

Eficácia de flumioxazin em *Euphorbia heterophylla* L. aplicado sobre diferentes tipos e quantidades de resíduos culturais e simulações de chuva

Efficacy of the flumioxazin in *Euphorbia heterophylla* L. applied on different types and quantities of straw and rain simulations

Paulo Vinicius da Silva^{1,*}, Sérgio Mateus Tronquini², Gustavo César Barbosa², Roque de Carvalho Dias³, João Paulo Soto Veiga⁴ e Estela Maris Inacio⁵

¹ Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)- Faculdade de Ciências Agrárias Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil

² Centro Universitário da Fundação de Ensino Octavio Bastos (UNIFEOB) – São João da Boa Vista, São Paulo, Brasil

³ Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, São Paulo, Brasil

⁴ Universidade de São Paulo (USP) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Piracicaba, São Paulo, Brasil

⁵ Engenheira Agrônoma - Doutora, Matão, São Paulo, Brasil

(*E-mail: paulovsilva@ufgd.edu.br)

<https://doi.org/10.19084/rca.20815>

Recebido/received: 2020.08.29

Aceite/accepted: 2020.09.22

RESUMO

Em aplicações de herbicidas em pré-emergência sobre palha, o tipo e a quantidade desse material e as características físico-químicas dos herbicidas são determinantes na eficácia. O objetivo desse trabalho foi avaliar a eficácia do herbicida flumioxazin aplicado em pré-emergência de *Euphorbia heterophylla* quando aplicado sobre diferentes quantidades de resíduos culturais e simulações de chuva. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, 4 repetições, no esquema fatorial 7x3, sendo sete tipos e quantidades de palha - sem palha; *Brachiaria ruziziensis* com 3 t ha⁻¹ e 5 t ha⁻¹; *B. ruziziensis*+*Zea mays* com 3 t ha⁻¹ e 5 t ha⁻¹; *Z. mays* com 3 t ha⁻¹ e 5 t ha⁻¹-, três volumes de chuva - 10, 25 e 40 mm -, e uma dose de flumioxazin (120 g i.a. ha⁻¹). A avaliação da eficácia foi efetuada aos 7, 14, 21, 28, 35 e 45 dias após emergência (DAE) e a massa seca da parte aérea da infestante aos 45 DAE. As maiores porcentagens de controle ocorreram na aplicação de flumioxazin sobre 3 t ha⁻¹ e 5 t ha⁻¹ de *B. ruziziensis* e 3 t ha⁻¹ *Zea mays*, com 86,3, 82,1 e 80,4% respectivamente. A chuva de 10 mm resultou na menor porcentagem de controle de *Euphorbia heterophylla*. Portanto, o tipo de palha e a quantidade interferem na eficácia do controle.

Palavras-chaves: herbicidas de pré-emergência, lixiviação, resíduos-vegetais, transporte.

ABSTRACT

In the spread of pre-emergent herbicides on straw, the type and quantity of this material and the physical-chemical characteristics of the herbicides, are decisive in the effectiveness of weed control. The objective of this work was to evaluate the efficacy of the flumioxazin herbicide in the pre-emergence control of the weed *Euphorbia heterophylla*, when applied over different straw types and quantities and rain simulations. The experimental design was completely randomized, with four replications, organized in a 7x3 factorial scheme, with seven straw managements - (without straw; *Brachiaria ruziziensis* with 3 t ha⁻¹ and 5 t ha⁻¹; *B. ruziziensis*+*Zea mays* with 3 t ha⁻¹ and 5 t ha⁻¹; *Z. mays* with 3 t ha⁻¹ and 5 t ha⁻¹ -, and three amounts of rain - 10, 25 and 40 mm -, and the herbicide flumioxazin(120 g a.i. ha⁻¹). The control evaluation was carried out at 7, 14, 21, 28, 35 and 45 days after emergence (DAE) and the dry mass of the aerial part at 45 DAE. The highest percentages of control occurred in the application of flumioxazin on 3 t ha⁻¹ and 5 t ha⁻¹ of *Brachiaria ruziziensis* and 3 t ha⁻¹ of *Zea mays*, with 86.3, 82.1 and 80.4%, respectively. The 10 mm rain resulted in the lowest percentage of control of *Euphorbia heterophylla*. Thus, the type and quantity of straw interfere in the control effectiveness.

Keywords: leaching, pre-emergent herbicides, vegetable waste, transport.

INTRODUÇÃO

O sistema de sementeira direta da soja sobre a palha, na qual os restos das culturas anteriores permanecem sobre a superfície do solo, é uma realidade consolidada em grande parte das áreas agrícolas brasileiras. Nesse sistema de manejo, preconiza-se a cobertura permanente, o não revolvimento do solo e a rotação de culturas (Martins *et al.*, 2016; Henz e Rosa, 2017). Essa palha pode promover o controle de plantas daninhas, através da libertação de compostos alelopáticos, barreira física na emergência e fatores relacionados a amplitude térmica e de umidade do solo (Monquero *et al.*, 2009; Lamego *et al.*, 2015).

No entanto, a cobertura com palha pode influenciar o comportamento dos herbicidas aplicados, sendo que, estes ficam sujeitos à retenção, à volatilização, degradação térmica e à fotólise, até que sejam lixiviados para o solo, e entrem na solução do solo, onde irão exercer a sua atividade como herbicida (Locke e Bryson, 1997; Selim *et al.*, 2003). Esse transporte é dependente de diversos fatores, tais como, quantidade e origem do resíduo vegetal, características físico-químicas dos herbicidas e das condições climáticas, bem como do intervalo entre a aplicação e a ocorrência de chuva (Banks e Robinson, 1986; Cavenaghi *et al.*, 2007; Carbonari *et al.*, 2016).

Entre os herbicidas que são aplicados de forma recorrente em palha em sistemas de sementeira direta e/ou cultivo mínimo, podemos citar o flumioxazin [N-(7-fluoro-3,4-dihidro-3-oxo-4-prop-2-ynyl-2H-1,4-benzoxazin-6-yl) cyclohex-1-ene-1,2-dicarboxamide], que se trata de um produto seletivo, não sistêmico, para aplicação em pré- e pós-emergência, destinado ao controle de plantas daninhas das culturas de algodão, alho, batata, café, cana-de-açúcar, cebola, citrinos, eucalipto, feijão, mandioca, milho, pinheiro e soja (Agrofit, 2019).

O herbicida flumioxazin é um produto não-iônico que apresenta baixa solubilidade em água (1,79 mg L⁻¹ a 25 °C) e pressão de vapor (2,41 x 10⁻⁶ mm Hg a 22 °C), o que sugere que ele tenha baixo potencial de volatilização. No solo apresenta semi-vida de 21,9 dias, e a sua degradação ocorre por hidrólise e atividade microbiana (Rodrigues e Almeida, 2018).

Estas características fazem deste herbicida um produto com baixo risco de lixiviação e mobilidade no solo, além desses aspectos em virtude do seu alto Kow, ele pode apresentar alta adsorção em materiais altamente lipofílicos, como por exemplo resíduos de culturas (Ferrell *et al.*, 2005; Alister *et al.*, 2008). Destaca-se que nas aplicações do flumioxazin a quantidade de chuva que ocorre após a aplicação do herbicida é fundamental para a transposição desse produto da palha até ao solo onde ele irá exercer a sua função no controle de plantas daninhas.

Carbonari *et al.* (2009) encontraram resultados em palha de milho e aveia em que a chuva simulada de 20 mm para o flumioxazin foi eficaz no controle de *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D.Webster (syn.: *Brachiaria decumbens* Stapf). Estes mesmo autores concluíram que houve redução no controle de plantas daninhas quando o produto foi exposto a períodos acima de 30 dias entre a aplicação e ocorrência de chuva, indicando assim a necessidade do fator chuva para a eficácia do herbicida.

A planta daninha *Euphorbia heterophylla* L., vulgarmente designada por leiteiro ou amendoim-bravo é da família Euphorbiaceae, é nativa das regiões tropicais e subtropicais das Américas. A grande preocupação em relação a essa espécie daninha está relacionada às suas características biológicas, como o ciclo curto, sendo possível ocorrer de duas a três gerações em um ano, e à grande produção de sementes (Kissmann, 1997).

Carvalho *et al.* (2010) mostraram que a convivência do leiteiro com a soja é capaz de reduzir diretamente o crescimento, afetando negativamente o tamanho das plantas, número de folíolos, devido à competição com a cultura, principalmente, por nutrientes. Além disso, apresenta biótipos resistentes aos herbicidas inibidores da ALS (Vargas *et al.*, 2013), demonstrando assim, a necessidade de estudos que avaliem novas alternativas de controle químico da planta daninha.

Naqueles pressupostos, são necessários estudos que avaliem a dinâmica do flumioxazin em resíduos culturais e como esse comportamento afeta o controle de plantas daninhas em detrimento do manejo de palha e simulações de chuva para uma recomendação correta no ponto de vista de eficácia e ambientalmente seguro. Dessa forma,

o objetivo desse trabalho consistiu em avaliar a eficácia do herbicida de flumioxazim aplicado em pré-emergência da planta daninha *Euphorbia heterophylla*, quando aplicado sobre diferentes tipos e quantidades de resíduos culturais e simulações de chuva.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no campo, estufa na área experimental do Centro Universitário Fundação de Ensino Octávio Bastos – UNIFEOB, Brasil, entre setembro de 2017 e fevereiro de 2018.

Os resíduos vegetais de *Zea mays* L. e de *Brachiaria ruziziensis* Germain et Evrard foram previamente dessecados com o herbicida paraquat (800 g i.a. ha⁻¹) no local de produção. Após a dessecação os materiais vegetais foram colhidos e levados para o laboratório, onde foram homogeneizados para a sua posterior deposição na superfície dos vasos dos ensaios. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, organizado em esquema fatorial 7 x 3, com quatro repetições, sendo sete tipos e quantidades de resíduos vegetais: 1. sem resíduo; 2. *B. ruziziensis* 3 t ha⁻¹; 3. *B. ruziziensis* 5 t ha⁻¹; 4. *B. ruziziensis* + *Z. mays* 3 t ha⁻¹; 5. *B. ruziziensis* + *Z. mays* 5 t ha⁻¹; 6. *Z. mays* 3 t ha⁻¹ e 7. *Z. mays* 5 t ha⁻¹ e três diferentes quantidades de chuva - 10, 25 e 40 mm, além da testemunha sem aplicação de herbicidas, totalizando assim 96 vasos.

As unidades experimentais foram constituídas por vasos de polietileno com capacidade para 10 L, preenchidos com Latossolo Vermelho distrófico oriundo da camada arável previamente peneirado. Esse solo foi colhido numa área sem histórico de utilização de herbicidas e as suas características químicas e físicas foram analisadas no laboratório de solos da ESALQ/USP (Quadro 1).

Na sequência, as sementes de *Euphorbia heterophylla* foram semeadas nos vasos, de modo a obter 10 plantas por vaso, de acordo com as

informações prévias de germinação fornecidas pela empresa Agrocósmos, onde foram adquiridas as sementes das plantas daninhas, sendo utilizadas 0,12 g de *E. heterophylla*. A sementeira foi realizada na profundidade de 1 cm do perfil do solo.

De seguida, colocou-se na superfície os resíduos orgânicos respetivos de *B. ruziziensis*, *Z. mays* e *B. ruziziensis* + *Z. mays*, nas quantidades indicadas no Quadro 1. Após a sua deposição na superfície do solo, foi realizado uma análise da cobertura orgânica na superfície do solo, para tal foram realizadas fotos em todas as unidades experimentais, essas imagens foram analisadas por um software de processamento e análise de imagens, o ImageJ, desenvolvido por Wayne Rasband no National Institute of Mental Health, USA, em linguagem Java (Rasband, 2011).

As imagens foram ajustadas para evitar interferências das laterais dos vasos. Cada imagem foi, então, processada para que se pudesse distinguir o que era solo exposto da cobertura vegetal, para isso utilizou-se uma seleção por limiar de cor, utilizando como parâmetros a matiz, saturação e luminosidade, ajustado essas variáveis, caso a caso, de forma a minimizar erros de identificação do software ImageJ. Em seguida, calculou-se a área total da imagem e a área selecionada com cobertura vegetal, ambas as medidas em número de pixels, de forma obter-se o percentual de cobertura a partir dessas duas variáveis.

O herbicida flumioxazin foi aplicado na dose de 120 g i.a. ha⁻¹ em pré-emergência de *E. heterophylla*. No mesmo dia que foi realizado a sementeira, para tal foi utilizado um pulverizador de dorso pressurizado a CO₂, com pressão de 45 psi, provido de barra de pulverização contendo quatro bicos tipo leque Teejet 110.02 e com volume de aplicação de 150 L ha⁻¹. No momento da aplicação as condições meteorológicas foram as seguintes: temperatura = 28,2^o C; umidade relativa do ar = 58,8% e velocidade do vento = 2,6 km h⁻¹.

Quadro 1 - Análise química e física do solo (0 - 20 cm)

pH (CaCl ₂)	Al	H+Al	P (resina)	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	Argila	Silte	Areia
5.3	<1.0	25.0	10.0	2.8	26.0	13	41.8	66.8	63	41.0	5.0	54.0

Unidades: Al, H+Al, K, Ca, Mg, SB e CTC (mmolc dm⁻³); P (resina) (mg dm⁻³); V, argila, silte, areia (%).

Imediatamente após a aplicação dos tratamentos, as unidades experimentais foram submetidas a três diferentes simulações de lâminas de chuva - 10, 25 e 40 mm. Essa simulação foram realizada através de um sistema de irrigação por aspersão com vazão de 1 L min⁻¹, na qual os vasos foram irrigados por tempo suficiente para proporcionar as respectivas lâminas de chuva. Posteriormente, a irrigação foi desligada por um período de 48 horas, possibilitando dessa forma, que a cobertura orgânica secasse na superfície dos vasos. Após esse período, todos os vasos foram mantidos com irrigação diária equivalente a 10 mm de chuva, visando manter as condições ideais para o desenvolvimento das plantas.

As avaliações visuais de controle das plantas daninhas ocorreram aos 7, 14, 21, 28, 35 e 45 dias após a emergência das plantas daninhas (DAE) e foram baseadas na escala visual da Alam (1974), que utiliza uma escala percentual de notas, onde zero corresponde a ausência de controle (0%) e cem corresponde a morte das plantas (100%). Aos 45 DAE foi realizada a avaliação de massa seca da parte aérea (MSPA). Para isso, as plantas remanescentes aos tratamentos foram cortadas rentes ao solo, acondicionadas em sacos de papel e levadas para uma estufa de circulação forçada (70 °C), onde permaneceram por 48 horas, até atingirem peso constante.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey, utilizando-se o programa estatístico computacional AgroEstat®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não se observaram diferenças significativas em relação à deposição dos resíduos vegetais nos diferentes tratamentos (Quadro 2). Em todas as coberturas, independentemente do material (*B. ruziziensis*, *Z. mays* e *B. ruziziensis* + *Z. mays*) e das quantidades de cobertura depositada na superfície do solo (3 e 5 t ha⁻¹), a porcentagem de cobertura teve uma média superior a 80%.

Na Figura 1 é possível observar que as coberturas de *B. ruziziensis*, *Z. mays* e *B. ruziziensis* + *Z. mays* nas suas diferentes quantidade (3 e 5 t ha⁻¹), apresentaram o mesmo padrão de cobertura do solo.

Quadro 2 - Porcentagem de cobertura da superfície do solo através de quantidades e tipos de cobertura vegetal

Tratamentos	Cobertura (%)
Sem cobertura (solo nú)	0,0 b
<i>Brachiaria ruziziensis</i> 3 t ha ⁻¹	82,8 a
<i>Brachiaria ruziziensis</i> 5 t ha ⁻¹	88,5 a
<i>B. ruziziensis</i> + <i>Zea mays</i> 3 t ha ⁻¹	82,5 a
<i>B. ruziziensis</i> + <i>Zea mays</i> 5 t ha ⁻¹	87,8 a
<i>Zea mays</i> 3 t ha ⁻¹	87,0 a
<i>Zea mays</i> 5 t ha ⁻¹	86,5 a
	DMS(5%) 6,3
	F= 567,8**
	C.V.(%) 6,2

** Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; C.V. - Coeficiente de variação; DMS - Diferença mínima significativa a 5%. Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.



Figura 1 - *Brachiaria ruziziensis* 3 t ha⁻¹; *B. ruziziensis* 5 t ha⁻¹; *B. ruziziensis* + *Zea mays* 3 t ha⁻¹; *B. ruziziensis* + *Z. mays* 5 t ha⁻¹; *Z. mays* 3 t ha⁻¹ e *Z. mays* 5 t ha⁻¹.

Quadro 3 - Fator cobertura vegetal para controle e massa seca da parte da área de *Euphorbia heterophylla* através da aplicação de flumioxazim sobre diferentes tipos e quantidades de resíduos vegetais, os quais permanecem na superfície do solo após a aplicação

Tratamento	Controle	Redução de MS
	Porcentagem (%)	
Sem cobertura	79,5 ab	80,1
<i>Brachiaria ruziziensis</i> 3 t.ha ⁻¹	86,3 a	89,6
<i>Brachiaria ruziziensis</i> 5 t.ha ⁻¹	82 a	79,7
<i>B. ruziziensis</i> + <i>Zea mays</i> 3 t.ha ⁻¹	77,5 ab	76,2
<i>B. ruziziensis</i> + <i>Z. mays</i> 5 t.ha ⁻¹	65,8 b	56,7
<i>Z. mays</i> 3 t.ha ⁻¹	80,4 a	80,6
<i>Z. mays</i> 5 t.ha ⁻¹	75 ab	73,4
DMS (5%)	13,8	34,7
F _{tratamentos}	4 **	NS
C.V.(%)	14,2	13,9

**Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; NS -Não significativo; C.V. - Coeficiente de variação; DMS - Diferença mínima significativa a 5%. MS-Massa seca. Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

As maiores porcentagens de controle de *Euphorbia heterophylla* foram obtidas na aplicação de flumioxazim sobre 3 t ha⁻¹ de *Brachiaria ruziziensis*, 5 t ha⁻¹ *Brachiaria ruziziensis* e 3 t ha⁻¹ *Zea mays*, com 86,3, 82,1 e 80,4%, respectivamente, sendo que esses tratamentos não diferiram entre si (Quadro 3). A eficácia foi menor na aplicação do herbicida na ausência de palha, 3 t ha⁻¹ *B. ruziziensis* + *Z. mays* e 5 t ha⁻¹ *Zea mays*, com 79,6, 77,5 e 75%, respectivamente. Todavia, a menor porcentagem de controle de *Euphorbia heterophylla* foi obtida na aplicação do flumioxazim sobre 5 t ha⁻¹ *B. ruziziensis* + *Z. mays*. A redução da massa seca, não apresentou diferenças significativas entre tratamentos.

Já no desdobramento do fator quantidade de chuva, as chuva de 40 e 25 mm, não diferiram entre si. No entanto a chuva de 10 mm após a aplicação dos tratamentos resultou na menor porcentagem de controle de *Euphorbia heterophylla*. Para o fator redução de massa seca não se observaram diferenças significativas entre tratamentos (Quadro 4).

No aplicação do flumioxazim com simulação de chuva de 10 mm após a aplicação dos tratamentos, não houve diferença significativa no controle de

Euphorbia heterophylla em função dos diferentes tratamentos com cobertura vegetal. Na simulação de chuva de 25 mm, a aplicação sobre 3 t ha⁻¹ de *Brachiaria ruziziensis* apresentou o melhor controle (90%), e a menor porcentagem foi obtida na deposição do herbicida sobre 5 t ha⁻¹ *B. ruziziensis* + *Z. mays*. Na chuva de 40 mm, a menor porcentagem de controle foi obtida na deposição sobre 5 t ha⁻¹ de *B. ruziziensis* + *Z. mays*.

Na aplicação do flumioxazim sobre solo nú, observou-se um aumento gradativo das porcentagens de controle de *Euphorbia heterophylla* à medida que houve um aumento gradativo da chuva simulada (Quadro 5). Para os demais tratamentos (tipo e quantidade de cobertura vegetal) não se observaram diferenças significativas em detrimento da chuva simulada. No entanto algumas observações podem ser feitas, na simulação de chuva de 10 mm, a aplicação do flumioxazim não resultou em porcentagens de controle superiores a 80% em nenhum dos tratamentos.

Na simulação de chuva de 25 mm, os tratamentos de *B. ruziziensis* + *Z. mays* 3 t ha⁻¹, *B. ruziziensis* + *Z. mays* 5 t ha⁻¹ e *Zea mays* 5 t ha⁻¹, resultaram em medias de controle ineficazes inferiores a 80%. Com a chuva de 40 mm apenas os tratamentos de *B. ruziziensis* + *Z. mays* 5 t ha⁻¹ e *Zea mays* 5 t ha⁻¹, resultaram em porcentagens de controle inferiores a 80%.

Quadro 4 - Fator chuva para controle e massa seca da parte da área de *Euphorbia heterophylla* através do posicionamento de flumioxazim sobre diferentes tipos e quantidades de palha, os quais permanecem na superfície do solo após a aplicação

Chuva	Controle	Redução de MS
	Porcentagem (%)	
40 mm	83,5 a	83,2
25 mm	79,2 a	77,5
10 mm	71,4 b	69,1
DMS (5%)	7,1	17,9
F _{chuva}	8,5**	NS
C.V.(%)	14,2	13,9

** Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; NS -Não significativo; C.V. - Coeficiente de variação; DMS - Diferença mínima significativa a 5%. MS-Massa seca. Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Quadro 5 - Interação fatorial, para o controle e massa seca de *Euphorbia heterophylla* através do posicionamento de flumioxazin sobre diferentes tipos e quantidades de chuva e manejos de palha, os quais permanecem na superfície do solo após a aplicação

Tratamento	Chuva		
	10 mm	25 mm	40 mm
Sem cobertura	63,8 aB	80 abAB	95 aA
<i>Brachiaria ruziziensis</i> 3 t ha ⁻¹	75 aA	90 aA	93,8 aA
<i>B. ruziziensis</i> 5 t ha ⁻¹	75 aA	85 abA	86,3 aA
<i>B. ruziziensis</i> + <i>Zea mays</i> 3 t ha ⁻¹	75 aA	77,5 abA	80 aA
<i>B. ruziziensis</i> + <i>Z. mays</i> 5 t ha ⁻¹	62,5 aA	65 bA	70 bA
<i>Z. mays</i> 3 t ha ⁻¹	78,8 aA	80 abA	82,5 abA
<i>Zea mays</i> 5 t ha ⁻¹	70 aA	77,5 abA	77,5 abA

F_{tratamentos}=4** F_{chuva}=8,6** F_{tratamentos x chuva}=NS
DMS_{tratamentos}=23 DMS_{tratamentos}=18,3
C.V.(%)=14,2

** Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; NS -Não significativo; C.V. - Coeficiente de variação; DMS - Diferença mínima significativa a 5%. Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Para redução de massa seca, não foi observada diferença significativa na interação fatorial, no entanto, observou-se uma ausência de diferença significativa entre os diferentes tipos de coberturas (Quadro 6).

No entanto, os resultados do controle de *Euphorbia heterophylla* apresentaram diferenças significativas em função da cobertura. Indicando que não apenas a deposição do material vegetal na superfície do solo influencia na dinâmica de herbicidas pré-emergentes, mais também aspectos qualitativos do material e sua espessura nas unidades experimentais.

Pensando no fator qualitativo, a espécie *Brachiaria ruziziensis* pode ter apresentado características que proporcionaram a redução da interceptação e/ou adsorção do flumioxazin, resultando em maior mobilidade do herbicida da palha para a solução do solo, independentemente da quantidade de cobertura vegetal (3 e 5 t ha⁻¹). Já para as coberturas vegetais de *B. ruziziensis* + *Z. mays* e *Zea mays*, a quantidade apresentou diferenças significativas entre tratamentos, indicando que para esses materiais a deposição de 5 t ha⁻¹ na superfície do solo pode ter resultado em uma maior barreira física, ou seja maior espessura, resultando em

Quadro 6 - Interação fatorial, para massa seca da parte da área de *Euphorbia heterophylla* através do posicionamento de flumioxazin sobre diferentes tipos e quantidades de chuva e manejos de palha, os quais permanecem na superfície do solo após a aplicação

Tratamentos	Chuva		
	10 mm	25 mm	40 mm
Sem cobertura	58,8	84,6	97,1
<i>Brachiaria ruziziensis</i> 3 t ha ⁻¹	77,5	95	96,3
<i>B. ruziziensis</i> 5 t ha ⁻¹	77,5	80,8	81,1
<i>B. ruziziensis</i> + <i>Zea mays</i> 3 t ha ⁻¹	73,6	76,5	78,6
<i>B. ruziziensis</i> + <i>Z. mays</i> 5 t ha ⁻¹	53,2	56,1	60,83
<i>Z. mays</i> 3 t ha ⁻¹	75,6	80,2	86,3
<i>Zea mays</i> 5 t ha ⁻¹	68	69,8	82,5

F_{tratamentos}=NS F_{chuva}=NS F_{tratamentos x chuva}=NS
DMS_{tratamentos}=60,3 DMS_{tratamentos}=47,5
C.V.(%)=14

** Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; NS -Não significativo; C.V. - Coeficiente de variação; DMS - Diferença mínima significativa a 5%. Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

dificuldade na mobilidade do flumioxazin da cobertura para o solo, resultando em menores porcentagens de controle de *Euphorbia heterophylla*.

Esse comportamento foi destacado por Negrisoni (2005), os quais reforçam que para herbicidas residuais aplicados sobre coberturas vegetais necessitam ser transportados até o solo em quantidade suficiente para apresentar eficácia sobre as plantas daninhas. Dessa forma a eficiência do herbicida residual aplicado sobre a cobertura dependerá da quantidade lixiviada. O tipo de cobertura vegetal presente na superfície do solo também influencia na interceptação e/ou adsorção de herbicidas de pré-emergência e sua lixiviação até o solo, e conseqüentemente em sua eficácia de controle de plantas daninhas, em função da quantidade de biomassa produzida e acumulada sobre o solo e sua constituição química (Gaston et al., 2001).

No presente estudo para todos os tratamentos, foi observado que o aumento da quantidade de cobertura vegetal presente na superfície do solo, influenciou de forma negativa no controle de plantas daninhas, esse aumento da barreira física, provavelmente dificultou a lixiviação do flumioxazin para a solução do solo.

Zanatta (2007) identificou que a aplicação de flumioxazin nas doses de 25 e 40 g i.a. ha⁻¹, em quantidades de palha de aveia-preta superiores 2 t ha⁻¹, provocou interferência na atividade do flumioxazin no solo, reduzindo de forma significativa a sua eficácia de controle sobre *Euphorbia heterophylla*, no entanto quando comparados os níveis 2, 4, 6, 8 e 10 t ha⁻¹ entre si, não foram verificadas diferenças significativas para nenhuma das doses. Os autores relatam que esse comportamento pode ser associado a retenção do flumioxazin na palha, fato que poderia ter reduzido a sua disponibilidade na solução do solo e conseqüentemente sua eficácia de controle sobre plantas daninhas.

Negrisioli (2005) relata que os resíduos culturais muitas vezes apresentam maior capacidade de adsorção de herbicidas que o solo, essa adsorção no material residual decresce com o aumento da polaridade do herbicida, dessa forma quanto mais hidrofílico um herbicida (maior solubilidade), maior a sua lixiviação através da palha (Da Silva, 2018). No caso do herbicida flumioxazin esse comportamento em resíduos orgânicos era esperado, pois este produto apresenta um alto valor de K_{ow} (2,55) e uma baixa solubilidade em água (1,79 mg L⁻¹ a 25 °C). Estas características físico químicas indicam um herbicida com baixa mobilidade em resíduos vegetais, em virtude da sua alta afinidade a compostos lipofílicos (Rodrigues e Almeida, 2018).

Esses resultados indicam que os resíduos vegetais depositados na superfície do solo influenciam na dinâmica dos principais herbicidas utilizados na soja, em sistemas de sementeira direta e/ou cultivo mínimo, afetando de maneira significativa a sua eficácia. Nessa situação a água da chuva, que ocorre imediatamente após a aplicação do herbicida é determinante no seu transporte até a superfície do solo, alvo de ação de herbicidas pré-emergentes (Maciel e Velini, 2005; Simoni *et al.*, 2006). Segundo Cavenaghi *et al.* (2007) é necessário uma chuva de no mínimo 20 mm para que ocorra mobilidade do herbicida através dos resíduos de cana-de-açúcar.

Maciel e Velini (2005) reforçam que nas aplicações de herbicidas sobre resíduos são necessárias chuvas para promover a transposição do herbicida, independentemente da quantidade e tipo de resíduo

vegetal. Os autores observaram que a quantidade de palhada pouco interfere na facilidade com que o herbicida transpõe a camada de palha e atinge a superfície do solo. Esse aspecto é importante, considerando as desuniformidades dos pesos pontuais de biomassa observada para diferentes coberturas em campo. Dessa forma, espera-se que quantidades relativamente uniformes do herbicida atinjam o solo após precipitações de 10 a 20 mm, independentemente da quantidade de palhada sobre a superfície do solo. No entanto para herbicidas pré-emergentes esse comportamento pode apresentar variações devido às diferentes características físico-químicas que esses produtos apresentam.

Esses resultados reforçam que em aplicações de herbicidas pré-emergentes sobre resíduos em sementeira direta e/ou sistemas de cultivo mínimo, a água (seja oriunda da chuva ou de irrigação) torna se essencial para promover o transporte do herbicida até ao solo, indicando que a aplicação de herbicida sobre a cobertura orgânica sem ocorrência de chuvas em quantidade suficiente afeta o transporte desses produtos até ao solo resultando num controle ineficaz de plantas daninhas. (Maciel e Velini, 2005; Simoni *et al.*, 2006).

Neste estudo, a aplicação de flumioxazin sobre os resíduos vegetais utilizados (*B. ruziziensis*; *B. ruziziensis* + *Z. mays*; *Z. mays* e ausência), independentemente do tipo de material, a chuva de 10 mm, não foi suficiente para promover a transposição do flumioxazin da cobertura vegetal para a solução do solo e/ou disponibilizar esse produto em quantidade suficiente para promover um controle adequado de *Euphorbia heterophylla*.

Desta forma, dependendo do material, nas condições de realização deste estudo são necessários no mínimo 20 mm de chuva após a aplicação do herbicida para obter um controle adequado de *Euphorbia heterophylla*. Além destes aspectos, foi verificado que o aumento gradativo das lâminas de água, simuladas após a aplicação do flumioxazin, resultou num aumento gradativo das porcentagens de controle de *Euphorbia heterophylla*. Indicando que maiores lâminas de chuva, podem resultar em maior transposição do flumioxazin da cobertura vegetal para a solução do solo.

Embora o aumento da quantidade de chuva, tenha resultado num aumento da porcentagem de controle de *Euphorbia heterophylla*, independentemente da quantidade e tipo de resíduos, a maior quantidade de chuva utilizada nesse experimento, 40 mm, não resultou necessariamente num controle eficaz da planta daninha, pois nas 5 t ha⁻¹ de *B. ruziziensis* + *Z. mays* e 5 t ha⁻¹ *Zea mays* o controle foi inferior a 80%, ou seja, em maiores quantidades de resíduos, mesmo com a simulação da maior lamina de chuva o controle foi insuficiente. Esse resultado indica que em maiores deposições de resíduos na superfície do solo, talvez sejam necessárias maiores lâminas de água, para obter um controle eficaz da planta daninha.

Carbonari *et al* (2009) estudando a eficácia de flumioxazin aplicado diretamente no solo nú ou sobre resíduos de milho e aveia no controle das plantas daninhas *Brachiaria decumbens*, *Bidens pilosa*, *Sida rhombifolia*, *Ipomoea nil*, *Ipomoea grandifolia* e *Digitaria spp.*, após 1, 15, 30 e 60 dias sem a ocorrência de chuvas, constataram que, tanto na aplicação sobre o solo nú quanto na aplicação sobre os resíduos, os níveis de controle obtidos estavam acima de 80%.

Ou seja, o tipo de material presente na superfície do solo, a quantidade de cobertura vegetal e as características físico-químicas do herbicida são determinantes na sua eficácia. Estas informações devem ser associadas para se decidir a quantidade de água necessária para promover a mobilidade do herbicida dos resíduos vegetais para a solução do solo em quantidade suficiente para resultar em controle eficaz das plantas daninhas.

CONCLUSÃO

Face ao exposto verificou-se que o tipo de resíduo vegetal e a sua quantidade interferem na eficácia de flumioxazin, sendo que no aplicação deste herbicida sobre *Brachiaria ruziziensis*, se obteve o melhor controle de *Euphorbia heterophylla*. E que o aumento da quantidade de resíduos vegetais presente na superfície do solo, independentemente do tipo de resíduo vegetal, resultou em diminuição das porcentagens de controle de *Euphorbia heterophylla*. Para todos os tipos de tratamentos adotados, a chuva de 10 mm, não foi suficiente no controle da planta daninha, sendo necessário no mínimo uma chuva de 25 mm para se obter um controle adequado, dependendo do tipo de resíduo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrofit (2019) - *Sistema De Agrotóxicos Fitossanitários*. Ministerio da Agricultura, Pecuaria e Abastecimento. [cit. 2019.10.31] http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons
- ALAM (1974) - Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación em ensayos de control de malezas. *ALAM - Asociation Latinoamericana De Malezas*, vol. 1, p. 35-38.
- Alister, C.; Rojas, S.; Gómez, P. & Kogan, M. (2008) - Dissipation and movement of flumioxazin in soil at four field sites in Chile. *Pest Management Science*, vol. 64, n. 5, p. 579-583. <https://doi.org/10.1002/ps.1533>
- Banks, P.A. & Robinson, E.L. (1982) - The influence of straw mulch on the soil reception and persistence of metribuzin. *Weed Science*, vol. 30, n. 2, p. 164-168. <https://doi.org/10.1017/S0043174500062263>
- Carbonari, C.A.; Gomes, G.L.; Trindade, M.L.; Silva, J.R. & Velini, E.D. (2016) - Dynamics of sulfentrazone applied to sugarcane crop residues. *Weed Science*, vol. 64, n. 1, p. 201-206. <https://doi.org/10.1614/WS-D-14-00171.1>
- Carbonari, C.A.; Gomes, G.L.G.C. & Velini, E.D. (2009) - Efeitos de períodos de permanência do flumioxazin no solo e na palha de milho e aveia na eficácia de controle de plantas daninhas. *Revista Brasileira de Herbicidas*, vol. 8, n. 3, p. 85-95. <https://doi.org/10.7824/rbh.v8i3.71>
- Carvalho, L.B.; Bianco, S. & Guzzo, C.D. (2010) - Interferência de *Euphorbia heterophylla* no crescimento e acúmulo de macronutrientes da soja. *Planta Daninha*, vol. 28, n. 1, p. 33-39. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582010000100004>
- Cavenaghi, A.L.; Rossi, C.V.S.; Negrisolli, E.; Costa, E.A.D.; Velini, E.D. & Toledo, R.E.B. (2007) - Dinâmica do herbicida amicarbazone (Dinamic) aplicado sobre palha de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). *Planta Daninha*, vol. 25, n. 4, p. 831-837. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582007000400020>

- Da Silva, P.V. (2018) - *Comportamento ambiental e bioatividade sobre plantas daninhas de herbicidas residuais aplicados sobre a palha de cana-de-açúcar em diferentes condições hídricas do solo*. Tese de Doutorado. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. 148 p.
- Ferrell, J.A.; Vencill, W.K.; Xia, K. & Grey, T.L. (2005) - Sorption and desorption of flumioxazin to soil, clay minerals and ion-exchange resin. *Pest Management Science*, vol. 61, n. 1, p. 40-46. <https://doi.org/10.1002/ps.956>
- Gaston, L.A.; Boquet, D.J. & Bosch, M.A. (2001) - Fluometuron wash-off from cover crop residues and fate in a loessial soil. *Soil Science*, vol. 166, n. 10, p. 681-690. <https://doi.org/10.1097/00010694-200110000-00004>
- Henz, F.M. & Rosa, H.A. (2017) - Produtividade da soja após cultivo de plantas de cobertura de inverno. *Revista Cultivando o Saber*, Edição Especial, p. 204-212.
- Kissmann, K. G. (1997) - *Plantas infestantes e nocivas*. 2.ed. São Paulo: BASF Brasileira, T.1. 825 p.
- Lamego, F.P.; Caratti, F.C.; Reinehr, M.; Gallon, M.; Santi, A.L. & Basso, C.J. (2015) - Potencial de supressão de plantas daninhas por plantas de cobertura de verão. *Comunicata Scientiae*, vol. 6, n. 1, p. 97-105. <https://doi.org/10.14295/cs.v6i1.470>
- Locke, M.A. & Bryson, C.T. (1997) - Herbicide-soil interactions in reduced tillage and plant residue management systems. *Weed Science*, vol. 45, n. 2, p. 307-320. <https://doi.org/10.1017/S0043174500092882>
- Maciel, C.D.G. & Velini, E.D. (2005) - Simulação do caminhamento da água da chuva e herbicidas em palhadas utilizadas em sistemas de plantio direto. *Planta Daninha*, vol. 23, n. 3, p. 471-481. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582005000300011>
- Martins, D.; Gonçalves, C.G. & Silva Júnior, A.C. (2016) - Coberturas mortas de inverno e controle químico sobre plantas daninhas na cultura do milho. *Revista Ciência Agronômica*, vol. 47, n. 4, p. 649-657. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160078>
- Monquero, P.A.; Amaral, L.R.; Inácio, E.M.; Brunhara, J.P.; Binha, D.P.; Silva, P.V. & Silva, A.C. (2009) - Efeito de adubos verdes na supressão de espécies de plantas daninhas. *Planta Daninha*, vol. 27, n. 1, p. 85-95. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582009000100012>
- Negrisoni, E. (2005) - *Associação do herbicida tebuthiuron com a cobertura de palha no controle de plantas daninhas no sistema de cana-crua*. Tese de Doutorado, Botucatu, Universidade Estadual Paulista. 88 p.
- Rasband, W. (2011) - *ImageJ documentation*. [cit. 2019.09.10]. <http://www.rsb.info.nih.gov>
- Rodrigues, B.N. & Almeida, F.S. (2018) - *Guia de herbicidas*. 7ed. Londrina: Grafmarke, p. 696.
- Selim, H.M.; Zhou, L. & Zhu, H. (2003) - Herbicide retention in soil as affected by sugarcane mulch residue. *Journal of Environmental Quality*, vol. 32, n. 4, p. 1445-1454. <https://doi.org/10.2134/jeq2003.1445>
- Simoni, F.; Victoria Filho, R.; San Martin, H.A.M.; Salvador, F.L.; Alves, A.S.R. & Bremer, N. H. (2006) - Influência da intensidade de chuva e da quantidade de palha de cana-de-açúcar sobre a eficácia de herbicidas aplicados em pré-emergência no controle de *Cyperus rotundus*. *Congresso Brasileiro Da Ciência Das Plantas Daninhas*. Brasília, Resumos. Brasília, Brasil, SBCPD; UNB; Embrapa Cerrados, 365p.
- Vargas, L.; Nohatto, M.A.; Agostinetto, D.; Bianchi, M.A.; Paula, J.M.; Polidoro, E. & Toledo, R.E. (2013) - Management practices x *Euphorbia heterophylla* resistance to ALS-inhibitors and tolerance to glyphosate in Rio Grande do Sul. *Planta Daninha*, vol. 31, n. 2, p. 427-432. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582013000200021>
- Zanatta, O.A. (2007) - *Dinâmica Do Flumioxazin Em Solos Com Diferentes Teores De Argila, Carbono Orgânico E Níveis De Cobertura Com Palha*. Tese de Doutorado. Maringá, Universidade Estadual de Maringá. 148 p.