

## Aplicação de herbicidas em pré-emergência sobre palha de cana-de-açúcar para o controle de espécies da família *Convolvulaceae*

### *Pre-emergent application of herbicide on sugarcane straw in the control of species of the family Convolvulaceae*

Manoel Vitor Pimentel Passos Silva<sup>1</sup>, Felipe Cardoso Souza<sup>2</sup>, Lígia Sampaio Reis<sup>3</sup>, Juliana Campana Pereira<sup>4</sup>, Renan Cantalice de Souza<sup>5\*</sup>

**Resumo:** A colheita mecanizada da cana-de-açúcar altera a composição da flora infestante, com predominância de espécies da família *Convolvulaceae*. O uso de combinações de herbicidas pode aumentar a eficiência no controle destas plantas daninhas. Sendo assim, objetivou-se com esse trabalho avaliar a eficiência de sulfentrazone, hexazinone, amicarbazone e suas associações em diferentes doses, no controle de espécies de corda-de-viola, em aplicações sobre a palhada de cana-de-açúcar. Para isso, foram conduzidos seis experimentos em casa-de-vegetação onde cada experimento caracterizou-se pelo uso de um herbicida ou suas associações, assim definidos: sulfentrazone, hexazinone, amicarbazone, sulfentrazone + hexazinone, sulfentrazone + amicarbazone e hexazinone + amicarbazone. Em cada experimento foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x8, com três repetições. Os fatores analisados foram: quatro espécies de corda-de-viola (*Ipomoea nil*, *Ipomoea hederifolia*, *Merremia aegyptia* e *Ipomoea quamoclit*) e oito doses dos herbicidas (0; 6,25; 12,5; 25; 50; 100; 200 e 400% da dose recomendada para a cultura da cana-de-açúcar). As associações sulfentrazone + hexazinone, sulfentrazone + amicarbazone e hexazinone + amicarbazone em doses menores do que a recomendada pelo fabricante, aplicadas sob condições de palhada de cana-de-açúcar, são eficientes no controle de corda-de-viola.

**Palavras-chave:** Associação de herbicidas. Corda-de-viola. Dose-resposta.

**Abstract:** The mechanised harvesting of sugarcane alters the composition of infesting flora, with the predominance of species of the family *Convolvulaceae*. The use of herbicide combinations can increase efficiency in controlling these weeds. The aim of this study therefore, was to evaluate the efficiency of sulfentrazone, hexazinone, amicarbazone and their combination at different doses, in the control of species of morning glory (known locally as corda-de-viola), when applied to sugarcane straw. To do this, six experiments were carried out in a greenhouse where each experiment was characterised by the use of one herbicide, alone or in combination. These were defined as follows: sulfentrazone, hexazinone, amicarbazone, sulfentrazone + hexazinone, sulfentrazone + amicarbazone, and hexazinone + amicarbazone. The experimental design used for each experiment was completely randomised, in a 4 x 8 factorial with three replications. The factors analysed were: four species of morning glory (*Ipomoea nil*, *Ipomoea hederifolia*, *Merremia aegyptia* and *Ipomoea quamoclit*) and eight doses of herbicide (0, 6.25, 12.5, 25, 50, 100, 200 and 400% of the recommended dose for growing sugarcane). The combinations of sulfentrazone + hexazinone, sulfentrazone + amicarbazone and hexazinone + amicarbazone at lower doses than recommended by the manufacturer, applied under conditions of sugarcane straw, are effective in controlling morning glory.

**Key words:** Herbicide combination. Morning glory. Dose-response.

\*Autor para correspondência.

Enviado para publicação em 19/01/2015 e aprovado em 05/05/2015.

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, Msc. em Proteção Vegetal, CECA/UFAL, Rio Largo/AL, Brasil, manoelvitor.agronomo@hotmail.com

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, Msc. em Produção Vegetal, CECA/UFAL, Rio Largo/AL, Brasil, felipecardoso@agronomo.eng.br

<sup>3</sup>Engenheira Agrônoma, Professora Adjunta, CECA/UFAL, Rio Largo/AL, Brasil, lavenere\_reis@hotmail.com

<sup>4</sup>Engenheira Agrônoma, Doutoranda em Proteção Vegetal, CECA/UFAL, Rio Largo/AL, Brasil, ju.campana@hotmail.com

<sup>5</sup>Engenheiro Agrônomo, Professor Adjunto, CECA/UFAL, Rio Largo/AL, Brasil, renancantalice@gmail.com

## INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar destaca-se no Brasil em função da matéria-prima fornecida para a indústria sucroalcooleira (SANTOS *et al.*, 2010). Nos últimos anos devido a imposições da legislação em todo Brasil, o processo de colheita precedido da queima do canavial está sendo substituído pela colheita da cana-crua, o que promove alterações no sistema de manejo, necessitando da colheita mecanizada.

Esta forma de colheita de cana-de-açúcar trata-se de uma técnica de cultivo associada com um manejo diferenciado, como maiores espaçamentos e a deposição de palha sobre o solo. Apesar do sistema trazer vários benefícios, apresenta também algumas limitações, destacando-se as plantas daninhas, que apresentam mudanças na composição das espécies infestantes, devido à presença da palha (SANTOS *et al.*, 2009).

Mudanças no sistema de produção alteram a quantidade, composição, periodicidade da produção e tempo de permanência da cobertura morta na área. Assim, há alteração na composição da flora infestante e, conseqüentemente, necessidade de adequações no manejo, a fim de reduzir perdas econômicas e impacto ao meio ambiente (KUVA, 2007; CORREIA *et al.*, 2010).

As espécies da família *Convolvulaceae* vêm tornando-se o principal problema em áreas de cana-crua, pois, competem por recursos naturais (água, luz e nutrientes) e interferem na colheita, devido a seus ramos se entrelaçarem aos colmos, comprometendo o rendimento e eficiência das máquinas colhedoras. Estas espécies diferem entre si quanto ao grau de interferência causada nas culturas e quanto à suscetibilidade às práticas de manejo (ORZARI *et al.*, 2013).

O método de controle de plantas daninhas mais utilizado na cultura da cana-de-açúcar é o químico, com aplicação de herbicidas (CAMPOS *et al.*, 2009). Quando um herbicida é aplicado sobre a palha, sua interceptação o torna vulnerável à degradação causada pela volatilização e/ou fotodecomposição, até que seja lixiviado para o solo. Essa lixiviação depende principalmente da solubilidade do produto e do intervalo de tempo entre a aplicação do herbicida e a ocorrência de precipitação pluviométrica ou irrigação (LOCKE; BRYSON, 1997). Dessa forma, os herbicidas em pré-emergência utilizados para controle de plantas daninhas em áreas de cana-crua devem apresentar: alta solubilidade; baixa capacidade de adsorção; baixa pressão de vapor e polaridade hidrofílica (MERSIE *et al.*, 2006; ROSSI *et al.*, 2005).

As doses recomendadas pelos fabricantes para os herbicidas são estabelecidas em quantidades tais que assegurem o controle de inúmeras espécies, com níveis de suscetibilidade diversos e sob condições que possam ser diferentes daquelas consideradas ótimas da ação tóxica dos produtos (KING; OLIVER, 1992; KLINGMAN *et al.*, 1992).

Controles satisfatórios de plantas daninhas, frequentemente, são obtidos com uso de doses abaixo daquelas normalmente recomendadas no rótulo (BOSTROM; FOGELFORS, 2002). Algumas vezes, com um adequado manejo e/ou sob certas condições de ambiente, as doses dos herbicidas podem ser reduzidas e, ainda, prover controle eficiente das plantas daninhas (DEVLIN *et al.*, 1991; KLINGAMAN *et al.*, 1992; BOSTROM; FOGELFORS, 2002).

O uso de combinações de herbicidas aumenta a eficiência e amplia o espectro de controle, pois cada produto é eficiente para determinadas espécies, devido a suas diferenças morfo-fisiológicas (OLIVEIRA JR *et al.*, 2011). Dessa forma, a utilização de combinações torna o manejo mais eficiente, pela redução do número de aplicações e redução dos custos de produção. Porém, os efeitos esperados sobre as plantas daninhas podem ser aditivos, sinérgicos ou antagônicos, sendo necessário estudos que correlacionem essas combinações, a fim de indicar possíveis utilizações (LICH *et al.*, 1997).

Diversos autores têm realizado pesquisas sobre a associação de herbicidas para obter maior eficácia no controle de plantas daninhas sob a palhada. Segundo Azania *et al.* (2009), quando associou amicarbazone + sulfentrazone, ocorreu eficácia de controle superior a 85% das espécies pertencentes à família *Convolvulaceae* sob palhada. O mesmo comportamento foi observado por Gravena *et al.* (2004), onde a associação de herbicidas proporcionou reduções na biomassa seca superiores a 90% para as espécies *Ipomoea hederifolia*, *I. grandifolia* e *I. nil*, confirmando a vantagem da integração da palha com a associação de herbicidas.

Segundo assim, objetivou-se com este trabalho estudar a eficiência de sulfentrazone, hexazinone, amicarbazone e suas associações em diferentes doses, no controle de espécies de corda-de-violão, em aplicações sobre a palhada de cana-de-açúcar.

## MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi constituído por seis experimentos conduzidos em casa-de-vegetação, localizada em Rio Largo/AL, no período de 31 de janeiro a 16 de março de 2013. Cada experimento caracterizou-se pelo uso de um herbicida ou suas associações, assim definidos: Experimento I: sulfentrazone (800 g ha<sup>-1</sup>); Experimento II: hexazinone (187,5 g ha<sup>-1</sup>); Experimento III: amicarbazone (1050 g ha<sup>-1</sup>); Experimento IV: sulfentrazone + hexazinone (800 g ha<sup>-1</sup> + 187,5 g ha<sup>-1</sup>); Experimento V: sulfentrazone + amicarbazone (800 g ha<sup>-1</sup> + 1050 g ha<sup>-1</sup>) e Experimento VI: hexazinone + amicarbazone (187,5 g ha<sup>-1</sup> + 1050 g ha<sup>-1</sup>).

Em cada experimento foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x8, com três repetições. Os fatores foram quatro espécies

de corda-de-viola (*Ipomoea nil*, *Ipomoea hederifolia*, *Merremia aegyptia* e *Ipomoea quamoclit*) e oito doses dos herbicidas (0; 6,25; 12,5; 25; 50; 100; 200 e 400% da dose recomendada para a cultura da cana-de-açúcar).

As unidades experimentais foram constituídas por vasos com capacidade para 1,0 dm<sup>3</sup> de substrato, com área superficial de 555,72 cm<sup>2</sup>, sendo utilizado como substrato solo peneirado de textura média com as seguintes características químicas: pH (em H<sub>2</sub>O) = 5,3; Al trocável (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) = 0,23; Ca+Mg (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) = 20,0; P - Mehlich 1 (mg dm<sup>-3</sup>) = 5,0; K (mg dm<sup>-3</sup>) = 22,0; Matéria orgânica total (%) = 1,94; V(%) = 32,2; m (%) = 9,8; Soma de bases (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) = 2,12; CTCt (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) = 6,02; CTCe (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) = 2,35.

As sementes das quatro espécies de plantas daninhas foram distribuídas em quadrantes, a fim de separar uma espécie da outra, na densidade equivalente de 10 plantas por vaso. Após a semeadura, os vasos foram cobertos com palha seca na densidade de 10 t ha<sup>-1</sup>, proveniente de uma área comercial de cultivo de cana-de-açúcar sem aplicação de herbicidas.

A aplicação dos herbicidas, isolados e em associação, sobre a palha, foi realizada logo após a semeadura das plantas daninhas, utilizando um pulverizador costal pressurizado a CO<sub>2</sub>, munido de pontas tipo leque Teejet XR 110 02-VS, mantendo-se 0,5 m entre a borda dos vasos e a barra de aplicação, e utilizando-se pressão constante de 200 KPa, proporcionando volume de calda de 236 L ha<sup>-1</sup>. Após a aplicação dos herbicidas, foi fornecida uma lâmina de água equivalente a 20 mm, e no decorrer do ensaio, foram aplicados volumes de água sobre a palhada, correspondentes a 80% da capacidade de campo, para a manutenção das plantas de acordo com a necessidade de cada vaso. A umidade na capacidade de campo do substrato foi determinada pelo método gravimétrico direto, de acordo com a metodologia descrita por Souza *et al.* (2000).

Foi realizada avaliação visual de controle aos 45 dias após a aplicação (DAA), onde 0% representou ausência total de sintomas e 100%, morte da planta (SBCPD, 1995). Os dados foram submetidos à análise de variância e depois ajustados ao modelo de regressão não-linear do tipo logístico com quatro parâmetros:

$$y = y_0 + \frac{a}{[1+(\frac{x}{b})^c]}$$

em que:  $y$  = porcentagem de controle;  $y_0$  = valor de partida da equação;  $x$  = dose do herbicida; e  $a$ ,  $b$  e  $c$  = parâmetros da curva, de modo que  $a$  é a diferença entre o ponto máximo e mínimo da curva,  $b$  é a dose que proporciona a porcentagem de 50% da resposta da variável e  $c$  é a declividade da curva (STREIBIG *et al.*, 1988).

Para a definição de doses ótimas de controle foram calculadas as porcentagens de controle de 50, 80 e 90%,

cujos valores foram obtidos a partir das equações geradas das curvas de dose resposta, e representa a dose dos herbicidas (g ha<sup>-1</sup>), para controles de 50, 80 e 90%, respectivamente (CHRISTOFFOLETI *et al.*, 2006).

O cálculo da dose resposta esperada na interação dos herbicidas foi feita pela equação:

$$E = 100 - \frac{(100-X) \times (100 - Y)}{100}$$

onde:  $E$  representou a redução de crescimento esperado ou porcentagem de controle esperada pela mistura dos herbicidas, assim como  $X$  e  $Y$  representam a porcentagem de controle dos herbicidas aplicados isoladamente, conforme proposto por Colby (1967).

Os valores calculados foram comparados com os observados por meio do teste de Fisher LSD, em nível de 5% de significância (MONQUERO *et al.*, 2001).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da análise de variância indicou que houve interação entre as espécies de corda-de-viola e doses dos herbicidas sulfentrazone, hexazinone e amicarbazone e a mistura de sulfentrazone + hexazinone e sulfentrazone + amicarbazone. Porém, na mistura de hexazinone + amicarbazone não houve interação, diferindo apenas em relação às doses do herbicida aplicado para as quatro espécies.

As equações utilizadas para descrever a resposta das diferentes espécies em função das doses crescentes apresentaram ajustes satisfatórios, pois a maioria dessas obtiveram coeficiente de determinação acima de 95% (Tabela 1).

Para o herbicida sulfentrazone, a espécie *I. nil* foi controlada em doses próximas à dose comercial recomendada pelo fabricante. O controle da espécie *M. aegyptia* foi próximo de 100%, com apenas 25% da dose recomendada, enquanto que *I. quamoclit* foi controlada com dose próxima à recomendada (Figura 1). A espécie *I. hederifolia* não se ajustou ao modelo de regressão, haja vista que essa espécie mostrou-se altamente suscetível ao herbicida, mesmo em doses abaixo da recomendada, impossibilitando a obtenção da curva de dose-resposta.

Para o herbicida hexazinone (Figura 2), as espécies *I. hederifolia*, *M. aegyptia* e *I. quamoclit* em geral, foram mais tolerantes, em doses mais baixas, quando comparadas com o herbicida sulfentrazone. Neste caso, a espécie *I. nil* mostrou-se altamente suscetível ao herbicida e não se ajustou ao modelo de regressão, mesmo quando ministradas doses abaixo da dose recomendada, e dessa forma não foi possível a obtenção da curva de dose-resposta para esta espécie. *I. hederifolia* foi controlada com a dose correspondente a 75%

**Tabela 1** - Parâmetros da equação logística utilizada para descrever o percentual de controle das espécies de corda-de-viola aos 45 dias após a aplicação de herbicidas em pré-emergência. Rio Largo, 2013**Table 1** - Parameters of the logistic equation used to describe percentage control of species of morning glory at 45 days after pre-emergent herbicide application. Rio Largo, 2013

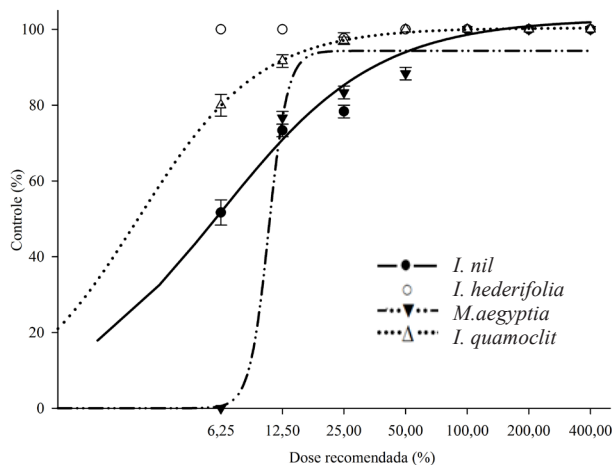
Herbicida	Espécie	Parâmetros <sup>(1)</sup>				R <sup>2(2)</sup>	F <sup>(3)</sup>
		a	b	c	y0		
SULFENTRAZONE	<i>I. nil</i>	102,73**	6,17**	-1,13*	0,05	0,98	118,42
	<i>I. hederifolia</i>	IDM <sup>(4)</sup>	IDM	IDM	IDM	IDM	IDM
	<i>M. aegyptia</i>	94,94**	10,50*	-8,43	-0,58	0,97	67,49
	<i>I. quamoclit</i>	100,39**	-2,47**	-1,47**	0,01	0,99	1239,47
HEXAZINONE	<i>I. nil</i>	IDM	IDM	IDM	IDM	IDM	IDM
	<i>I. hederifolia</i>	117,72**	30,73	-0,78*	0,47	0,97	69,09
	<i>M. aegyptia</i>	98,88**	34,30**	-2,66**	1,34	0,99	380,89
	<i>I. quamoclit</i>	141,98	57,67	-0,55	1,05	0,86	15,6
AMICARBAZONE	<i>I. nil</i>	100,88**	12,61**	-5,31**	-1,27	0,99	4323,97
	<i>I. hederifolia</i>	100,00**	7,78**	-7,33**	-1,45	1,00	57355,7
	<i>M. aegyptia</i>	99,19**	9,70**	-6,54**	-0,13	0,99	969,65
	<i>I. quamoclit</i>	98,10**	10,40	-14,46	-0,03	0,99	359,09
SULFENTRAZONE + HEXAZINONA	<i>I. nil</i>	98,69**	10,66**	-9,26	-0,35	0,99	335,01
	<i>I. hederifolia</i>	99,19**	15,83**	-2,25**	2,67	0,99	233,94
	<i>M. aegyptia</i>	103,75**	14,02*	-1,22	2,24	0,93	32,97
	<i>I. quamoclit</i>	98,81**	10,60*	-11,12	-0,14	0,99	529,01
SULFENTRAZONE + AMICARBAZONE	<i>I. nil</i>	100,73**	-3,97**	-1,75	0,02	0,99	708,23
	<i>I. hederifolia</i>	101,33**	0,31	-0,71	0,01	0,99	841,22
	<i>M. aegyptia</i>	99,96**	12,20*	-1,70*	2,72	0,94	36,43
	<i>I. quamoclit</i>	100,68**	1,49*	-1,24*	0,01	0,99	959,59
AMICARBAZONE + HEXAZINONE	MDE <sup>(5)</sup>	99,91**	9,13**	-8,57**	-0,01	1,00	10134,3

<sup>(1)</sup>Modelo:  $\hat{y} = \hat{y}_0 + a/(1+(x/b)^c)$ ; <sup>(2)</sup>Coefficiente de determinação da curva de regressão; <sup>(3)</sup>Valor de F para regressão não linear; <sup>(4)</sup>Impossível determinar pelo modelo; <sup>(5)</sup>Média das espécies; \*\*  $p < 0,01$ ; \*  $p < 0,05$ .

<sup>(1)</sup>Model:  $\hat{y} = \hat{y}_0 + a/(1+(x/b)^c)$ ; (2) Coefficient of determination of the regression curve; (3) Value of F for a non-linear regression; (4) Impossible to determine with the model; (5) Average for the species; \*\*  $p < 0.01$ ; \*  $p < 0.05$ .

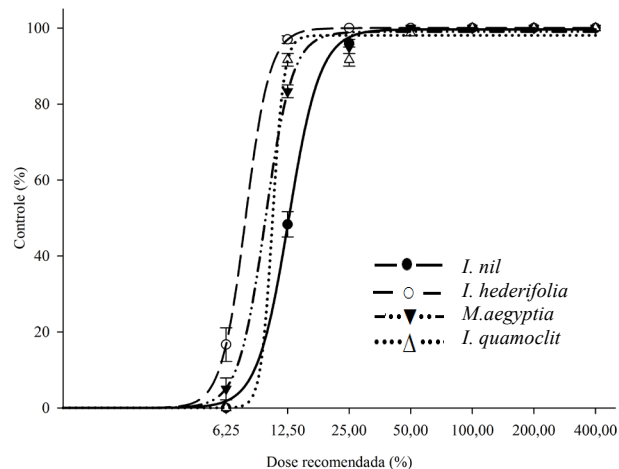
da dose recomendada, com controle total em doses maiores. *M. aegyptia* foi controlada na dose padrão, sendo esta mais suscetível que *I. hederifolia*, enquanto que *I. quamoclit* apresentou comportamento idêntico a esta espécie, com 82% de controle na dose recomendada, sendo necessárias doses elevadas para 100% de controle.

O amicarbazone foi o mais eficiente entre os herbicidas aplicados isoladamente, demonstrando maior capacidade de controle das plantas daninhas (Figura 3). As quatro espécies de corda-de-viola demonstraram comportamento semelhante, sendo todas altamente suscetíveis, indicadas pela inclinação da curva de dose-resposta para a esquerda.



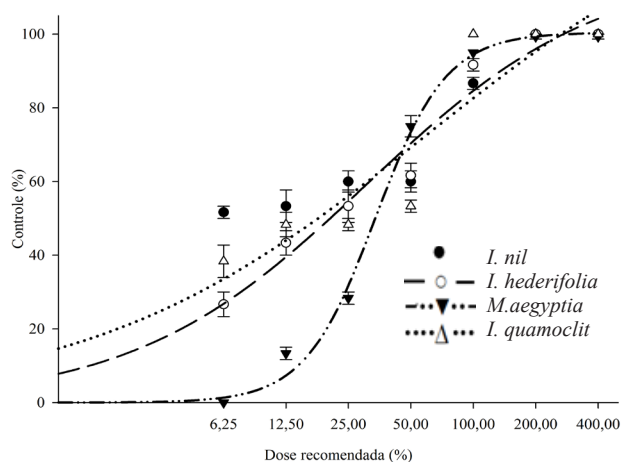
**Figura 1** - Percentagem de controle de espécies da família Convolvulaceae aos 45 DAA de sulfentrazone em doses crescentes. Barras representam o erro padrão da média (n = 3).

*Figure 1* - Percentage control in species of the family Convolvulaceae at 45 DAA for sulfentrazone in increasing doses. Bars represent the standard error of the mean (n = 3).



**Figura 3** - Percentagem de controle de espécies da família Convolvulaceae aos 45 DAA de amicarbazone em doses crescentes. Barras representam o erro padrão da média (n = 3).

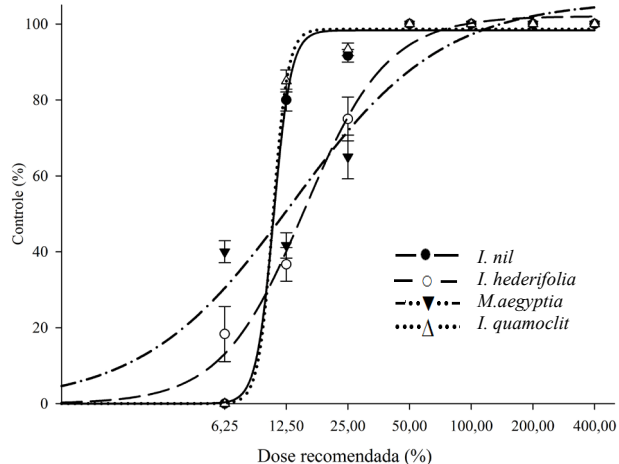
*Figure 3* - Percentage control in species of the family Convolvulaceae at 45 DAA for amicarbazone in increasing doses. Bars represent the standard error of the mean (n = 3).



**Figura 2** - Percentagem de controle de espécies da família Convolvulaceae aos 45 DAA de hexazinone em doses crescentes. Barras representam o erro padrão da média (n = 3).

*Figure 2* - Percentage control in species of the family Convolvulaceae at 45 DAA for hexazinone in increasing doses. Bars represent the standard error of the mean (n = 3).

A associação dos herbicidas sulfentrazone + hexazinone, em doses baixas correspondendo a 12,5% da dose recomendada, foi suficiente para alcançar controle satisfatório das espécies *I. nil* e *I. quamoclit* em doses baixas, correspondentes a 12,5% da dose recomendada; foram suficientes para alcançar controle satisfatório. Entretanto, para *I. hederifolia* e *M. aegyptia* essa fração de dose não foi eficiente, pois o controle total destas espécies só foi



**Figura 4** - Percentagem de controle de espécies da família Convolvulaceae aos 45 DAA da associação de sulfentrazone + hexazinone em doses crescentes. Barras representam o erro padrão da média (n = 3).

*Figure 4* - Percentage control in species of the family Convolvulaceae at 45 DAA for a combination of sulfentrazone + hexazinone in increasing doses. Bars represent the standard error of the mean (n = 3).

atingido quando aplicada a dose recomendada, havendo assim, suscetibilidade diferencial entre as quatro espécies em doses abaixo da recomendada (Figura 4).

A associação de sulfentrazone + amicarbazone ocasionou grande suscetibilidade diferencial para as quatro espécies de corda-de-viola em doses muito baixas. Com esta associação de herbicidas, as espécies mais controladas foram, em ordem decrescente: *I. hederifolia*  $\geq$  *I. quamoclit*  $\geq$  *I. nil*  $\geq$

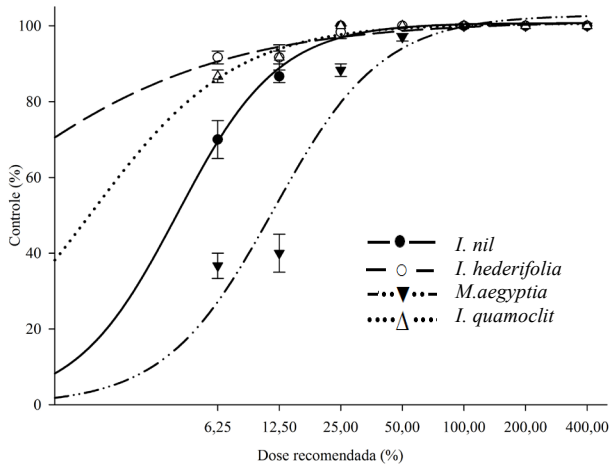


Figura 5 - Percentagem de controle de espécies da família Convolvulaceae aos 45 DAA da associação de sulfentrazone + amicarbazone em doses crescentes. Barras representam o erro padrão da média (n = 3).

Figure 5 - Percentage control in species of the family Convolvulaceae at 45 DAA for a combination of sulfentrazone + amicarbazone in increasing doses. Bars represent the standard error of the mean (n = 3).

*M. aegyptia*. Contudo, a partir da dose correspondente a 50% da dose comercial, a suscetibilidade das espécies à mistura dos herbicidas foi a mesma.

A associação de hexazinone + amicarbazone não diferiu para as espécies; dessa forma, as quatro espécies de corda-de-viola se comportaram da mesma maneira em todas as doses aplicadas (Figura 6). Essa associação foi eficiente no controle destas espécies, onde obteve controle satisfatório na dose que representa 12,5% da dose recomendada.

A Tabela 2 apresenta a quantidade de ingrediente ativo ( $\text{g ha}^{-1}$ ) necessário para obtenção das médias de controle de 50, 80 e 90%, para espécies de corda-de-viola, aos 45 DAA, obtida pela equação que gera a curva correspondente a cada espécie.

Ao utilizar o método para verificação de possíveis efeitos entre as associações de herbicidas, proposto por Colby (1967), pode-se observar que, quando aplicados de forma isolada na dosagem recomendada pelo fabricante, os herbicidas sulfentrazone e amicarbazone, proporcionaram controle eficiente em todas as espécies de corda-de-viola aos 45 DAA (99,99%), levando-se em consideração que 80% de controle em termos práticos é uma resposta satisfatória no controle de plantas daninhas. Para o herbicida hexazinona, as espécies *I. nil*, *I. hederifolia*, *M. aegyptia* e *I. quamoclit*, obtiveram controle de 87,00, 92,00, 95,00 e 99,99%, respectivamente. A interação destes herbicidas sobre todas as espécies avaliadas, sob a dose recomendada, resultou em efeitos aditivos (Tabela 3).

Quando ministrada a dose correspondente a 50% da recomendada, para o controle das espécies *I. nil*, para

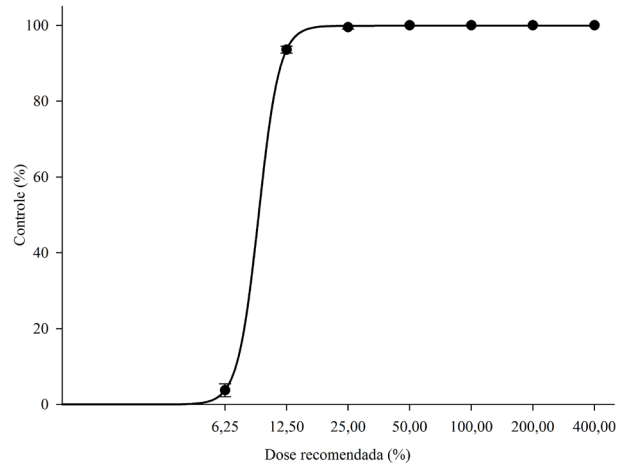


Figura 6 - Percentagem de controle da média de espécies de Convolvulaceae aos 45 DAA da associação de hexazinone + amicarbazone em doses crescentes. Barras representam o erro padrão da média (n = 3).

Figure 6 - Percentage control in species of the family Convolvulaceae at 45 DAA for a combination of hexazinone + amicarbazone in increasing doses. Bars represent the standard error of the mean (n = 3).

*I. hederifolia*, os herbicidas sulfentrazone (99,99%) e amicarbazone (99,99%) proporcionaram controle eficiente, enquanto o herbicida hexazinone, apresentou 60% de eficiência para a espécie *I. nil* e 62% para *I. hederifolia*. A espécie *M. aegyptia* foi controlada eficientemente com os herbicidas amicarbazone (99,99%) e sulfentrazone (88,00%) e, com menor eficiência pelo hexazinone (75%). Para a espécie *I. quamoclit*, com o uso de 50% da dose, os herbicidas sulfentrazone (99,99%) e amicarbazone (99,99%) foram eficientes, enquanto o hexazinone apresentou baixa eficiência (53%), indicando que a utilização desta dose do hexazinone aplicada isoladamente resulta em efeitos insatisfatórios em termos práticos para todas as espécies de corda-de-viola avaliadas. O resultado da interação destes três herbicidas (sulfentrazone + hexazinone, sulfentrazone + amicarbazone e hexazinone + amicarbazone) resultou em efeitos aditivos para as espécies *I. nil*, *I. hederifolia* e *I. quamoclit*. Contudo, para a espécie *M. aegyptia* a associação de sulfentrazone + hexazinone resultou em efeito sinérgico e a associação sulfentrazone + amicarbazone em efeito antagônico (Tabela 4)

Os parâmetros gerados pelas equações não lineares permitiram gerar doses necessárias para o controle de 50, 80 e 90% para as plantas daninhas. Christoffoleti *et al.* (2006) utilizaram esses parâmetros, considerando controle de 50% para ordenar as espécies de corda-de-viola quanto à suscetibilidade ao carfentrazone-ethyl. Porém, para a obtenção de um resultado de uso prático voltado para a utilização em nível de campo, utilizou-se o nível de controle de 80%, para a classificação da suscetibilidade (FRANS; CROWLEY, 1986).

**Tabela 2** - Quantidade de ingrediente ativo ( $g\ ha^{-1}$ ) necessário para obtenção das médias de controle de 50%, 80% e 90% para espécies de corda-de-violão aos 45 DAA, obtida pela equação que gera a curva correspondente a cada espécie

**Table 2** - Amount of active ingredient ( $g\ ha^{-1}$ ) necessary to obtain 50%, 80% and 90% of the mean control of species of morning-glory at 45 DAA, obtained with the equation to generate the corresponding curve for each species

Herbicida	Espécie	Controle (%)		
		50	80	90
SULFENTRAZONE	<i>I. nil</i>	47,10	149,62	276,40
	<i>I. hederifolia</i>	IDM <sup>(1)</sup>	IDM	IDM
	<i>M. aegyptia</i>	85,23	103,01	120,33
	<i>I. quamoclit</i>	IDM	IDM	IDM
HEXAZINONE	<i>I. nil</i>	IDM	IDM	IDM
	<i>I. hederifolia</i>	38,62	148,17	254,20
	<i>M. aegyptia</i>	64,04	107,67	145,54
	<i>I. quamoclit</i>	34,72	166,65	283,22
AMICARBAZONE	<i>I. nil</i>	132,56	172,37	201,30
	<i>I. hederifolia</i>	81,73	98,73	110,26
	<i>M. aegyptia</i>	102,14	126,80	144,63
	<i>I. quamoclit</i>	109,48	121,01	128,99
SULFENTRAZONE + HEXAZINONE	<i>I. nil</i>	85,59 + 20,01	99,98 + 23,37	110,25 + 25,77
	<i>I. hederifolia</i>	124,57 + 29,12	225,22 + 52,64	311,31 + 72,77
	<i>M. aegyptia</i>	102,26 + 23,90	280,78 + 65,63	459,49 + 107,41
	<i>I. quamoclit</i>	85,043 + 19,88	96,70 + 22,60	104,71 + 24,47
SULFENTRAZONE + AMICARBAZONE	<i>I. nil</i>	IDM <sup>(2)</sup>	IDM	IDM
	<i>I. hederifolia</i>	2,40 + 3,15	15,93 + 20,91	45,67 + 59,94
	<i>M. aegyptia</i>	94,63 + 124,20	204,53 + 268,45	308,36 + 404,73
	<i>I. quamoclit</i>	11,80 + 15,48	35,55 + 46,67	66,65 + 87,48
HEXAZINONE + AMICARBAZONE	MDE	17,08 + 95,88	20,08 + 112,76	22,09 + 124,01

<sup>(1)</sup> Impossível determinar pelo modelo; <sup>(2)</sup> Média das espécies;

<sup>(1)</sup> Impossible to determine with the model; <sup>(2)</sup> Average for the species.

Em relação à interpretação das curvas dose-resposta, segundo Christoffoleti (2002), quanto maior for a inclinação da curva, maior será a amplitude entre as doses necessárias para o controle das plantas daninhas avaliadas. Em geral, a ordem de suscetibilidade das plantas daninhas ao sulfentrazone ocorreu da seguinte forma: *I. hederifolia*  $\geq$  *M. aegyptia*  $\geq$  *I. quamoclit*  $\geq$  *I. nil*. Nicolai *et al.* (2013),

compararam a suscetibilidade de espécies de corda-de-violão ao herbicida flumioxazin e observaram diferenças interespecíficas, em que a ordem de suscetibilidade foi: *Merremia cissoides*  $\geq$  *Ipomoea purpurea*  $\geq$  *Ipomoea triloba*  $\geq$  *Ipomoea hederifolia*  $\geq$  *Merremia aegyptia*, mostrando que essa diferença na suscetibilidade também ocorre em relação a esse inibidor da PROTOX.

**Tabela 3** - Percentagem de controle de *I. nil*, *I. hederifolia*, *M. aegyptia* e *I. quamoclit*, observado e esperado (Colby) aos 45 DAA, em 100% da dose recomendada**Table 3** - Percentage control in *I. nil*, *I. hederifolia*, *M. aegyptia* and *I. quamoclit*, observed and expected (Colby) at 45 DAA, at 100% of the recommended dose

Trat	% Controle							
	<i>I. nil</i>		<i>I. hederifolia</i>		<i>M. aegyptia</i>		<i>I. quamoclit</i>	
	45 DAA	Colby	45 DAA	Colby	45 DAA	Colby	45 DAA	Colby
TEST	0,00	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-
SULF	99,99	-	99,99	-	99,99	-	99,99	-
HEX	87,00	-	92,00	-	95,00	-	99,99	-
AMIC	99,99	-	99,99	-	99,99	-	99,99	-
SULF + HEX	99,99	100,00	99,99	100,00	99,99	100,00	99,99	100,00
SULF + AMIC	99,99	100,00	99,99	100,00	99,99	100,00	99,99	100,00
HEX + AMIC	99,99	100,00	99,99	100,00	99,99	100,00	99,99	100,00
LSD (0,05)	0,007		0,007		0,007		0,007	

TEST = Testemunha; TRAT = Tratamento; SULF = Sulfentrazone; HEX = Hexazinona; AMIC = Amicarbazone; LSD = Teste de LSD ( $p < 0,05$ ).  
 TEST = Control; TRAT = Treatment; SULF = Sulfentrazone; HEX = Hexazinona; AMIC = Amicarbazone; LSD = LSD Test ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 4** - Percentagem de controle de *I. nil*, *I. hederifolia*, *M. aegyptia* e *I. quamoclit* observado e esperado (Colby) aos 45 DAA, em 50% da dose recomendada**Table 4** - Percentage control in *I. nil*, *I. hederifolia*, *M. aegyptia* and *I. quamoclit*, observed and expected (Colby) at 45 DAA, at 50% of the recommended dose

Trat	% Controle							
	<i>I. nil</i>		<i>I. hederifolia</i>		<i>M. aegyptia</i>		<i>I. quamoclit</i>	
	45 daa	Colby	45 daa	colby	45 daa	Colby	45 daa	Colby
TEST	0,00	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-
SULF	99,99	-	99,99	-	88,00	-	99,99	-
HEX	60,00	-	62,00	-	75,00	-	53,00	-
AMIC	99,99	-	99,99	-	99,99	-	99,00	-
SULF + HEX	99,99	100,00	99,99	100,00	100,00	97,17	99,99	100,00
SULF + AMIC	99,99	100,00	99,99	100,00	97,00	100,00	99,99	100,00
HEX + AMIC	99,99	100,00	99,99	100,00	99,99	100,00	99,40	99,50
LSD (0,05)	0,007		0,007		1,276		0,377	

TEST = Testemunha; TRAT = Tratamento; SULF = Sulfentrazone; HEX = Hexazinona; AMIC = Amicarbazone; LSD = Teste de LSD ( $p < 0,05$ ).  
 TEST = Control; TRAT = Treatment; SULF = Sulfentrazone; HEX = Hexazinona; AMIC = Amicarbazone; LSD = LSD Test ( $p < 0,05$ ).

Corroborando com os resultados obtidos para o herbicida hexazinone, Campos *et al.* (2009) constataram elevada eficácia do amicarbazone, aplicado em pré-emergência, para controle de *Ipomoea quamoclit*. Segundo Carvalho *et al.* (2006), a diferença de suscetibilidade de espécies a herbicidas pode estar relacionada com a afinidade enzimática das moléculas; com a absorção, translocação ou exclusão diferencial dos herbicidas; ou mesmo com rotas de desintoxicação metabólica.

Quando aplicado isoladamente, o amicarbazone obteve maior controle de plantas daninhas. Esse comportamento também foi observado por Campos *et al.* (2009), que concluíram, que aos 45 DAA, o comportamento de espécies dos gêneros *Merremia* e *Ipomoea* foi idêntico sobre a ação do herbicida amicarbazone e dose recomendada pelo fabricante. Negrisoli *et al.* (2007) e Toledo *et al.* (2009) também constataram elevada eficácia do amicarbazone para controle de cordas-de-viola, quando aplicada a dose recomendada do herbicida.



Em relação à suscetibilidade das espécies a associação de sulfentrazone + amicarbazone, Carbonari *et al.* (2012) citam excelentes resultados dessa mistura no controle de espécies do gênero *Ipomoea*, ressaltando menor suscetibilidade para *I. nil* em doses baixas. A associação dos herbicidas hexazinone + amicarbazone foi eficiente no controle das espécies de corda-de-viola, onde se obteve controle satisfatório com 12,5% da dose recomendada. Segundo Christoffoleti *et al.* (2005), no caso de herbicidas que atuam no bloqueio da passagem de elétrons entre o FSII e FSI, como as duas moléculas utilizadas na mistura - o mecanismo de ação destas - ocorre diferença na ocasião da ligação do herbicida no sítio específico de ação, ampliando o espectro de controle destes em relação às plantas.

## CONCLUSÕES

As doses utilizadas abaixo da recomendada pelo fabricante para os herbicidas sulfentrazone, hexazinone, amicarbazone e suas associações, sulfentrazone + hexazinone e sulfentrazone + amicarbazone geram comportamentos distintos para as espécies de corda-de-viola;

Para aplicação de forma isolada sob a palha da cana de açúcar, apenas os herbicidas sulfentrazone e amicarbazone são eficientes no controle de corda de viola, com dose reduzida;

As associações sulfentrazone + hexazinone, sulfentrazone + amicarbazone e hexazinone + amicarbazone em doses menores do que a recomendada pelo fabricante, aplicadas sob condições de palhada de cana-de-açúcar, são eficientes no controle de corda-de-viola.

## LITERATURA CIENTÍFICA CITADA

- AZANIA, A. A. P. M.; AZANIA, C. A. M.; PIZZO, I. V.; SCHIAVETTO, A. R.; ZERA, F. S.; MARCARI, M. A.; SANTOS, J. L. Manejo químico de Convolvulaceae e Euphorbiaceae em cana-de-açúcar em período de estiagem. *Planta Daninha*, v. 27, n. 4, p. 841-848, 2009.
- BOSTROM, U.; FOGELFORS, H. Response of weeds and crop yield to herbicide dose decision-support guidelines. *Weed Science*, v. 50, n. 2, p. 186-195, 2002.
- CAMPOS, L. H. F.; FRANCISCO, M.O.; CARVALHO, S.J.P.; NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Suscetibilidade de *Ipomoea quamoclit*, *I. triloba* e *Merremia cissoides* aos herbicidas sulfentrazone e amicarbazone. *Planta Daninha*, v. 27, n. 4, p. 831-840, 2009.
- CARBONARI, C. A.; GOMES, G.L.C.; VELINI, E.D.; PICOLI JR., G.J.; CORREA, M.R.; NEGRISOLI, E. Eficácia do amicarbazone e sulfentrazone isolados e em mistura no controle de plantas daninhas em cana crua. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS*, 28., Campo Grande. **Anais...** Campo Grande : Sociedade Brasileira da Ciência das plantas Daninhas, 2012, p. 134 –140.
- CARVALHO, S.J.P.; BUISSA, J.A. R.; NICOLAI, M.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Suscetibilidade diferencial de plantas daninhas do gênero *Amaranthus* aos herbicidas trifloxysulfuron-sodium e chlorimuron-ethyl. *Planta Daninha*, v. 24, n. 3, p. 541-548, 2006.
- CHRISTOFFOLETI, P. J. Curvas de dose-resposta de biótipos resistente e suscetível de *Bidens pilosa* L. aos herbicidas inibidores da ALS. *Scientia Agricola*, v. 59, n. 3, p. 513-519, 2002.
- CHRISTOFFOLETI, P. J.; BORGES, A.; NICOLAI, M.; CARVALHO, S.J.P.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; MONQUERO, P.A. Carfentrazone-ethyl aplicado em pós-emergência para o controle de *Ipomoea* spp. e *C. benghalensis* na cultura da cana-de-açúcar. *Planta Daninha*, v. 24, n. 1, p. 83-90, 2006.
- CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F. **Dinâmica de herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar**. 1. ed. Piracicaba: Edição dos Autores, 2005. 49 p.
- COLBY, S. R. Calculating synergistic and antagonistic responses of herbicide combinations. *Weeds*, v. 15, n. 1, p. 20-22, 1967.
- CORREIA, N. M.; BRAZ, B. A.; FUZITA, W. E. Eficácia de herbicidas aplicados nas épocas seca e úmida para o controle de *Merremia aegyptia* na cultura da cana-de-açúcar. *Planta Daninha*, v. 28, n. 3, p. 631-642, 2010.
- DEVLIN, D. L.; LONG, J. H.; MADDUX, L. D. Using reduced rates of postemergence herbicides in soybeans (*Glycine max*). *Weed Technology*, v. 5, n. 4, p. 834-840, 1991.

- FRANS, R.; CROWLEY, H. Experimental design and techniques for measuring and analyzing plant responses to weed control practices. In: SOUTHERN WEED SCIENCE SOCIETY, 3., 1986, Clemson. **Annals... Research methods in weed science**. Clemson, 1986. p. 29-45.
- GRAVENA, R.; RODRIGUES, J. P. R. G.; SPINDOLA, W.; PITELLI, R. A.; ALVES, P. L. C. A. Controle de plantas daninhas através da palha de cana-de-açúcar associada à mistura dos herbicidas trifloxysulfuron sodium + ametrina. **Planta Daninha**, v. 22, n. 3, p. 419-427, 2004.
- KING, C.A.; OLIVER, L.R. Application rate and timing of acifluorfen, bentazon, chlorimuron and imazaquin. **Weed Technology**, v. 6, n. 3, p.526-534, 1992.
- KLINGAMAN, T. E.; KING, C. A.; OLIVER, L. R. Effect of application rate, weed species, and weed stage of growth on imazethapyr activity. **Weed Science**, v. 40, n. 2, p. 227-232, 1992.
- KUVA, M.; PITELLI, R. A.; SALGADO, T. P. Fitossociologia de comunidades de plantas daninhas em agroecossistema cana-crua. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 501-511, 2007.
- LICH, J. M.; RENNER K. A.; PENNER, D. Interaction of glyphosate with postemergence soybean (*Glycine max*) herbicides. **Weed Science**, v. 45, n. 1, p. 12-21, 1997.
- LOCKE, M. A.; BRYSON, C. T. Herbicide-soil interaction in reduced tillage and plant residue management systems. **Weed Science**, v. 45, n. 2, p. 307-20, 1997.
- MERSIE, W.; SEYBOLD, C.A.; WU, J.; MCNAMEE, C. Atrazine and metolachlor sorption to switchgrass residues. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 37, n. 3-4, p. 465-472, 2006.
- MONQUERO, P.A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; SANTOS, C.T.D. Glyphosate em mistura com herbicidas alternativos para o manejo de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 19, n. 3, p. 375-380, 2001.
- NEGRISOLI, E.; ROSSI, C. V. S.; VELINI, E. D.; CAVENAGHI, A. L.; COSTA, E. A. D.; TOLEDO, R. E .B. Controle de plantas daninhas pelo amicarbazone aplicado na presença de palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 603-611, 2007.
- NICOLAI, M. OBARA, F. E. B.; MELO, M. S. C., SOUZA JÚNIOR, J. A.; CANTALICE-SOUZA, R.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Suscetibilidade diferencial de espécies convolvuláceas ao flumioxazin determinada através de curvas de dose-resposta. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 157-163, 2013.
- OLIVEIRA JR, R. S. Mecanismos de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN. J.; INOUE, M. H. **Biologia de Manejo de Plantas Daninhas**. 2. ed. Curitiba, PR: Ominpax, 2011. p.149-150.
- ORZARI, I.; MONQUERO, P. A.; REIS, F. C.; SABBAG, R. S.; HIRATA, A. C. S. Germination of Convolvulaceae family species under different light and temperature conditions and sowing depth. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 53-61, 2013.
- ROSSI, C. V. S.; ALVES, P. L. C. A.; MARQUES JUNIOR, J. Mobilidade do sulfentrazone em Latossolo Vermelho e em Chernossolo. **Planta Daninha**, v. 23, n. 4, p. 701-710, 2005.
- SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. (Ed.). Cana-de-açúcar: bioenergia, açúcar e álcool: tecnologia e perspectivas. Viçosa, MG: UFV, 2010. 577 p.
- SANTOS, G.; FRANCISCHINI, A. C.; OLIVEIRA NETO, A. M.; GUERRA, N.; ALONSO, D. G.; DAN, H. A.; OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J. Eficácia e seletividade do herbicida imazapic isolado ou associado a outros herbicidas aplicado com e sem cobertura de palha de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 8, n. 3, p. 75-84, 2009.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, 1995. 42 p.
- SOUZA, C. C.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, I. F.; AMORIM NETO, M. S. Avaliação de métodos de determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob cultivo de algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, p. 338-342, 2000.
- STREIBIG, J. C. Herbicide bioassay. **Weed Research**, v. 28, n. 6, p. 479-484, 1988.
- TOLEDO, R. E. B.; NEGRISOLI, E.; CORRÊA, M. R.; CARBONARI, C. A.; ROSSI, C.V. S.; VELINI, E. D.. Eficácia do herbicida amicarbazone aplicado sobre a palha ou no solo no controle de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 27, n. 2, p. 319-326, 2009.