

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM PROTEÇÃO DE PLANTAS

MANOEL VITOR PIMENTEL PASSOS SILVA

**EFICIÊNCIA E SELETIVIDADE DE HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES
APLICADOS SOBRE A PALHA NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR**

Rio Largo

2013

MANOEL VITOR PIMENTEL PASSOS SILVA

**EFICIÊNCIA E SELETIVIDADE DE HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES
APLICADOS SOBRE A PALHA NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Proteção de Plantas da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Proteção de Plantas.

Orientador(a): Prof^a. Dr^a. Lúgia Sampaio Reis
Coorientação: Prof. Dr. Renan Cantalice de Souza

RIO LARGO

2013

Folha de Aprovação

AUTOR: MANOEL VITOR PIMENTEL PASSOS SILVA

Eficiência e seletividade de herbicidas pré-emergentes aplicados sobre a palha na cultura da cana-de-açúcar

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas da Universidade Federal de Alagoas e aprovada em 30 de Julho de 2013.

Prof^a. Dr^a. Lígia Sampaio Reis, Universidade Federal de Alagoas (Orientador)

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Renan Cantalice de Souza, Universidade Federal de Alagoas
(Examinador Externo)

Prof. Dr. Siumar Pedro Tironi, Universidade Federal de Alagoas
(Examinador Interno)

Unicamente a Deus que nunca me deixou sozinho...

Porque sua voz guiou meu caminho...

Porque até quando eu não acreditei, senti a sombra de suas asas...

Porque todas as coisas cooperaram para que tudo desse certo...

Sempre...

DEDICO.

Aos meus pais Manoel Elion Silva e Ilza Lúcia Pimentel Passos Silva pelo apoio, incentivo, dedicação, esforço e amor...

A minha irmã Maria Emília Pimentel Passos Silva pelo companheirismo...

A minha avó Rita Silva por estar sempre disposta a ajudar, pela contribuição na minha formação acadêmica e pelo amor...

A minha tia Maria do Socorro Silva por todo o zelo, preocupação e carinho...

A minha noiva linda, Mariana Estevam de Melo, pelo incentivo, por entender, aceitar e ajudar nas minhas decisões, por participar de cada minuto da minha vida e por me amar...

A minha avó Mema (in memoriam) que deixou um vazio que jamais será preenchido, e uma saudade do seu sorriso...

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Alagoas (UFAL) pela oportunidade da realização do curso de pós-graduação.

À Prof^a. Dr^a. Lígia Sampaio Reis pela orientação.

Ao Prof. Dr. Renan Cantalice de Souza pela confiança, dedicação, ensinamento e amizade.

Ao Prof. Dr. Siumar Pedro Tironi pela participação na banca avaliadora.

Ao Prof. Dr. Nelson Geraldo de Oliveira pelo auxílio estatístico.

Aos colegas de laboratório, Luan Norberto, Tiago Candido, Paul Lineker e Iago Mendonça pela colaboração na coleta de dados

Aos colegas de mestrado Emmanuel Henrique e Ismael Barros por compartilhar as lutas nas disciplinas.

Ao meu Pai, Manoel Elion Silva por fazer esse curso junto a mim, me apoiando e incentivando.

A meu Ir.: Felipe Cardoso por participar integralmente deste e tantos outros momentos.

Ao laboratório de Ecofisiologia Vegetal do CECA/UFAL pelo espaço e equipamentos cedidos.

À usina Santa Clotilde pela concessão da área e apoio no experimento

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de pós-graduação.

A todos que de alguma forma acrescentaram para minha formação.

...Meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

A colheita mecanizada da cana-de-açúcar altera a composição da flora infestante com o predomínio de espécies da família Convolvulaceae e o uso de combinações de herbicidas pode aumentar a eficiência no controle destas plantas. Objetivou-se estudar a eficiência e seletividade de herbicidas pré-emergentes aplicados sobre a palha na cultura da cana-de-açúcar. Realizou-se 2 ensaios, um em casa-de-vegetação e outro em campo. Em casa de vegetação o ensaio foi composto de 6 experimentos, o delineamento utilizado, em cada, foi inteiramente casualizado em esquema fatorial, com três repetições. Os fatores foram quatro espécies de corda-de-viola (*I. nil*, *I. hederifolia*, *M. aegyptia* e *I. quamoclit*) e oito doses dos herbicidas sulfentrazone, hexazinone e amicarbazone: 0; 6,25; 12,5; 25; 50; 100; 200 e 400% da dose comercialmente recomendada e a associação dos três herbicidas, onde foram avaliados o controle visual e a redução da massa seca das plantas daninhas. Todas as espécies foram controladas aos 45 DAA por todos os herbicidas aplicados isoladamente, e a interação destas moléculas sobre estas espécies, resultou em efeitos aditivos, quando aplicada a dose recomendada, tanto para controle visual quanto para redução da massa seca. Quando aplicado 50% da dose recomendada, os herbicidas sulfentrazone e amicarbazone controlaram as espécies de corda-de-viola, enquanto que o herbicida hexazinone não controlou estas espécies de forma satisfatória. A interação destas moléculas resultou em efeito aditivo para as espécies *I. nil*, *I. hederifolia* e *I. quamoclit*, contudo, para a espécie *M. aegyptia* a mistura de sulfentrazone + hexazinone resultou em efeito sinérgico, para controle visual e redução de massa seca e a mistura de sulfentrazone + amicarbazone em efeito antagônico apenas para controle visual. O ensaio de campo foi realizado no município de Rio Largo/AL de dezembro de 2012 à maio de 2013 utilizando a cultivar RB92579. O delineamento foi em blocos casualizados, com parcelas subdivididas no tempo, com 4 repetições. Os tratamentos foram: T1 – Testemunha; T2 - sulfentrazone; T3 – hexazinona; T4 – amicarbazone; T5 – sulfentrazone + hexazinone; T6 – sulfentrazone + amicarbazone; T7 – hexazinone + amicarbazone. Avaliou-se, fitotoxicidade, altura do dossel, diâmetro do colmo as linhas centrais, número de colmos em dois metros lineares e estimado o teor de verde, realizadas aos 15, 30, 60, 90, 120 e 150 DAA. Aos 90 DAA o índice SPAD do tratamento com hexazinone foi 30,55, mais baixo que todos os outros tratamentos. Aos 120 DAA a testemunha apresentou índice 33,67, enquanto o sulfentrazone 28,3, hexazinone 26,97 e sulfentrazone + hexazinone 29,12, os demais não diferiram da testemunha. Aos 150 DAA, a testemunha apresentou o índice SPAD 29,97 enquanto o sulfentrazone 25,45 e hexazinone 25,25. Não houve interação entre as épocas de avaliação e os herbicidas aplicados para altura, diâmetro e número de plantas, havendo diferença apenas em relação às épocas de avaliação, indicando que os herbicidas utilizados e suas misturas não interferem nesses parâmetros de desenvolvimento das plantas. Não foram observados sintomas de fitotoxicidade visual nas plantas. Dessa forma, concluiu-se que todos os herbicidas aplicados isolados, controlam as espécies de corda-de-viola, desde que se utilize a dose recomendada pelo fabricante e que os três herbicidas podem ser misturados sem que haja efeitos antagônicos. Não houve fitotoxicidade nas plantas de cana-de-açúcar da variedade RB92579, sendo estes herbicidas seletivos para essa cultura, pois não reduzem o desenvolvimento altura, diâmetro e número de perfilhos.

Palavras-chave: Corda-de-viola. Dose-resposta. Associação de moléculas.

ABSTRACT

Mechanized harvesting of sugarcane alters the composition of weed species with a predominance of Convolvulaceae family and the use of combinations of herbicides can increase efficiency in controlling these plants. The objective was to study the efficiency and selectivity of pre-emergent herbicides applied on the straw in the sugarcane culture. We conducted two trials, one in greenhouse and another in the field. In greenhouse, the assay was composed of six experiments and the experimental design of each was completely randomized factorial design with three replications. The factors were four species of morning glory (*I. nil*, *I. hederifolia*, *M. aegyptia* and *I. quamoclit*) and eight doses of sulfentrazone, hexazinone and amicarbazone: 0, 6.25, 12.5, 25, 50, 100, 200 and 400% of the labeled dose and the association of the three herbicides where the control was evaluated visually and weeds drymass reduction. Checking the effects between the mixtures of herbicides was noted that all species were controlled at 45 DAA by the herbicides applied alone, and the interaction of these molecules on these species has resulted in additive effects when applied at recommended dosage both visual control as to dry mass reduction. When applied to 50% of the recommended dose, herbicides sulfentrazone and amicarbazone controlled morning glory species, while the herbicide hexazinone not control these species satisfactorily. The interaction of these molecules resulting in an additive effect to the species *I. nil*, *I. hederifolia* and *I. quamoclit*, however, for *M. aegyptia* the mixture of sulfentrazone + hexazinone resulted in a synergistic effect for visual control and reduction of dry mass, and the mixture of sulfentrazone + amicarbazone in antagonistic effect for visual control. The field trial was conducted in the of Rio Largo city, State of Alagoas Brazil in the period of December 2012 to May 2013 using the cultivar RB92579. The experimental design was a randomized block design with split plot with four replications. The treatments were: T1 - control, T2 - sulfentrazone, T3 - hexazinone; T4 - amicarbazone; T5 - sulfentrazone + hexazinone; T6 - sulfentrazone + amicarbazone ; T7 - hexazinone + amicarbazone. Were evaluated , phytotoxicity, canopy height , stem diameter in the central lines , number of stems in two linear meters and estimated the amount of green, made at 15 , 30 , 60 , 90 , 120 and 150 DAA . In the 90 DAA, the SPAD index of the treatment with hexazinone was 30.55, lower than all other treatments. At 120 DAA the treatment without herbicide presented index 33.67, while sulfentrazone 28.3, sulfentrazone + hexazinone 26.97 and hexazinone 29.12, others did not differ from the control. At 150 DAA, the control presented SPAD index 29.97 while sulfentrazone 25.45 and hexazinone 25.25. There was no interaction between the evaluation periods and herbicides applied to height, diameter and number of plants showing difference only in relation to the evaluation times , indicating that herbicides and their mixtures do not interfere in these plant development parameters. There were no visual symptoms of phytotoxicity in plants. Thus, it was concluded that all herbicides applied alone, control the morning glory species, provided that use the dosage recommended by the manufacturer and that the three herbicides can be mixed without any antagonistic effects. There was no toxicity in sugarcane plants of the variety RB92579, which the herbicides are selective for this crop, because do not reduces the development, height, diameter and number of tillers.

Keywords: Morning glory. Dose-response. Molecules association

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Sementes de <i>I. nil</i> , <i>I. hederifolia</i> , <i>M. aegyptia</i> e <i>I. quamoclit</i> dispostas em quadrantes (A). Palha de cana-de-açúcar dispostas sobre as sementes na densidade de 10 t/ha ⁻¹	34
Figura 2 -	Aplicação dos herbicidas e suas misturas em vasos contendo as quatro espécies de corda-de-viola sobre palhada.....	35
Figura 3 -	Aplicação dos herbicidas e suas misturas sobre a palha, com a utilização de pulverizador costal pressurizado a CO ₂	38
Figura 4 -	Percentual de controle visual de <i>I. nil</i> , <i>I. hederifolia</i> , <i>M. aegyptia</i> e <i>I. quamoclit</i> aos 45 dias após a aplicação de sulfentrazone em doses crescentes.....	44
Figura 5 -	Percentual de redução de massa seca de <i>I. nil</i> , <i>I. hederifolia</i> , <i>M. aegyptia</i> e <i>I. quamoclit</i> aos 45 dias após a aplicação de sulfentrazone em doses crescentes.....	45
Figura 6 -	Percentual de controle visual de <i>I. nil</i> , <i>I. hederifolia</i> , <i>M. aegyptia</i> e <i>I. quamoclit</i> aos 45 dias após a aplicação de hexazinone em doses crescentes.....	46
Figura 7 -	Percentual de redução de massa seca de <i>I. nil</i> , <i>I. hederifolia</i> , <i>M. aegyptia</i> e <i>I. quamoclit</i> aos 45 dias após a aplicação de hexazinone em doses crescentes.....	47
Figura 8 -	Percentual de controle visual de <i>I. nil</i> , <i>I. hederifolia</i> , <i>M. aegyptia</i> e <i>I. quamoclit</i> aos 45 dias após a aplicação de amicarbazone em doses crescentes.....	48
Figura 9 -	Percentual de redução de massa seca de <i>I. nil</i> , <i>I. hederifolia</i> , <i>M. aegyptia</i> e <i>I. quamoclit</i> aos 45 dias após a aplicação de amicarbazone em doses crescentes.....	48
Figura 10 -	Percentual de controle visual de <i>I. nil</i> , <i>I. hederifolia</i> , <i>M. aegyptia</i> e <i>I. quamoclit</i> aos 45 dias após a aplicação da mistura de sulfentrazone + hexazinone em doses crescentes.....	49
Figura 11 -	Percentual de redução de massa seca de <i>I. nil</i> , <i>I. hederifolia</i> , <i>M. aegyptia</i> e <i>I. quamoclit</i> aos 45 dias após a aplicação da mistura de sulfentrazone + hexazinone em doses crescentes.....	50

Figura 12 - Percentual de controle visual de <i>I. nil</i> , <i>I. hederifolia</i> , <i>M. aegyptia</i> e <i>I. quamoclit</i> aos 45 dias após a aplicação da mistura de sulfentrazone + amicarbazone em doses crescentes.....	51
Figura 13 - Percentual de redução de massa seca de quatro espécies de corda-de-viola aos 45 dias após a aplicação da mistura de sulfentrazone + amicarbazone em doses crescentes.....	51
Figura 14 - Percentual de controle visual da média de <i>I. nil</i> , <i>I. hederifolia</i> , <i>M. aegyptia</i> e <i>I. quamoclit</i> aos 45 dias após a aplicação da mistura de hexazinone + amicarbazone em doses crescentes.....	52
Figura 15 - Percentual de redução de massa seca da média de <i>I. nil</i> , <i>I. hederifolia</i> , <i>M. aegyptia</i> e <i>I. quamoclit</i> aos 45 dias após a aplicação da mistura de hexazinone + amicarbazone em doses crescentes.....	53
Figura 16 - Índice SPAD de plantas de cana-de-açúcar submetidas aos herbicidas sulfentrazone, hexazinone, amicarbazone e a mistura destes aplicados na dose recomendada.....	64
Figura 17 - Altura média de plantas de cana-de-açúcar submetidas aos herbicidas sulfentrazone, hexazinone, amicarbazone e a mistura destes aplicados na dose recomendada.....	67
Figura 18 - Diâmetro médio de plantas de cana-de-açúcar submetidas aos herbicidas sulfentrazone, hexazinone, amicarbazone e a mistura destes aplicados na dose recomendada.....	67
Figura 19 - Média do número de plantas de cana-de-açúcar submetidas aos herbicidas sulfentrazone, hexazinone, amicarbazone e a mistura destes aplicados na dose recomendada.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Análise química do substrato utilizado no experimento com as espécies de corda-de-viola submetidas a diferentes doses de herbicidas recomendados para a cultura da cana-de-açúcar. Rio Largo, 2013.....	34
Tabela 2 -	Resumo do quadro da análise da variância para o controle visual das espécies de corda-de-viola submetidas a herbicidas recomendados para a cultura da cana-de-açúcar. Rio Largo, 2013.....	40
Tabela 3 -	Resumo do quadro da análise da variância para porcentagem de massa seca em relação à testemunha das espécies de corda-de-viola submetidas a herbicidas recomendados para a cultura da cana-de-açúcar. Rio Largo, 2013.....	41
Tabela 4 -	Parâmetros da equação logística utilizada para descrever o percentual de controle visual das espécies de corda-de-viola aos 45 dias após a aplicação de herbicidas em pré-emergência. Rio Largo, 2013.....	42
Tabela 5 -	Parâmetros da equação logística utilizada para descrever o percentual de redução de massa seca das espécies de corda-de-viola aos 45 dias após a aplicação de herbicidas em pré-emergência. Rio Largo, 2013.....	43
Tabela 6 -	Quantidade de ingrediente ativo (g ha^{-1}) necessário para obtenção das médias de controle de 50%, 80% e 90% para espécies de corda-de-viola aos 45 dias após a aplicação, obtida pela equação que gera a curva correspondente a cada espécie.....	54
Tabela 7 -	Controle de <i>I. nil</i> e redução de massa seca, observado e esperado (Colby) aos 45 DAT, em 100% da dose recomendada.....	56
Tabela 8 -	Controle de <i>I. nil</i> e redução de massa seca, observado e esperado (Colby) aos 45 DAT, em 50% da dose recomendada.....	56

Tabela 9 - Controle de <i>I. hederifolia</i> e redução de massa seca, observado e esperado (Colby) aos 45 DAT, em 100% da dose recomendada.....	57
Tabela 10 - Controle de <i>I. hederifolia</i> e redução de massa seca, observado e esperado (Colby) aos 45 DAT, em 50% da dose recomendada.....	58
Tabela 11 - Controle de <i>M. aegyptia</i> e redução de massa seca, observado e esperado (Colby) aos 45 DAT, em 100% da dose recomendada.....	59
Tabela 12 - Controle de <i>M. aegyptia</i> e redução de massa seca, observado e esperado (Colby) aos 45 DAT, em 50% da dose recomendada.....	60
Tabela 13 - Controle de <i>I. quamoclit</i> e redução de massa seca, observado e esperado (Colby) aos 45 DAT, em 100% da dose recomendada.....	61
Tabela 14 - Controle de <i>I. quamoclit</i> e redução de massa seca, observado e esperado (Colby) aos 45 DAT, em 50% da dose recomendada.....	61
Tabela 15 - Resumo do quadro da análise da variância para índice SPAD de plantas de cana-de-açúcar submetidas a herbicidas recomendados para a cultura da cana-de-açúcar. Rio Largo, 2013.....	62
Tabela 16 - Parâmetros da equação de regressão quadrática utilizada para descrever o índice SPAD nas plantas de cana-de-açúcar após a aplicação de herbicidas em pré-emergência. Rio Largo, 2013.....	63
Tabela 17 - Precipitação pluviométrica mensal a área experimental durante as avaliações. Rio Largo, 2013.....	65
Tabela 18 - Resumo do quadro da análise da variância para altura, diâmetro e altura de plantas de cana-de-açúcar submetidas a herbicidas recomendados para a cultura da cana-de-açúcar. Rio Largo, 2013.....	66

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1	Plantas daninhas e suas relações com a cultura da cana-de-açúcar.....	18
2.2	Espécies do gênero <i>Ipomoea</i> e <i>Merremia</i>.....	20
2.3	Controle químico.....	23
2.3.1	Fatores que condicionam a escolha de herbicidas no sistema de cana-crua.....	24
2.3.2	Mecanismos de ação das principais moléculas usadas na cultura da cana-de-açúcar.....	25
2.3.2.1	Inibidores da protoporfirinogênio oxidase (PROTOX).....	26
2.3.2.2	Inibidores do fotossistema II.....	28
2.3.3	Associações de herbicidas.....	29
2.4	Eficiência e seletividade de herbicidas em cana-de-açúcar.....	30
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.1	Ensaio 1.....	33
3.2	Ensaio 2.....	38
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
4.1	Curvas de dose-resposta (ensaio 1).....	40
4.2	Seletividade de herbicidas (ensaio 2).....	62
5	CONCLUSÕES.....	70

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar, apesar de ser eficiente na utilização de recursos disponíveis para o seu crescimento e desenvolvimento, é afetada nas fases iniciais de crescimento pelas plantas daninhas, que em muitos casos utilizam os mesmos recursos, como água, CO₂, nutrientes, luz e espaço de forma tão eficiente quanto à cultura (PROCÓPIO *et al.*, 2004).

Dentre as possibilidades de controle dessas plantas, a utilização de herbicidas é a melhor em relação custo benefício, com a aplicação de herbicidas pré-emergentes no início do ciclo da cultura, prática de grande aceitação entre os produtores de cana-de-açúcar, por prevenir ou retardar o surgimento de plantas daninhas no período de maior interferência. A aplicação em pré-emergência pode ainda ser complementada, a depender do grau de infestação dessas plantas, com aplicações em pós-emergência, em área total ou em aplicações dirigidas nas entrelinhas (SILVA *et al.*, 2007).

A eficiência desse método de controle depende da época de sua aplicação, pois a quantidade de água disponível no solo favorece a absorção dos herbicidas, porém devido ao fato do ciclo da cultura da cana-de-açúcar estender-se durante o ano, abrangendo períodos com diferentes precipitações pluviométricas, há necessidade do uso de herbicidas também nas estações de seca, devendo estes apresentar alta solubilidade em água e fraca ou moderada adsorção ao solo, facilitando a absorção pela radícula e/ou caulículo das plântulas (CORREIA, 2010).

A utilização de associações comerciais de moléculas com mecanismos de ação diferentes, objetivando ampliar o espectro de controle de plantas daninhas, por ampliar o sítio de ação, e reduzir custos, pois diminui o número de operações de pulverização. Segundo Colby (1967), quando a resposta da mistura for maior que a esperada, a mistura é considerada sinérgica; quando for menor que a esperada, esta será antagonista e quando igual, aditiva, considerando a soma das duas respostas.

Quando utilizados herbicidas com o mesmo mecanismos de ação por vários anos, estes produtos promovem a seleção de espécies ou biótopos menos susceptíveis, da mesma forma como herbicidas com residuais curtos acabam

selecionando espécies com germinação tardia, dessa forma, a utilização de mistura de diferentes mecanismos de ação pode ser benéfica para o manejo de plantas daninhas, evitando o surgimento de espécies tolerantes ou biótopos resistentes, porém são necessários estudos que avaliem o potencial desta mistura de herbicidas, a fim de evitar possíveis efeitos antagônicos (MONQUERO, 2003). Além dos efeitos nas plantas daninhas, deve-se também considerar os efeitos na cultura, pois um dos pontos negativos da utilização de herbicidas é a ocorrência de fitotoxicidade (AZANIA *et al.*, 2005).

O melhor entendimento da eficiência agronômica e seletividade de associações de herbicidas em cana-de-açúcar com colheita mecanizada pode ser útil para otimizar o uso dessa ferramenta na agricultura. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi estudar a eficiência e seletividade de sulfentrazone, hexazinone, amicarbazone e a associação destes na cultura de cana-de-açúcar no estado de Alagoas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Plantas daninhas e suas relações com a cultura da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar, é eficiente na utilização de recursos disponíveis para o seu crescimento e desenvolvimento, por ser uma planta com metabolismo fotossintético C4, sendo esse altamente produtivo sob condições tropicais. Apresenta sistema radicular fasciculado, eficaz na obtenção de água mesmo sob condições de estresse hídrico, caule do tipo colmo e folhas dispostas ao seu redor com estrutura laminar, que maximiza a interceptação de luz e a distribuição de CO₂ nas células fotossintetizantes (MANTELATTO, 2005).

Mesmo com essas características, essa planta é afetada nas fases iniciais de crescimento pelas plantas daninhas, que em muitos casos competem pelos mesmos recursos, como água, CO₂, nutrientes, luz e espaço de forma tão eficiente quanto a cultura, dessa forma, a interferência negativa resultante da presença dessas plantas pode causar reduções na quantidade e na qualidade do produto colhido e reduzir a longevidade do canavial (PROCÓPIO *et. al.*, 2004).

A época do estabelecimento das espécies daninhas em relação à cultura é muito importante, e dentro de um certo período as lavouras devem ser mantidas livres de infestação para que não ocorra perdas de produção (KEELEY & THULLEN, 1989). O termo interferência refere-se ao conjunto de ações que recebe uma determinada cultura, em decorrência da presença das plantas daninhas, resultando em respostas diretas ou indiretas. A competição é a forma mais conhecida de interferência direta das plantas daninhas sobre a cultura (PITELLI, 1987).

De forma indireta, as plantas daninhas atuam como hospedeiras alternativas de pragas, doenças, nematóides e plantas parasitas (PITELLI, 1987). A ocorrência de um ou mais desses fatores de interferência pode reduzir a produtividade e diminuir o número de cortes economicamente viáveis (LORENZI, 1988).

Shurtleff & Coble (1985) definem que a competição da cultura principal com plantas daninhas varia de acordo com as espécies envolvidas, assim se faz necessário avaliar tais efeitos provindos de mais de uma espécie. Quando há infestação, verifica-se a presença de inúmeras espécies, onde os efeitos da

competição sofrem alterações de acordo com as espécies presentes, onde um possível sinergismo entre estas plantas potencializa os efeitos deletérios causados às culturas principais. Segundo Rizzard *et al.* (2004), quando em uma infestação encontra-se mais de uma espécie daninha, percebe-se que a habilidade de cada espécie em interferir é diretamente proporcional à sua densidade populacional.

A alelopatia é outro fator que aumenta essa interferência, pois consta da síntese, acumulação e secreção de metabólitos secundários produzidos pelas plantas daninhas que podem causar efeito deletério sobre a cultura, sendo este outro fator que pode causar sérios prejuízos ao crescimento, desenvolvimento e produtividade da cana-de-açúcar. Substâncias aleloquímicas podem ser produzidas em qualquer parte da planta, como raízes, parte aérea, sementes em pleno processo germinativo e também nos resíduos, durante o processo de decomposição da palha, fator esse cada vez mais comum nos canaviais do Brasil, com a adoção da colheita de cana-crua (SILVA *et al.*, 2007).

A colheita mecanizada da cana-de-açúcar, trata-se de uma técnica de cultivo associada com novas tecnologias de manejo, exigindo que os produtores se adaptem a essa nova realidade. Diante dos diversos problemas enfrentados nas áreas colhidas com cana-crua, destacam-se aqueles relacionados ao manejo das plantas daninhas, que, em algumas áreas, apresentaram mudanças na composição das espécies infestantes, devido à presença da palha (AZANIA *et al.*, 2002).

A presença da palhada altera a quantidade de radiação solar incidente, o comprimento das ondas luminosas e a manutenção da temperatura com menores oscilações sobre a superfície do solo, reduzindo as chances de estabelecimento das espécies daninhas com pouca quantidade de reserva nas sementes, as quais podem não ser suficientes para garantir a sobrevivência da planta no espaço percorrido dentro da cobertura morta, até que tenha acesso à luz e inicie o processo de fotossíntese, dessa forma interferindo na germinação de muitas espécies (FENER, 1980; EGGLEY & DUKE, 1985; PITELLI, 1995).

Dessa forma, as mudanças no sistema de produção da cana-de-açúcar, alteram a quantidade, composição, periodicidade da produção e tempo de permanência da cobertura morta na área, alterando a composição da flora infestante, havendo necessidade de novas adequações nas práticas de manejo de plantas daninhas, a fim de reduzir perdas econômicas e o impacto ao meio ambiente

provocado pelo uso inadequado de medidas de controle (ALMEIDA & RODRIGUES, 1985; KUVA *et al.*, 2003; KUVA, 2006; CORREIA *et al.*, 2010).

As espécies daninhas da família Convolvulaceae, principalmente as pertencentes aos gêneros *Ipomoea* e *Merremia*, conhecidas vulgarmente como corda-de-violão, destacam-se dentre as plantas daninhas que podem dificultar o controle na cultura da cana-de-açúcar no sistema de colheita mecanizada, pois são semelhantes morfológicamente e conhecidas pelo mesmo nome comum, o que atrapalha a devida identificação e pode prejudicar o manejo (CHRISTOFFOLETI *et al.*, 2006).

2.2 Espécies do gênero *Ipomoea* e *Merremia*

Cerca de 74% das espécies dos gêneros *Ipomoea* e *Merremia* são trepadeiras, apresentando caules e ramos volúveis, entrelaçando em plantas vizinhas ou crescendo sobre obstáculos. O gênero *Ipomoea* se destaca no âmbito da família Convolvulaceae, sendo o de maior importância para a cultura da cana-de-açúcar as espécies *I. hederifolia*, *I. quamoclit*, *I. purpurea*, *I. triloba* e *I. nil* (KISSMANN & GROTH, 1999).

As espécies da família Convolvulaceae são plantas nativas da América do Sul, possuem reprodução por sementes e são altamente competitivas. Passaram a receber maior atenção por parte dos produtores de cana-de-açúcar a partir de mudanças do sistema de colheita, onde se constatou aumento na densidade dessas espécies nesta cultura, possivelmente, devido à manutenção da palha da cultura na superfície do solo, criando ambiente mais favorável à germinação das sementes e ao desenvolvimento das plantas dessas espécies. Além dos prejuízos ocasionados pela competição por água, luz, nutrientes e espaço, causam sérios danos no momento da colheita, pois seu ciclo biológico é longo, permitindo que seus ramos se entrelacem aos colmos, dificultando a colheita mecanizada, o que compromete o rendimento das máquinas e a qualidade do produto colhido. (KISSMANN & GROTH, 1999; LORENZI, 2000; VELINI & NEGRISOLI, 2000).

Ipomoea nil (L.) Roth é uma planta herbácea, com longos ramos volúveis, com pelos retróscos nos ramos, pecíolos e pendúnculos, caule cilíndrico ou anguloso, com 1-4 mm de diâmetro, muito ramificado, sendo os ramos volúveis e alcançando até 3m

de comprimento. Apresenta raiz principal pivotante e folhas simples, isoladas a espaços regulares nos ramos, com contorno geral arredondado com 5-15 cm de comprimento por 4-12 cm de largura. As flores possuem cálice com 5 sépalas grandes, com 10-20 mm de comprimento, de base mais larga e ápice longamente acuminado, eretas no estágio de florescimento, curvando-se para fora durante o desenvolvimento do fruto, intensa pilosidade, com pelos longos e amarelos (KISSMANN & GROTH, 1999).

Ipomoea hederifolia (L.) é uma espécie herbácea com caule muito ramificado e volúvel, cilíndrico e anguloso, com 2-3 mm de espessura, muito ramificado. Raiz principal pivotante, folhas alternas, longo-pecioladas, com limbo de formato irregular e comprimento que pode alcançar 12 cm, por 10 cm de largura. Suas flores são formadas por cálice com 5 sépalas livres, com 5 mm de comprimento, de ápice arredondado, corola tubulosa com a parte terminal rebatida em forma de limbo com coloração vermelho-sanguinea (KISSMANN & GROTH, 1999).

A espécie *Ipomoea quamoclit* L. é uma planta herbácea, com longos ramos volúveis, caule cilíndrico com 2-3 mm de espessura intensamente ramificado, podendo atingir 5 m de comprimento. Apresenta raiz central pivotantes e folhas singulares, pois o limbo se resume a projeções filiformes, desde alternadas até opostas, a partir da nervura mediana, seu comprimento pode chegar a 12 cm e a largura a 6 cm. As flores são compostas por cálice formado por 5 sépalas livres, desiguais, de coloração verde ou verde-amarronzada. O aspecto das folhas esqueletadas, verdes, e flores abrindo-se em uma estrela de 5 pontas, de coloração escarlate são características que não permitem confusão na caracterização dessa espécie (KISSMANN & GROTH, 1999).

Merremia aegyptia (L.) Urban é uma planta herbácea, de caule e ramos volúveis que atingem 3-4 m de altura, seu caule é intensamente ramificado, e esses ramos tem formato cilíndrico com 2-4 mm de espessura, longos com entrenós de 10-12 cm de comprimento, mais volúveis na parte mais nova, com longos pelos amarelados ou ferrugíneos. A raiz principal é tuberosa, de coloração arroxeada, as folhas apresentam pecíolo de 5-10 cm de comprimento e limbo palmatissecto, com 5 segmentos subsésseis, com base cuneada e ápice agudo. As flores apresentam cálice formado por 5 sépalas irregulares, de base ovalada e ápice acuminado, com até 2 cm de comprimento. Ramos, pedúnculos e cálices intensamente pilosos, com pelos

estendidos e de coloração ferrugínea, e flores de cor branca distinguem essa espécie das demais cordas-de-viola (KISSMANN & GROTH, 1999).

Correia & Durigan (2004) relataram que a emergência de *I. grandifolia*, *I. hederifolia* e *I. quamoclit* não foi influenciada pelos níveis de palha estudados (5, 10 e 15 t ha⁻¹). Pelo contrário, na presença de cobertura morta sob o solo, houve aumento no número de plântulas emergidas e no acúmulo de matéria seca das plantas de *I. quamoclit*, comparado ao tratamento sem palha.

Campos *et al.* (2011) ao avaliar diferentes profundidades de semeadura e quantidades de palha sobre o solo, verificou que não houve redução de emergência em relação a esses dois fatores, mostrando que espécies do gênero *Merremia* são altamente adaptadas para as condições de colheita mecanizada.

As espécies, dentro de um mesmo gênero, e no caso das cordas-de-viola, até sobre gêneros diferentes, mas com características semelhantes, diferem entre si quanto ao grau de interferência causada nas culturas e quanto à suscetibilidade às práticas de manejo, principalmente no que diz respeito a utilização de herbicidas para seu controle (ORZARI *et al.*, 2013).

Dessa forma, Kuva *et al.* (2007) indica que os herbicidas utilizados em cana-crua deverão apresentar, além de capacidade de transpor a palha, eficácia no controle de diversas espécies de corda-de-viola. Essas moléculas podem ser utilizadas isoladas ou em mistura, principalmente em condições de infestações mistas com predomínio de espécies trepadeiras, em pré-emergência, resultando em estratégias que beneficiem a colheita mecanizada dos colmos.

2.3 Controle químico

Dentre as possibilidades de controle de plantas daninhas, seis métodos são descritos como possíveis alternativas, sendo eles: I) controle preventivo, que consiste no uso de práticas que visam prevenir a introdução, o estabelecimento e, ou a disseminação de espécies-problema em áreas ainda não infectadas; II) controle cultural, com práticas que reduzem o banco de sementes de espécies daninhas, como manejo de água e solo, rotação de cultura, variação no espaçamento, uso de coberturas no solo entre outros; III) controle mecânico através de arranque manual,

capinas, roçadas e cultivo mecanizado; IV) controle físico, utilizando-se práticas de inundação, solarização, cobertura morta e queima da vegetação infestante; V) controle biológico, através de inimigos naturais capazes de reduzir a população das plantas daninhas; VI) controle químico, com a utilização de herbicidas (SILVA *et al.*, 2007).

O método de controle de plantas daninhas mais utilizado na agricultura e na cultura da cana-de-açúcar é o químico, cuja principal forma é a aplicação de herbicidas, tanto em pré como em pós-emergência (CHRISTOFFOLETI & LÓPEZ-OVEJERO, 2005; CAMPOS *et al.*, 2009). Segundo Zimdahl (2007), são muitas as vantagens da utilização desse método de controle, pois os herbicidas poupam trabalho e energia, devido à redução na necessidade de tratos manuais e preparo mecanizado, além disso, podem reduzir a quantidade de fertilizantes e irrigação, com a eliminação da competição.

No caso da cana-de-açúcar, a lavoura deve ser mantida livre de infestação de plantas daninhas por longos períodos, pois o ciclo da cultura pode chegar até 18 meses, havendo assim a necessidade de utilização de herbicidas com ação residual prolongada, que atendam às necessidades da cultura de acordo com os períodos em que esta não consegue responder de forma satisfatória à competição (VELINI & NEGRISOLI, 2000).

2.3.1 Fatores que condicionam a escolha de herbicidas no sistema de cana-crua

Quando um herbicida é aplicado sobre a palha da cana-de-açúcar, é interceptado por esta e torna-se vulnerável à degradação causada pela volatilização e/ou fotodecomposição, até que seja lixiviado para o solo (LOCKE & BRYSON, 1997). Essa lixiviação depende principalmente da solubilidade do produto e do tempo que a área permanece sem receber uma lâmina hídrica após aplicação. Após a ocorrência da lâmina hídrica, o herbicida apresentará uma melhor distribuição e maior persistência pela diminuição dos processos de degradação (LAMOREAUX & HESS, 1993).

Dessa forma, os herbicidas utilizados para controle de plantas daninhas em áreas de cana-crua devem apresentar os seguintes aspectos: i) alta solubilidade, que

é a quantidade que um herbicida pode dissolver-se em água; ii) baixa capacidade de adsorção, que é a capacidade de adesão das moléculas herbicidas aos colóides do solo ou palha; iii) baixa pressão de vapor, a medida da tendência de evaporação do herbicida, ou seja, quanto menor for a sua pressão de vapor, menos volátil será o herbicida; iv) polaridade hidrofílica, garantindo afinidade com a água. Estes fatores são capazes de transmitir estabilidade à molécula, e são aspectos químicos que estão na base das perdas potenciais do herbicida para o ambiente, juntamente com o grau de decomposição da palhada, que a depender do seu estágio, será maior ou menor sua capacidade de adsorver o herbicida (RODRIGUES, 1993; MERSIE *et al.*, 2006).

Outro aspecto importante nas moléculas herbicidas são as constantes Koc e K_{ow} . A constante Koc determina o potencial de sorção de herbicidas em relação ao teor de matéria orgânica no solo e, conseqüentemente, estimativa do seu efeito residual. Dessa forma, solos que possuem Koc mais elevados para o mesmo herbicida, são mais eficientes na retenção dessas moléculas na sua fração orgânica e ou mineral. Logo, sua permanência no ambiente tende a ser maior. A constante K_{ow} indica a afinidade que o herbicida tem em relação a duas fases, polar e apolar. Como os herbicidas possuem geralmente regiões polares e apolares em suas moléculas, seu comportamento é determinado pela fase que predominar. A polaridade é muito importante para penetração das moléculas dos herbicidas pela cutícula das folhas e também interfere na sua sorção no solo. Então, herbicidas apolares possuem maior potencial de adsorver-se à fração orgânica dos colóides do solo, e em herbicidas polares a afinidade é maior em relação à fração mineral do solo (LAVORENTI, 1996).

Dessa forma, a escolha do herbicida utilizado no sistema de cultivo de cana-de-açúcar com colheita mecanizada, deve priorizar moléculas que apresentam baixa Koc e K_{ow} , evitando que o herbicida fique retido na palha da cana-de-açúcar que cobre o solo, impedindo que este entre em contato com as sementes e plântulas das plantas daninhas (ROSSI *et al.*, 2005).

Essas características garantem que, mesmo sob condições de baixa umidade, a maior parte do produto seja desorvido à solução do solo, ficando disponível para a absorção via radicular e hipocótilo (CORREIA *et al.*, 2013).

2.3.2 Mecanismos de ação das principais moléculas usadas na cultura da cana-de-açúcar

Para controlar as plantas daninhas e evitar os prejuízos que estas causam à cultura da cana-de-açúcar, muitos herbicidas com diferentes ingredientes ativos e formulações estão registrados para uso no Brasil. Para que ocorra o efetivo controle das plantas daninhas, é preciso que o herbicida aplicado, além de ser absorvido, translocado e redistribuído pelas plantas, chegue até o sítio de ação em quantidade suficiente para ser fitotóxico, interferindo nos processos vitais específicos da planta. (ARALDI *et al.*, 2011).

Os principais grupos de herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar, divididos por mecanismo de ação, são: inibidores da acetolactato sintetase (ALS), inibidores do fotossistema II (FSII) inibidores da protoporfirinogênio oxidase (PROTOX) e inibidores de pigmentos (PROCÓPIO *et al.*, 2003).

Entre os inibidores da ALS, o imazapic é o mais utilizado na cultura da cana-de-açúcar, indicado para controle de plantas dico e monocotiledôneas, podendo ser aplicado em época seca em áreas com colheita mecanizada. No grupo dos herbicidas inibidores do fotossistema II, o diuron e a ametrina são aplicados em pré e pós-emergência inicial controlando espécies dico e monocotiledôneas, são indicados para épocas úmidas devido a sua baixa solubilidade. Seu uso deve ser evitado em áreas com grandes concentrações de palhada, pois apresentam capacidade moderada de sorção (AGROFIT, 2013).

O metribuzin é outro herbicida inibidor do fotossistema II, porém essa molécula é aplicada somente em pré emergência, para o controle de plantas dicotiledôneas, pode ser aplicado sobre a palhada, pois apresenta boa solubilidade e baixo potencial de sorção. Outro herbicida desse grupo bastante utilizado em qualquer época do ano é tebuthiuron, pois devido a sua alta solubilidade e persistência no solo, essa molécula pode ser aplicada em solo úmido, controlando as plantas imediatamente, ou em solo seco, esperando a presença de umidade para atuar. Controlando espécies dico e monocotiledôneas, esse herbicida é aplicado em pré emergência e pode ser utilizado em áreas de colheita mecanizada (AGROFIT, 2013).

O oxyfluorfen pertence ao grupo dos herbicidas inibidores da protox, indica para o controle de dico e monocotiledôneas. É um herbicida pouco solúvel em água, por

isso deve ser aplicado em épocas úmidas. Apresenta uma alta capacidade de sorção ao solo, e não deve ser aplicado em áreas de cultivo com colheita mecanizada. O clomazone é uma herbicida inibidor da síntese de pigmentos, controlando plantas dico e monocotiledôneas. Com solubilidade moderada, essa molécula não deve ser aplicada em época seca, por exigir uma quantidade mínima de umidade no solo para sua ativação. Pode ser aplicado em pré e pós emergência inicial em áreas de cana planta, pois apresenta considerada capacidade de sorção as camadas orgânicas do solo (AGROFIT, 2013).

2.3.2.1 Inibidores da protoporfirinogênio oxidase (PROTOX)

Os herbicidas inibidores da protoporfirinogênio oxidase (PROTOX) são classificados em quatro grupos químicos: difeniléteres (acifluorfen, fomesafen, lactofen e oxyfluorfen), ftalimidas (flumiclorac e flumioxazin), oxadiazoles (oxadiazon) e triazolinonas (carfentrazone e sulfentrazone). A PROTOX está presente na rota de síntese da clorofila e citocromos, também chamada rota metabólica da síntese de porfirinas ou de tetrapirroles. Essa enzima converte o protoporfirinogênio-IX em protoporfirina-IX. Com a presença do herbicida, ocorre a inibição da PROTOX, resultando em acúmulo de protoporfirinogênio-IX no cloroplasto. (CAMADRO *et al.*, 1991; DEVINE *et al.*, 1993; RETZINGER & MALLORY-SMITH, 1997; MEROTTO JÚNIOR & VIDAL, 2001).

Com o aumento da concentração de protoporfirinogênio-IX no cloroplasto, ocorrerá sua difusão para fora do centro reativo, ocorrendo nesse caso, uma oxidação não-enzimática, não possibilitando a reação da protoporfirina-IX com as enzimas Mg e Fe-quelatases, localizadas nos cloroplastos, o que resulta na interrupção das rotas de síntese de clorofilas. Neste caso, ocorreria a interação entre oxigênio e luz para levar o O₂ ao estado singlet, este radical livre, altamente radioativo, será responsável pela peroxidação de lipídeos nas membranas celulares, com a oxidação de lipídeos e proteínas ocorrerá perda da clorofila e carotenoides e o rompimento das membranas, desidratando as organelas, resultando na morte da célula (MATRINGE *et al.*, 1978; OLIVEIRA Jr, 2011).

As partes das plantas atingidas morrem entre dois e três dias, os primeiros sintomas aparecem como manchas verde-escuras nas folhas, que rapidamente evoluem para necrose. Quando aplicados em pré-emergência, os sintomas aparecem por ocasião da emergência das plântulas (RIZZARDI *et al.*, 2004).

Entre as principais moléculas inibidoras da PROTOX, o sulfentrazone é o herbicida mais utilizado na produção de cana-de-açúcar em períodos com baixa precipitação pluviométrica, e é recomendado especificamente para o controle em pré-emergência de dico e monocotiledóneas. O sulfentrazone é pouco solúvel em água (solubilidade = 490 mg L⁻¹), não volátil (pressão de vapor = 1,0 x 10⁻⁹ mmHg a 25 °C), hidrofílico (K_{ow} = 1,48) e apresenta baixo potencial de sorção a fração orgânica do solo (K_{oc} = 43) (SENSEMAN, 2007; RODRIGUES & ALMEIDA, 2011).

2.3.2.2 Inibidores do fotossistema II

Os herbicidas inibidores do fotossistema II (FSII) são classificados em duas famílias: da uréia/triazina e a dos fenólicos (HOLT *et al.*, 1993). Os herbicidas da primeira família agem no sítio de ligação da Q_B, na proteína D1 no fotossistema II, localizado na membrana dos tilacóides dos cloroplastos, bloqueando o transporte de elétrons de Q_A para Q_B, interrompendo a fixação de CO₂ e conseqüentemente a produção de ATP e NADPH₂, indispensáveis ao desenvolvimento das plantas além da formação de radicais livres (H₂O₂, OH⁻, Cl³), que causam fotoxidação de moléculas de pigmentos, lipídeos, proteínas, ácidos nucléicos, resultando no rompimento de membranas, desidratando e desintegrando as organelas da célula rapidamente (DEVINE & SHUKLA, 2000; OLIVEIRA Jr, 2011).

Os herbicidas do grupo dos fenólicos também se ligam ao grupamento Q_B, mas são conhecidos como inibidores “não clássicos”, devido ao fato da atuação dos fenóis sobre a fotossíntese constituir um evento secundário na toxicidade desses herbicidas para as plantas (ALLA *et al.*, 2008).

Amicarbazone é um herbicida do grupo químico das triazolinonas, apresenta elevada solubilidade em água (4600 mg L⁻¹), baixa pressão de vapor (1,3 x 10⁻⁶ mmHg à 20 °C), hidrofílico (K_{ow} = 16) e baixo potencial de sorção ao solo (K_{oc} = 30). Esse herbicida é recomendado nas aplicações em pré e pós-emergência inicial para

controle de um amplo espectro de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. Quando aplicado em pré-emergência, é absorvido pelas raízes e se transloca via xilema, pelo fluxo de transpiração. No entanto, quando aplicado em pós-emergência, predomina a absorção foliar, sendo sua ação de contato (TOLEDO *et al.*, 2004).

O hexazinone pertence ao grupo químico das triazonas, com eficiência no controle de dico e monocotiledôneas, tanto em pré como em pós-emergência inicial de plantas daninhas à cultura da cana-de-açúcar. É absorvido via radicular e foliar, com translocação apoplástica e em menor intensidade via simplástica. Apresenta elevada solubilidade em água (32000 mg L^{-1}), baixa pressão de vapor ($2,0 \times 10^{-7} \text{ mmHg}$ à $25 \text{ }^\circ\text{C}$), hidrofílico ($K_{ow} = 11$) e baixo potencial de sorção ao solo ($K_{oc} = 54$) (SILVA *et al.*, 2010).

2.3.3 Associações de herbicidas

O uso contínuo de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação contribui para a seleção de populações de plantas daninhas resistentes ou tolerantes a esse mecanismo de ação. A principal prática para manejar áreas que apresentam esses problemas é a alternância de mecanismos de ação de herbicidas e o uso de combinações, que aumentam a eficiência e ampliam o espectro de controle, pois cada herbicida é especialmente eficiente para determinadas espécies de plantas daninhas, devido a suas diferenças morfológicas e fisiológicas (OLIVEIRA Jr, 2011).

A utilização de combinações pode tornar o manejo de plantas daninhas mais vantajoso, pelo uso de doses menores, redução do número de aplicações, menor efeito residual no solo, proporcionando menor toxicidade à cultura e diminuindo os custos de produção (KRUSE *et al.*, 2000). Entretanto, a expansão no uso de misturas, requer conhecimento a respeito das interações entre os produtos, visando obter o máximo de controle de plantas daninhas com efeitos sinérgicos ou complementar da mistura, resultando em maior eficiência de controle, mesmo sob variações das condições climáticas (JORDAN & WARREN, 1995; SILVA *et al.*, 2007).

Interação é a relação de um herbicida na eficácia de outro, dessa forma na associação de herbicidas, os efeitos esperados sobre as plantas daninhas podem ser aditivos, sinérgicos e antagônicos. O efeito da mistura será sinérgico, quando o

efeito combinado de dois herbicidas é maior, ou antagônico quando o controle obtido for menor que o esperado pela soma dos efeitos desses herbicidas quando aplicados isoladamente, pode ser resultado do aumento ou diminuição da absorção foliar e da translocação desses herbicidas, da inibição do metabolismo destes na planta e de interações dos mecanismos de ação dos herbicidas envolvidos. Quando o controle das plantas daninhas pela mistura é equivalente ao controle esperado, a resposta é considerada aditiva (JORDAN & WARREN, 1995; LICH *et al.*, 1997).

Diversos autores têm utilizado e recomendado a curva de dose-resposta para determinar a suscetibilidade ou resistência de plantas daninhas aos herbicidas devido à possibilidade de se avaliar o efeito biológico das moléculas sobre estas plantas e a influência de fatores ambientais em seu desempenho descrevendo seu comportamento em relação a uma molécula isolada ou em associação, por meio de doses crescentes, de forma a obter intervalos equidistantes em escala logarítmica (MONQUERO *et al.*, 2000; KRUSE *et al.*, 2006).

2.4 Eficiência e seletividade de herbicidas em cana-de-açúcar

Assim como em outras culturas, a característica mais estudada, em relação ao comportamento de herbicidas na cana-de-açúcar, é a eficiência dos produtos. Dentre os vários fatores que podem influenciar a eficiência dos herbicidas residuais, destaca-se a presença da palha e a capacidade do herbicida atingir o solo, que pode estar diretamente relacionada à ocorrência de precipitações após a aplicação do produto (MEDEIROS, 2001). De acordo com Oliveira (2001), uma lixiviação moderada da molécula é desejável, pois torna o herbicida mais eficiente, movendo-o da superfície do solo para onde estão concentradas as sementes de plantas daninhas, uma vez que, a maioria das sementes ficam localizadas até a profundidade de 5 cm.

Segundo Carvalho *et al.* (2006), diversos trabalhos têm mostrado que diferentes espécies do mesmo gênero, podem apresentar diferenças de suscetibilidade à herbicidas, respondendo de forma distinta, sendo necessárias recomendações específicas.

Nesse contexto, Nicolai (2010) avaliando a suscetibilidade diferencial entre as espécies de corda-de-viola do gênero *Ipomoea spp* e *Merremia aegyptia* ao

glyphosate, através da construção de curvas de dose-resposta, constatou de a espécie *Ipomoea nil* foi a menos suscetível das espécies avaliadas, seguidas de *Ipomoea purpúrea*, *Merremia aegyptia*, *Ipomoea hederifolia*, *Ipomoea quamoclit* e *Ipomoea grandifolia* sucessivamente, enquanto que Christoffoleti *et al.* (2006) encontrou resultado oposto, utilizando basicamente as mesmas espécies, para carfentrazone.

Nesse sentido, informações que relacionem a dose aplicada e a eficácia de herbicidas são importantes e facilitam a tomada de decisão em um sistema de produção, de forma a obter controles satisfatórios com possível economia de herbicida e redução de custos (CAMPOS *et al.*, 2009). Segundo Velini (2000) usualmente, a avaliação da eficiência é feita juntamente com o estudo da seletividade no mesmo trabalho.

A seletividade de uma cultura a um herbicida, é definida pela capacidade de algumas moléculas de eliminar plantas daninhas que se encontram presentes na cultura, sem reduzir-lhe a produtividade e qualidade do produto final obtido, sendo essa característica uma medida da resposta diferencial de diversas espécies de plantas, que tem a diversidade varietal e a dose aplicada como fatores determinantes (SOUZA *et al.*, 2009). Assim, o herbicida a ser empregado deve ser preferencialmente seletivo para a cultura, não provocando injúrias nas plantas de cana-de-açúcar, visto que inúmeras condições de uso podem causar distintos efeitos fitotóxicos (MONQUERO *et al.*, 2011)

A seletividade não pode ser determinada apenas pela verificação de sintomas visuais de intoxicação, pois alguns herbicidas podem reduzir a produtividade das culturas sem produzir-lhes efeitos visualmente detectáveis, havendo herbicidas que provocam injúrias visualmente acentuadas, mas que lhes permitem manifestar plenamente seus potenciais produtivos, portanto, na avaliação da seletividade, além dos sintomas visuais de intoxicação, é importante considerar os dados de produtividade da cultura, e especificamente, para a cana-de-açúcar, entre os parâmetros produtivos normalmente avaliados, estão o comprimento e o número de colmos (NEGRISOLI *et al.*, 2004; COSTA, 2012).

Estudos realizados com herbicidas inibidores da PROTOX, indicaram que estes produtos afetam, o diâmetro, o comprimento e a produtividade de colmos da cana-de-açúcar (FLAGLIARI *et al.*, 2001). Por essa razão, é fundamental a avaliação, em

condições de campo, da influência dos principais herbicidas sobre o desempenho da cultura de cana-de-açúcar, independentemente da sua eficiência no controle de plantas daninhas.

Segundo Hendry & Grime (1993), estresses, tanto de origem biótica quanto abiótica, são responsáveis por alterações nos pigmentos nas folhas, alterando as concentrações de clorofilas (a, b) e carotenoides, onde as correlações entre estas são utilizadas para diagnosticar possíveis causas de alterações fisiológicas nas plantas causadas por ação de herbicidas. Assim, Silva *et al.* (2007) afirmam que métodos de quantificação e de estimativa de tais pigmentos, de certa forma, podem ser utilizados como ferramentas para avaliação de genótipos resistentes.

O'Neil *et al.* (2006) trabalhando com milho, mostrou que um método que permite leituras instantâneas do teor de clorofila estimada, como o SPAD-502, que é método não destrutivo, caracterizado pela simplicidade e rapidez pode ser tão eficaz quanto as técnicas de avaliação de trocas gasosas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Ensaio 1

Este ensaio foi constituído por seis experimentos conduzidos em casa-de-vegetação, no período de 31 de janeiro à 16 de março de 2013. Foram avaliadas quatro espécies de corda-de-viola em função da aplicação de diferentes doses de três herbicidas e a mistura destes.

As espécies estudadas foram escolhidas em função da alta incidência em áreas comerciais de cultivo de cana-de-açúcar com colheita mecanizada no Estado de Alagoas, foram elas: *Ipomoea nil*, *Ipomoea hederifolia*, *Merremia aegyptia* e *Ipomoea quamoclit*, e os herbicidas: sulfentrazone, hexazinone, amicarbazone e a mistura de sulfentrazone + hexazinone, sulfentrazone + amicarbazone e hexazinone + amicarbazone, onde cada um destes tratamentos compôs um experimento.

Inicialmente realizou-se a semeadura em vasos com capacidade para 1,0 litro, com área superficial de 555,72 cm⁻², contendo solo peneirado como substrato. As características químicas do solo utilizado estão apresentadas na Tabela 1. As sementes das quatro espécies foram distribuídas em quadrantes, afim de separar uma espécie da outra, na densidade equivalente a 10 plantas por vaso. Após a semeadura, foi colocado sobre o vaso, palha proveniente de cultivo de cana-de-açúcar, na densidade de 10 t ha⁻¹ (MARTINS *et al.*, 1999) (Figura 1).

Tabela 1 - Análise química do substrato utilizado no experimento com as espécies de corda-de-viola submetidas a diferentes doses de herbicidas recomendados para a cultura da cana-de-açúcar. Rio Largo, 2013

ANÁLISE QUÍMICA	
pH (em água)	5,3
Na (mg/dm ⁻³)	15
P (mg/dm ⁻³)	5
K (mg/dm ⁻³)	22
Ca + Mg (cmol _c /dm ⁻³)	20,0
Ca (cmol _c /dm ⁻³)	12,0
Mg (cmol _c /dm ⁻³)	8,0
Al (cmol _c /dm ⁻³)	0,23
H + Al (cmol _c /dm ⁻³)	39,0
S (Soma de bases)	2,12
C.T.C. efetiva	2,35
C.T.C. pH 7,0	6,02
V (Ind. de Sat. de Bases)	35,2
M (Ind. Sat. de Al)	9,8
Na (PST)	1,1
Mat.Org. Total (%)	1,94
Ferro (mg/dm ⁻³)	180,0
Cobre (mg/dm ⁻³)	0,39
Zinco (mg/dm ⁻³)	0,39
Manganês (mg/dm ⁻³)	3,17

Figura 1 – Sementes de *I. nil*, *I. hederifolia*, *M. aegyptia* e *I. quamoclit* dispostas em quadrantes (A). Palha de cana-de-açúcar dispostas sobre as sementes na densidade de 10 t ha⁻¹



Fonte: Pimentel Passos, 2013

A aplicação dos herbicidas, isolados e em associação, sobre a palha foi feita utilizando um pulverizador costal pressurizado a CO₂, munido de bicos tipo leque (Teejet XR 110 02-VS), mantido à pressão constante de 200 KPa proporcionando volume de calda de 236 L ha⁻¹, mantendo-se 0,5 m entre a borda dos vasos e a barra de aplicação. Logo após a aplicação dos herbicidas foi fornecida uma lâmina de água equivalente à 20 mm, e no decorrer do ensaio, foram aplicadas lâminas de água para a manutenção das plantas de acordo com a necessidade de cada vaso (Figura 2).

Figura 2 – Aplicação dos herbicidas e suas misturas em vasos contendo as quatro espécies de corda-de-viola sobre palhada



Fonte: Pimentel Passos, 2013

O delineamento utilizado, em cada experimento (herbicida ou mistura), foi inteiramente casualizado em esquema fatorial, com três repetições. Os fatores foram quatro espécies de corda-de-viola (*I. nil*, *I. hederifolia*, *M. aegyptia* e *I. quamoclit*) e oito doses dos herbicidas. As doses foram: 0; 6,25; 12,5; 25; 50; 100; 200 e 400% da dose recomendada, para a cultura da cana-de-açúcar, dos herbicidas sulfentrazone (800 g ha⁻¹), hexazinone (187,5 g ha⁻¹) e amicarbazone (1050 g ha⁻¹) e a associação dos três herbicidas nas mesmas proporções.

Após a aplicação dos herbicidas foi realizada avaliação visual de controle aos 45 dias após a aplicação (DAA), em que 0 representa ausência total de sintomas e 100% morte da planta (VELINI, 1995) e a coleta da parte aérea das plantas para pesagem da massa seca. Com os dados de massa seca foi calculado o percentual de massa seca, em que 100% foi considerada a dose 0%.

Os dados foram submetidos à análise de variância e depois ajustados ao modelo de regressão não-linear do tipo logístico com quatro parâmetros, (eq. 3.1), e os dados de massa seca foram ajustados ao mesmo modelo, porém com três parâmetros (eq. 3.2) (STREIBIG *et al.*, 1988).

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

$$y = \frac{a}{\left[1 + \left(\frac{x}{b}\right)^c\right]} \quad (2);$$

em que: y = porcentagem de controle; y_0 = o 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.

Para a definição de doses ótimas de controle foram calculadas as porcentagens de controle de 50%, 80% 90%, cujos valores foram obtidos a partir das equações geradas das curvas de dose resposta e representa a dose dos herbicidas, em gramas de ingrediente ativo por hectare, para controles de 50%, 80% e 90%, respectivamente (CHRISTOFFOLETI *et al.*, 2006).

Paralelo a isso, também foi calculado o índice de combinação das associações de herbicidas (IComb) (KRUSE *et al.*, 2006), pela eq. (3.3):

$$IComb = \frac{I50ab1}{I50a} + \frac{I50ab2}{I50b} \quad (3);$$

em que: $I50ab1$ e $I50ab2$ são as doses dos produtos em associação que produzem 50% da resposta da variável e $I50a$ e $I50b$ são doses dos produtos aplicados isoladamente que produzem 50% da resposta variável.

Os dados obtidos nas avaliações de controle visual realizada aos 45 DAA foram analisados de acordo com o modelo proposto por Colby (1967). O cálculo da dose resposta esperada na interação dos herbicidas foi feita pela eq. (3.4):

$$E = 100 - \frac{(100-X) \times (100-Y)}{100} \quad (4);$$

em que: E é a redução de crescimento esperado ou porcentagem de controle esperada pela mistura dos herbicidas, X e Y representam a porcentagem de controle dos herbicidas aplicados isoladamente.

Afim de verificar se 50% da dose comercial de um herbicida associada a 50% da dose comercial de outro herbicida garantiria 100% de controle, ou ainda se a utilização de associações, por ampliar o espectro de controle, podem reduzir a quantidade de ingrediente ativo aplicado por hectare, reduzindo custos de aplicação, optou-se por realizar avaliações para controle visual e redução da massa seca utilizando 50% das doses de cada herbicida contido na associação.

3.2 Ensaio 2

O ensaio foi instalado e conduzido no município de Rio Largo/AL (latitude de 9° 27' S, longitude de 35° 27' W e altitude de 127 m), em área de produção de cana-de-açúcar, com colheita de cana-crua e irrigada pertencente à Usina Santa Clotilde de dezembro de 2012 à maio de 2013. Utilizou-se a cultivar RB92579 em espaçamento de 1 m entre linhas na condição de cana-soca, na quinta socaria, com a densidade de 10 t ha⁻¹ de palha. Cada parcela foi composta de 6 linhas de plantas com 7 metros de comprimento. Desse modo, a área total de cada parcela foi de 42 m². A área útil para as avaliações foi composta pelas duas linhas internas de cada parcela.

Foram aplicados herbicidas isolados e em associações, utilizados em pré-emergência, sobre a palhada, aos sete dias após o corte mecanizado da cana-de-açúcar, utilizando-se um pulverizador costal pressurizado a CO₂, munido de bicos tipo leque (Teejet TTI 110 02-VS), mantido à pressão constante de 200 KPa proporcionando volume de calda de 215 L ha⁻¹, mantendo-se 0,5 m de altura entre a palha e a barra de aplicação (Figura 3).

Figura 3 – Aplicação dos herbicidas e suas misturas sobre a palha, com a utilização de pulverizador costal pressurizado a CO₂



Fonte: Pimentel Passos, 2013

Os tratamentos foram: T1 – Testemunha (sem aplicação de herbicida); T2 - sulfentrazone (800 g ha⁻¹); T3 – hexazinona (187,5 g ha⁻¹); T4 – amicarbazone (1050 g ha⁻¹); T5 – sulfentrazone + hexazinone (800 g + 187,5 g ha⁻¹); T6 – sulfentrazone + amicarbazone (800 g + 1050 g ha⁻¹); T7 – hexazinone + amicarbazone (187,5 g + 1050 g ha⁻¹). Após a aplicação dos herbicidas, foi aplicada uma lâmina de 30 mm sobre a área, utilizando canhão de irrigação.

As variáveis analisadas foram, fitotoxicidade atribuindo-se uma escala de nota visual, onde 0% representou ausência de injúria à cultura, e 100% para a morte das plantas de cana-de-açúcar e medida a altura do dossel e o diâmetro do colmo no terço basal de 15 plantas de cana-de-açúcar nas duas linhas centrais e o número de colmos em dois metros lineares. Por fim, foi estimado o teor de verde nas folhas da cana-de-açúcar utilizando o SPAD-502 (Minolta Corporation, Ramsey, USA) sendo obtida a média de cinco leituras do terço médio das folhas. Todas estas avaliações realizadas aos 15, 30, 60, 90, 120 e 150 DAA.

O delineamento experimental foi em blocos casualizado, com parcelas subdivididas no tempo, com 4 repetições. Os dados foram submetidos a análise de variância e se constatada diferença significativa, foram comparados pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade de erro ou submetido a regressão quadrática.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Curvas de dose-resposta (ensaio 1)

O resultado da análise de variância para controle visual indicou que houve interação entre as espécies de corda-de-viola e as doses dos herbicidas sulfentrazone, hexazinone e amicarbazone e a misturas 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 (Tabela 2). Resultados idênticos foram obtidos quando se avaliou a porcentagem de massa seca das quatro espécies de corda-de-viola (Tabela 3).

As curvas de dose-resposta representam de forma mais clara os padrões observados nas espécies *Ipomea nil*, *I. hederifolia*, *Merremia aegyptia* e *I. quamoclit*. As equações utilizadas para descrever a resposta das diferentes espécies em função das doses crescentes foram satisfatórias, pois a maioria dessas obtiveram coeficiente de determinação acima de 95% (Tabelas 4 e 5).

Tabela 2 - Resumo do quadro da análise da variância para o controle visual das espécies de corda-de-viola submetidas a herbicidas recomendados para a cultura da cana-de-açúcar. Rio Largo, 2013

VARIÁVEL	FONTE DE VARIAÇÃO	QM	F	P
SULFENTRAZONE				
CONTROLE VISUAL AOS 45 DAA¹	ESPÉCIES (E)	1921,920	457,341	<0,001
	DOSES (D)	2802,650	666,920	<0,001
	INTERAÇÃO (E*D)	765,253	182,100	<0,001
HEXAZINONE				
CONTROLE VISUAL AOS 45 DAA	ESPÉCIES (E)	809,218	50,993	<0,001
	DOSES (D)	10863,908	684,597	<0,001
	INTERAÇÃO (E*D)	417,903	26,335	<0,001
AMICARBAZONE				
CONTROLE VISUAL AOS 45 DAA	ESPÉCIES (E)	345,412	64,910	<0,001
	DOSES (D)	14665,797	2755,989	<0,001
	INTERAÇÃO (E*D)	219,273	41,206	<0,001

SULFENTRAZONE + HEXAZINONE				
CONTROLE VISUAL AOS 45 DAA	ESPÉCIES (E)	215,079	11,118	<0,001
	DOSES (D)	12493,353	645,810	<0,001
	INTERAÇÃO (E*D)	555,125	28,696	<0,001
SULFENTRAZONE + AMICARBAZONE				
CONTROLE VISUAL AOS 45 DAA	ESPÉCIES (E)	1354,317	140,621	<0,001
	DOSES (D)	1814,178	188,370	<0,001
	INTERAÇÃO (E*D)	415,104	43,101	<0,001
HEXAZINONA + AMICARBAZONE				
CONTROLE VISUAL AOS 45 DAA	ESPÉCIES (E)	9,031	1,421	0,246
	DOSES (D)	15570,011	2449,215	<0,001
	INTERAÇÃO (E*D)	6,503	1,023	0,450

¹Dias após aplicação

Tabela 3 - Resumo do quadro da análise da variância para porcentagem de massa seca em relação à testemunha das espécies de corda-de-viola submetidas a herbicidas recomendados para a cultura da cana-de-açúcar. Rio Largo, 2013

VARIÁVEL	FONTE DE VARIAÇÃO	QM	F	P
SULFENTRAZONE				
MASSA SECA (%) 45 DAA¹	ESPÉCIES (E)	1884,006	566,331	<0,001
	DOSES (D)	14533,060	4368,625	<0,001
	INTERAÇÃO (E*D)	719,181	216,185	<0,001
HEXAZINONE				
MASSA SECA (%) AOS 45 DAA	ESPÉCIES (E)	706,402	82,679	<0,001
	DOSES (D)	16669,958	1951,094	<0,001
	INTERAÇÃO (E*D)	446,357	52,243	<0,001
AMICARBAZONE				
MASSA SECA (%) AOS 45 DAA	ESPÉCIES (E)	314,567	41,745	<0,001
	DOSES (D)	23065,883	3060,964	<0,001
	INTERAÇÃO (E*D)	209,309	27,777	<0,001
SULFENTRAZONE + HEXAZINONE				
MASSA SECA (%) AOS 45 DAA	ESPÉCIES (E)	226,759	15,530	<0,001
	DOSES (D)	20185,696	1382,471	<0,001
	INTERAÇÃO (E*D)	509,898	34,922	<0,001
SULFENTRAZONE + AMICARBAZONE				
MASSA SECA (%) AOS 45 DAA	ESPÉCIES (E)	1434,193	188,274	<0,001
	DOSES (D)	14371,146	1886,578	<0,001
	INTERAÇÃO (E*D)	467,875	61,421	<0,001

HEXAZINONA + AMICARBAZONE				
MASSA SECA (%) AOS 45 DAA	ESPÉCIES (E)	5,671	0,971	0,412
	DOSES (D)	24404,528	4177,729	<0,001
	INTERAÇÃO (E*D)	9,005	1,542	0,095

¹Dias após aplicação

Tabela 4 - Parâmetros da equação logística utilizada para descrever o percentual de controle visual das espécies de corda-de-viola aos 45 dias após a aplicação de herbicidas em pré-emergência. Rio Largo, 2013

HERBICIDA	ESPÉCIE	PARÂMETROS				R ²	F
		a	b	c	D		
Sulfentrazone	<i>I. nil</i>	102,73**	6,17**	-1,13*	0,05	0,98	118,42
	<i>I. hederifolia</i>	IDM ¹	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
Hexazinona	<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 ²	99,91**	9,13**	-8,57**	-0,01	1,00	10134,3

¹ Impossível determinar pelo modelo; ² Média das espécies; ** p < 0,01; * p < 0,05

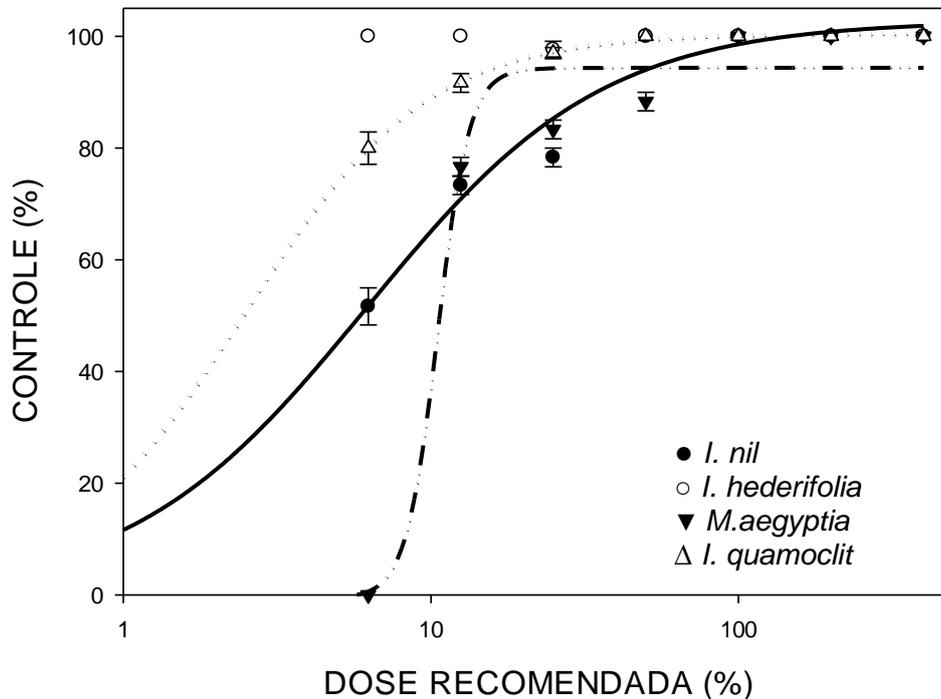
Tabela 5 - Parâmetros da equação logística utilizada para descrever o percentual de redução de massa seca das espécies de corda-de-viola aos 45 dias após a aplicação de herbicidas em pré-emergência. Rio Largo, 2013

HERBICIDA	ESPÉCIE	PARÂMETROS			R ²	F
		a	b	c		
Sulfentrazone	<i>I. nil</i>	99,82**	7,68**	1,31**	0,97	111,20
	<i>I. hederifolia</i>	IDM ¹	IDM	IDM	IDM	IDM
	<i>M. aegyptia</i>	102,07**	10,43**	6,05	0,94	56,07
	<i>I. quamoclit</i>	99,99**	2,24**	1,27**	0,99	2637,44
Hexazinone	<i>I. nil</i>	98,82**	9,80*	0,71**	0,93	50,55
	<i>I. hederifolia</i>	98,80**	19,35**	1,12**	0,96	83,34
	<i>M. aegyptia</i>	96,96**	34,58**	3,77**	0,99	541,90
	<i>I. quamoclit</i>	93,49**	26,41	1,08	0,84	19,02
Amicarbazone	<i>I. nil</i>	103,92**	14,42**	2,47**	0,98	164,06
	<i>I. hederifolia</i>	100,00**	7,66**	8,02**	1,00	54838,42
	<i>M. aegyptia</i>	100,20**	10,07**	7,23**	0,99	1676,36
	<i>I. quamoclit</i>	100,10**	10,44	12,09	0,99	549,40
Sulfentrazone + Hexazinona	<i>I. nil</i>	100,84**	10,55**	7,15	0,99	362,55
	<i>I. hederifolia</i>	94,54**	17,71**	2,81**	0,99	270,67
	<i>M. aegyptia</i>	96,70**	12,92*	1,35*	0,92	44,09
	<i>I. quamoclit</i>	100,38**	10,63**	9,17	0,99	639,71
Sulfentrazone + Amicarbazone	<i>I. nil</i>	99,95**	3,76**	1,61	0,99	489,07
	<i>I. hederifolia</i>	99,99**	0,74	1,04*	0,99	1853,40
	<i>M. aegyptia</i>	90,16**	15,31**	2,99*	0,95	67,39
	<i>I. quamoclit</i>	99,99**	1,25	1,18*	0,99	793,99
Amicarbazone + Hexazinone	MDE ²	100,01**	9,35**	8,68**	1,00	58246,28

¹ Impossível determinar pelo modelo; ² Média das espécies; **p < 0,01; *p < 0,05

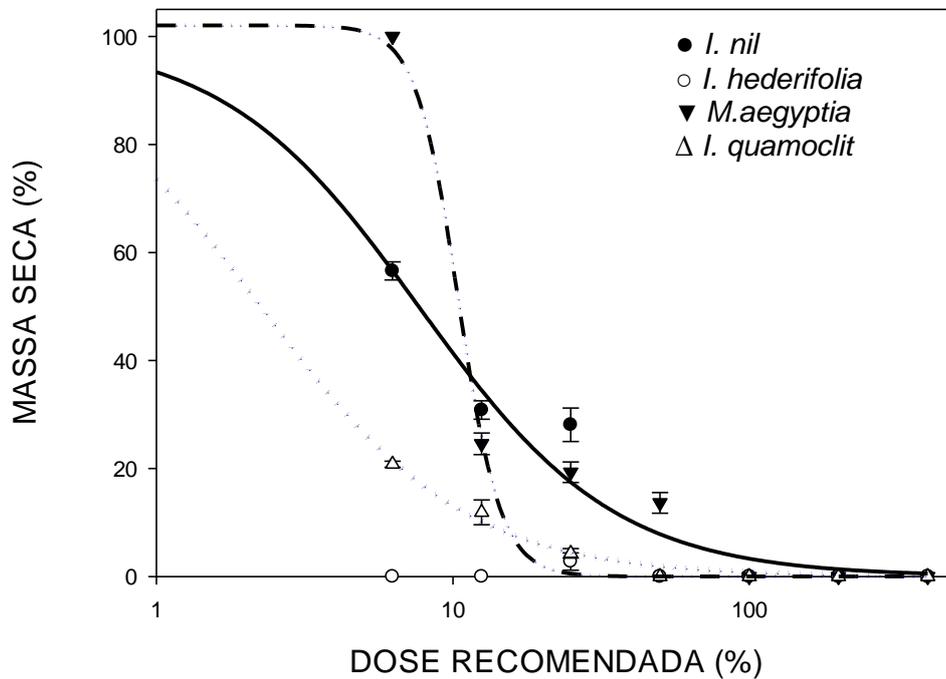
Segundo Christoffoleti (2002), quanto maior for a inclinação da curva, maior será a amplitude entre as doses necessárias para o controle das plantas daninhas avaliadas. Para o herbicida sulfentrazone, a espécie *I. nil* foi 100% controlada em doses próximas a dose comercial recomendada pelo fabricante. O controle da espécie *M. aegyptia* foi de 94% em doses com apenas 25% da dose recomendada, enquanto que *I. quamoclit* foi totalmente controlada em doses próximas à recomendada. A espécie *I. hederifolia* não se ajustou ao modelo de regressão, visto que essa espécie mostrou-se altamente suscetível ao herbicida, mesmo em doses muito abaixo da dose recomendada, impossibilitando a obtenção da curva de dose-resposta (Figura 4).

Figura 4 - Controle visual de espécies da família Convolvulaceae aos 45 dias após a aplicação de sulfentrazone em doses crescentes



Resultados semelhantes foram observados no comportamento das quatro espécies para os dados de massa seca (Figura 5), corroborando com Campos *et al.* (2009). 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*. Christoffoleti *et al.* (2006), compararam a suscetibilidade de espécies de corda-de-violão ao herbicida carfentrazone, também inibidor da PROTOX, em casa de vegetação e observaram diferenças interespecíficas, em que a ordem de suscetibilidade foi: *I. hederifolia* \geq *I. quamoclit* \geq *I. nil*, mostrando que essa diferença na suscetibilidade também ocorre em relação a esse inibidor da PROTOX.

Figura 5 - Redução de massa seca de espécies da família Convolvulaceae aos 45 dias após a aplicação de sulfentrazone em doses crescentes



Para o herbicida hexazinone, as espécies *I. hederifolia*, *M. aegyptia* e *I. quamoclit* em geral, foram mais tolerantes, em doses mais baixas, quando comparadas com o herbicida sulfentrazone. Nesse 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 (Figura 6). *I. hederifolia* foi controlada em 85% da dose recomendada, com controle total em doses maiores. *M. aegyptia* foi 95% 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, necessárias doses elevadas para 100% de controle.

Os dados de massa seca comprovam esse comportamento. Foi observado uma redução de 99% da massa seca em *M. aegyptia* quando aplicada a dose recomendada, *I. hederifolia* e *I. quamoclit* reduziram 85%. *I. nil* ajustou-se ao modelo quando utilizados os dados de massa seca, mostrando comportamento final semelhante as duas espécies mais tolerantes, porém observa-se que nas doses

inferiores esta espécie foi mais suscetível, por esse motivo não se ajustou ao modelo utilizado na curva de dose-resposta para o controle visual (Figura 7).

Matringe *et al.* (1978) e Mathis & Oliver (1980) demonstraram diferenças de suscetibilidade de espécies de *Ipomoea* ao herbicida bentazon, também inibidor do fotossistema II. 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.

Figura 6 - Controle visual de espécies da família Convolvulaceae aos 45 dias após a aplicação de hexazinone em doses crescentes

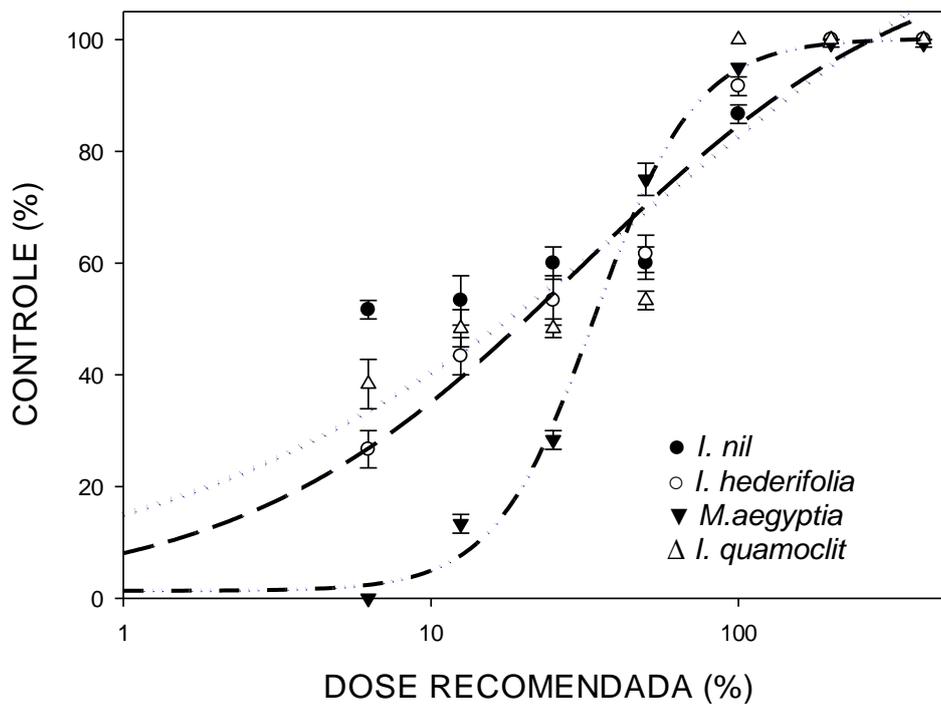
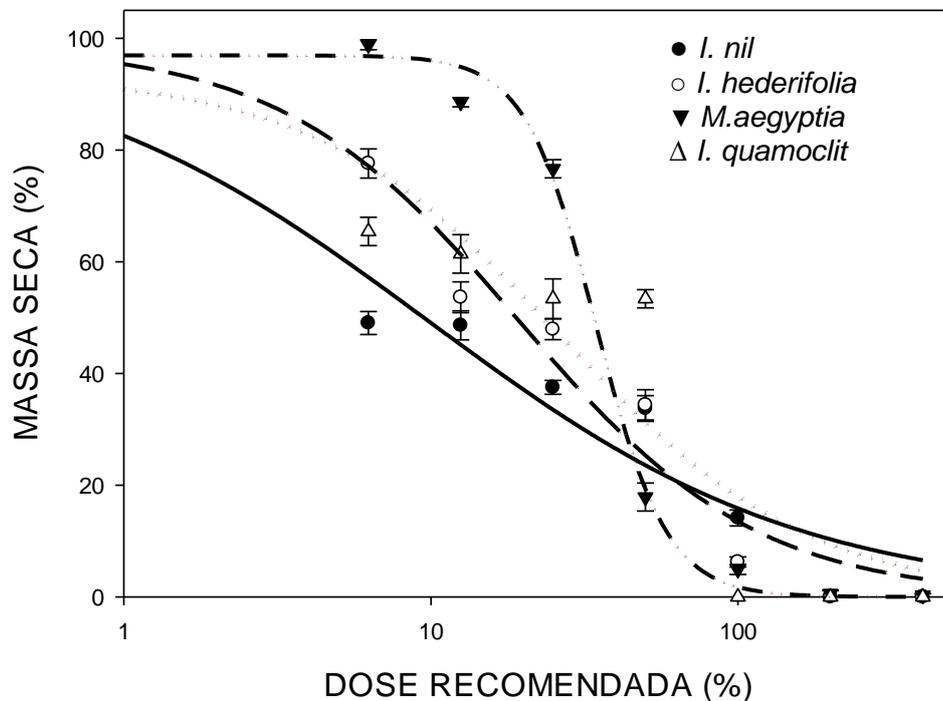


Figura 7 - Redução de massa seca de espécies da família Convolvulaceae aos 45 dias após a aplicação de hexazinone em doses crescentes



O amicarbazone foi o mais eficiente entre os herbicidas aplicados isoladamente, demonstrando uma maior capacidade de controle das plantas daninhas. Para os dados de controle visual, 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 8).

Esse comportamento observado corrobora com Campos *et al.* (2009), que concluíram que aos 45 DAA o comportamento de espécies do gênero *Merremia* e *Ipomoea* são idênticos sobre a ação do herbicida amicarbazone sobre a 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 esta dose do herbicida.

O resultado da análise de massa seca foi semelhante ao de controle, diferindo apenas para *I. nil*, essa espécie apresentou redução total da massa seca próximo a dose recomendada, enquanto que as outras espécies foram controladas com doses próximas a 12,5% da dose recomendada (Figura 9).

Figura 8 - Controle visual de espécies da família Convolvulaceae aos 45 dias após a aplicação de amicarbazone em doses crescentes

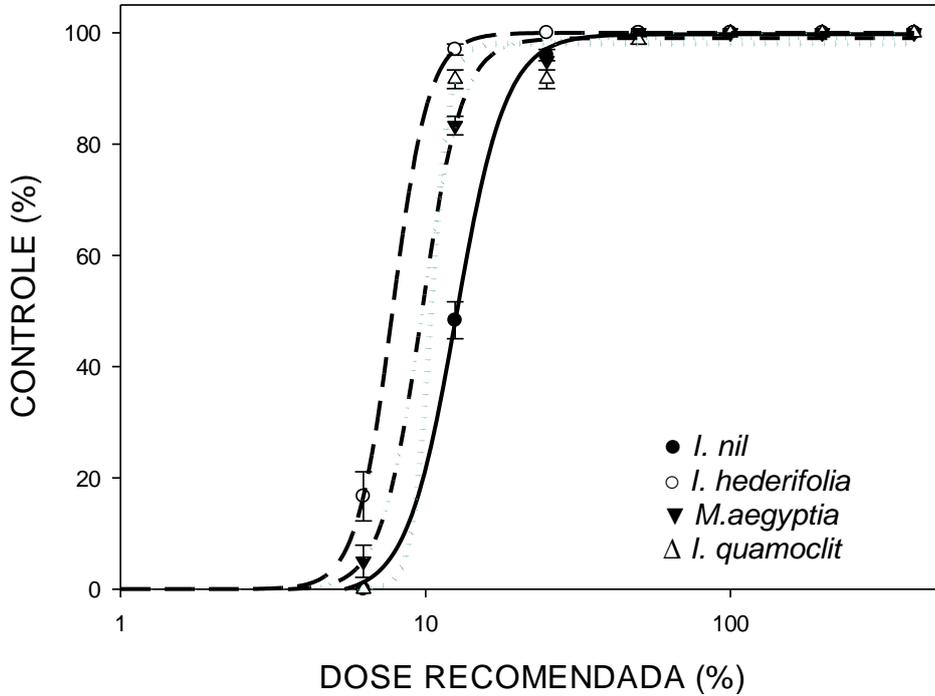
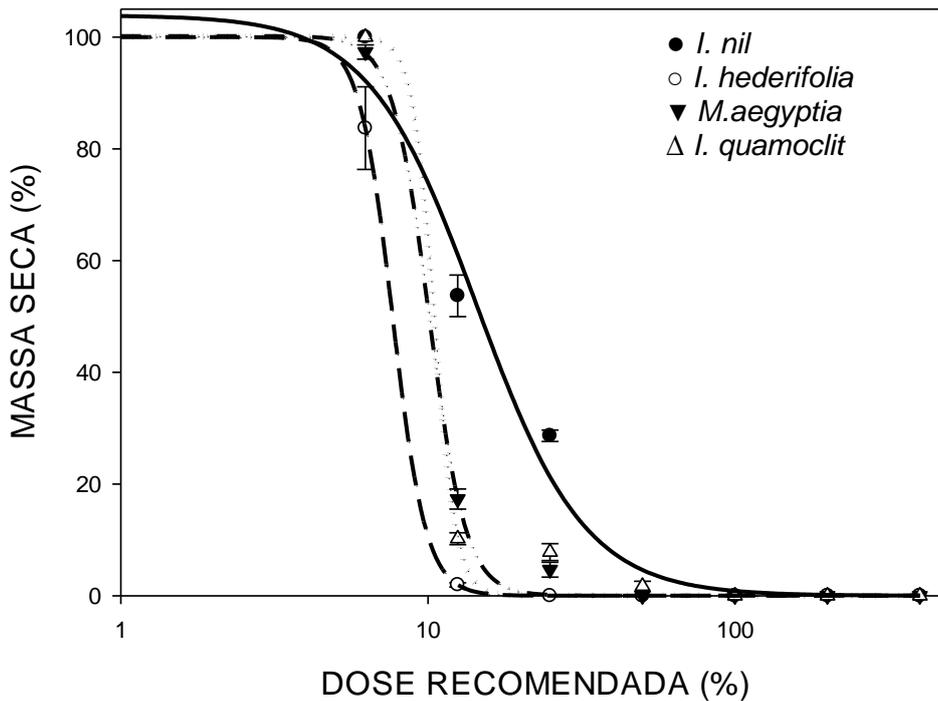


Figura 9 - Redução de massa seca de espécies da família Convolvulaceae aos 45 dias após a aplicação de amicarbazone em doses crescentes



A mistura dos herbicidas sulfentrazone + hexazinone proporcionou resultados idênticos para *I. nil* e *I. quamoclit*. Para estas espécies doses baixas da mistura, correspondentes a 12,5% da dose recomendada, foram suficientes para alcançar controle satisfatório, enquanto que para *I. hederifolia* e *M. aegyptia* essa fração de dose não foi eficiente, pois o controle total destas espécies só foi atingido quando aplicada a dose recomendada (Figura 10), havendo assim, suscetibilidade diferencial entre as quatro espécies em doses abaixo da recomendada. O resultado apresentado pela variável de massa seca também explica o comportamento distinto das espécies de corda-de-viola em doses baixas e na dose recomendada das misturas estudadas (Figura 11).

Figura 10 - Controle visual de espécies da família Convolvulaceae aos 45 dias após a aplicação da mistura de sulfentrazone + hexazinone em doses crescentes

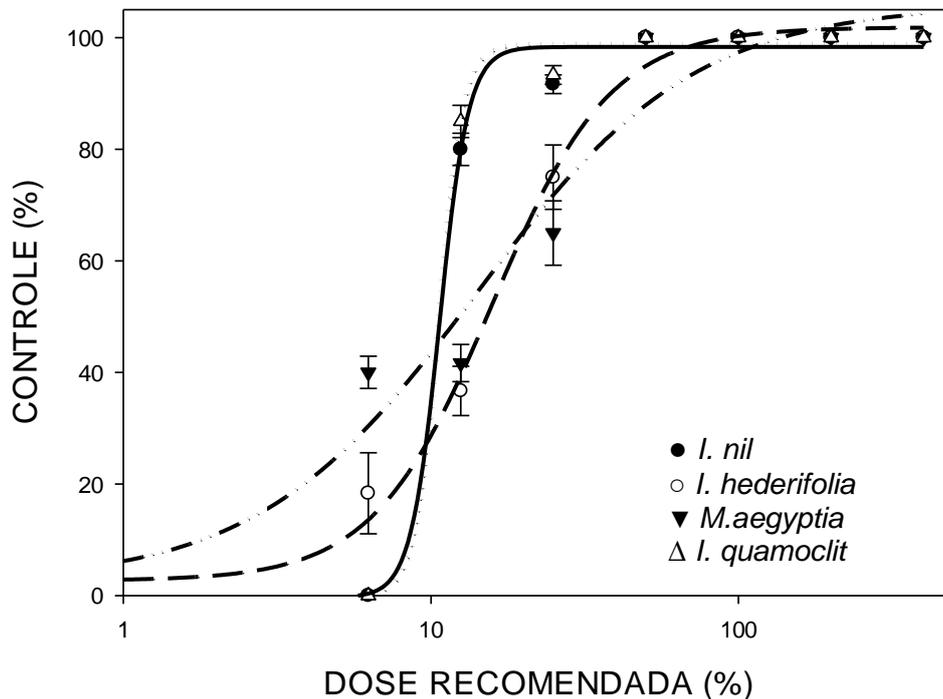
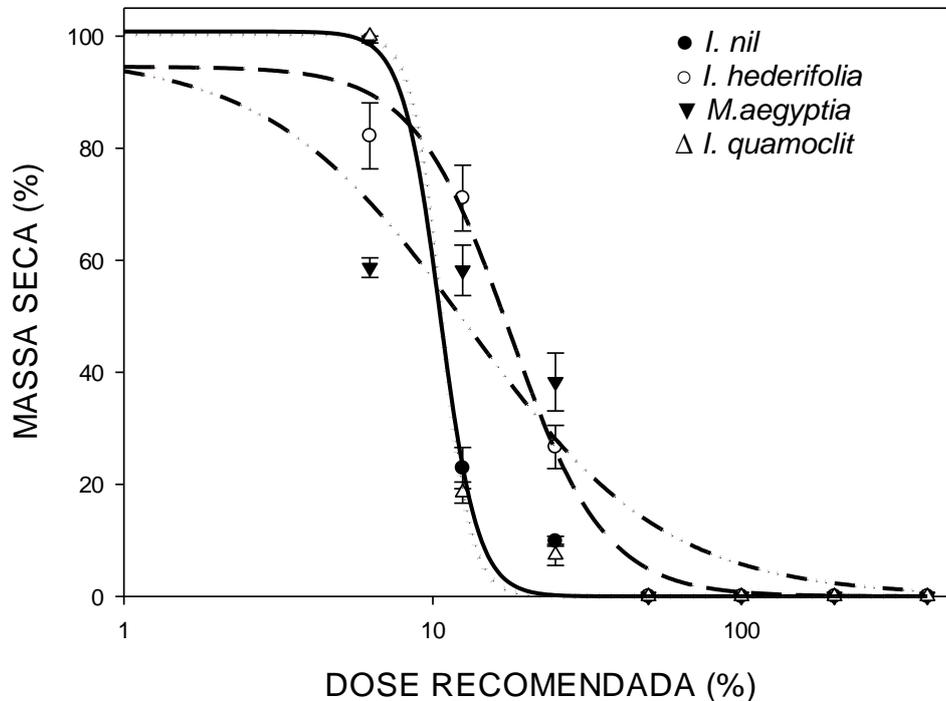


Figura 11 - Redução de massa seca de espécies da família Convolvulaceae aos 45 dias após a aplicação da mistura de sulfentrazone + hexazinone em doses crescentes



Para os dados de controle, a mistura dos herbicidas sulfentrazone + amicarbazone ocasionou grande suscetibilidade diferencial para as quatro espécies de corda-de-viola em doses muito baixas, que ficaram expostas nessa ordem: *I. hederifolia* \geq *I. quamoclit* \geq *I. nil* \geq *M. aegyptia*. Contudo, a partir da dose correspondente a 50% da dose comercial, a suscetibilidade das espécies a mistura dos herbicidas foi a mesma (Figura 12).

Esses resultados corroboram com Carbonari *et al.* (2012), que cita excelentes resultados provenientes dessa mistura no controle de espécies do gênero *Ipomoea*, ressaltando uma menor suscetibilidade para *I. nil* em doses baixas da mistura. Os dados apresentados pela redução de massa seca também explicam o comportamento distinto das espécies de corda-de-viola em doses baixas e na dose correspondente a 50% da dose comercial da mistura de sulfentrazone + amicarbazone (Figura 13).

Figura 12 - Controle visual de espécies da família Convolvulaceae aos 45 dias após a aplicação da mistura de sulfentrazone + amicarbazone em doses crescentes

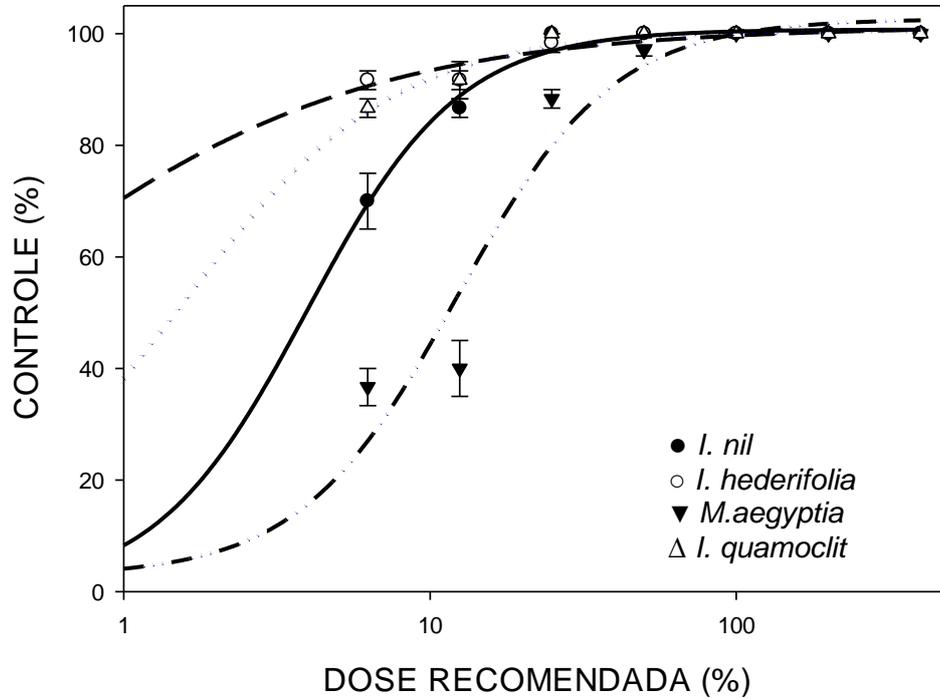
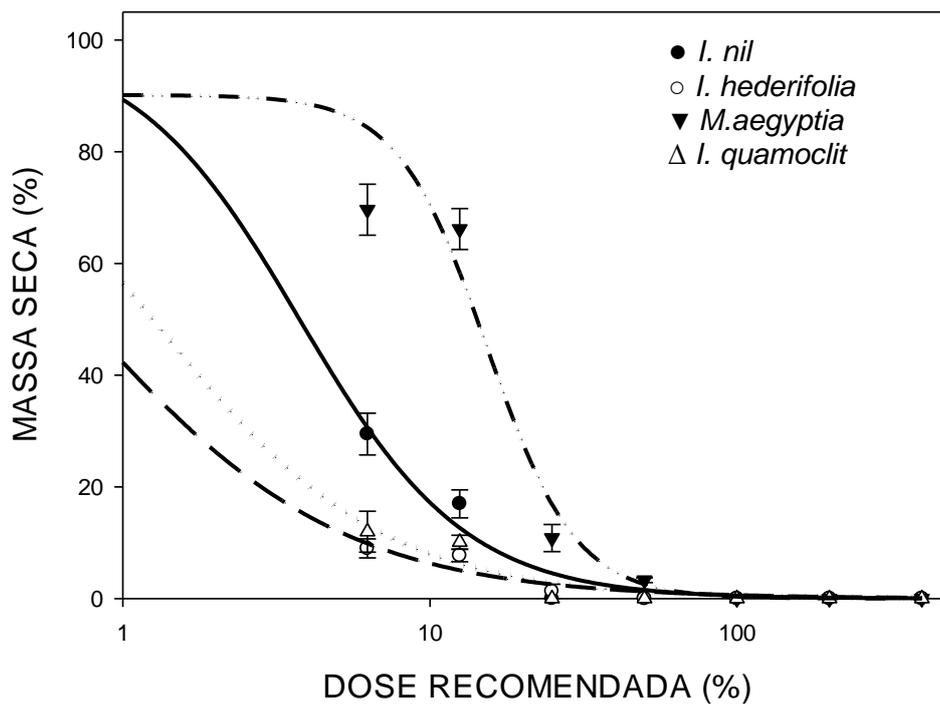


Figura 13 - Redução de massa seca de espécies da família Convolvulaceae aos 45 dias após a aplicação da mistura de sulfentrazone + amicarbazone em doses crescentes



A mistura dos herbicidas 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, tanto para o controle visual, quanto para a quantificação da redução da massa seca em função da mistura dos herbicidas (Figuras 14 e 15).

Figura 14 - Controle visual da média de espécies da família Convolvulaceae aos 45 dias após a aplicação da mistura de hexazinone + amicarbazone em doses crescentes

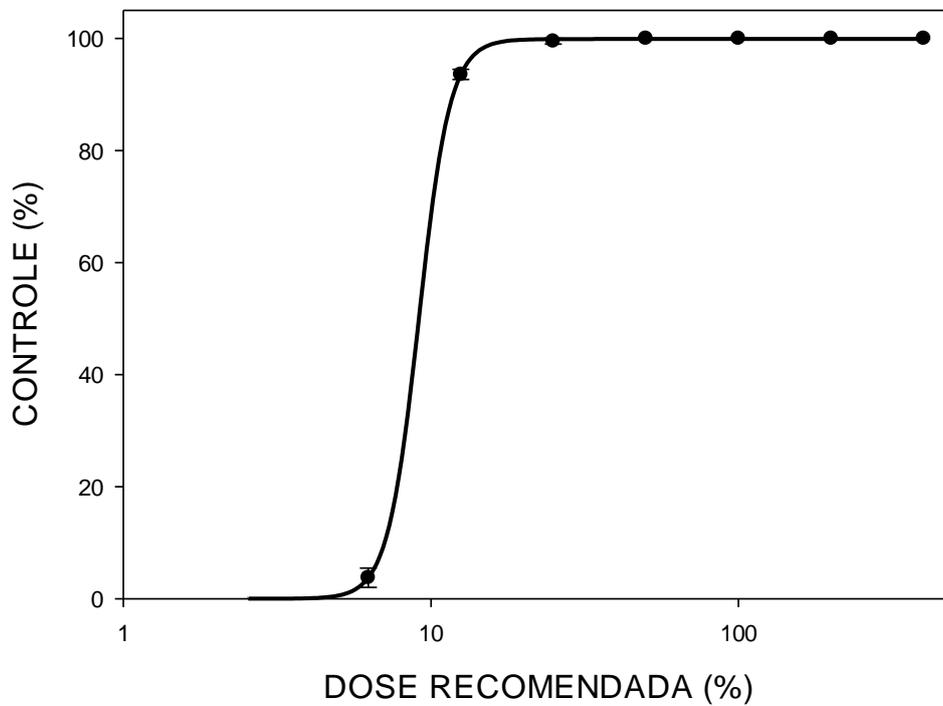
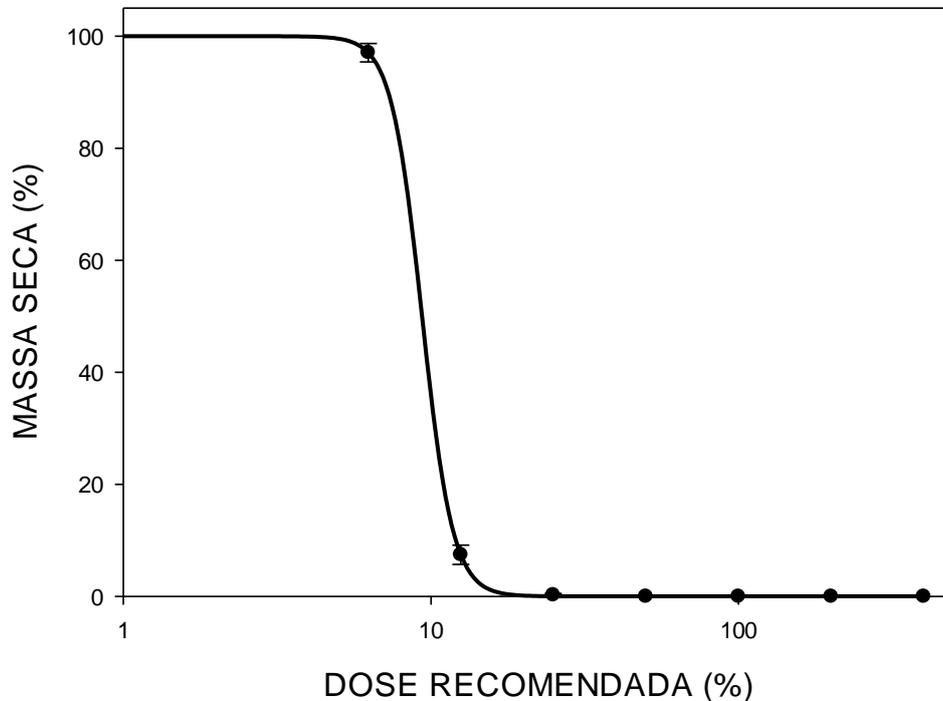


Figura 15 - Redução de massa seca da média de espécies da família Convolvulaceae aos 45 dias após a aplicação da mistura de hexazinone + amicarbazone em doses crescentes



Essa associação foi eficiente no controle destas espécies, onde obteve controle satisfatório na dose que representa 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 as plantas.

Os parâmetros gerados pelas equações não lineares (Tabela 4 e 5) para as variáveis de controle visual e massa seca permitiram gerar doses necessárias para o controle de 50%, 80% e 90% (Tabela 6). Christoffoleti *et al.* (2006) utilizaram esses parâmetros, que foram observados na curva encontrada em seu trabalho, utilizando dados de controle de 50% para ordenar as espécies de corda-de-viola quanto a suscetibilidade ao carfentrazone-ethyl. Porém, para a obtenção de um resultado de uso prático voltado utilização em nível de campo, foi utilizado o nível de controle de 80%, para a classificação da suscetibilidade (FRANS & CROWLEY, 1986).

Tabela 6 - Quantidade de ingrediente ativo (g ha⁻¹) necessário para obtenção das médias de controle de 50%, 80% e 90% para espécies de corda-de-viola aos 45 dias após a aplicação, obtida pela equação que gera a curva correspondente a cada espécie

SULFENTRAZONE			
ESPÉCIE	CONTROLE VISUAL (%)		
	50	80	90
<i>I. nil</i>	47,10	149,62	276,40
<i>I. hederifolia</i>	IDM ¹	IDM	IDM
<i>M. aegyptia</i>	85,23	103,01	120,33
<i>I. quamoclit</i>	IDM	IDM	IDM
HEXAZINONA			
<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 + HEXAZINONA			
<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	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
HEXAZINONA + AMICARBAZONE			
MDE¹	17,08 + 95,88	20,08 + 112,76	22,09 + 124,01

¹ Impossível determinar pelo modelo

O cálculo do índice de combinação das associações de herbicidas (IComb) para a mistura dos herbicidas sulfentrazone + hexazinone mostrou que para a espécie *M. aegyptia* ocorre efeito antagonista, pois o índice foi de 3,33. O mesmo ocorre

quando avaliada a mistura de sulfentrazone + amicarbazone, onde o índice foi de 4,10 para esta espécie. Para a mistura dos herbicidas hexazinone + amicarbazone as espécies *I. hederifolia*, *M. aegyptia* e *I. quamoclit* mostraram que a associação destas moléculas resulta em efeito antagonista, com índices de 1,28, 1,07 e 1,05 respectivamente. Segundo Kruse *et al.* (2006) índices maiores de 1,0 indicam que a interação entre os dois herbicidas é antagonista, índices iguais a 1,0 indicam que a interação entre os dois herbicidas é aditiva e índices menores que 1,0 que a interação é sinérgica.

Ao utilizar o método para verificação de possíveis efeitos entre misturas de herbicidas proposto por Colby (1967), pode-se observar que a planta daninha *I. nil* foi controlada de maneira eficiente aos 45 DAA pelos herbicidas sulfentrazone (99,99%), hexazinone (87%) e amicarbazone (99,99%), aplicados isoladamente na dose correspondente a dose recomendada pelo fabricante. Resultados semelhantes foram observados quanto a redução da massa seca para esta mesma espécie e mesma dose, sendo o controle pelos herbicidas sulfentrazone (99,99%), hexazinone (85,88%) e amicarbazone (99,99%) altamente eficiente, levando em consideração que 80% de controle em termos práticos, mostra-se uma resposta satisfatória no controle de plantas daninhas. Os resultados da interação destas moléculas foram aditivos, ou seja, não houve diferenças significativas entre o controle obtido e o controle esperado através da equação de Colby (1967) (Tabela 7).

Para a espécie *I. nil*, 50% da dose recomendada dos herbicidas sulfentrazone (99,99%) e amicarbazone (99,99%) proporcionou controle eficiente aos 45 DAA tanto para o controle visual quanto para redução da massa seca, enquanto que o herbicida hexazinone, nessa dose apresentou 60% de eficiência quando se avaliou o controle visual e 65% quando a variável avaliada foi a redução da massa seca, indicando que a utilização desta dose do herbicida quando aplicado isoladamente, resulta em efeitos insatisfatórios em termos práticos, porém o resultado da interação destas três moléculas resultou em efeitos aditivos (Tabela 8).

Tabela 7 - Controle de *I. nil* e redução de massa seca, observado e esperado (Colby) aos 45 DAA, em 100% da dose recomendada

TRATAMENTOS	% CONTROLE		% MASSA SECA	
	45 DAA	COLBY	45 DAA	COLBY
Testemunha	0,00	-	0,00	-
Sulfentrazone (800 g ha ⁻¹)	99,99	-	99,99	-
Hexazinone (187 g ha ⁻¹)	87,00	-	85,88	-
Amicarbazone (1050 g ha ⁻¹)	99,99	-	99,99	-
Sulfentrazone + Hexazinone	99,99	100,00	99,99	100,00
Sulfentrazone + Amicarbazone	99,99	100,00	99,99	100,00
Hexazinone + Amicarbazone	99,99	100,00	99,99	100,00
LSD (0,05)	0,007		0,007	

Tabela 8 - Controle de *I. nil* e redução de massa seca, observado e esperado (Colby) aos 45 DAA, em 50% da dose recomendada

TRATAMENTOS	% CONTROLE		% MASSA SECA	
	45 DAA	COLBY	45 DAA	COLBY
Testemunha	0,00	-	0,00	-
Sulfentrazone (400 g ha ⁻¹)	99,99	-	99,99	-
Hexazinone (93,5 g ha ⁻¹)	60,00	-	65,00	-
Amicarbazone (525 g ha ⁻¹)	99,99	-	99,99	-
Sulfentrazone + Hexazinone	99,99	100,00	99,99	100,00
Sulfentrazone + Amicarbazone	99,99	100,00	99,99	100,00
Hexazinone + Amicarbazone	99,99	100,00	99,99	100,00
LSD (0,05)	0,007		0,007	

A espécie *I. hederifolia* foi controlada de maneira eficiente aos 45 DAA pelos herbicidas sulfentrazone (99,99%), hexazinone (92,00%) e amicarbazone (99,99%), aplicados isoladamente na dose correspondente a dose recomendada. Para redução de massa seca os resultados foram semelhantes, onde apenas o herbicida hexazinone aumentou para 93,75% sua eficiência na redução de massa seca comparada a porcentagem de controle. Os resultados da interação de destas moléculas foram aditivos para todas as misturas (Tabela 9).

Quando aplicada 50% da dose recomendada, os herbicidas sulfentrazone (99,99%) e amicarbazone (99,99%) foram eficientes aos 45 DAA tanto para o controle visual quanto para redução da massa seca, entretanto, a eficiência do herbicida hexazinone foi reduzida para 62,00% e 65,62% para controle visual e redução de massa seca respectivamente, quando aplicada a dose correspondente a 50% da recomendada, indicando que para esta espécie, a utilização desta dose aplicada isoladamente, resulta em efeitos insatisfatórios, contudo, o resultado da interação destas moléculas resultou em efeitos aditivos (Tabela 10).

Tabela 9 - Controle de *I. hederifolia* e redução de massa seca, observado e esperado (Colby) aos 45 DAA, em 100% da dose recomendada

TRATAMENTOS	% CONTROLE		% MASSA SECA	
	45 DAA	COLBY	45 DAA	COLBY
Testemunha	0,00	-	0,00	-
Sulfentrazone (800 g ha ⁻¹)	99,99	-	99,99	-
Hexazinone (187 g ha ⁻¹)	92,00	-	93,75	-
Amicarbazone (1050 g ha ⁻¹)	99,99	-	99,99	-
Sulfentrazone + Hexazinone	99,99	100,00	99,99	100,00
Sulfentrazone + Amicarbazone	99,99	100,00	99,99	100,00
Hexazinone + Amicarbazone	99,99	100,00	99,99	100,00
LSD (0,05)	0,007		0,007	

Tabela 10 - Controle de *I. hederifolia* e redução de massa seca, observado e esperado (Colby) aos 45 DAA, em 50% da dose recomendada

TRATAMENTOS	% CONTROLE		% MASSA SECA	
	45 DAA	COLBY	45 DAA	COLBY
Testemunha	0,00	-	0,00	-
Sulfentrazone (400 g ha ⁻¹)	99,99	-	99,99	-
Hexazinone (93,5 g ha ⁻¹)	62,00	-	65,62	-
Amicarbazone (525 g ha ⁻¹)	99,99	-	99,99	-
Sulfentrazone + Hexazinone	99,99	100,00	99,99	100,00
Sulfentrazone + Amicarbazone	99,99	100,00	99,99	100,00
Hexazinone + Amicarbazone	99,99	100,00	99,99	100,00
LSD (0,05)	0,007		0,007	

A espécie *M. aegyptia* foi controlada de maneira eficiente pelos herbicidas sulfentrazone (99,99%), hexazinone (95,00%) e amicarbazone (99,99%), aplicados isoladamente na dose correspondente a dose recomendada. Na avaliação da redução da massa seca os resultados foram semelhantes para os herbicidas sulfentrazone e amicarbazone, nesse caso o hexazinone reduziu sua eficiência para 85,10% na sua capacidade de redução de massa seca comparada a porcentagem de controle. Os resultados da interação de destas moléculas foram aditivos para todas as misturas quando ministrada a dose recomendada pelo fabricante (Tabela 11).

Ao utilizar 50% da dose recomendada, os resultados diferiram daqueles obtidos quando ministrada a dose comercial, para essa dose verificou-se que apenas o herbicida amicarbazone (99,99%) foi totalmente eficiente aos 45 DAA tanto para o controle visual quanto para redução da massa seca, quando aplicado isoladamente, nessa dose. O herbicida sulfentrazone apresentou 88,00% de controle visual e 86,37% de redução na massa seca. Esta espécie mostrou-se mais tolerante a ação do herbicida hexazinone, onde este apresentou a menor eficiência no controle visual (75,00%) e redução de massa seca (82,13%), quando aplicada a dose correspondente a 50% da recomendada, indicando que esta dose aplicada isoladamente, resultou em

efeitos insatisfatórios a níveis práticos quando a variável avaliada foi a porcentagem de controle visual.

O resultado da interação destas moléculas resultou em efeito aditivo para a mistura de hexazinone + amicarbazone para controle visual e redução da massa seca, enquanto que na mistura de sulfentrazone + hexazinone ocorreu sinergismo entre as moléculas para as duas variáveis avaliadas, e para a mistura de sulfentrazone + amicarbazone foi verificado efeito antagonista para controle visual e aditivo para redução de massa seca (Tabela 12).

Tabela 11 - Controle de *M. aegyptia* e redução de massa seca, observado e esperado (Colby) aos 45 DAA, em 100% da dose recomendada

TRATAMENTOS	% CONTROLE		% MASSA SECA	
	45 DAA	COLBY	45 DAA	COLBY
Testemunha	0,00	-	0,00	-
Sulfentrazone (800 g ha ⁻¹)	99,99	-	99,99	-
Hexazinone (187 g ha ⁻¹)	95,00	-	85,10	-
Amicarbazone (1050 g ha ⁻¹)	99,99	-	99,99	-
Sulfentrazone + Hexazinone	99,99	100,00	99,99	100,00
Sulfentrazone + Amicarbazone	99,99	100,00	99,99	100,00
Hexazinone + Amicarbazone	99,99	100,00	99,99	100,00
LSD (0,05)	0,007		0,007	

Tabela 12 - Controle de *M. aegyptia* e redução de massa seca, observado e esperado (Colby) aos 45 DAA, em 50% da dose recomendada

TRATAMENTOS	% CONTROLE		% MASSA SECA	
	45 DAA	COLBY	45 DAA	COLBY
Testemunha	0,00	-	0,00	-
Sulfentrazone (400 g ha ⁻¹)	88,00	-	86,37	-
Hexazinone (93,5 g ha ⁻¹)	75,00	-	82,13	-
Amicarbazone (525 g ha ⁻¹)	99,99	-	99,99	-
Sulfentrazone + Hexazinone	100,00	97,17	100,00	97,60
Sulfentrazone + Amicarbazone	97,00	100,00	99,99	100,00
Hexazinone + Amicarbazone	99,99	100,00	99,99	100,00
LSD (0,05)	1,276		0,454	

A espécie *I. quamoclit* foi altamente susceptível a ação dos herbicidas sulfentrazone (99,99%), hexazinone (99,99%) e amicarbazone (99,99%), aos 45 DAA, aplicados isoladamente na dose correspondente a dose recomendada pelo fabricante, porém, quando aplicado 50% desta dose o herbicida hexazinone a eficiência também foi reduzida à metade. Os mesmos resultados foram observados quanto a redução da massa seca para esta mesma espécie sobre a dose recomendada e a metade dessa dose. A interação entre estes herbicidas resultou em efeitos aditivos, independente da dose aplicada, não havendo diferenças significativas entre o controle obtido e o controle esperado através da equação de Colby (1967) (Tabela 13; tabela 14).

Tabela 13 - Controle de *I. quamoclit* e redução de massa seca, observado e esperado (Colby) aos 45 DAA, em 100% da dose recomendada

TRATAMENTOS	% CONTROLE		% MASSA SECA	
	45 DAA	COLBY	45 DAA	COLBY
Testemunha	0,00	-	0,00	-
Sulfentrazone (800 g ha ⁻¹)	99,99	-	99,99	-
Hexazonone (187 g ha ⁻¹)	99,99	-	99,99	-
Amicarbazone (1050 g ha ⁻¹)	99,99	-	99,99	-
Sulfentrazone + Hexazinone	99,99	100,00	99,99	100,00
Sulfentrazone + Amicarbazone	99,99	100,00	99,99	100,00
Hexazinone + Amicarbazone	99,99	100,00	99,99	100,00
LSD (0,05)	0,007		0,007	

Tabela 14 - Controle de *I. quamoclit* e redução de massa seca, observado e esperado (Colby) aos 45 DAA, em 50% da dose recomendada

TRATAMENTOS	% CONTROLE		% MASSA SECA	
	45 DAA	COLBY	45 DAA	COLBY
Testemunha	0,00	-	0,00	-
Sulfentrazone (400 g ha ⁻¹)	99,99	-	99,99	-
Hexazonone (93,5 g ha ⁻¹)	53,00	-	46,60	-
Amicarbazone (525 g ha ⁻¹)	99,00	-	98,30	-
Sulfentrazone + Hexazinone	99,99	100,00	99,99	100,00
Sulfentrazone + Amicarbazone	99,99	100,00	99,99	100,00
Hexazinone + Amicarbazone	99,40	99,50	99,10	99,09
LSD (0,05)	0,377		0,594	

4.2 Seletividade de herbicidas (ensaio 2)

O resultado da análise de variância para índice SPAD indicou que houve interação entre as épocas de avaliação e os herbicidas sulfentrazone, hexazinone e amicarbazone e a misturas de sulfentrazone + hexazinone, sulfentrazone + amicarbazone e hexazinone + amicarbazone (Tabela 15), os parâmetros utilizados nas equações de regressão quadrática estão dispostos na tabela 16.

Tabela 15 - Resumo do quadro da análise da variância para índice SPAD de plantas de cana-de-açúcar submetidas a herbicidas recomendados para a cultura da cana-de-açúcar. Rio Largo, 2013

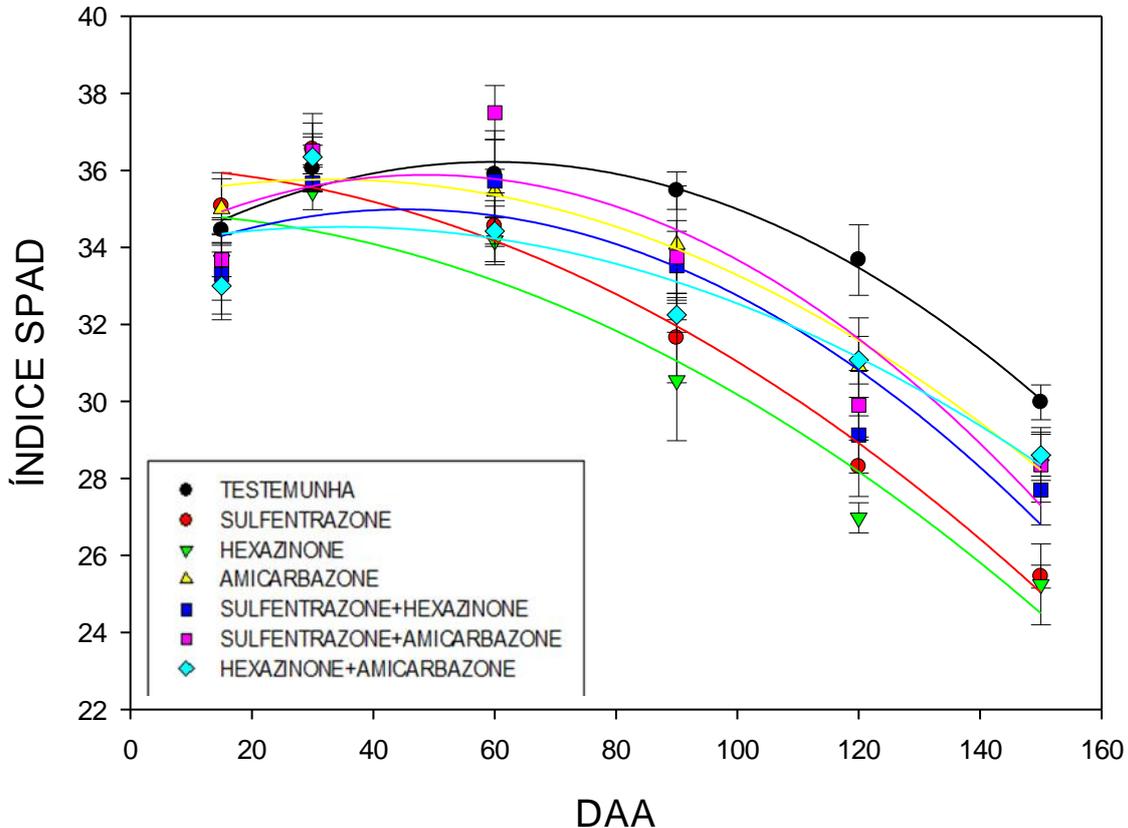
FONTE DE VARIAÇÃO	QM
	ÍNDICE SPAD
TRATAMENTO	26,97**
BLOCO	9,20
ERRO 1	3,05
TEMPO	298,67**
TEMPO*TRAT	4,76*
ERRO 2	2,77
CV 1 (%)	5,33
CV 2 (%)	5,09

Tabela 16 - Parâmetros da equação de regressão quadrática utilizada para descrever o índice SPAD nas plantas de cana-de-açúcar após a aplicação de herbicidas em pré-emergência. Rio Largo, 2013

DAA	PARÂMETROS			R ²	F
	A	b	c		
TESTEMUNHA	0,0906**	-0,0008**	33,51**	0,97	82,35
SULFENTRAZONE	-0,0046	-0,0005	36,11**	0,95	54,21
HEXAZINONE	-0,0035	-0,0004	34,93**	0,89	21,74
AMICARBAZONE	0,0360	-0,0005*	35,18**	0,95	45,36
SULF + HEXA	0,0677	-0,0007	33,46**	0,82	12,11
SULF + AMIC	0,0815	-0,0008	33,90**	0,74	8,16
HEXA + AMIC	0,0322	-0,0005	33,98	0,72	7,48

Nas avaliações realizadas aos 15, 30 e 60 DAA, todos os tratamentos se comportaram de maneira semelhante, não deferindo estatisticamente. Aos 30 DAA foi verificado um aumento no índice SPAD, que se estendeu até os 60 DAA. 90 DAA todos os tratamentos reduziram os valores do índice SPAD, porém, somente o hexazinone diferiu do restante dos tratamentos. Nesse caso o índice foi 30,55, enquanto que a testemunha atingiu 35,47 e o restante dos tratamentos foram semelhantes a esta. Aos 120 DAA todos os tratamentos continuaram reduzindo os valores do índice SPAD, nesse caso, a testemunha novamente apresentou o maior índice, 33,67, enquanto que os tratamentos sulfentrazone (28,3), hexazinone (26,97) e sulfentrazone + hexazinone (29,12) foram os únicos que diferiram da testemunha, não diferindo entre os mesmos. O decréscimo no índice SPAD perdurou até os 150 DAA, período em que foi realizado o último levantamento. Nesse caso, a testemunha permaneceu apresentando o maior valor no índice SPAD (29,97) e os únicos tratamentos que diferiram desta foram: sulfentrazone (25,45) e hexazinone (25,25) mas que não diferiram entre si (Figura 16).

Figura 16 – Índice SPAD de plantas de cana-de-açúcar submetidas aos herbicidas sulfentrazone, hexazinone, amicarbazone e a mistura destes aplicados na dose recomendada



Segundo Inoue (2007), a utilização de herbicidas no controle das plantas daninhas pode ocasionar sintomas de fitotoxicidade nas plantas no início do desenvolvimento da cultura, como cloroses, necroses e pequenas falhas visuais de brotação. Tais alterações no metabolismo da planta, resultam da degradação das clorofilas, que possuem estrutura química instável, sensível a ação do herbicida. Com a degradação, os teores de verde nas folhas também é alterado, com a planta apresentando aspecto esbranquiçado. Assim, métodos de quantificação e de estimativa de tais pigmentos, são utilizados como ferramentas para seleção de genótipos tolerantes a moléculas herbicidas (STREIT *et al.*, 2005).

Contudo, não foram observados sintomas de fitotoxicidade visual nas plantas, em nenhum dos tratamentos aplicados, logo, não foi possível afirmar que o decréscimo nos índices SPAD verificados no trabalho estão relacionados com algum tipo de injúria causada pelos herbicidas.

Os dados meteorológicos do período em que o experimento foi realizado, indicam que o comportamento observado em relação ao teor de verde nas plantas pode estar relacionado com o déficit hídrico observado na região durante todo o período em que foram realizadas as coletas de dados (Tabela 17). Outro fator que também explica essa redução no teor de verde das folhas seria o estado nutricional inadequado do solo junto a escassez de água ocorrida no período, ou ainda uma potencialização dos efeitos causados pelos herbicidas.

Tabela 17 – Precipitação pluviométrica mensal a área experimental durante as avaliações. Rio Largo, 2013

	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAIO	TOTAL
PRECIPITAÇÃO (mm)	13,6	44,8	39,6	32,2	267,2	158,8	556,2

Inman-Bamber (2004) ressalta que o tempo de exposição à seca afeta negativamente o crescimento da parte aérea, sobretudo a produção de folhas, acelerando a senescência foliar, podendo levar a uma redução na interceptação da radiação e conseqüentemente na fotossíntese, sendo assim, o déficit hídrico caracteriza-se como um dos estresses ambientais responsáveis pelas alterações dos pigmentos nas folhas.

Para a cultura da cana-de-açúcar, a ocorrência de injúrias visuais nas plantas tratadas e a estimativa do teor de verde nas folhas não são suficientes para determinar se uma variedade apresenta seletividade a um herbicida, devendo ser observado também os parâmetros produtivos como altura, diâmetro e número de colmos, sendo necessária para tal uma avaliação mais detalhada nos aspectos morfológicos da planta, pois são conhecidos exemplos de herbicidas que podem reduzir a produtividade das culturas sem produzir-lhes efeitos visualmente detectáveis, havendo também exemplos de herbicidas que provocam injúrias bastante acentuadas, mas que lhes permitem manifestar plenamente seus potenciais produtivos (NEGRISOLI *et al.*, 2004; COSTA, 2012).

O resultado das análises de variância para altura, diâmetro e número de plantas indicou que não houve interação entre as épocas de avaliação e os herbicidas

sulfentrazone, hexazinone e amicarbazone e a misturas de sulfentrazone + hexazinone e sulfentrazone + amicarbazone e hexazinone + amicarbazone para nenhuma destas variáveis analisadas, havendo diferença apenas em relação às épocas de avaliação, indicando que os herbicidas utilizados e suas misturas não interferem nesse parâmetros de desenvolvimento das plantas (Tabela 18; Figura 17, 18, 19).

Tabela 18 - Resumo do quadro da análise da variância para altura, diâmetro e altura de plantas de cana-de-açúcar submetidas a herbicidas recomendados para a cultura da cana-de-açúcar. Rio Largo, 2013

Fonte de variação	QM		
	Altura de plantas	Diâmetro de colmos	Nº de plantas
TRATAMENTO	152,19	0,05	208,98
BLOCO	326,71*	0,50*	1773,04*
ERRO 1	81,68	0,12	459,95
TEMPO	102868,0**	4,79**	10435,31**
TEMPO*TRAT	41,53	0,02	125,16
ERRO 2	27,23	0,02	82,32
CV 1 (%)	7,52	18,32	35,41
CV 2 (%)	4,34	6,53	14,98

Figura 17 – Altura média de plantas de cana-de-açúcar submetidas aos herbicidas sulfentrazone, hexazinone, amicarbazone e a mistura destes aplicados na dose recomendada

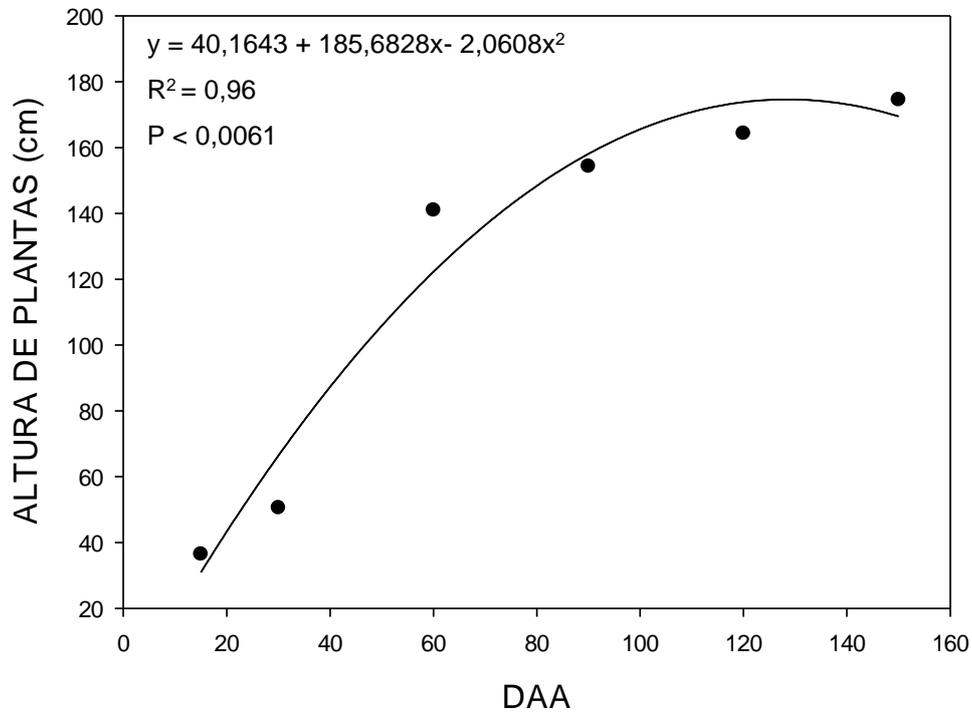


Figura 18 – Diâmetro médio de plantas de cana-de-açúcar submetidas aos herbicidas sulfentrazone, hexazinone, amicarbazone e a mistura destes aplicados na dose recomendada

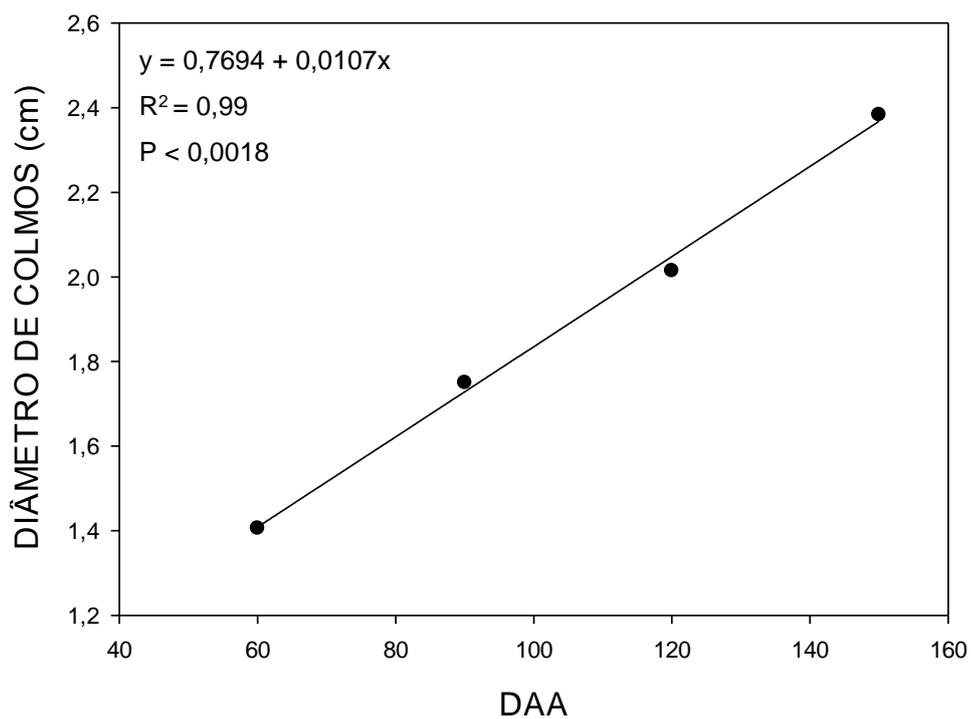
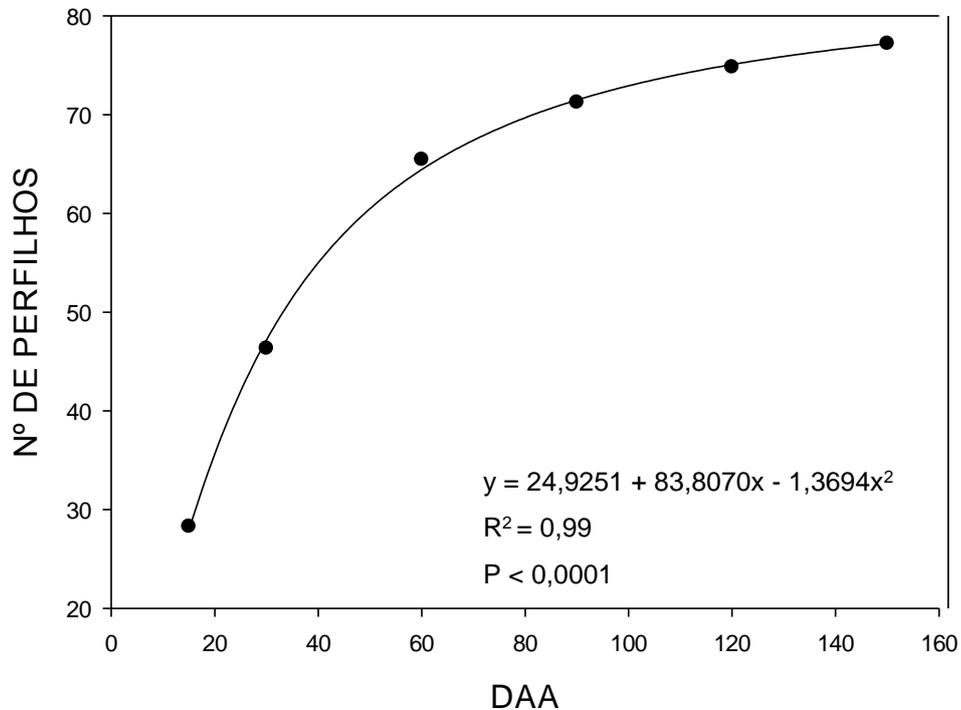


Figura 19 – Média do número de plantas de cana-de-açúcar submetidas aos herbicidas sulfentrazone, hexazinone, amicarbazone e a mistura destes aplicados na dose recomendada



Estudos realizados com herbicidas inibidores da PROTOX, aplicados na cultura da cana-de-açúcar, indicaram que estes produtos afetam significativamente, o diâmetro, o comprimento e o número de colmos da variedade RB835089 (FLAGLIARI *et al.*, 2001). Segundo Souza *et al.* (2009), diferentes variedades de uma mesma espécie podem responder de forma diferente a ação de um mesmo herbicida, o que explica a seletividade do sulfentrazone à variedade RB92579 que foi a utilizada no trabalho. Galon *et al.* (2009) também relatam existir diferenças entre genótipos de cana-de-açúcar, onde estes foram afetados de forma diferenciada pela aplicação de herbicidas.

Esses resultados estão de acordo com os de Negrisoli *et al.* (2004), que também não observaram diferenças significativas de crescimento de plantas de cana-de-açúcar submetidas a diversas associações de herbicidas inibidores do fotossistema II aos 150 DAA, inclusive associações com hexazinone, evidenciando que os tratamentos químicos que utilizam essas moléculas não influenciaram significativamente o desenvolvimento da cultura.

Segundo Fagliari *et al.* (2001), os herbicidas metribuzin e oxyfluorfen inibidor do fotossistema II e inibidor da PROTOX, respectivamente, aplicados em pré-emergência na cultura da cana-de-açúcar não reduzem a altura das plantas, indicando que estes herbicidas são seletivos para a cultura da cana-de-açúcar.

Rozanski & Franco (2010) verificaram que até 122 DAA o herbicida sulfentrazone não afetou o crescimento de plantas de cana-de-açúcar, demonstrando a seletividade desse herbicida à essa cultura. Monquero *et al.* (2001) também utilizaram sulfentrazone e obtiveram seletividade na cultura do milho, cultura com o mesmo metabolismo fotossintético da cana-de-açúcar.

Francino *et al.* (2010) utilizando o herbicida amicarbazone, verificou que os resultados das avaliações de altura e número de plantas não revelaram diferenças estatisticamente significativas, evidenciando claramente que o herbicida amicarbazone não causou nenhuma possível redução de produtividade de colmos industrializáveis.

5 CONCLUSÕES

Todos os herbicidas controlam de maneira satisfatória as espécies de corda-de-viola avaliadas, desde que se utilize a dose recomendada pelo fabricante. Quando ministrada a dose correspondente a metade da dose recomendada, verifica-se que o herbicida hexazinone tem sua eficácia reduzida no controle destas plantas, porém, ao ser misturado com o sulfentrazone ou amicarbazone, essa redução deixa de existir, mostrando que nessa dose, os três herbicidas podem ser misturados sem que haja efeitos antagônicos.

Os herbicidas sulfentrazone, hexazinone, amicarbazone e a mistura destes atingem níveis de controle acima de 80% quando aplicados sobre a palha da cana-de-açúcar para as espécies *I. nil*, *I. hederifolia*, *M. aegyptia* e *I. quamoclit* em doses inferiores que a dose recomendada, sendo estes considerados herbicidas eficazes no controle de espécies de corda-de-viola.

Os herbicidas sulfentrazone, hexazinone, amicarbazone e a mistura destes não causam fitotoxicidade nas plantas de cana-de-açúcar da variedade RB92579 quando aplicados em pré-emergência, sendo estes considerados herbicidas seletivos para essa cultura, pois não reduzem o crescimento em altura, diâmetro e número de perfilhos.

REFERÊNCIAS

- ALAM - ASOCIACION LATINO AMERICANA DE MALEZAS. Recomendaciones sobre unificación de evaluación en ensayos de control de malezas. **ALAM**, v.1, p.35-8, 1974.
- ALLA, M. M; BADAWI, A. M; HASSAN, N. M; EL-BATASWISY, Z. M; BADRAN, E. G. Herbicide tolerance in maize is related to increased levels of glutathione and glutathione associated enzymes. **Acta Physiology Plant**.v.30, p.371–379, 2008.
- ALMEIDA, F. S.; RODRIGUES, B. N. **Guia de herbicidas** - contribuição para o uso adequado em plantio direto e convencional. Londrina: Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, 1985. 482 p.
- ARALDI, R. et al. Avaliação da intoxicação de cultivares de cana-de-açúcar e *I. grandifolia* ao amicarbazone. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 29, n. 4, p. 869-875, 2011.
- AZANIA, A. A. P. M. et al. Sugar Cane (*Saccharum spp.*) Straw Interference in Emergence of Weed Species of the Convolvulaceae Family. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.20, n.2, p.207-212, 2002.
- AZANIA, C. A. M. et al. Seletividade de herbicidas. I – Utilização do método de testemunhas pareadas em experimento com cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v.23, p.661-667, 2005.
- CAMADRO, J. M.; MATRINGE, M.; SCALLA, R.; LABBE, P. Kinetic studies on protoporphyrinogen oxidase inhibition by diphenyl ether herbicides. **Biochemical Journal**, v.277, p.17-21, 1991.
- CAMPOS, L. H. F. et al. Emergência de *Merremia cissoides*, *Mucuna aterrima* e *Neonotonia wightii* sob diferentes profundidades de semeadura e quantidades de palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 29, p. 975-980, 2011. Número Especial.
- CAMPOS, L. H. F. et al. 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. et al. 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, 2012, Campo Grande. **Anais...** Sociedade Brasileira da Ciência das plantas Daninhas, 2012, p. 134 – 140.
- CARVALHO, S. J. P. et al. 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**, Piracicaba, v. 59, n. 3, p. 513-519, 2002.

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

CHRISTOFFOLETI, P. J. et al. Carfentrazone-ethyl aplicado em pós-emergência para o controle de *Ipomoea spp.* e *C. benghalensis* na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 83-90, 2006.

COLBY, S. R. Calculating synergistic and antagonistic responses of herbicide combinations. **Weeds**, v. 15, 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.

CORREIA, N. M.; CAMILO, E. H.; SANTOS, E. A. Sulfentrazone efficiency on *ipomoea hederifolia* and *ipomoea quamoclit* as influenced by rain and sugarcane straw. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 31, n. 1, p. 165-174, 2013.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C. Emergência de plantas daninhas em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 22, n. 1, p. 11-17, 2004.

COSTA, S. Í. A. et al. Seletividade do herbicida saflufenacil aplicado em pós-emergência em dez variedades de cana-de-açúcar na condição de soca. **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v.79, n.1, p.111-118, jan./mar., 2012.

DEVINE, M. D.; SHUKLA, A. Altered target sites as a mechanism of herbicide resistance. **Crop Protection**, v.19, p.881-889, 2000.

DEVINE, M.; DUKE, S. O.; FEDKE, C. **Physiology of herbicide action**. New Jersey: P T R Prentice-Hall, 1993. 441p.

EGLEY, G. H.; DUKE, S. Physiology of weed seed dormancy and germination. In: DUKE, S. O. **Weed physiology**. I- reproduction and ecophysiology. Florida: CRC Press, 1985. p. 27-64.

FAGLIARI, J.R.; OLIVEIRA JR, R.S.; CONSTANTIN, J. Métodos de avaliação da seletividade de herbicidas para a cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Acta Scientiarum**, v.23, p.1229-1234, 2001.

FENER, M. Germination tests of thirty-two East African weed species. **Weed Res.**, v. 20, p. 135-138, 1980.

FRANCINO, P. et al. Seletividade do herbicida amicarbazone para soqueiras de cana-de-açúcar aplicado na época chuvosa no estado de Goiás. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 27, 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2010. p.2327-2330.

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 1986. p. 29-45.

GALON, L. et al. Seletividade de herbicidas a genótipos de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 27, p. 1083-1093, 2009. Número Especial.

HENDRY, G. A. F.; GRIME, J. P. **Methods in comparative plant ecology** - a laboratory manual. 1 ed. London: Chapman & Hall, 1993. 252p.

HOLT, J. S.; POWLES S. B.; HOLTUM J. A. M. Mechanisms and agronomic aspects of herbicide resistance. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**. v.44, p.203-291, 1993.

INMAN-BAMBER, N.G. Sugarcane water stress crite for irrigation and drying off. **Field Crops Research**, 8107-122. 2004.

INOUE, M. H. et al. Performance de associações de herbicidas em cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). **Rev. Bras. Herb.**, v.6, n.2, p.32-41, jul./dez. 2007.

JORDAN, T. N.; WARREN, G. F. Herbicide combinations and interactions. In: **HERBICIDE ACTION COURSE**. Indiana: Purdue University, 1995. p. 238-254.

KEELEY, P. E; THULLEN, R. J. Growth and competition of black nighthshade *Solanum nigrum*, and palmer amaranth *Amaranthus palmeri* with cotton *Gossypium hirsutum*. **Weed Sci.**, v.37, n.3, p.326-334, 1989.

KISSMANN, K. G; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2.ed. São Paulo: BASF, 1999. Tomo II. 978 p.

KRUSE, N. D.; TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A. Herbicidas inibidores do EPSPS: Revisão de literatura. **R. Bras. Herb.**, v. 1, n. 2, p. 139-46, 2000.

KRUSE, N. D.; VIDAL, R. A.; TREZZI, M. M. Curvas de resposta e isoblograma como forma de descrever associação de herbicidas inibidores do fotossistema II e da síntese de carotenóides. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 579-587, 2006.

KUVA, M. A. et al. Interference Periods of Weeds in the Sugarcane Crop. III – *Brachiaria decumbens* and *Panicum maximum*. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.21, n.1, p.37-44, 2003.

KUVA, M. A. **Banco de sementes, fluxo de emergência e fitossociologia de comunidade de plantas daninhas em agroecossistema de cana crua.** 2006. 105 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

KUVA, M. A. et al. Fitossociologia de comunidades de plantas daninhas em agroecossistema cana-crua. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 501-511, 2007.

LAMOREAUX, R. J.; JAIN, R.; HESS, F. D. Efficacy of dimethenamid, metolachlor and encapsulated alachlor in soil covered with crop residue. **Brington Crop Protec. Conf. – Weeds**, v. 3, p. 1015-1020, 1993.

LAVORENTI, A. Comportamento de herbicidas no meio ambiente. In: MBRAPA – CNPMA. Workshop sobre biodegradação. **Anais...** Campinas, SP, 1996. p.81-115, 1996.

LICH, J. M.; RENNER K. A.; PENNER, D. Interaction of glyphosate with postemergence soybean (*Glycine max*) herbicides. **Weed Sci.**, v.45, p. 12-21, 1997.

LOCKE, M. A.; BRYSON, C. T. Herbicide-soil interaction in reduced tillage and plant residue management systems. **Weed Sci.**, v. 45, p. 307-20, 1997.

LORENZI, H. Plantas daninhas e seu controle na cultura da cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 4, 1988, Piracicaba. **Anais...** São Paulo: COOPERSUCAR, 1988. p.281-301.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil:** terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. 3.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 608 p.

MANTELATTO, P. E. **Estudo do processo de cristalização de soluções impuras de sacarose de cana-de-açúcar por resfriamento.** 272 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2005.

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

MATHIS, W. D.; OLIVER, L. R. Control of six morningglory (*Ipomoea*) species in soybeans (*Glycine max*). **Weed Sci.**, v. 28, n. 4, p. 409-415, 1980.

MATRINGE, M. J.; CAMADRO, J.; LABETTE, P.; SCALLA, R. Protoporphyrinogen oxidase as a molecular target for diphenyl ether herbicides. **Weed Sci.**, v. 26, n. 5, p. 459-464, 1978.

MEDEIROS, D. **Efeitos da palha de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) sobre o manejo de plantas daninhas e dinâmica do banco de sementes.** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2001. 126p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2001.

MEROTTO JÚNIOR, A.; VIDAL, R. A. **Herbicidas inibidores da Protox**. In: VIDAL, R. A.; MEROTTO JÚNIOR, A. (Ed.). *Herbicidologia*. Porto Alegre, 2001. p.69-86.

MERSIE, W. et al. Atrazine and metolachlor sorption to switchgrass residues. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.**, v. 37, n. 3-4, p. 465-472, 2006.

MONQUERO, P. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; DIAS, C. T. S. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas inibidores da ALS na cultura da soja (*Glycine max*). **Planta Daninha**, v. 18, n. 3, p. 419-423, 2000.

MONQUERO, P. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; SANTOS, C. T. Glyphosate em mistura com herbicidas alternativos para manejo das plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 19, p. 375-380, 2001.

MONQUERO, P.A. **Dinâmica populacional e mecanismos de tolerância de espécies de plantas daninhas ao herbicida glyphosate**. 2003, 99f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

MONQUERO et. al. Seletividade de herbicidas em variedades de cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p.286-293, 2011.

NEGRISOLI, E. *et al.* Eficácia do sulfentrazone em diferentes doses associado à palha de cana-de-açúcar com ou sem chuva após a aplicação no controle de plantas daninhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 24., 2004, São Pedro. **Anais...** São Pedro: Sociedade Brasileira da Ciência do Solo, 2004. p.150.

NEGRISOLI, E. *et al.* Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura de cana-de-açúcar tratada com nematicidas. **Planta Daninha**, v. 22, p.567-575, 2004.

NEGRISOLI, E. *et al.* 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. Avaliação da suscetibilidade de cordas-de-viola (*Ipomoea spp* e *Merremia aegyptia*) ao glifosato por meio de curvas de dose-resposta. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 27, 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2010. p.253.

O'NEIL P.M.; SHANAHAN J. F.; SCHEPERS J. S. Use of chlorophyll fluorescence assessments to differentiate corn hybrid response to variable water conditions. **Crop Sci.** v. 46: 681-687, 2006.

OLIVEIRA JR., R. S. et al. Aplicações isoladas ou associadas de diuron, oxyfluorfen e prometryne para o controle de *Euphorbia heterophylla*. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 29, n. 3, p. 635-645, 2011.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. Mecanismos de ação de herbicidas. IN: R. S. Oliveira Jr. et al. (Eds.), **Biologia de Manejo de Plantas Daninhas**. 1ª Ed. Editora Ominpax, p. 140-192, 2011.

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

ORZARI, I. *et al.* Germination of Convolvulaceae family species under different light and temperature conditions and sowing depth. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 31, n. 1, p. 53-61, 2013

PITELLI, R. A. Competição e controle das plantas daninhas em áreas agrícolas. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v.4, n.12, p. 1 – 24, 1987.

PITELLI, R. A. Dinâmica de plantas daninhas no sistema de plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 1995, Florianópolis. **Palestras...** Florianópolis: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1995. p. 5-12.

PROCÓPIO, S. O.; SILVA, A. A.; VARGAS, L.; FERREIRA, F. A. **Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar**. Viçosa: UFV, 2003, 153p.

PROCÓPIO, S. O.; SILVA, A. A.; VARGAS, L. **Manejo e controle de plantas daninhas em cana-de-açúcar**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, p. 397-452, 2004.

RETZINGER, E. J.; MALLORY-SMITH, C. Classification of herbicides by site of action for weed resistance management strategies. **Weed Technology**, v.11, p.384-393, 1997.

RIZZARDI, M. A.; VARGAS, L.; ROMAN, E. S.; KISSMANN, K. Aspectos gerais do manejo e controle de plantas daninhas. In: VARGAS, L.; ROMAN, E.S. (Ed.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p.105-144.

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

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

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.

ROZANSKI, A; FRANCO, D. A. S. Avaliação da dose do herbicida sulfentrazone no controle de plantas daninhas nas culturas de milho e cana-de-açúcar. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 27, 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2010. p.1243.

SENSEMAN, S. A. **Herbicide handbook**. 9.ed. Lawrence: Weed Science Society of America, 2007. 458 p.

SHURTLEFF, J. L.; COBLE, H. D. Interference of certain broadleaf weed species in soybeans (*Glycine max*). **Weed Sci.**, v. 33, p. 654-657, 1985.

SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R.; SANTOS, J. B. Métodos de controle de plantas daninhas. IN: SILVA, A. A; SILVA J. F. (Eds.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**, 1ª Ed., Editora UFV, p.367, 2007.

SILVA, B. M.; RAVANELI, M. A. C.; PASCHOALATO, C. F. P. R. TOXICIDADE AGUDA DOS HERBICIDAS DIURON E HEXAZINONA À *Danio rerio*. **Pesticidas: r. ecotoxicol. e meio ambiente**, Curitiba, v. 20, p. 17-28, jan./dez. 2010.

SISTEMA DE AGROTÓXICOS FITOSSANITÁRIOS - AGROFIT. Disponível em: http://www.extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons> Acesso em: 05 jul. 2013.

SOUZA, J. R. et al. Tolerância de cultivares de cana-de-açúcar a herbicidas aplicados em pós-emergência. **Bragantia**, v.68, p.941-951, 2009.

STREIBIG, J.C. Herbicide bioassay. **Weed Research**, Oxford, v. 28, n. 6, p. 479-484, 1988.

STREIT, N. M. *et al.* As clorofilas. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p. 748-755, 2005.

TOLEDO, R. E. B. et al. Dinamic (amicarbazone) – novo herbicida seletivo para o controle de plantas daninhas em pré e pós-emergência na cultura da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 24, 2004, São Pedro. **Anais...** São Pedro: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2004. p. 451.

TOLEDO, R. E. B. *et al.* 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.

VELINI, E. D. **Estudo e desenvolvimento de métodos experimentais e amostrais adaptados à matologia**. 1995. 250 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 1995.

VELINI, E. D.; NEGRISOLI, E. Controle de plantas daninhas em cana crua. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2000. p. 148-164.

ZIMDAHL, R. L. **Fundamentals of weed science**. 3.ed. San Diego: Academic Press, 2007. 666 p.