



Regime de irrigação e palha influenciam na eficácia de herbicidas pré-emergentes no controle de capim-amargoso?

Daniela Maria BARROS¹, Paulo Vinicius da SILVA¹, Heráclito Lazari MEURER¹,
Letícia da Silva Santos MEURER¹, Edson Rocha DOMINGOS¹, Roque de Carvalho DIAS²,
Estela Maris INÁCIO¹, Patrícia Andrea MONQUERO³

¹ Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, Brasil.

² Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, Brasil.

³ Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil.

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

(Orcid: 0000-0003-0515-3316; 0000-0003-4647-5602; 0000-0001-9237-2992; 0000-0001-6909-8120;
0000-0002-4542-7601; 0000-0001-5433-5373; 0000-0003-3262-2819; 0000-0002-9123-1861)

Recebido em 14/02/2021; Aceito em 02/06/2021; Publicado em 14/06/2021.

RESUMO: O controle do capim-amargoso, atualmente tem sido um dos grandes desafios na cultura da soja, e os herbicidas pré-emergentes surgem como opção de manejo. O objetivo desse trabalho foi avaliar o controle do capim-amargoso através de herbicidas pré-emergentes posicionados em diferentes regimes de irrigação e quantidades de palha. Foram realizados dois experimentos o primeiro com palha de milho + *Urochloa ruziziensis* (0 e 3 t ha⁻¹) e o segundo com ausência de palha, ambos em casa de vegetação com delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 6 x 3, no primeiro fator regimes de irrigação (inicial de 5 mm e após 48 horas 10 mm para manutenção, inicial de 20 mm e após 48 horas 10 mm para manutenção, inicial de 5 mm e após, 5, 10, 15 ou 20 dias uma chuva de 20 mm) e no segundo, os herbicidas pré-emergentes: (diclosulam (29,4 g.i.a ha⁻¹); flumioxazin + imazethapyr (50 + 106 g.i.a ha⁻¹) e diuron + sulfentrazone (420 + 210 g.i.a ha⁻¹)). Na aplicação diretamente no solo e sobre palha, o diclosulam apresentou as menores porcentagens de controle em todos os regimes de irrigação com primeira chuva de 5 mm e segunda de 20mm. Já diuron + sulfentrazone e flumioxazin + imazethapyr não apresentaram diferenças significativas nos regimes de irrigação controlando de maneira eficaz o capim-amargoso. A eficácia do diclosulam sofreu influência dos intervalos de seca após a aplicação, diuron + sulfentrazone e flumioxazin + imazethapyr apresentaram um controle eficaz do capim-amargoso em todos os tratamentos.

Palavras-chave: *Digitaria insularis*; residual; período de seca.

Water regime and straw influence on the effectiveness of preemerging herbicides without control of sourgrass?

ABSTRACT: The control of sourgrass, has been one of the great challenges in the soybean culture, and the pre-emergent herbicides appear as a management option. The objective of this work was to evaluate the control of sourgrass using pre-emergent herbicides positioned under different irrigation regimes and amounts of straw. Two experiments were carried out, the first with corn straw + *Urochloa ruziziensis* (0 and 3 t ha⁻¹) and the second without straw, both in a greenhouse with a completely randomized design in a 6 x 3 factorial scheme, in the first factor irrigation regimes (initial of 5 mm and after 48 hours 10 mm for maintenance, initial of 20 mm and after 48 hours 10 mm for maintenance, initial of 5 mm and after, 5, 10, 15 or 20 days a rain of 20 mm) and in the second, the pre-emergent herbicides: (diclosulam (29.4 g i.a ha⁻¹); flumioxazin + imazethapyr (50 + 106 g i.a ha⁻¹) and diuron + sulfentrazone (420 + 210 g i.a ha⁻¹)). When applied directly to the soil and on straw, diclosulam showed the lowest percentages of control in all irrigation regimes with the first rain of 5 mm and the second of 20 mm. Diuron + sulfentrazone and flumioxazin + imazethapyr did not present significant differences in the irrigation regimes, effectively controlling the sourgrass. The effectiveness of diclosulam was influenced by drought intervals after application, diuron + sulfentrazone and flumioxazin + imazethapyr showed an effective control of sourgrass in all treatments.

Keywords: *Digitaria insularis*; residual; dry season.

1. INTRODUÇÃO

O capim-amargoso (*Digitaria insularis* (L.) Fedde) é uma planta daninha da família Poaceae, perene, ereta, que pode atingir até 1 m de altura, formando touceiras quando se tornam adultas, sua reprodução se dá por duas vias, sexual com produção de sementes, e assexuada com a formação de rizomas curtos (LORENZI et al., 2014). Essa planta é nativa de regiões tropicais e subtropicais do continente americano,

ocorrendo desde o sul dos Estados Unidos até o norte da Argentina, sua inflorescência é emitida a partir dos 63 dias após a emergência, suas sementes são pequenas, revestidas por pelos, facilmente levadas pelo vento a longas distâncias e apresentam alto poder germinativo (KISSMANN, 1997; MACHADO et al., 2006).

Capim-amargoso é uma das principais plantas daninhas do nosso país, causando perdas significativas na cultura da

soja (*Glycine max* L.), sendo essa a principal cultura de primeira safra no Brasil, ocupando cerca de 38,2 milhões de hectares (Companhia Nacional de Abastecimento -CONAB, 2020).

Segundo Braz et al. (2021), a massa seca da parte aérea da soja diminuiu em resposta ao aumento das densidades de capim amargoso. Sendo que a massa seca da soja diminuiu 55% sobre infestação de 8 plantas de capim amargoso por m². Além dos aspectos inerentes a mato-competição, essa planta daninha apresenta relato de biótipos resistentes ao mecanismo de ação EPSPs (5-enol-piruvil-shikimate-3-fosfato sintase) (HEAP, 2020), apresentando distribuição geográfica por todo o território brasileiro (LOPEZ-OVEJERO et al., 2017).

Nesse sentido, para reduzir os casos de biótipos resistentes e/ou promover um controle eficaz é recomendado a rotação de herbicidas com diferentes mecanismos de ação (GAZZIERO et al., 2016). Uma opção é a utilização de herbicidas pré-emergentes, com diferentes mecanismos de ação, tais como inibidores da Prototox (Protoporfirina Oxidase), ALS (Acetolactato Sintase) e Fotossistema II (Fotossíntese), visto que, há poucas opções na pós-emergência, sendo frequente o uso de herbicidas inibidores da enzima ACCase (acetil-coenzima-A-carboxilase) (AGROFIT, 2021).

Os herbicidas pré-emergentes promovem o controle no início da germinação e/ou durante o desenvolvimento inicial da planta daninha e através do seu efeito residual proporcionam o controle dos fluxos germinativos durante o período crítico de infestação (PCPI) (ANDRADE, 2019). O capim-amargoso apresenta crescimento inicial lento levando até 35 dias para o início da formação dos rizomas curtos, após esse período essa planta é considerada de difícil controle em pós-emergência (GAZZIERO et al., 2012).

De forma frequente, os herbicidas pré-emergentes são posicionados sobre palha oriunda da cultura anterior, que permanece na superfície do solo após a colheita. Na cultura da soja é frequente o posicionamento sobre palha de milho (*Zea mays* L.) + *Urochloa ruziziensis* (R.Germ. & C.M.Evrard) Crins, especialmente na região do Centro-Oeste, a qual é utilizada no sistema de integração lavoura-pecuária (CASTALDO et al., 2015). O sistema de cultivo milho em consórcio com *Urochloa* spp. tornou-se um dos mais eficientes sistemas de produção, visando a formação de palhada para o cultivo da soja em áreas de plantio direto. No entanto, a palha se torna uma barreira física para o posicionamento dos herbicidas pré-emergentes, sendo necessário à transposição dos produtos até a solução do solo (SILVA et al., 2020).

Segundo Maciel e Velini, (2005) precipitações de 20 mm são fundamentais para transpor o herbicida até a solução do solo. No entanto, o período de seca e/ou chuvas inferiores a 20 mm após a aplicação do herbicida pré-emergente pode promover sua interceptação e adsorção a palha. Assim, no momento que se iniciam as chuvas em quantidades maiores não ocorre a reversibilidade do processo, desorção, e consequentemente o transporte do herbicida da palha até o solo, reduzindo assim a eficácia desses produtos no controle

de plantas daninhas (DA SILVA et al., 2020; CLARK et al., 2019).

Dessa maneira, os herbicidas pré-emergentes precisam apresentar algumas características físico-químicas, como baixo coeficiente de partição octanol-água (K_{ow}), alta solubilidade em água (S) e baixa pressão de vapor (P), os quais são essenciais para que não ocorram processos de adsorção do herbicida na palha, possibilitando o transporte do herbicida pela barreira física composta por esse material vegetal (MATOS et al., 2016). Dentre as opções de herbicidas pré-emergentes que podem ser utilizados na cultura da soja, destacam-se o diclosulam, flumioxazin + imazethapyr e diuron + sulfentrazone (AGROFIT, 2021).

Fatores como regime de irrigação e/ou quantidade de palha podem ocasionar variação na eficácia de controle destes herbicidas. Diante do exposto, é necessária a realização de pesquisas visando o correto posicionamento de herbicidas pré-emergentes em aplicações sobre solo com palha ou sem palha de milho + *U. ruziziensis*, no intuito de controlar de maneira eficaz as plantas daninhas. Logo, o objetivo desse trabalho foi avaliar o controle do capim-amargoso através de herbicidas pré-emergentes em diferentes regimes de irrigação e quantidades de palhas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação, no período de 14 de janeiro de 2020 até 20 de março de 2020 no município de Dourados, MS, Brasil. Segundo a classificação climática de Köppen, Dourados-MS apresenta o clima tropical, do tipo Am, com pluviosidade média anual de 1428 mm e temperatura média anual de 22,7 °C (KÖPPEN; GEIGER, 1928).

As unidades experimentais foram constituídas de vasos de polietileno com capacidade para 4 L de solo, preenchidos com Latossolo Vermelho Distroférrico (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA, 2013), de textura argilosa cujas as propriedades físico-químicas encontram-se na (Tabela 1). As amostras de solo foram coletadas em uma área em pousio, na profundidade de 0-20 cm e foram peneiradas para remoção dos resíduos presentes na superfície do solo, posteriormente secas ao ar e acondicionadas nas unidades experimentais.

Foram realizados dois experimentos o primeiro com palha de milho + *U. ruziziensis* (3 t ha⁻¹) e o segundo com ausência de palha (0 t ha⁻¹), ambos em casa de vegetação. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, organizado no esquema fatorial 6 x 3, no primeiro fator os seis regimes de irrigação (1- chuva inicial de 5mm e após 48 horas inicia-se o manejo diário de 10 mm; 2- chuva inicial de 20 mm após 48 horas inicia-se o manejo diário de 10 mm; 3- chuva inicial de 5 mm após 5 dias uma segunda chuva de 20 mm; 4- chuva inicial de 5mm após 10 dias uma segunda chuva de 20 mm; 5- chuva inicial de 5 mm após 15 dias uma segunda chuva de 20 mm e 6- chuva inicial de 5 mm após 20 dias uma segunda chuva de 20 mm) e no segundo os herbicidas pré-emergentes (diclosulam; flumioxazin + imazethapyr e diuron + sulfentrazone).

Tabela 1. Análise química do solo utilizado nas unidades experimentais. Dourados – MS, Brasil.

Table 1. Chemical analysis of the soil used in the experimental units. Dourados - MS, Brazil.

	Al	H+Al	P (mehl)	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	Areia	Silte	Argila	
	5,7	0,00	2,87	9,0	362	5,13	1,60	7,66	10,53	72,74	192	165	643

Unidades: Al, H+Al, Ca, Mg, SB e CTC (cmolc dm⁻³); K, P (rmehl) (mg dm⁻³); V (%).

A semeadura do capim-amargoso foi realizada na profundidade de 2 cm, com quantidade de sementes suficiente para se obter uma população final de aproximadamente 10 plantas daninhas por unidade experimental. Foi utilizada uma quantidade de 0,1 g de sementes em cada unidade experimental, que foi determinada através de um teste de germinação conforme a regra de análise de sementes (RAS, 2009) com 4 repetições, onde se obteve uma média de 11,25 plantas por unidade experimental, se aproximando da quantidade desejada.

No experimento 1 com utilização de palha, sendo que a palha utilizada foi retirada do campo, em uma área de consórcio milho + *U. ruziziensis*. O milho foi semeado no espaçamento 0,90 m e a *U. ruziziensis* no espaçamento de 0,40 m na data de 15 de março de 2019. Em 23 de outubro de 2019, antes da dessecação da área para o plantio da safra 2019/20, a palha remanescente no campo foi coletada e acondicionada em sacos plásticos, levada para o laboratório, para posterior homogeneização, fragmentação e pesagem. Nesse mesmo dia, utilizou-se um quadrado com área de 1 m², para determinação da quantidade de palha por hectare, sendo determinado 3 t ha⁻¹. Para o experimento com palha, as 3 t ha⁻¹ foram determinadas através de uma correlação da área da superfície da unidade experimental (vaso de polietileno com 20 cm de diâmetro), sendo determinada com a quantidade de palha verificada em campo, o valor de 9,42 g que foi a quantidade de palha alocada na área da unidade experimental e representa 3 t ha⁻¹. No segundo experimento se adotou 0 t ha⁻¹ (sem palha). Após a semeadura do capim-amargoso, para o experimento com palha, foram depositadas na superfície do solo a quantidade mencionada acima.

Em seguida, foram aplicados os herbicidas pré-emergentes diclosulam (29,4 g.i.a ha⁻¹); flumioxazin + imazethapyr (50 + 106 g.i.a ha⁻¹) e diuron + sulfentrazone (420 + 210 g.i.a ha⁻¹), exceto nas testemunhas, as quais não receberam a aplicação dos herbicidas pré-emergentes. Para aplicação dos herbicidas, foi utilizado um pulverizador costal de pressão constante, pressurizado por CO₂, com pontas do tipo AI 110.015, pressão de 3,0 kgf cm⁻², com volume de calda de 170 L ha⁻¹. No momento da aplicação dos herbicidas foram aferidas as condições ambientais, sendo a temperatura de 35°C, umidade de 55,5% e velocidade do vento de 1,5 m s⁻¹.

Após a pulverização, foram realizadas as simulações de chuva por meio de um simulador de chuva com vazão de 1 L min⁻¹. As simulações de chuva nos sistemas de irrigação (que representou o primeiro fator da interação fatorial) os quais foram combinados com o fator B da interação fatorial dos herbicidas (diclosulam; flumioxazin + imazethapyr e diuron + sulfentrazone) apresentaram variações de acordo com os regimes de irrigação adotados. No tratamento 1 chuva inicial de 5mm e após 48 horas iniciou-se o manejo diário de 10 mm; 2 chuva inicial de 20 mm após 48 horas iniciou-se o manejo diário de 10 mm ; 3- chuva inicial de 5 mm após 5 dias uma segunda chuva de 20 mm; 4- chuva inicial de 5mm após 10 dias uma segunda chuva de 20 mm; 5- chuva inicial de 5 mm após 15 dias uma segunda chuva de 20 mm e 6- chuva inicial de 5 mm após 20 dias uma segunda chuva de 20 mm, como ilustrado na (Tabela 2). Após 48 horas da segunda simulação de chuva dos tratamentos 3 ao 6 se iniciou a irrigação diária de 10 mm para manutenção das plantas daninhas até o término do experimento.

Tabela 2. Simulação de chuva e manejo de irrigação.

Table 2. Rain simulation and irrigation management.

Regime de irrigação	Intervalos entre 1ª e 2ª "chuva"	1 Aplicação	2 Aplicação	Manejo diário
1	---	5 mm	---	10 mm
2	---	20 mm	---	10 mm
3	5 dias	5 mm	20 mm	10 mm
4	10 dias	5 mm	20 mm	10 mm
5	15 dias	5 mm	20 mm	10 mm
6	20 dias	5 mm	20 mm	10 mm

O controle das plantas daninhas foi avaliado aos 42 dias após a emergência (DAE) das plantas daninhas, por meio de uma escala percentual de notas em que 0 (zero) corresponde a nenhuma injúria na planta e 100 (cem) à morte das plantas, seguindo a metodologia proposta pela Associação Latinoamericana de Malezas-ALAM (1974). Aos 42 DAE, as plantas remanescentes nas unidades experimentais foram cortadas rente ao solo, contadas e acondicionadas em sacos de papel, sendo levadas a estufa de circulação forçada de ar 60°C por 72 horas, determinando-se assim a massa seca da parte aérea.

Os resultados referentes ao controle do capim-amargoso foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey. Os dados oriundos da massa seca foram transformados em porcentagem de redução em virtude dos diferentes tratamentos em comparação com a testemunha. O programa computacional de estatística utilizado foi o Agroestat (Barbosa; Maldonado, 2009) e quando as médias foram significativas foram elaborados gráficos no sigmaplot.

3. RESULTADOS

No desdobramento do fator irrigação, para o experimento 1 - sem palha, para o controle do capim-amargoso foi possível observar maiores porcentagens de controle nos regimes de irrigação 1, 2 e 3, com médias de 95,16%, 98,41% e 93,00% respectivamente, e o menor controle foi verificado no regime de irrigação 6 com 85,50%. No entanto, todos os regimes de irrigação estudados apresentaram porcentagens de controle superiores a 80%. Para a redução de massa seca não houve diferença significativa (Tabela 3).

Tabela 3. Desdobramento do fator regime de irrigação para o controle do capim-amargoso e redução de massa seca no experimento 1 – sem palha.

Table 3. Unfolding of the irrigation regime factor for the control of sourgrass and reduction of dry mass in experiment 1 - without straw.

Regime de Irrigação	Controle (%)	Redução de Massa Seca (%)
1	95,16 ab	98,33 a
2	98,41 a	98,16 a
3	93,00 abc	96,73 a
4	89,16 bc	94,58 a
5	87,41 bc	90,31 a
6	85,50 c	81,99 a
DMS (5%)	7,97	8,15
F	6,68**	10,46 ^{ns}
C.V. (%)	7,22	7,37

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F; C.V. - Coeficiente de variação; DMS - Diferença mínima significativa a 5%. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Para o desmembramento do fator herbicida para o experimento 1 - sem palha, a maior porcentagem de controle foi observada nos tratamentos diuron + sulfentrazone 96,50%, seguido de flumioxazin + imazethapyr 91,29%, e o menor com o diclosulam com 86,54%. O diclosulam também apresentou menor redução de massa seca com 89,21% (Tabela 4).

Tabela 4. Desdobramento do fator pré-emergente para o controle do capim-amargoso e redução de massa seca no experimento 1 – sem palha

Table 4. Unfolding of the pre-emergent factor for the control of sourgrass and reduction of dry mass in experiment 1 - without straw.

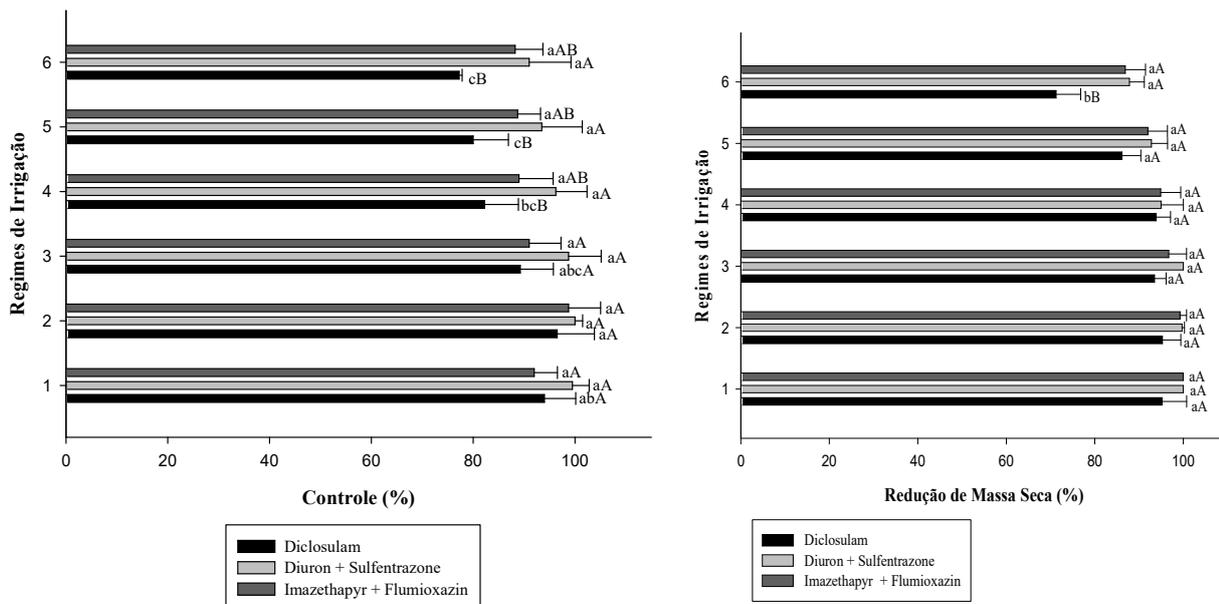
Herbicidas	Controle (%)	Redução de Massa Seca (%)
Diclosulam	86,54 c	89,21 b
Diuron + Sulfentrazone	96,50 a	95,89 a
Flumioxazin + Imazethapyr	91,29 b	94,60 a
DMS (5%)	4,59	4,82
F	13,63**	4,82**
C.V. (%)	7,22	7,37

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F; C.V. - Coeficiente de variação; DMS - Diferença mínima significativa a 5%. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Na interação fatorial o diclosulam resultou nas menores porcentagens de controle do capim-amargoso quando submetido os regimes de irrigação 3, 4, 5 e 6 respectivamente 89,29%, 82,25%, 80% e 77,25% que não diferiram significativamente entre si, mas apresentaram diferenças significativas em relação aos tratamentos 1 (94%) e 2 (96,50%). Os demais herbicidas testados, diuron + sulfentrazone e flumioxazin + imazethapyr não apresentaram diferenças significativa em relação aos regimes de irrigação (Figura 1).

Na interação fatorial o diclosulam apresentou as menores porcentagens de controle nos regimes de irrigação 4, 5 e 6 com respectivamente 82,25%, 80% e 77,25% (Figura 1). Na redução de massa seca, o diclosulam obteve menor porcentagem no regime de irrigação 6 e os demais pré-emergentes estudados não apresentaram diferenças significativas em nenhum dos regimes estudados (Figura 1).

No experimento 2, no controle do capim-amargoso através do posicionamento de herbicidas sobre 3 t ha⁻¹ de palha (milho + *U. ruziziensis*), foi possível observar que os maiores controles foram obtidos na simulação dos regimes de irrigação 1, 2 e 3, com controles de 92,25%, 95,25% e 91,91% respectivamente, ao passo que o menor controle foi observado no regime de irrigação 6 com 80,33% (Tabela 5).



Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas por letras iguais, minúsculas comparam os regimes de irrigação e maiúsculas comparam os pré-emergentes.

Figura 1. Interação entre o fator regime de irrigação e o fator pré-emergente, no experimento 1 – sem palha para o controle e redução de massa seca do capim-amargoso

Figure 1. Interaction between the irrigation regime factor and the pre-emergent factor, in experiment 1 - without straw for the control and reduction of dry mass of sourgrass.

Na redução de massa seca, para o posicionamento sobre 3 t ha⁻¹ de palha (milho + *U. ruziziensis*), as maiores porcentagens de controle foram obtidos nos regimes de irrigação 1, 2 e 3, com redução de massa seca de 92,99%, 97,86% e 95,00% respectivamente, já a menor redução de massa seca foi observada no regime de irrigação 6 com 82,17% (Tabela 5).

Para o desdobramento do fator herbicida no experimento 2, em aplicações sobre 3 t ha⁻¹ de palha (milho + *U. ruziziensis*), as maiores porcentagens de controle do capim-amargoso foram observadas mediante a aplicação de

diuron + sulfentrazone e flumioxazin + imazethapyr com respectivamente 93,58 % e 89,54%, e o menor controle foi observado com a utilização do diclosulam com 84,37%. Na redução de massa seca, no experimento 2, os resultados seguiram o mesmo comportamento, as maiores porcentagens foram observadas para diuron + sulfentrazone e flumioxazin + imazethapyr com respectivamente 93,71% e 91,89%, e a menor porcentagem com a utilização do diclosulam 86,86% (Tabela 6).

Regime de irrigação e palha influenciam na eficácia de herbicidas pré-emergentes no controle de capim-amargoso?

Tabela 5. Desdobramento do fator regime de irrigação para o controle do capim-amargoso e redução de massa seca no experimento 2 – com 3 t ha⁻¹ de palha de milho + *U. ruziziensis*.

Table 5. Unfolding of the irrigation regime factor for sourgrass control and dry matter reduction in experiment 2 - with 3 t ha⁻¹ of corn straw + *U. ruziziensis*.

Regimes de Irrigação	Controle (%)	Redução de Massa Seca (%)
1	92,25 a	92,99 a
2	95,25 a	97,86 a
3	91,91 a	95,00 a
4	89,33 ab	91,76 ab
5	85,91 ab	85,13 bc
6	80,33 b	82,17 c
DMS (5%)	11,24	7,83
F	3,94**	10,23**
C.V. (%)	9,23	7,15

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F; C.V. - Coeficiente de variação; DMS - Diferença mínima significativa a 5%. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Na interação entre os fatores regimes de irrigação e os herbicidas pré-emergentes, foi observado que todos os herbicidas estudados apresentaram controle superior numericamente no regime de irrigação 2 de 92,75% e inferior no regime de irrigação 6, onde o diclosulam apresentou o menor controle com 70,50%, sendo inferior aos demais

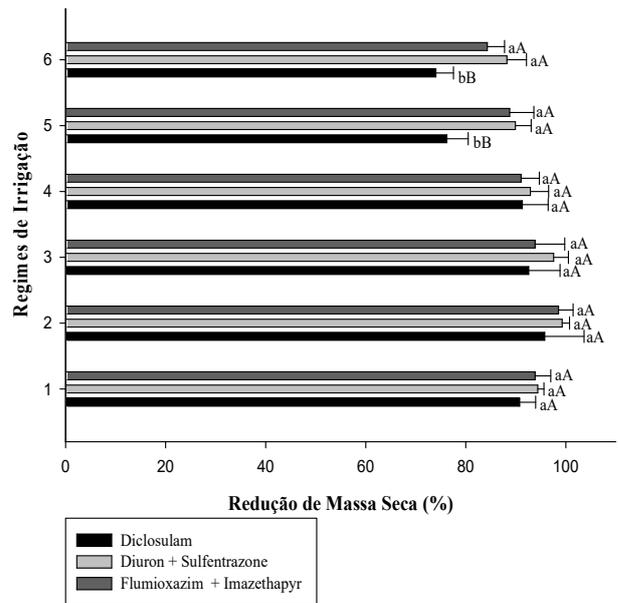
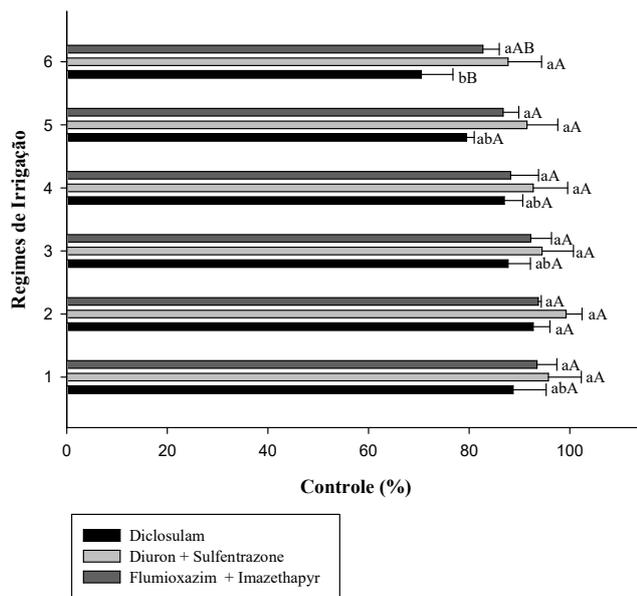
Tabela 6. Desdobramento do fator pré-emergente para o controle do capim-amargoso e redução de massa seca no experimento 2 – com 3 t ha⁻¹ de palha de milho + *U. ruziziensis*.

Table 6. Unfolding of the pre-emergent factor for the control of sourgrass and reduction of dry mass in experiment 2 - with 3 t ha⁻¹ of straw of corn + *U. ruziziensis*.

Herbicidas	Controle (%)	Redução de Massa Seca (%)
Diclosulam	84,37 b	86,86 b
Diuron + Sulfentrazone	93,58 a	93,71 a
Flumioxazin + Imazethapyr	89,54 a	91,89 a
DMS (5%)	6,48	4,51
F	5,88**	7,16
C.V. (%)	9,23	7,15

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F; C.V. - Coeficiente de variação; DMS - Diferença mínima significativa a 5%. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

herbicidas (Figura 2). Na redução de massa seca, o diclosulam apresentou a menor porcentagem nos regimes de irrigação 5 e 6, os demais herbicidas pré-emergentes dentro dos regimes de irrigação não apresentaram diferença significativa (Figuras 2).



Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas por letras iguais, minúsculas comparam os regimes de irrigação e maiúsculas comparam os pré-emergentes.

Figura 2. Interação entre o fator regime de irrigação e o fator pré-emergente, no experimento 2 – com 3 t ha⁻¹ de palha de milho + *U. ruziziensis* para o controle e redução de massa seca do capim-amargoso

Figure 2. Interaction between the irrigation regime factor and the pre-emergent factor, in experiment 2 - with 3 t ha⁻¹ of corn straw + *U. ruziziensis* for the control and reduction of dry mass of sourgrass.

4. DISCUSSÃO

Os herbicidas pré-emergentes (diclosulam, diuron + sulfentrazone e flumioxazin + imazethapyr) que receberam uma chuva inicial de 20 mm, logo após a sua aplicação, ou seja, sem intervalos de tempo, apresentaram elevado controle do capim-amargoso, tanto no posicionamento sobre 3 t ha⁻¹ de palha de milho + *U. ruziziensis* quanto diretamente no solo. Desse modo, essa quantidade chuva foi suficiente para proporcionar o transporte dos herbicidas da palha e/ou

superfície do solo até a faixa que as sementes de plantas daninhas foram semeadas, e também foi suficiente para disponibilizar esses produtos na solução do solo, resultando em uma porcentagem de controle em índices aceitáveis.

Esses resultados podem ser associados as características físico-químicas, pois os produtos formulados utilizados no presente experimento diclosulam, diuron + sulfentrazone e flumioxazin + imazethapyr, são classificados como produtos de alta solubilidade ou solubilidade média (AGROFIT,

2021). Dessa forma, a chuva de 20 mm, simulada imediatamente após a aplicação resultou em menor tempo de interação dos herbicidas com as superfícies do solo (minerais de argila e matéria orgânica) e palha, resultando em menor tempo para adsorção. Além disso, a chuva de 20 mm foi suficiente para favorecer o transporte dos herbicidas através da palha e a lixiviação no perfil do solo, contribuindo para o posicionamento e incorporação dos produtos na faixa de semeadura, o que contribuiu para um excelente controle do capim-amargoso.

Já as chuvas iniciais de 5 mm, com intervalo de tempo para segunda chuva, não foram suficientes para promover o transporte do herbicida da palha e/ou superfície do solo, para zona de semeadura das sementes do capim-amargoso, ou seja, não foi eficaz na incorporação do produto. Nessa situação os produtos ficaram disponíveis a perdas por degradação e/ou transformação além de apresentarem maior dificuldade de reversibilidade do processo de adsorção e/ou recuperação do herbicida interceptado pela palha. Nessa situação mesmo após a ocorrência de uma segunda chuva de 20 mm, observou-se redução da eficácia do diclosulam quando comparado com a simulação de chuva de 20 mm imediatamente após a aplicação dos produtos.

Para a maioria dos herbicidas, solos com boas condições de umidade promovem tanto a ação como a dissipação mais rápida, por meio, por exemplo de raios ultravioletas e infravermelhos (MONQUERO et al., 2013). A solubilidade do diclosulam em água é dependente do pH e varia de ~100 mg kg⁻¹ em pH entre 5 e 7 e > 4.000 mg kg⁻¹ em pH 9 (LAVORENTI et al., 2003). Dessa forma, a chuva inicial de 5 mm, pode não ter sido suficiente para disponibilizar o produto em solução do solo para um controle efetivo das plantas daninhas, e a permanência desse herbicida (no solo e/ou superfície do solo), possibilitou o início da fotodegradação diminuindo a disponibilidade do produto em solução do solo no momento da ocorrência da segunda chuva.

Segundo Silva et al. (2007), conforme aumenta o período de seca após a aplicação dos herbicidas, os mesmos sofrem processos de fotodegradação, volatilização, degradação química, biológica e sorção, ocasionando assim, menor controle de plantas daninhas. Nesse contexto, os herbicidas estudados nesse trabalho mostraram-se mais suscetíveis aos processos de sorção na palha e no solo. Entretanto, pode ocorrer o processo inverso (dessorção), se uma segunda chuva com maior intensidade (20 mm) ocorrer em tempo hábil, isso tornaria parte do herbicida disponível na solução do solo, resultando em controle. No entanto, quanto maior a quantidade de argila, matéria orgânica dos solos e/ou a quantidade de palha presente na superfície do solo, possivelmente maior será a dificuldade de dessorção e/ou será necessário uma maior quantidade de chuva para que ocorra a dessorção, desses herbicidas, e consequentemente o transporte até a solução do solo (CHRISTOFFOLETTI et al., 2008; OLIVEIRA; BRIGHENTI, 2011).

Monquero et al. (2013) realizando experimento em casa de vegetação, utilizando um Latossolo Vermelho distroférrico detextura argilosa, para massa seca do girassol, no tratamento que foi aplicado diclosulam (35 g ha⁻¹) no dia da semeadura, as maiores porcentagens de redução de massa seca ocorreram nos tratamentos com 100% da capacidade de campo do solo e as menores com 60% da capacidade de campo.

Os regimes de irrigação resultaram em menor influência na eficácia dos herbicidas diuron + sulfentrazone e flumioxazin + imazethapyr, pois em nenhuma situação, para esses herbicidas o controle do capim-amargoso foi inferior a 80%. No entanto ressalta-se que durante todo o experimento o solo foi mantido úmido. Grigolli e Grigolli, (2019), em contrapartida encontraram resultados diferentes, avaliando a eficácia de controle do capim-amargoso através de diferentes herbicidas pré-emergentes, obtiveram controle de 62,5, 81,2 e 74,4% através dos herbicidas diclosulam (35 g.i.a.ha⁻¹), flumioxazin + imazethapyr (50 + 100 g.i.a.ha⁻¹) e diuron + sulfentrazone (420 + 210 g.i.a.ha⁻¹), aos 35 dias após a aplicação dos tratamentos em solo de textura mista.

Já o herbicida diclosulam foi o mais afetado pelos períodos de seca após a aplicação, principalmente quando posicionado sobre palha. Segundo Negrisioli (2005) os resíduos vegetais apresentam maior capacidade de adsorção dos herbicidas do que o solo, pela sua alta constituição de lipídeos. O diclosulam apresentou redução de eficácia quanto maior o tempo de espera do produto posicionado sobre o solo ou palha, até a ocorrência da chuva de 20mm. Logo, quanto maior o tempo que o produto ficou vulnerável para os processos de degradação e/ou transformação, maiores foram as reduções de eficácia de controle.

Nas conduções dos experimentos um ponto a ser considerado é que embora não tenha se realizado a interação fatorial entre as aplicações sobre palha e diretamente no solo, e optado por se realizar dois experimentos distintos, se observou uma menor eficácia de controle dos herbicidas estudados nas aplicações sobre 3 t ha⁻¹ de palha de milho + *U. ruziziensis*, destacando o diclosulam com menor controle. Da Silva et al. (2020), relataram que 3 t ha⁻¹ de palha de milho + *U. ruziziensis*, resultam em uma cobertura de 82,5% do solo, funcionando como uma barreira física para herbicidas, que no caso do flumioxazin necessitou de uma chuva de 40 mm para promover o controle eficaz de amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla* L.).

Resultados semelhantes foram obtidos por Carbonari et al. (2008), os quais observaram elevados níveis de controle de corda-de-violão (*Ipomoea grandifolia* Danner) e guanxuma (*Sida rhombifolia* L.), através do herbicida diclosulam (25,2 g i.a. ha⁻¹), exceto para a aplicação em palha seca e úmida de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) sem ocorrência de chuvas, demonstrando assim, a necessidade da irrigação ou chuvas após a aplicação. Os autores ainda enfatizam que a retenção de herbicidas sobre palha, os submete a condições de fotodegradação e volatilização até que seja levado ao solo pela chuva.

A associação de diferentes ingredientes ativos quando comparados ao diclosulam que apresenta um único mecanismo de ação, apresentou maiores porcentagens de controle. Esse comportamento se deve a associação de características físico-químicas oriundas dos diferentes ingredientes ativos e mecanismos de ação, possibilitando assim, a atuação em dois sítios da planta daninha. Dessa forma, o diuron + sulfentrazone em seguida, a flumioxazin + imazethapyr (RODRIGUES; ALMEIDA, 2018).

Coradin et al. (2019) obtiveram resultados semelhantes aos observados no presente trabalho, pelo qual, desenvolveram experimento em casa de vegetação, com diclosulam (25,2 g ha⁻¹) e flumioxazin + imazethapyr (106 + 50 g ha⁻¹), aplicado em solo sem a presença de palha, constatando que a melhor alternativa para o controle do capim-amargoso foi a associação entre flumioxazin +

imazethapyr que promoveu 96,3% de controle em comparação ao diclosulam com 71,3% de controle aos 28 dias após a emergência da planta daninha.

Takano et al. (2017) obtiveram resultados semelhantes aos observados no presente trabalho em relação aos herbicidas pré-emergentes, pelo qual, estudaram o controle do capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica* (L.) Gaertn) que pertence a mesma família do capim-amargoso, em experimento em casa de vegetação testando herbicidas pré-emergentes, entre eles, o sulfentrazone (600 g i.a ha⁻¹), diuron (2000 g i.a ha⁻¹), flumioxazin + imazethapyr (106 + 50 g i.a ha⁻¹) e diclosulam (25 g i.a ha⁻¹), constando maior controle do capim-pé-de-galinha respectivamente para sulfentrazone (97,0%), diuron (79,3%), flumioxazin + imazethapyr (78,0%) e diclosulam (41,3%).

Dessa forma fica evidente que o regime de irrigação, a distribuição e momento de ocorrência de chuva após a aplicação dos herbicidas afetam na eficácia dos herbicidas diclosulam; flumioxazin + imazethapyr e diuron + sulfentrazone no controle de plantas daninhas, e a redução de eficácia pode ser ainda maior quando o posicionamento ocorre sobre palha oriunda da cultura anterior. Assim, com o objetivo da maior eficácia dos herbicidas no controle de plantas daninhas, faz-se necessário a correlação das características físico-químicas dos herbicidas com o regime hídrico e aspectos inerentes ao sistema produtivo.

5. CONCLUSÕES

O herbicida diclosulam sofre influência dos intervalos de seca após a aplicação, sendo que apresenta menores controles do capim-amargoso e redução de massa seca para os regimes de irrigação com maiores períodos de seca, tanto para a condição de presença de palha como na ausência de palha. Os herbicidas diuron + sulfentrazone e flumioxazin + imazethapyr não apresentaram diferenças significativas nos regimes de irrigação apresentando um controle eficiente do capim-amargoso, tanto com palha como sem palha.

6. REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P. C. GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- ASOCIATION LATINOAMERICANA DE MALEZAS. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de control de malezas. **ALAM**, Bogotá, v. 1, p. 35-38, 1974.
- BARBOSA, J. C.; MALDONADO JUNIOR, W. **AgroEstat - Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agrônomicos**. Jaboticabal: FCAV/UNESP. 2015. 396p.
- BRAZ, G. B. P.; CRUVINEL, A. G.; CANEPPELE, A. B.; TAKANO, H. K.; SILVA, A. G.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. Sourgrass Interference On Soybean Grown In Brazilian Cerrado. **Revista Caatinga**, v. 34, n. 2, p. 350-358, 2021. DOI: [10.1590/1983-21252021v34n211rc](https://doi.org/10.1590/1983-21252021v34n211rc)
- CARBONARI, C. A.; MESCHEDÉ, D. K.; CORREA, M. R.; VELINI, E. D.; TOFOLI, G. R. Eficácia do herbicida diclosulam em associação com a palha de sorgo no controle de *Ipomoea grandifolia* e *Sida rhombifolia*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 657-664, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582008000300022>
- CASTALDO, J. H.; NOLLA, A.; MOTA NETO, L. V.; CARNEIRO, A. R.; ROSSA, A. P. Milho e brachiaria consorciados no sistema integração lavoura-pecuária. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 4, n. especial, p. 375-388, 2015. DOI: <http://www.dca.uem.br/V4NE/25.pdf>
- CHRISTOFFOLETI, P. J.; OVEJERO, R. F. L.; DAMIN, V.; DE CARVALHO, S. J. P.; NICOLAI, M. **Comportamento dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar**. 1 ed. Piracicaba: BASF S. A., 2008. p. 9-36.
- CLARK, S. L.; DA SILVA, P. V.; DAYAN, F. E.; NISSEN, S. J.; SEBASTIAN, D. J. The Influence of Winter Annual Grass Litter on Herbicide Availability. **Weed Science**, v. 67, p. 702-709, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1017/wsc.2019.45>
- CONAB_Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos safra 2020/21, 3º levantamento (2020)**. Disponível em: https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/34779_9ec59c49528b037aadde144a7af2743f. Acesso em: 10 de dez. de 2020.
- CORADIN, J.; BRAZ, G. B. P.; MACHADO, F. G.; DA SILVA, A. G.; SOUSA, J. V. A. de. Herbicidas aplicados em pré-emergência para o Controle de milho voluntário e capim-amargoso. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 21, n. 3, 2019. DOI: <https://doi.org/10.30945/rcr-v21i3.2785>
- DE ANDRADE, D. N. **Alternativas herbicidas para o controle em pré-emergência de capim amargoso**. 2019. 21f. Dissertação (Mestrado em Bioenergia e Grãos) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2019.
- DA SILVA, P. V.; TRONQUINI, S. M.; BARBOSA, G. C.; DIAS, R. C.; VEIGA, J. P. S.; INÁCIO, E. M. Eficácia do herbicida flumioxazin no controle de *Euphorbia heterophylla*, na aplicação sobre diferentes tipos de palha e simulações de chuva. **Revista Ciências Agrárias**, v. 43, n. 3, p. 324-332, 2020. DOI: <https://doi.org/10.19084/rca.20815>
- EMBRAPA_Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária de Solos (Brasília, DF). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Brasília, DF: Embrapa Solos, 2013. 198p.
- GAZZIERO, D. L. P.; ADEGAS, F. S.; SILVA, A. F.; CONCENCO, G. Estimativas de Perdas de Rendimento na Soja Devido à Interferência do capim-amargoso. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 37, p. 1-10, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0100-83582019370100047>.
- GAZZIERO, D. L. P.; ADEGAS, F. S.; MESCHEDÉ, D. K.; VARGAS, L.; KARAM, D.; MACIEL, C. D. de G.; GOMES, M. de M. A era glyphosate. In: MESCHEDÉ, D. K.; GAZZIERO, D. L. P. **A era glyphosate: agricultura, meio ambiente e homem**. Londrina: Midiograf II, 2016. p. 11-21.
- GRIGOLLI, J. F. J.; GRIGOLLI, M. M. K. **Manejo e controle de plantas daninhas na cultura da soja**. Fundação-MS, p. 130- 146, 2009. Disponível em: https://www.fundacaoms.org.br/base/www/fundacaoms.org.br/media/attachments/341/341/5e397acd682e852c55bdafaa3136aa5e7f8aa452d6e23_04.-manejo-e-controle-de-plantas-daninhas-na-cultura-da-soja.pdf. Acesso em: 13 de fev. 2021.

- HEAP, I. **The International Herbicide-Resistant Weed Database**. Disponível em: <www.weedscience.org>. Acesso em: 21 de set. 2020.
- KISSMANN, K. G. **Plantas infestantes e nocivas: tomo 1. Plantas infestantes e monocotiledôneas**. 2 ed. São Paulo: BASF, 1997. 510-511p.
- LAVORENTI, A.; ROCHA, A. A.; PRATA, F.; REGITANO, J. B.; TORNISIELO, V. L.; PINTO, O. B. Comportamento do diclosulam em amostras de um latossolo vermelho distroférico sob plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 183-190, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832003000100019>.
- LOPEZ-OVEJERO, R. F.; TAKANO, H. L.; NICOLAI, M.; FERREIRA, A.; MELO, M. S. C.; CAVENAGHI, A. L.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; OLIVEIRA, R. S. Frequency and dispersal of glyphosate-resistant sourgrass (*Digitaria insularis*) populations across brazilian agricultural production areas. **Weed Science**, v. 65, p. 285- 294, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1017/wsc.2016.31>
- LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. 7 ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2014. 255p.
- MACHADO, A. F. L.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; FIALHO, C. M. T.; TUFFI SANTOS, L. D.; MACHADO, M. S. Análise de crescimento de *Digitaria insularis*. **Planta daninha**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 641-647, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582006000400004>
- MACIEL, C. D. G.; VELINI, E. D. Simulação do caminhamento da água da chuva e herbicidas em palhadas utilizadas em sistemas de plantio direto. **Planta daninha**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 471-481, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582005000300011>
- MATOS, A. K. A. de; CARBONARI, C. A.; GOMES, G. L. G. C.; VELINI, E. D. Dynamics of preemergent herbicides in production systems with straw. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Brasília, v. 15, n. 1, p. 97-106, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.7824/rbh.v15i1.441>
- MONQUERO, P. A.; MUNHOZ, W. S.; HIRATA, A. C. S. Persistência de imazaquim e diclosulam em função da umidade do solo. **Revista Agroambiente**, Boa Vista, v. 7, n. 3, p. 331-337, set./dez. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v7i3.1311>
- NEGRISOLI, E. **Associação do herbicida Tebuthiuron com a cobertura de palha no controle de plantas daninhas no sistema de cana-crua**. Tese (Doutorado em Área de concentração em Agricultura)- Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”. Botucatu, p.1-89, 2005.
- OLIVEIRA, M. F. de; BRIGHENTI, A. M. Comportamento dos herbicidas no ambiente. In: OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. 2 ed. Curitiba: Omnipax, 2011. p. 263-304.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. de. **Guia de herbicidas**. 7 ed. Londrina: Edição dos autores, 2018.764p..SILVA, A.A. ; FERREIRA, F.A. ; FERREIRA, L. R. Herbicidas: classificação e mecanismo de ação. In: SILVA, A. A; SILVA, J. F. (Eds). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007. p. 83-147.
- SISTEMA DE AGROTÓXICOS FITOSSANITÁRIOS (AGROFIT). Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons> Acesso em: 20 out. 2021.
- TAKANO, H. K.; OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; SILVA, V. F.; MENDES, R. R. Controle Químico de capim-Pé-de-Galinha Resistente ao Glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 36, p. 1-10, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0100-83582018360100055>