GL	QM	
		40 mm	60 mm
Tipos de palha (A)	2	0	119,9335*
Manejo de dessecação (B)	1	0	150,0000*
Interação (A x B)	2	0	150,0000*
Erro	18	0	22,4280
C.V (%)		0	15,37

* e ^{ns}, respectivamente, significativo e não significativo pelo teste F a 5% de erro.

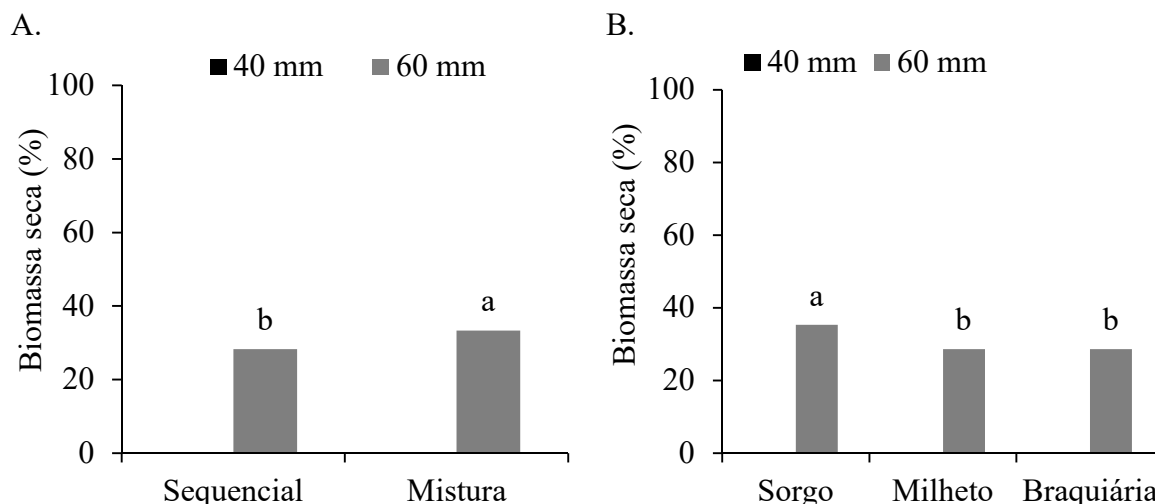


Figura 30. Biomassa seca (porcentagem da testemunha) da parte aérea de *P. maximum* submetidos às soluções extraídas das chuvas de 40 mm e 60 mm sobre as palhas de sorgo, milho e braquiária, em função do manejo de dessecação (A) e diferentes tipos de palha (B). Diferentes letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os fatores, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

6.2.4 Bioensaios para verificação da chegada do herbicida ao solo no momento da dessecação das plantas de cobertura

A mudança da biomassa seca da parte aérea de *B. decumbens* em relação à testemunha, quanto à chegada do herbicida ao solo no momento da dessecação das plantas de sorgo, milho e braquiária foi significativa em função dos tipos de palha e manejo de dessecação (Tabela 28).

O manejo sequencial proporcionou menor biomassa seca de *B. decumbens* em relação à testemunha, com 18%. O manejo em mistura exibiu 31% de biomassa seca de *B. decumbens* em relação à testemunha (Figura 31A). A menor biomassa seca em relação à testemunha de *B. decumbens* foi encontrada utilizando a palha de braquiária, com 6%, diferindo significativamente das palhas de sorgo e milho, as quais obtiveram respectivamente 40 e 26% (Figura 31B).

Tabela 28. Resumo da análise de variância da biomassa seca (porcentagem da testemunha) da parte aérea de *B. decumbens* para verificação da chegada do herbicida ao solo no momento da dessecação das plantas de sorgo, milho e braquiária.

Fator de Variação	GL	QM
		<i>B. decumbens</i> ¹
Tipos de palha (A)	2	1,2271*
Manejo de dessecação (B)	1	0,2663*
Interação (A x B)	2	0,0291 ^{ns}
Erro	18	0,0441
C.V (%)		17,15

* e ^{ns}, respectivamente, significativo e não significativo pelo teste F a 5% de erro.

¹ dados transformados em log(x)

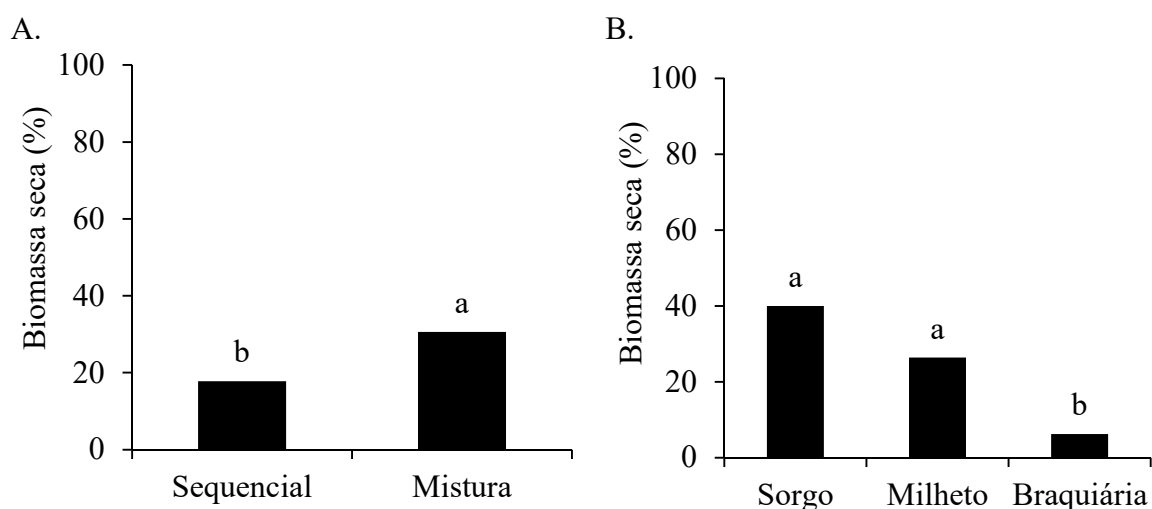


Figura 31. Biomassa seca (porcentagem da testemunha) de *B. decumbens* para verificação da chegada de herbicida ao solo no momento da dessecação de sorgo, milho e braquiária, em função do manejo de dessecação (A) e diferentes tipos de palha (B). Diferentes letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os fatores, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Houve diferença significativa da biomassa seca em relação à testemunha de *I. grandifolia* em função dos tipos de palha e manejo de dessecação na verificação da chegada do herbicida ao solo no momento da dessecação das plantas de sorgo, milho e braquiária (Tabela 29).

O manejo sequencial obteve 18% de biomassa seca em relação à testemunha de *I. grandifolia*, sendo o menor valor, pois no manejo sequencial, a biomassa seca de *I. grandifolia* atingiu 40% (Figura 32A). Em função dos tipos de palha, as palhas de milho e braquiária apresentaram os menores valores de biomassa seca de *I. grandifolia*, diferindo significativamente dos resultados obtidos com a palha de sorgo. As

palhas de milho, braquiária e sorgo resultaram respectivamente em 21, 14 e 52% de biomassa seca em relação à testemunha de *I. grandifolia* (Figura 32B).

Tabela 29. Resumo da análise de variância da biomassa seca (porcentagem da testemunha) da parte aérea de *I. grandifolia* para verificação da chegada do herbicida ao solo no momento da dessecação das plantas de sorgo, milho e braquiária.

Fator de Variação	GL	QM
		<i>I. grandifolia</i> ¹
Tipos de palha (A)	2	0,5732*
Manejo de dessecação (B)	1	0,5379*
Interação (A x B)	2	0,1235 ^{ns}
Erro	18	0,0485
C.V (%)		16,64

* e ^{ns}, respectivamente, significativo e não significativo pelo teste F a 5% de erro.
¹ dados transformados em log(x)

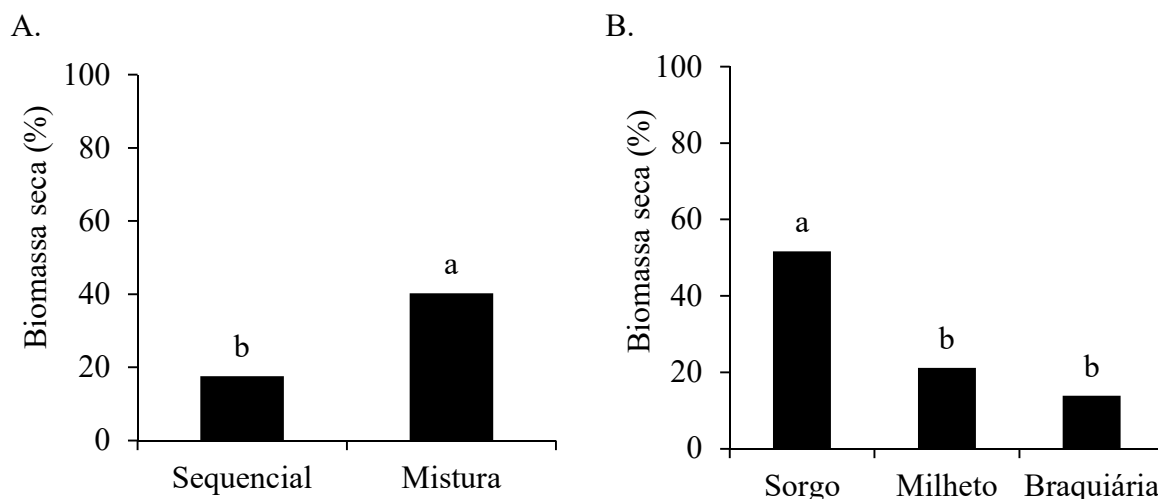


Figura 32. Biomassa seca (porcentagem da testemunha) de *I. grandifolia* para verificação da chegada de herbicida ao solo no momento da dessecação de sorgo, milho e braquiária, em função do manejo de dessecação (A) e diferentes tipos de palha (B). Diferentes letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os fatores, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A biomassa seca em relação à testemunha de *P. maximum* na verificação da chegada do herbicida ao solo no momento da dessecação das plantas de sorgo, milho e braquiária foi significativa em função dos tipos de palha e manejo de dessecação (Tabela 30).

O manejo sequencial proporcionou menor biomassa seca em relação à testemunha de *P. maximum*, com 28%. O manejo em mistura exibiu 44% de biomassa seca de *P. maximum* em relação à testemunha (Figura 33A). Em função dos tipos de palha, as palhas de milho e braquiária apresentaram os menores valores de biomassa

seca de *P. maximum*, diferindo significativamente dos resultados obtidos com a palha de sorgo. As palhas de milheto, braquiária e sorgo resultaram respectivamente em 25, 30 e 52% de biomassa seca em relação à testemunha de *P. maximum* (Figura 33B).

Tabela 30. Resumo da análise de variância da biomassa seca (porcentagem da testemunha) da parte aérea de *P. maximum* para verificação da chegada do herbicida ao solo no momento da dessecação das plantas de sorgo, milheto e braquiária.

Fator de Variação	GL	QM
		<i>P. maximum</i> ¹
Tipos de palha (A)	2	0,2672*
Manejo de dessecação (B)	1	0,2271*
Interação (A x B)	2	0,0340 ^{ns}
Erro	18	0,0413
C.V (%)		13,76

* e ^{ns}, respectivamente, significativo e não significativo pelo teste F a 5% de erro.

¹ dados transformados em log(x)

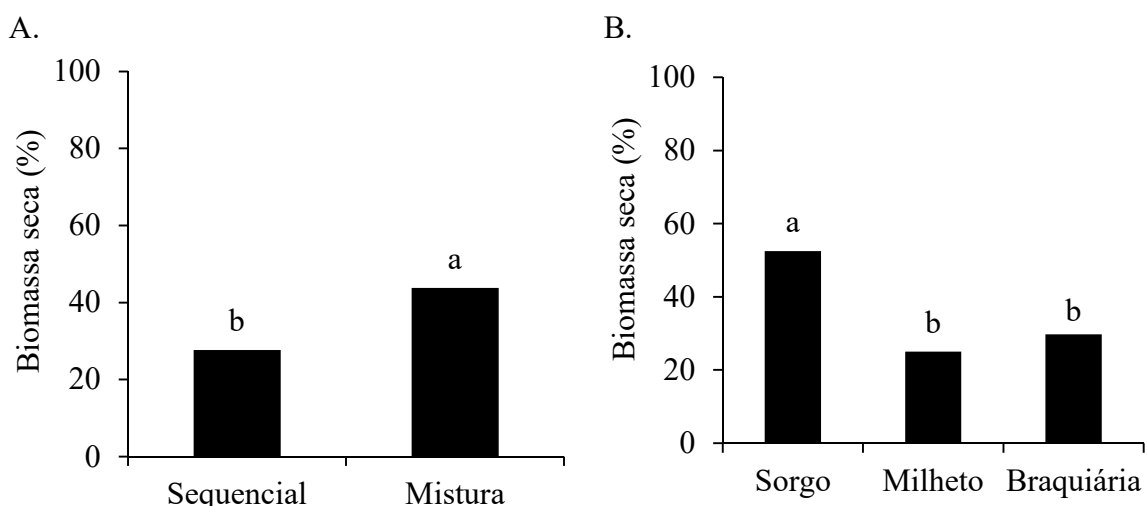


Figura 33. Biomassa seca (porcentagem da testemunha) de *P. maximum* para verificação da chegada de herbicida ao solo no momento da dessecação de sorgo, milheto e braquiária, em função do manejo de dessecação (A) e diferentes tipos de palha (B). Diferentes letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os fatores, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

6.2.5 Manejo de dessecação das plantas de cobertura e quantificação do herbicida na solução do solo

6.2.5.1 Dinâmica de liberação para aplicação em mistura ou sequencial ao glyphosate

A quantidade máxima removida do herbicida sulfentrazone da solução do solo após chuva de 40 mm sobre os tipos de palha foi significativa em função do manejo de dessecação (Tabela 31). O manejo sequencial ao glyphosate obteve uma disponibilidade (31%) maior do herbicida sulfentrazone em comparação ao manejo em mistura ao glyphosate (Figura 34A).

Em relação aos tipos de palha, apesar de não indicar diferença significativa, a quantificação do herbicida sulfentrazone na solução do solo foi 13 e 5% maior quando utilizada a palha de milho em comparação à palha de sorgo e braquiária, respectivamente (Figura 34B). Esse resultado é explicado devido à quantidade de palha produzida pelas espécies de cobertura, tendo-se para o milho uma produção 22 t ha⁻¹, braquiária 12 t ha⁻¹ e sorgo 10 t ha⁻¹, assim braquiária e milho produziram maior biomassa, obtendo-se maior área foliar, levando a maior deposição do herbicida no momento da aplicação, originando maior quantidade removida

A diferença entre a maior e menor retenção dos herbicidas pela palhada pode ser atribuída às diferentes solubilidades e pressões de vapor dos produtos, às quantidades e origem da cobertura morta e à intensidade e época de ocorrência de chuvas após a aplicação dos produtos (FORNAROLLI et al., 1998).

Tabela 31. Resumo da análise de variância para a quantidade máxima removida do herbicida sunfentrazone (ng solo⁻¹) na solução do solo após chuva de 40 mm em função do manejo de dessecação sobre a palha de diferentes culturas (sorgo, milho e braquiária).

Fator de Variação	GL	QM
		40 mm ¹
Manejo de dessecação (A)	1	3,0031*
Tipos de palha (B)	2	0,1325 ^{ns}
Interação (A x B)	2	0,6465 ^{ns}
Erro	18	0,2709
C.V (%)		13,93

* e ^{ns}, respectivamente, significativo e não significativo pelo teste F a 5% de erro.
¹ dados transformados em $\sqrt{x}$

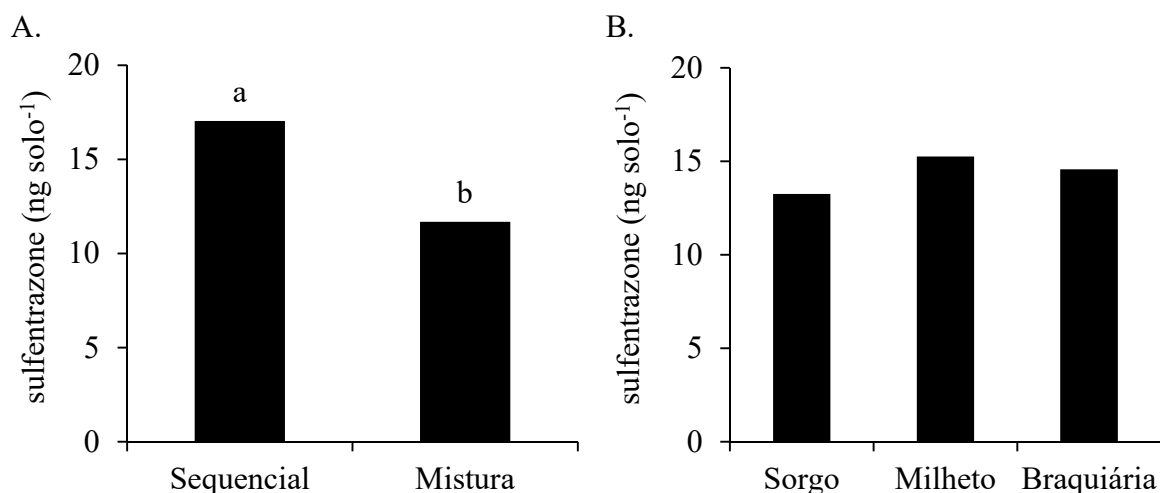


Figura 34. Quantidade máxima removida do herbicida sulfentrazone (ng solo^{-1}) na solução do solo após chuva de 40 mm, em função do manejo de dessecação (A) e dos tipos de palha (B). Diferentes letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os fatores, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

6.2.5.2 Biomassa seca em relação a porcentagem da testemunha das plantas daninhas

Houve diferença significativa da biomassa seca em relação à testemunha de *B. decumbens* em função do manejo de dessecação aos 21 dias após chuva de 40 mm sobre as palhas de sorgo, milheto e braquiária (Tabela 32).

O manejo sequencial ao glyphosate causou redução de 70% na biomassa seca em relação à testemunha de *B. decumbens*, tendo para o manejo sequencial e em mistura, respectivamente 10 e 34% biomassa seca em relação à testemunha de *B. decumbens* (Figura 35A).

Mesmo não indicando diferença significativa na biomassa seca de *B. decumbens* entre os tipos de palha, a palha de milheto proporcionou a menor produção de biomassa seca de *B. decumbens* em comparação com as palha de braquiária e milheto, atingindo 16, 23 e 26% de biomassa seca em relação à testemunha de *B. decumbens* respectivamente para as palhas de milheto, braquiária e sorgo (Figura 35B).

Tabela 32. Resumo da análise de variância da biomassa seca (porcentagem da testemunha) de *B. decumbens* aos 21 dias após chuva de 40 mm sobre as palhas de sorgo, milho e braquiária.

Fator de Variação	GL	QM
		40 mm ¹
Tipos de palha (A)	2	0,0186 ^{ns}
Manejo de dessecação (B)	1	0,3357*
Interação (A x B)	2	0,0255 ^{ns}
Erro	18	0,0305
C.V (%)		14,35

* e ^{ns}, respectivamente, significativo e não significativo pelo teste F a 5% de erro.

¹ dados transformados em $(x/100)+1$

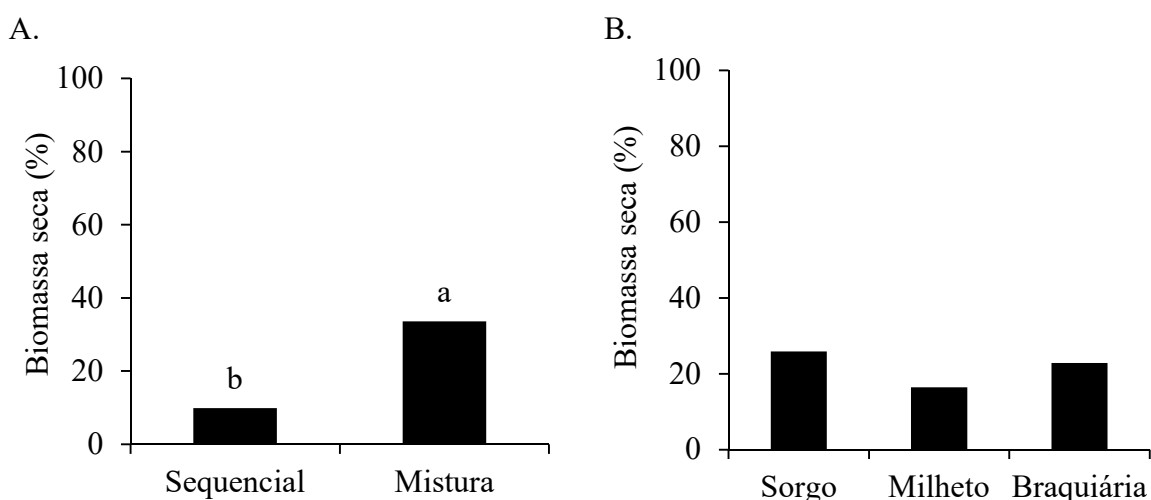


Figura 35. Biomassa seca (porcentagem da testemunha) de *B. decumbens* aos 21 dias após chuva de 40 mm sobre as palhas de sorgo, milho e braquiária, em função do manejo de dessecação (A) e diferentes tipos de palha (B). Diferentes letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os fatores, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A biomassa seca em relação à testemunha de *I. grandifolia* mostrou diferença significativa em função do manejo de dessecação aos 21 dias após chuva de 40 mm sobre as palhas de sorgo, milho e braquiária (Tabela 33).

O manejo sequencial apresentou redução de 89% da biomassa seca de *I. grandifolia* em comparação ao manejo em mistura, tendo para o manejo sequencial e em mistura respectivamente 1 e 12% de biomassa seca em relação à testemunha de *I. grandifolia* (Figura 36A).

Em função dos tipos de palha, não houve diferença significativa de biomassa seca de *I. grandifolia*, tendo para a palha de milho, braquiária e sorgo, respectivamente 5, 6 e 9% de biomassa seca em relação à testemunha para *I. grandifolia* (Figura 36B).

Tabela 33. Resumo da análise de variância da biomassa seca (porcentagem da testemunha) de *I. grandifolia* aos 21 dias após chuva de 40 mm sobre as palhas de sorgo, milho e braquiária.

Fator de Variação	GL	QM
		40 mm ¹
Tipos de palha (A)	2	0,0038 ^{ns}
Manejo de dessecação (B)	1	0,0734 [*]
Interação (A x B)	2	0,0003 ^{ns}
Erro	18	0,0036
C.V (%)		5,65

^{*} e ^{ns}, respectivamente, significativo e não significativo pelo teste F a 5% de erro.
¹ dados transformados em $(x/100)+1$

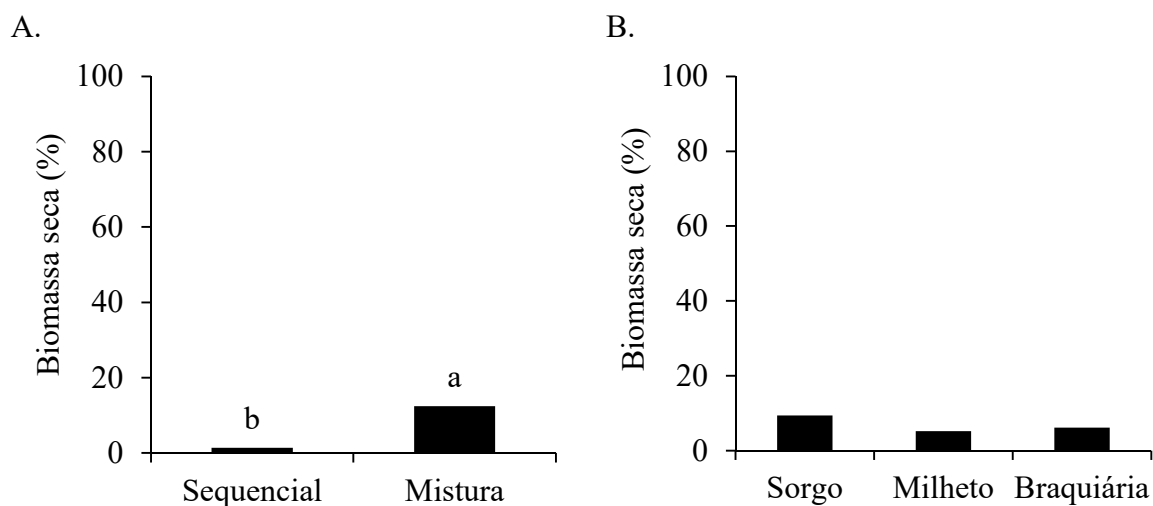


Figura 36. Biomassa seca (porcentagem da testemunha) de *I. grandifolia* aos 21 dias após chuva de 40 mm sobre as palhas de sorgo, milho e braquiária, em função do manejo de dessecação (A) e diferentes tipos de palha (B). Diferentes letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os fatores, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos da biomassa seca de *P. maximum* seguem a mesma tendência dos resultados de *B. decumbens* e *I. grandifolia*. Houve diferença significativa para biomassa seca em relação à testemunha de *P. maximum* em função do manejo de dessecação aos 21 dias após chuva de 40 mm sobre as palhas de sorgo, milho e braquiária (Tabela 34).

O manejo sequencial promoveu redução de 96% da biomassa seca de *P. maximum* em comparação ao manejo em mistura, tendo para o manejo sequencial e em mistura, respectivamente 1 e 29% de biomassa seca em relação à testemunha de *P. maximum* (Figura 37A).

Em função dos tipos de palha, não houve diferença significativa de biomassa seca de *P. maximum*, tendo para a palha de milho, braquiária e sorgo, respectivamente 10, 13 e 22% de biomassa seca em relação à testemunha para *P. maximum* (Figura 37B).

O sulfentrazone é um herbicida inibidor da PROTOX, pertencente ao grupo químico das ariltriazolinonas e utilizado como pré-emergente para controle de plantas daninhas latifoliadas em diversas culturas, como soja, algodão, arroz, feijão e cana-de-açúcar (ROMAN et al., 2007).

Com os resultados obtidos, observa-se que o manejo de dessecação sequencial ao glyphosate é o mais eficiente no controle de plantas daninhas. Com a realização da chuva de 40 mm sobre as palhas, ocorre uma maior liberação do herbicida sulfentrazone das palhas que foram dessecadas sequencialmente, dessa forma, o herbicida atinge o solo e apresenta um melhor desempenho no controle das plantas daninhas. Segundo Cobucci et al. (2004) a facilidade do herbicida sulfentrazone em transpor a palhada e chegar ao solo acontece em virtude da boa solubilidade em água (490 ppm).

Tabela 34. Resumo da análise de variância da biomassa seca (porcentagem da testemunha) de *P. maximum* aos 21 dias após chuva de 40 mm sobre as palhas de sorgo, milho e braquiária.

Fator de Variação	GL	QM
		40 mm ¹
Tipos de palha (A)	2	0,0284 ^{ns}
Manejo de dessecação (B)	1	0,4813 [*]
Interação (A x B)	2	0,0383 ^{ns}
Erro	18	0,0120
C.V (%)		9,42

^{*} e ^{ns}, respectivamente, significativo e não significativo pelo teste F a 5% de erro.

¹ dados transformados em (x/100)+1

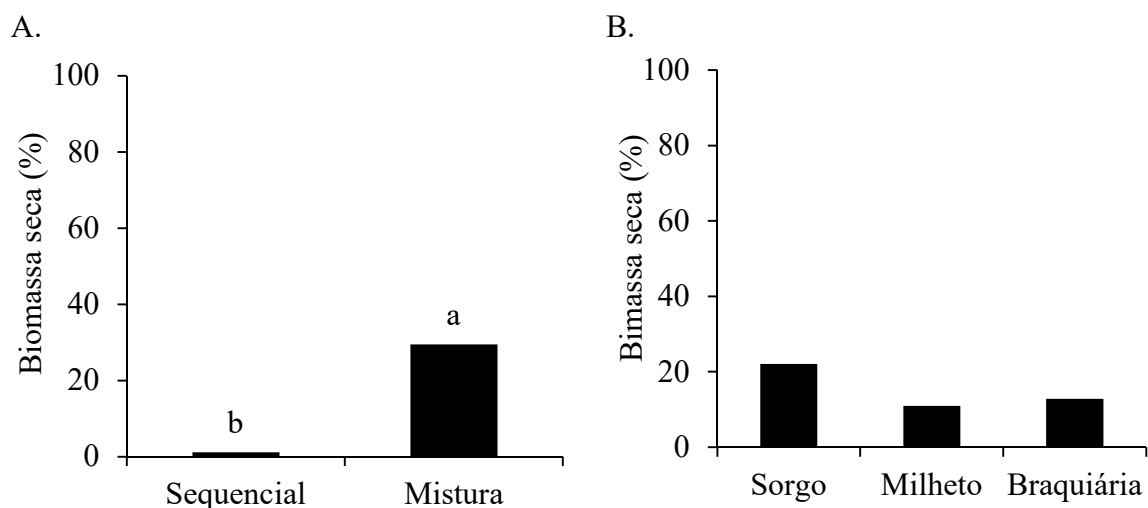


Figura 37. Biomassa seca (porcentagem da testemunha) de *P. maximum* aos 21 dias após chuva de 40 mm sobre as palhas de sorgo, milho e braquiária, em função do manejo de dessecação (A) e diferentes tipos de palha (B). Diferentes letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os fatores, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

7 CONCLUSÕES

A maior quantidade dos herbicidas diclosulam e sulfentrazone disponíveis no solo foram obtidas no manejo sequencial ao glyphosate, com aplicação sobre as palhas braquiária (diclosulam) e milho e braquiária (sulfentrazone).

Os primeiros 40 mm de chuva, para os diferentes tipos de palha, foram os mais importantes para a liberação dos herbicidas para o solo, independente do sistema de manejo utilizado.

Os herbicidas diclosulam e sulfentrazone atingem o solo no momento da dessecação das plantas de cobertura, tanto no manejo em mistura como no sequencial ao glyphosate.

A quantidade de palha é afetada apenas pelo manejo da dessecação sequencial ao glyphosate dos herbicidas diclosulam e sulfentrazone, o qual ofereceu menores quantidades de palhas de milho, milho e braquiária.

8 REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, F. A. et al. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, p. 277-288, 2000.

ALMEIDA, F. S.; RODRIGUES, B. N. **Guia de herbicidas** – Contribuição para o uso adequado em plantio direto e convencional. Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, Londrina, PR, 1985. 482 p.

ALMEIDA, F. S. **Controle de plantas daninhas em plantio direto**. Circular 67. Londrina: IAPAR, 1991. 34 p.

ALMEIDA, D. P. et al. Condições atmosféricas e volumes de aplicação na dessecação de *Urochloa ruziziensis* e vegetação espontânea. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v. 13, n. 3, p. 245-251, 2014.

ANDRADE, R. S.; STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. **R. Bras. Eng. Agric. Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 4, p. 411-418, 2009.

ANDREOLA, F. et al. 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, p. 867-874, 2000.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Monitoramento do Mercado de **Agrotóxicos**: Observatório da Indústria de Agrotóxicos. 2010, 98 p.

- BAILEY, W. A. et al. Weed management in peanut (*Arachis hypogaea*) with diclosulam preemergence. **Weed Technology**, Champaign, v. 13, p. 450–456, 1999a.
- BAILEY, W. A. et al. Response of peanut (*Arachis hypogaea*) and selected weeds to diclosulam. **Weed Technology**, Champaign, v. 13, p. 771–776, 1999b.
- BANKS, P.A.; ROBINSON, E. L. The influence of straw mulch on the soil reception and persistence of metribuzin. **Weed Sci.**, v. 30, p. 164–168, 1982.
- BARCELÓ, D.; HENNION, M. C. **Trace determination of pesticides and their degradation products in water**. 1. ed. Amsterdam: Elsevier, 1997. v.19, 529 p.
- BARNES, J. W.; OLIVER, L. R.; BARRENTINE, J. L. Potential of diclosulam (*Strongarm*) for weed control in soybeans. **Proceedings of Southern Weed Science Society**, Champaign, v. 51, p. 61–62, 1998.
- BENGTSSON, J.; AHNSTRÖM, J.; WEIBULL, A. C. The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. **J. Appl. Ecol.**, v. 42, p. 261–269, 2005.
- BERNARDES, L. F. **Semeadura de capim braquiária em pós-emergência da cultura do milho para obtenção de cobertura morta em sistema de plantio direto**. 2003. 42 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)– Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.
- BLANCO, F. M. G.; VELINI, E. D.; BATISTA FILHO, A. Persistência do herbicida sulfentrazone em solo cultivado com cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 71–75, 2010.
- BOER, C. A. et al. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 42, n. 9, p. 1269–1276, 2007.
- BOER, C. A. et al. Biomassa, decomposição e cobertura do solo ocasionada por resíduos por resíduos culturais de três espécies vegetais na região centro-oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 843–851, 2008.
- BOIVIN, A. et al. Bentazone adsorption and desorption on agricultural soils. **Agron. Sust. Develop.**, v. 25, n. 2, p. 309–315, 2005.

BRADY, N. C. **The nature and properties of soils**. 8. ed. New York: Macmillan, 1974. 639 p.

BRUM, C. Z. **Degradação do herbicida sulfentrazone em dois solos de Mato Grosso do Sul**. 2012. 76 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) – Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, Dourados, 2012.

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

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

CARBONARI, C.A. et al. Efeitos de períodos de permanência de clomazone + hexazinona no solo e na palha de cana-de-açúcar antes da ocorrência de chuvas na eficácia de controle de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v.28, n.1, p.197-205, 2010.

CARBONARI, C. A. et al. Dynamics of sulfentrazone applied to sugarcane crop residues. **Weed Science**, v. 64, p. 201-206, 2016.

CARVALHO, F. T. et al. Eficácia de herbicidas no manejo de *Euphorbia heterophylla* para o plantio direto de soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 1, p. 159-165, 2000.

CASTANÕN, T. H. F. M. et al. Fitomassa de plantas de cobertura em diferentes densidades de plantio no cerrado de Mato Grosso. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 10, n. 4, p. 14-18, 2014.

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.

CELIS, R. et al. Sorption and leaching behaviour of polar aromatic acids in agricultural soils by batch and column leaching tests. **European Journal of Soil Science**, v. 56, p. 287-297, 2005.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; LOPÉZ-OVEJERO, R. F. Dinâmica dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar. **BASF**, Piracicaba, v. 29, 2005.

CHRISTOFFOLETI, P. J. et al. Comportamento dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar. **CP**, Piracicaba, v. 2, 2009.

CLARK, A. J. et al. Kill date of vetch, rye, and a vetch-rye mixture: II. Soil moisture and corn yield. **Agron. J.**, v. 89, p. 434-441, 1997.

COBUCCI, T. et al. Comportamento de herbicidas com efeito residual em diferentes coberturas na cultura do feijoeiro. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 591-596, 2004.

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

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C. Emergência de plantas daninhas em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 11-18, 2004.

COSTA, E. M.; SILVA, H. F.; RIBEIRO, P. R. A. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, p. 1842, 2013.

DAYAN, F. E.; ARMSTRONG, B. M.; WEETE, J. D. Inhibitory activity of Sulfentrazone and its metabolic derivatives on soybean (*Glycine max*) protoporphyrinogen oxidase. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 46, n. 5, p. 2024-2029, 1998.

DAYAN, F.E. Factors modulating the levels of the allelochemical sorgoleone in *Sorghum bicolor*. **Planta**, v. 224, p. 339-346, 2006.

DERPSCH, R. et al. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its benefits. **Int J Agric & Biol Eng.** v. 3, n. 1, 2010.

DICK, D. P. et al. Matéria orgânica em quatro tipos de solos brasileiros: composição química e sorção de atrazina. **Química Nova**, v.33, p.14-19, 2010.

DUKE, S. O. et al. Effects of glyphosate on the mineral content of glyphosate-resistant soybeans (*Glycine max*). **J Agric Food Chem.**, v. 60, p. 6764– 6771, 2012.

FAO. The Case for Improving Soil Health. In: An International Technical Workshop on Investing in Sustainable Crop Intensification, Rome. **Proceedings of FAO**, 2008. p. 22-24.

FAO. Save and Grow: A policymaker's guide to the sustainable intensification of smallholder crop production. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, Rome, p.1–37, 2011.

FAO. Soil organic carbon accumulation and greenhouse gas emission reductions from conservation agriculture: a literature review. **Integr. Crop Manage**, v. 16, 2012.

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, E. A et al. Características fisiológicas da soja em relação a espécies de plantas daninhas. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 5, n. 1, p. 39-47, 2011.

FONTES, M.P.F.; CAMARGO, O.A.; SPOSITO, G. Eletroquímica das partículas coloidais e sua relação com a mineralogia de solos altamente intemperizados. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 3, p. 627-646, 2001.

FORNAROLLI, D. A. et al. Influência da cobertura morta no comportamento do herbicida atrazina. **Planta Daninha**, v. 16, n. 2, p. 97-107, 1998.

FREITAS, M.A.M. et al. Sorção de sulfentrazone em diferentes tipos de solo determinada por bioensaios. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 385-392, 2014.

FRIEDRICH, T.; KASSAM, A. H. Adoption of Conservation Agriculture Technologies: Constraints and Opportunities. In: **Invited paper, IV WORLD CONGRESS ON CONSERVATION AGRICULTURE**, 2009. p. 4-7.

FRIEDRICH, T.; KASSAM A, H.; TAHER, F. Adoption of Conservation Agriculture and the role of policy and institutional support. **Invited keynote paper presented at the International Consultation on No-Till with Soil Cover and Crop Rotation: A Basis for Policy Support to Conservation Agriculture for Sustainable Production Intensification, Astana-Shortandy, Kazakhstan, 2009.**

FRIEDRICH T, KASSAM A H, SHAXSON F. Conservation Agriculture. **Agriculture for Developing Countries. Science and Technology Options Assessment (STOA) project. Karlsruhe, Germany: European Technology Assessment Group, 2009.**

GALLI, Antonio J. B.; MONTEZUMA, Marcelo C.. **Glifosato: Alguns aspectos da utilização do herbicida glifosato na agricultura.** Santo André, SP: Acadcom Gráfica e Editora Ltda, 2005. 67 p.

GEIGER, F. et al. Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on Europe farmland. **Basic. Appl. Ecol.**, v. 11, p. 97-105, 2010.

GHADIRI, H.; SHEA, P. J.; WICKS, G.A. Interception and retention of atrazine by wheat (*Triticum aestivum* L.) stubble. **Weed Sci.**, v. 32, p. 24–27, 1984.

GIESY, J. P.; DOBSON, S.; SOLOMON, K. R. Ecotoxicological risk assessment for roundup herbicide. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 167, p. 35-120, 2000.

GODOY, M.C. et al. Efeito da cobertura morta de milheto (*Pennisetum americanum*) sobre a eficácia do herbicida metribuzin no controle de *Ipomoea grandifolia* e *Sida rhombifolia*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 79-86. 2007.

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.

GONÇALVES, C.N.; CERETTA, C.A. Plantas de cobertura de solo antecedendo o milho e seu efeito sobre o carbono orgânico do solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 23, p. 307-313, 1999.

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

HELFRICH, M. et al. Effect of land use on the composition of soil organic matter in density and aggregate fraction as revealed by solid-state ^{13}C NMR spectroscopy. **Geoderma**, v.136, p. 331-341, 2006.

HOBBS, P. R.; SAYRE, K.; GUPTA, R. The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. **Phil. Trans. R. Soc. B.** v. 363, p. 543–555, 2008.

IKEDA, F. S. et al. Banco de sementes no solo em sistemas de cultivo lavoura-pastagem. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 42, n. 11, p. 1545-1551, 2007.

INOUE, M. H. et al. Critérios para avaliação do potencial de lixiviação de herbicidas comercializados no estado do Paraná. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 313-323, 2003.

JAKELAITIS, A. et al. Dinâmica populacional de plantas daninhas sob diferentes sistemas de manejo nas culturas de milho e feijão. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, p. 71-79, 2003.

JAREMTCHUK, 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**. Maringa, v. 30, n. 4, p. 446 – 455. 2008.

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.

KASSAM, A. H. et al. The spread of Conservation Agriculture: Justification, sustainability and uptake. **International Journal of Agricultural Sustainability**, v. 7, n. 4, p. 292-320, 2009.

KOGAN, M. A.; PÉREZ, J. A. Dinámica de los herbicidas aplicados al follaje y factores determinantes de su actividad. In: KOGAN, M. A.; PÉREZ, J. A. (Ed.) **Herbicidas: fundamentos fisiológicos y bioquímicos del modo de acción**. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile, 2003. p. 88-136.

KOZLOWSKI, L. A. Aplicação sequencial de herbicidas de manejo na implantação da cultura do feijoeiro comum em sistema de plantio direto. **R. Bras. Herb.**, Londrina, v. 2, n. 1, p. 49-56, 2001.

LAMEGO, F. P. et al. Tolerância à interferência de plantas competidoras e habilidade de supressão por genótipos de soja - II. Resposta de variáveis de produtividade. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22(4): 91-498, 2004.

LAMEGO, F. P. et al. Potencial de supressão de plantas daninhas por plantas de cobertura de verão. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 1, p. 97-105, 2015.

LAVORENTI, A. et al. Comportamento do diclosulam em amostras de um latossolo vermelho distroférico sob plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, vol.27, n.1, p. 183-190, 2003.

LAW, S. E. Agricultural electrostatic spray application: a review of significant research and development during de 20th century. **Journal of Electrostatic**, v. 51, p. 25-42, 2001.

LINDE, C. D. **Physico-hemical properties and environmental fate of pesticides**. Sacramento, CA: Environmental Hazards Assessment Program. Departmente of Pesticide Regulation, 1994. 53 p.

LOURENÇO, R. C.; CARVALHO, J. P. Bioindicator demonstrates high persistence of sulfentrazone in dry soil. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 45, n. 3, p. 326-332, 2015.

MACIEL, C.D.G.; VELINI, E.D. Simulação do caminhamento da água da chuva e herbicidas em palhadas utilizadas em sistema de plantio direto. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 471-482, 2005.

MAGALHÃES, E. J. **Sorção de ametryn em frações de solo associadas à matéria orgânica**. 2007. 116 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2007.

MANCUSO, M.A.C.; NEGRISOLI, E.; PERIM, L. Efeito residual de herbicidas no solo (“Carryover”). **Revista Brasileira de Herbicidas**, Maringá, v. 10, n. 2, p. 151-164, 2011.

MARTINEZ, C. O. et al. Microbial degradation of sulfentrazone in Brazilian Rhodic Hapludox soil. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 41, n. 1, p. 209-217, 2010.

MARTINS, D. et al. Emergência em campo de dicotiledôneas infestantes em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 17, n. 1, p. 151-161, 1999.

MATOS, A. K. A. **Influencia da vinhaça e da palha de cana-de-açúcar na sorção de herbicidas aplicados em diferentes solos**. 2014. 70f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Agricultura)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.

MOLDES, C. A. et al. Physiological effects of glyphosate over amino acid profile in conventional and transgenic soybean (*Glycine max*). **Pestic Biochem Physiol.** v. 102, p. 134–141, 2012.

MONQUERO, P. A. et al. Glifosato em mistura com herbicidas alternativos para o manejo de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 19, p. 375-380, 2001.

MONQUERO P. A. et al. Lixiviação e persistência dos herbicidas sulfentrazone Imazapic. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 185-195, 2010.

MONQUERO, P. A. et al. Monitoramento do banco de sementes em áreas de cana-de-açúcar colhida mecanicamente. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n.1, p. 107-119, 2011.

MUNAWAR, A. et al. Tillage and cover crop management for soil water conservation. **Agronomy Journal**, Madison, v. 28, p. 773-777, 1990.

NEGRISOLI, E. et al. Dinâmica de diuron em palha de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23, 2002, Gramado. **Resumos...**Gramado: SBCPD, 2002, p. 157.

NEGRISOLI, E. et al. Associação do herbicida tebuthiuron com a cobertura de palha no controle de plantas daninhas no sistema de cana-crua. **Planta Daninha**, Viçosa, v.25, n.3, p.621-628, 2007.

NETTO, M. **A cultura do milheto**. Embrapa Milho e Sorgo, 1998, p. 6.

NETZLY, D. H. et al. Germination stimulant of witchweed (*Striga asiatica*) from hydrophobic root exudate of sorghum (*Sorghum bicolor*). **Weed Sci.**, v. 36, n. 4, p. 441-446, 1988.

NOCE, M. A. et al. Influência da palhada de gramíneas forrageiras sobre o desenvolvimento da planta de milho e das plantas daninhas. **R. Bras. Milho Sorgo**, v. 7, n. 3, p. 265-278, 2008.

NORSWORTHY, J. K.; GREY, T. L. Addition of nonionic surfactant to glifosato plus chlorimuron. **Weed Technology**, v. 18, p. 588-593, 2004.

NUNES, A. S. **Coberturas vegetais e herbicidas no manejo de plantas daninhas na cultura da soja em sistema plantio direto**. 2006. 53 f. Trabalho de conclusão de curso de graduação em agronomia, Faculdade de ciências agrárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

NUNES, A.S. et al. Épocas de manejo químico de *Brachiaria decumbens* antecedendo o plantio direto de soja. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 297-302, 2009.

OHMES, G. A.; HAYES, R. M.; MUELLER, T. C. Sulfentrazone dissipation in a Tennessee soil. **Weed Technology**, Lawrence, 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 Technol.**, v. 21, n. 3, p. 796-800, 2007.

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, R. A. G. de. **Épocas de dessecação de azevém e azevém mais ervilhaca, pastejados ou como planta de cobertura do solo, no desempenho do milho**. 2014. 157 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.

OLIVEIRA Jr., 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, L. E. Z. **Plantas de cobertura: características, benefícios e utilização**. 2014. 62 f. Trabalho de conclusão de curso de graduação em agronomia, Faculdade de agronomia e medicina veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. Mecanismos de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (Eds). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011, cap. 7, 141-192 p.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; REGITANO, J. B. **Dinâmica de pesticidas no solo**. In: Melo, V. F.; Alleoni, L. R. F. Química e mineralogia do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. 187-248 p.

OLIVEIRA, T.K.; CARVALHO, G.J.; MORAES, R.N.S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p. 1079-1087, 2002.

OLIVEIRA, M.F.; BRIGHENTI, A.M. Comportamento dos herbicidas no ambiente. In: OLIVEIRA JR.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Curitiba-PR: Omnipax, 2011. 263-304 p.

ORZARI, I. et al. Germinação de espécies da família Convolvulaceae sob diferentes condições de luz, temperatura e profundidade de semeadura. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 53-61, 2013.

PAES, J. M. V.; REZENDE, A. M. Manejo de plantas daninhas no sistema plantio direto na palha. **Informe Agropecuário**, v. 22, p. 37-42, 2001.

PALM, C. et al. Conservation agriculture and ecosystems services: an overview. **Agric. Ecosyst. Environ.** v. 1, p. 87-105, 2013.

PEREIRA-FILHO, I.A. et al. Manejo da cultura do milheto. In: NETTO, D.A.M.; DURÕES, F.O.M. (Eds.). **Milheto: tecnologias de produção e agronegócio**. Brasília: Embrapa-Informações tecnológicas, 2005. 59-87 p.

PEREIRA, F.A.R.; VELINI, E.D. Sistemas de cultivo no Cerrado e dinâmica de populações de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 355-363, 2003.

PERIM, L. **Dinâmica, eficácia e seletividade do diclosulam em condições de cana crua**. 2014. 74f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.

PERIN, A.; SANTOS, R.H.S.; URQUIAGA, S. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 35- 40, 2004.

PICCININI, F.; REIMCHE, G.; MACHADO, S. L. O.; CECHIN, J.; RECK, L. Dessecação de plantas daninhas e seletividade de herbicidas para soja (RR) cultivada no

sistema de plantio direto. In: SIMPÓSIO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 15., 2011, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria, RS: SEPE, 2011. p. 1-7.

PIRES, F. R. et al. Manejo de plantas da cobertura antecessoras à cultura da soja em plantio direto. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 55, n. 2, p. 94-101, 2008.

PITELLI, R. A.; PITELLI, R. L. C. M. Biologia e ecofisiologia das plantas daninhas. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (Eds.) **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves, Embrapa Uva e Vinho, 2004, 29-56 p.

PORTUGAL, A.F. et al. Fenologia de cultivares de sorgo no período de verão e rebrota na safrinha. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 50, p. 325-336, 2003.

PRIMEL, E. G. Poluição das águas por herbicidas utilizados no cultivo do arroz irrigado na 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. Absorção e utilização do nitrogênio pelas culturas da soja e do feijão e por plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 365-374, 2004b.

PROCÓPIO, S. O. et al. Características fisiológicas das culturas de soja e feijão e de três espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 211-216, 2004a.

PROCÓPIO, S.O. et al. **Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 150 p.

RADOSEVICH, S.; HOLT, J.; GHERSA, C. **Weed ecology**: implications for management. 2.ed. New York: Wiley, 1997. 588 p.

REDDY, K. N. Chlorimuron ethyl sorption and desorption kinetics in soils and herbicide-desiccated cover crop residues. **J Agric Food Chem**, v. 45, p. 2752–2757, 1995.

RIBAS, P. M. **Sorgo: introdução e importância**. Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 16 p.

RIZZARDI, M. A., SILVA, L. F. Influência das coberturas vegetais antecessoras de aveia-preta e nabo-forrageiro na época de controle de plantas daninhas em milho. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, p. 669-675, 2006.

RODRIGUES, B. N. ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 4º ed. Londrina, PR, 1998, 648p.

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

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

ROSOLEM, C.A.; CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S.S. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 355-362, 2003.

ROSSI, C. V. S. et al. Efeito da presença de palha de cana crua a germinação de plantas daninhas em época seca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25. 2006, Brasília, SBCPD/UNB. **Anais...**Embrapa Cerrados, 2006. p. 326-330.

ROSSI, C. V. S. et al. Mobilidade do sulfentrazone em Latossolo Vermelho e em Chernossolo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 701-710, 2005.

SALTON, J.C.; KICHEL, A.N. **Milheto**: Alternativa para cobertura do solo e alimentação animal. Dourados: EMBRAPA, 1998. 6 p.

SANTOS I.L.V.L. et al. Sorgoleone: Benzoquinona lipídica de sorgo com efeitos alelopáticos na agricultura como herbicida. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 79, p. 135-144, 2012.

SCHIMIDT, T. D.; SALTON, J. C.; SCORZA JÚNIOR, R. P. Sorção e dessorção de tiametoxam e atrazina em solo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.6, p.613–618, 2015.

SEVERINO, F. J.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Efeitos de quantidades de fitomassa de adubos verdes na supressão de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 19, p. 223-228, 2001.

SILVA, A. A. et al. Persistência de herbicidas do grupo das imidazolinonas e efeitos sobre as culturas sucessoras de milho e sorgo. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 21, n. 3, p. 459-465, 1999.

SILVA, C. M. M. S.; FAY, E. F. **Agrotóxicos aspectos gerias: agrotóxicos e ambiente**. Brasília, DF: Embrapa, 2004.

SILVA, A. C. et al. Caracteres morfológicos de soja e braquiária consorciadas sob subdoses de fluazifop-p-butil. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 5, n. 2, p. 277-283, 2005.

SILVA, E.C. et al. Aproveitamento do nitrogênio (^{15}N) da crotalária e do milheto pelo milho sob plantio direto em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, p. 739-746, 2006.

SILVA, M. B. et al. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesq. agropec. bras.**, v. 42, n. 12, p.1755- 1761, 2007.

SILVA, A. A. et al. Sistema de Plantio Direto na Palhada e seu impacto na agricultura brasileira. **Revista Ceres**, v. 56, n. 4, p. 496-506, 2009.

SILVA, A.; VIVIAN, R.; OLIVEIRA JR, R.S. Herbicidas: comportamento no solo. In: SILVA, A.; SILVA, J.F. (Eds.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: 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**, v. 39, p. 327-334, 2004.

SODRÉ FILHO, J et al. Culturas de sucessão ao milho na dinâmica populacional de plantas daninhas. **Scientia Agraria**, v. 9, p. 7-14, 2008.

SPADER, V.; MAKUCH, E. Associação de herbicidas residuais na dessecação em pré-emergência de soja RR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIENCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27, 2010, Ribeirão Preto – SP. **Resumos...** Ribeirão Preto-SP, Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2010.

SPADOTTO, C. A. Comportamento e destino ambiental de produtos fitossanitários. In: CUNHA, J. P. A. R.; ANTUNIASSI, U. R.; ALVARENGA, C. B. (Ed.). **Avanços na tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários**. Botucatu, SP. Editora FEPAF, 2015, cap. 1, p. 1 – 8.

SPADOTTO, C. A.; HORNSBY, A. G. Organic compounds in the environment: soil sorption of acidic pesticides: modeling pH effects. **J. Environ. Qual.**, v. 32, p. 949-956, 2003.

SPADOTTO, C. A.; HORNSBY, A. G.; GOMES, M. A. F. Sorption and leaching potential of acidic herbicides in Brazilian soils. **J. Environ. Sci. Heal. B.**, v. 40, p. 29-37, 2005.

THEISEN, G.; VIDAL, R. A. Efeito da cobertura do solo com resíduos de aveia preta nas etapas do ciclo de vida do capim-marmelada. **Planta Daninha**, Viçosa, v.17, p. 189-196, 1999.

TIMOSSI, P. C.; DURIGAN, J. C.; LEITE, G. J. Eficácia de glyphosate em plantas de cobertura. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 475-480, 2006.

TIMOSSI, P. C.; DURIGAN, J. C.; LEITE, G. J. Formação de palhada por braquiárias para adoção do sistema plantio direto. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 617-622, 2007.

TOMLIN, C. D. S. **The pesticide manual: A world compendium**. 15th. ed. Croydon: British Crop Protection Council, 2011. 1457p.

VARELLA, C. A. A. et al. Determinação da cobertura do solo por análise de imagens e redes neurais. **R. Bras. Eng. Agríc. Amb.**, v. 6, n. 2, p. 225-229, 2002.

VIDAL, R. A.; THEISEN, G. Efeito da cobertura morta do solo sobre a mortalidade de sementes de capim-marmelada em duas profundidades no solo. **Plantas Daninhas**, Viçosa, v. 17, p. 339-344, 1999.

VIVIAN, R. et al. Persistência de sulfentrazone em Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 741-750, 2006.

WAUCHOPE, R. D. et al. Pesticide soil sorption parameters: theory, measurement, uses, limitations and reliability. **Pest Manag. Sci.**, v. 58, n. 5, p. 419-445, 2002.

XU, J. et al. A multiresidue analytical method for the detection of seven triazolopyrimidine sulfonamide herbicides in cereals, soybeans and soil using the modified QUECHERS method and UHPLC – MS/MS. **Anal. Methods**, v. 7, p. 9791-9799, 2015.

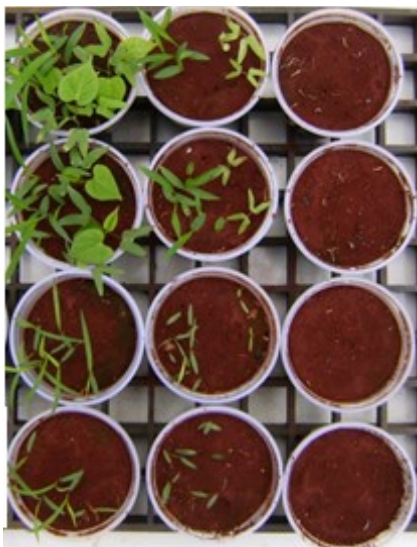
YODER, R.N. et al. Aerobic metabolism of diclosulam on U.S. and South American soils. **Journal of Agriculture Food Chemistry**, v. 48, p. 4335-4340, 2000.

ZANIN, G.; OTTO, S.; RIELLO, L.; BORIN, M. Ecological interpretation of weed flora dynamics under different tillage systems. **Agric. Environ.**, v. 66, p. 177-188. 1997.

ZONETTI, P. C. et al. Growth and root lignification of susceptible and glyphosate-resistant soybean. **Acta Sci Agron**. v. 33, p. 291-295, 2011.

APÊNDICE

APÊNDICE 1: fotos das etapas dos experimentos conduzidos



T 1, T2, T4 (respectivamente).

T 1, T 3, T 5 (respectivamente).

T 1, T2, T 4 (respectivamente).

T 1, T 3, T 5 (respectivamente).

Figura 38. Biomassa de *B. decumbens*, *I. grandifolia* e *P. maximum* 21 dias após a semeadura submetido as soluções transpostas das palhas de sorgo após lâmina de chuva de 40 mm.

Tratamento em mistura.1: Testemunha; 2: Diclosulam em sequencia ao glyphosate; 3: Glyphosate e Diclosulam em mistura 4: Sulfentrazone em sequencia ao glyphosate; 5: Glyphosate e Sulfentrazone.



T1, T2, T4 (respectivamente).

T1, T3, T5 (respectivamente).

T1, T2, T4 (respectivamente).

T1, T3, T5 (respectivamente).

Figura 39. Biomassa de *B. decumbens*, *I. grandifolia* e *P. maximum* 21 dias após a semeadura submetido as soluções transpostas das palhas de sorgo após lâmina de chuva de 60 mm.

Tratamento 1: Testemunha; 2: Diclosulam em sequencia ao glyphosate; 3: Glyphosate e Diclosulam em mistura 4: Sulfentrazone em sequencia ao glyphosate; 5: Glyphosate e Sulfentrazone em mistura.

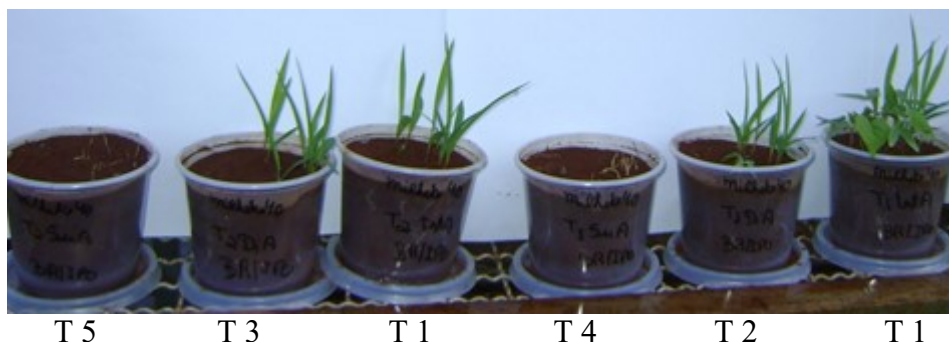


Figura 40. Biomassa de *B. decumbens* e *I. grandifolia* 21 dias após a semeadura submetido as soluções transpostas das palhas de milho após lâmina de chuva de 40 mm. Tratamento 1: Testemunha; 2: Diclosulam em sequencia ao glyphosate; 3: Glyphosate e Diclosulam em mistura 4: Sulfentrazone em sequencia ao glyphosate; 5: Glyphosate e Sulfentrazone em mistura.

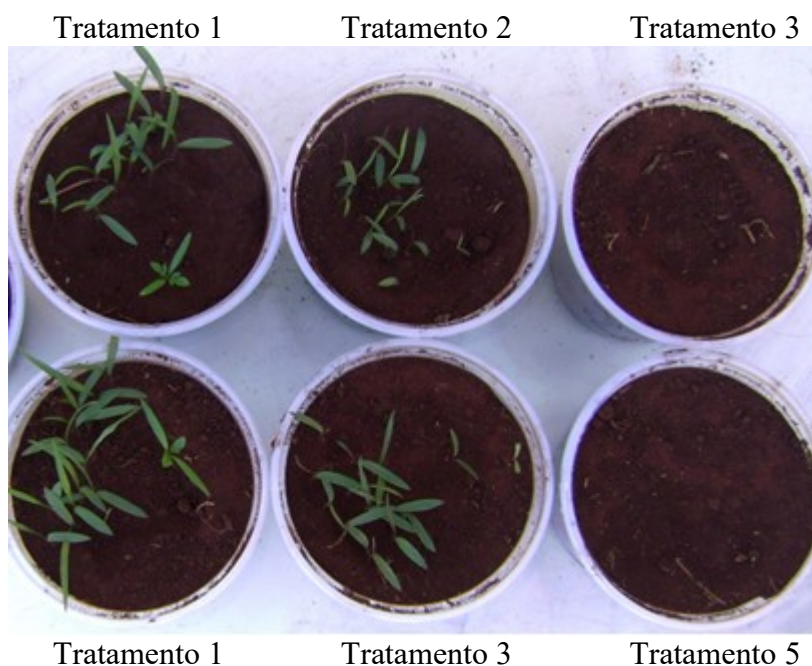


Figura 41. Biomassa de *P. maximum* 21 dias após a semeadura submetido as soluções transpostas das palhas de milho após lâmina de chuva de 40 mm. Tratamento 1: Testemunha; 2: Diclosulam em sequencia ao glyphosate; 3: Glyphosate e Diclosulam em mistura 4: Sulfentrazone em sequencia ao glyphosate; 5: Glyphosate e Sulfentrazone em mistura.



T1, T3, T4 (respectivamente)

T1, T2, T5 (respectivamente)

T1, T2, T4 (respectivamente)

T1, T3, T5 (respectivamente)

Figura 42. Biomassa de *B. decumbens*, *I. grandifolia* e *P. maximum* 21 dias após a semeadura submetido as soluções transpostas das palhas de milho após lâmina de chuva de 60 mm.

Tratamento 1: Testemunha; 2: Diclosulam em sequencia ao glyphosate; 3: Glyphosate e Diclosulam em mistura 4: Sulfentrazone em sequencia ao glyphosate; 5: Glyphosate e Sulfentrazone em mistura.



T1, T2, T4 (respectivamente)

T1, T3, T5 (respectivamente)

T1, T2, T4 (respectivamente)

T1, T3, T5 (respectivamente)

Figura 43. Biomassa de *B. decumbens*, *I. grandifolia* e *P. maximum* 21 dias após a semeadura submetido as soluções transpostas das palhas de brachiaria após lâmina de chuva de 40 mm.

Tratamento 1: Testemunha; 2: Diclosulam em sequencia ao glyphosate; 3: Glyphosate e Diclosulam em mistura 4: Sulfentrazone em sequencia ao glyphosate; 5: Glyphosate e Sulfentrazone em mistura.



T1, T2, T4 (respectivamente)

T1, T3, T5 (respectivamente)

T1, T2, T4 (respectivamente)

T1, T3, T5 (respectivamente)

Figura 44. Biomassa de *B. decumbens*, *I. grandifolia* e *P. maximum* 21 dias após a semeadura submetido as soluções transpostas das palhas de brachiaria após lâmina de chuva de 60 mm.

Tratamento 1: Testemunha; 2: Diclosulam em sequencia ao glyphosate; 3: Glyphosate e Diclosulam em mistura 4: Sulfentrazone em sequencia ao glyphosate; 5: Glyphosate e Sulfentrazone em mistura.





Figura 45. Biomassa de *B. decumbens*, *I. grandifolia* e *P. maximum* 21 dias após a semeadura para verificação da chegada de herbicida no solo ao momento da dessecação do sorgo.

Tratamento 1: Testemunha; 2: Diclosulam em sequência ao glyphosate; 3: Glyphosate e Diclosulam em mistura 4: Sulfentrazone em sequência ao glyphosate; 5: Glyphosate e Sulfentrazone em mistura.



Figura 46. Biomassa de *B. decumbens*, *I. grandifolia* e *P. maximum* 21 dias após a semeadura para verificação da chegada de herbicida no solo ao momento da dessecação do milho.

Tratamento 1: Testemunha; 2: Diclosulam em sequência ao glyphosate; 3: Glyphosate e Diclosulam em mistura 4: Sulfentrazone em sequência ao glyphosate; 5: Glyphosate e Sulfentrazone em mistura.



Figura 47. Biomassa de *B. decumbens*, *I. grandifolia* e *P. maximum* 21 dias após a semeadura para verificação da chegada de herbicida no solo ao momento da dessecação da braquiária.

Tratamento 1: Testemunha; 2: Diclosulam em sequência ao glyphosate; 3: Glyphosate e Diclosulam em mistura; 4: Sulfentrazone em sequência ao glyphosate; 5: Glyphosate e Sulfentrazone em mistura.



Figura 48. Biomassa de *B. decumbens*, *I. grandifolia* e *P. maximum* 21 dias após a semeadura posteriormente à chuva de 40 mm sobre a palha de sorgo.

Tratamento 1: Testemunha; 3: Glyphosate e Diclosulam em mistura; 5: Glyphosate e Sulfentrazone em mistura.



Figura 49. Biomassa de *B. decumbens*, *I. grandifolia* e *P. maximum* 21 dias após a semeadura posteriormente à chuva de 40 mm sobre a palha de milho.

Tratamento 1: Testemunha; 3: Glyphosate e Diclosulam em mistura; 5: Glyphosate e Sulfentrazone em mistura.

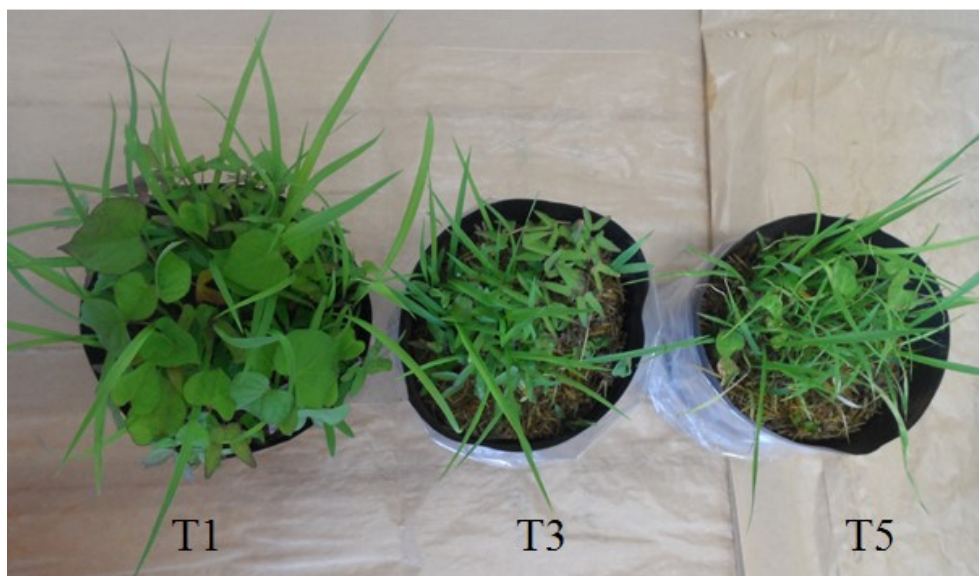


Figura 50. Biomassa de *B. decumbens*, *I. grandifolia* e *P. maximum* 21 dias após a semeadura posteriormente à chuva de 40 mm sobre a palha de braquiária.

Tratamento 1: Testemunha; 3: Glyphosate e Diclosulam em mistura; 5: Glyphosate e Sulfentrazone em mistura.

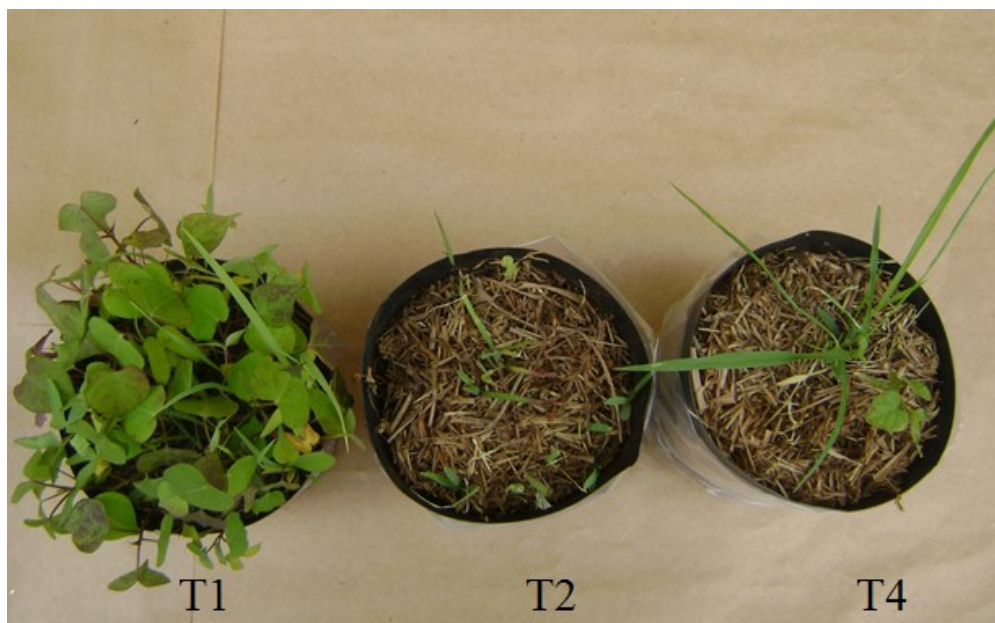


Figura 51. Biomassa de *B. decumbens*, *I. grandifolia* e *P. maximum* 21 dias após a semeadura posteriormente à chuva de 40 mm sobre a palha de sorgo. Tratamento 1: Testemunha; 2: Diclosulam em sequência ao glyphosate; 4: Sulfentrazone em sequência ao glyphosate.

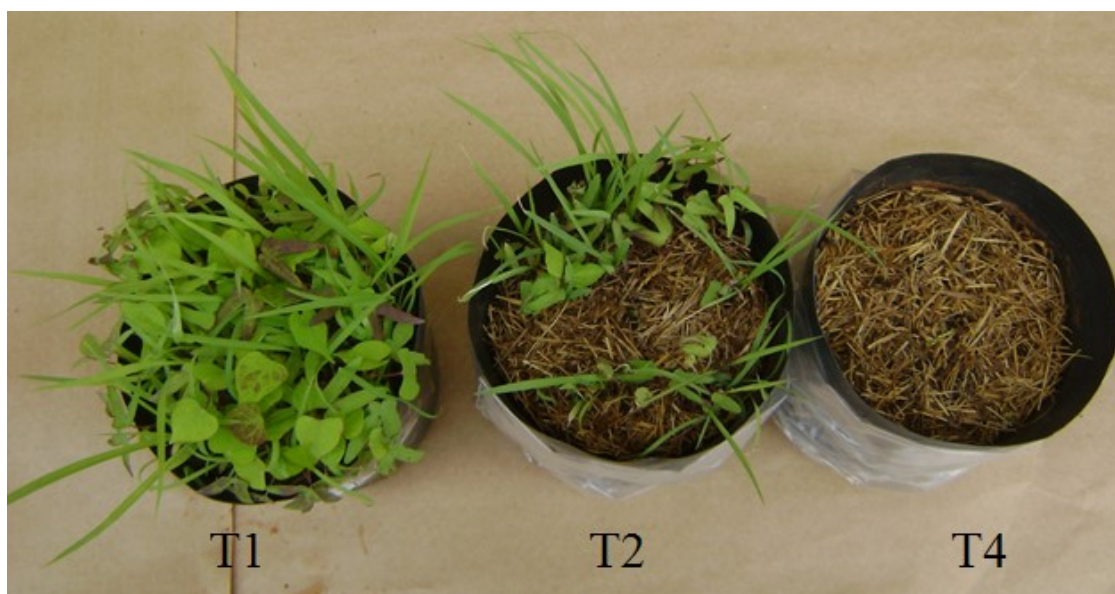


Figura 52. Biomassa de *B. decumbens*, *I. grandifolia* e *P. maximum* 21 dias após a semeadura posteriormente à chuva de 40 mm sobre a palha de milheto. Tratamento 1: Testemunha; 2: Diclosulam em sequência ao glyphosate; 4: Sulfentrazone em sequência ao glyphosate.



Figura 53. Biomassa de *B. decumbens*, *I. grandifolia* e *P. maximum* 21 dias após a semeadura posteriormente à chuva de 40 mm sobre a palha de braquiária. Tratamento 1: Testemunha; 2: Diclosulam em sequência ao glyphosate; 4: Sulfentrazone em sequência ao glyphosate.



Figura 54. Biomassa de *B. decumbens*, *I. grandifolia* e *P. maximum* 21 dias após a semeadura posteriormente à chuva de 40 mm sobre a palha de sorgo, milho e braquiária. Tratamento 1: Testemunha; 4: Sulfentrazone em sequência ao glyphosate.

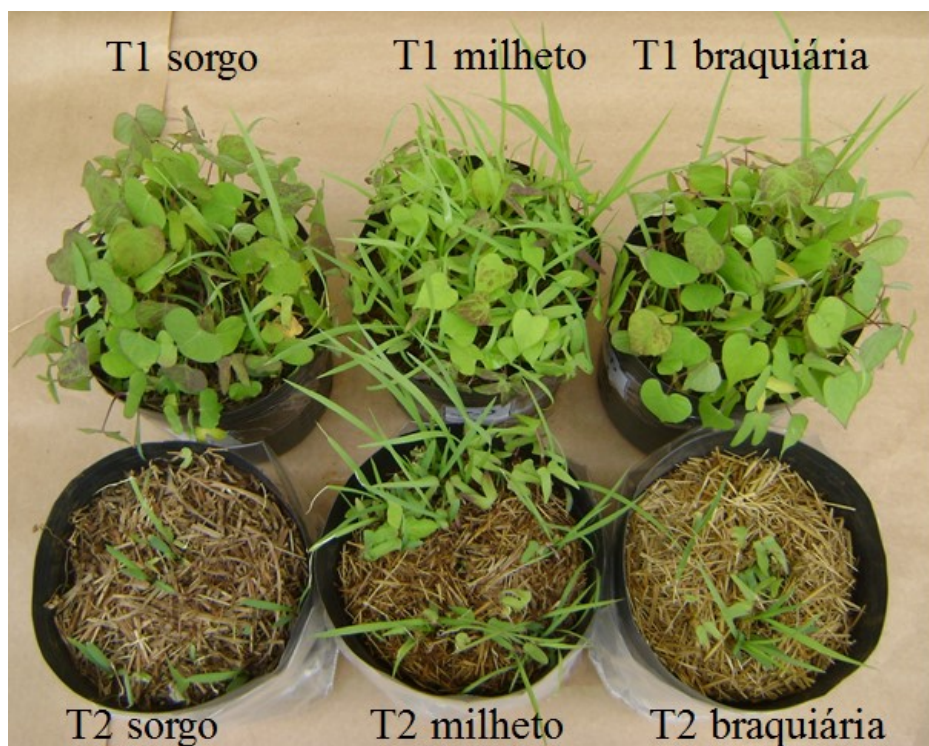


Figura 55. Biomassa de *B. decumbens*, *I. grandifolia* e *P. maximum* 21 dias após a semeadura posteriormente à chuva de 40 mm sobre a palha de sorgo, milho e braquiária. Tratamento 1: Testemunha; 2: Diclosulam em sequência ao glyphosate.