

ALESSANDRA CONSTANTIN FRANCISCHINI

**IDENTIFICAÇÃO DE RESISTÊNCIA AOS HERBICIDAS UTILIZADOS
NO ALGODOEIRO EM BIÓTIPOS DE *Amaranthus retroflexus* e
Amaranthus viridis ORIUNDOS DAS REGIÕES PRODUTORAS DA
BAHIA, GOIÁS, MATO GROSSO E MATO GROSSO DO SUL.**

**MARINGÁ - PARANÁ - BRASIL
FEVEREIRO – 2011**

ALESSANDRA CONSTANTIN FRANCISCHINI

**IDENTIFICAÇÃO DE RESISTÊNCIA AOS HERBICIDAS UTILIZADOS
NO ALGODOEIRO EM BIÓTIPOS DE *Amaranthus retroflexus* e
Amaranthus viridis ORIUNDOS DAS REGIÕES PRODUTORAS DA
BAHIA, GOIÁS, MATO GROSSO E MATO GROSSO DO SUL.**

Dissertação apresentada à
Universidade Estadual de Maringá,
como parte das exigências do
Programa de Pós-graduação em
Agronomia, para obtenção do título de
Mestre, Área de Concentração:
Proteção de Plantas.

**MARINGÁ - PARANÁ – BRASIL
FEVEREIRO – 2011**

ALESSANDRA CONSTANTIN FRANCISCHINI

**IDENTIFICAÇÃO DE RESISTÊNCIA AOS HERBICIDAS UTILIZADOS
NO ALGODOEIRO EM BIÓTIPOS DE *Amaranthus retroflexus* e
Amaranthus viridis ORIUNDOS DAS REGIÕES PRODUTORAS DA
BAHIA, GOIÁS, MATO GROSSO E MATO GROSSO DO SUL.**

Dissertação apresentada à
Universidade Estadual de Maringá,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Agronomia, área de concentração em
Produção de Plantas, para obtenção do
título de Mestre.

Em: 29/02/2012

Prof. Dr. Ribas Antonio Vidal

Prof. Dr. Robison Osipe

Prof. Dr. Jamil Constantin
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha família, pelos meus amigos, pelas pessoas especiais e únicas, pela força diária e pela paciência em todos os dias da minha vida;

À Universidade Estadual de Maringá, em especial ao Departamento de Agronomia, pela oportunidade concedida para realização deste trabalho;

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, a todos os professores e em especial à Érika e ao Reinaldo, o meu muito obrigado de coração, por todos os galhos quebrados, e aos puxões de orelhas recebidos que me fizeram mais responsável;

Ao Professor Dr. Jamil Constantin, pela orientação, apoio, amizade, broncas, confiança em mim depositada e pela pessoa brilhante que me conduziu todo esse tempo;

Ao Professor Dr. Rubem Silvério de Oliveira Júnior, pela orientação, amizade, colaboração, ideias, conversas, compreensão, oportunidade e pelas suas contribuições à minha formação profissional e pessoal;

Aos funcionários do Departamento de Agronomia/UEM, Milton Lopes da Silva e ao Técnico Luis Machado Homem, pela presteza e apoio na condução dos experimentos em casa-de-vegetação.

À CAPES, pela bolsa concedida em nível de mestrado;

Aos alunos do curso de graduação e pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Maringá, Guilherme Braga Pereira Braz, Luis Henrique Morais Franchini, Denis Fernando Biffe, Diego Gonçalves Alonso, Fabiano Aparecido Rios, Alexandre Gemelli, Eliezer Gheno, Pedro Edges

Martini, Talita Jumes, Hugo de Almeida Dan, Naiara Guerra, Antonio Mendes de Oliveira Neto, Felipe Fornazza, Rodrigo Franciscon e Hudson Takano, pela amizade e auxílio na condução dos experimentos.

E um agradecimento especial a Gizelly Santos, pela ajuda em todas as etapas da dissertação, pela parceira nos trabalhos, artigos e trabalhos de desenvolvimento.

Aos meus amigos e amigas, Lilian Dena, Gilda Helena Werneck, Liliane Carvalho, André Avilla, Cassiano Correa Lima, Helen Oliveira, Carlos Eduardo, Gheisa Julio Pinto e Carolina Lopes pelas risadas, pela ajuda com o estresse, e por me aguentar o tempo todo, rindo ou chorando;

Aos meus pais Primo Antonio Francischini e Josefina Constantin, meu irmão, Alex Antonio Francischini, pelo constante carinho, amor, dedicação e a sempre compreensão, por minha formação e por estarem sempre ao meu lado, me protegendo e me recolhendo em qualquer adversidade. São meus amores, minha razão de viver e meus heróis eternos;

Aos meus tios e tias que sabem a importância que têm, e por serem a fonte inspiradora e de conhecimento em minha vida;

Aos meus avós Constantin Jamil Constantin (*In memoriam*), Malake Sarkis Boudoher (*In memoriam*) e Horlanda Bertini, pela infância, pelo amor, pelos costumes, pelas raízes deixadas e pelo caráter que me foi dado.

BIOGRAFIA

ALESSANDRA CONSTANTIN FRANCISCHINI, nascida em 06 de novembro de 1980, em Maringá, Paraná, é Engenheira Agrônoma formada pela Universidade Estadual de Maringá, Maringá, em fevereiro de 2010. Em março de 2010, ingressou como aluna de mestrado no Programa de Pós-graduação em Agronomia, na Universidade Estadual de Maringá.

ÍNDICE

RESUMO	1
ABSTRACT	3
INTRODUÇÃO GERAL	5
CAPÍTULO 1	
Eficiência do trifloxisulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium aplicado em pré-emergência em espécies susceptíveis de <i>Amaranthus</i>	
RESUMO	7
INTRODUÇÃO	8
MATERIAL E MÉTODOS	11
RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
CONCLUSÃO	21
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
CAPÍTULO 2	
Identificação de resistência de biótipos de <i>Amaranthus retroflexus</i> e <i>Amaranthus viridis</i> aos herbicidas inibidores da enzima ALS, aplicados em pós-emergência na cultura do algodão	
RESUMO	25
INTRODUÇÃO	27
MATERIAL E MÉTODOS	31
RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
CONCLUSÃO	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
CAPÍTULO 3	
Identificação de resistência de biótipos de <i>Amaranthus retroflexus</i> e <i>Amaranthus viridis</i> aos herbicidas inibidores da enzima ALS utilizados em pré-emergência na cultura do algodão	
RESUMO	55
INTRODUÇÃO	57
MATERIAL E MÉTODOS	60
RESULTADOS E DISCUSSÃO	68
CONCLUSÃO	102
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
ANEXOS	110

RESUMO

FRANCISCHINI, A.C. MSc. Universidade Estadual de Maringá. Fevereiro – 2012.

Identificação de resistência aos herbicidas utilizados no algodoeiro em biótipos de *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus viridis* oriundos das regiões produtoras da Bahia, Goiás, Mato grosso e Mato grosso do sul. Orientador: Prof. Dr. Jamil Constantin; Co-orientador: Prof. Dr. Rubem Silvério de Oliveira Júnior.

A escassez de produtos registrados para a cultura do algodão promove a utilização por vários anos consecutivos dos mesmos mecanismos de ação, causando pressão de seleção nas espécies de plantas daninhas selecionando biótipos resistentes. Assim, têm-se observado reclamações de produtores, ocasionados pelo deficit de controle proporcionado por alguns herbicidas, aumentando a quantidade de plantas escapes na lavoura. Desta maneira, o objetivo do trabalho foi investigar a dose ótima de controle de trifloxysulfuron-sodim e pyriithiobac-sodium aplicados em pré-emergência no controle de 4 espécies de *Amaranthus* susceptíveis. Além disso, foram realizadas pesquisas com o intuito de investigar a possível ocorrência de biótipos resistentes de *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus viridis* coletados das principais regiões produtoras de algodão do Brasil (Mato Grosso do Sul, Goiás, Bahia e Mato Grosso) ao trifloxysulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium em pós-emergência e aos herbicidas aplicados em pré-emergência, como atrazine, prometryn, diuron (inibidores do FS II), trifluralin (inibidor da formação de tubulina), s-metolacchor (inibidores da divisão celular ou VLCFA), trifloxysulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium (inibidores da enzima ALS). Todos os experimentos foram realizados em casa de vegetação. Verificou-se, portanto, que os herbicidas trifloxysulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium, aplicados em pré-emergência das espécies de *Amaranthus* susceptíveis, foram eficazes no controle de todas as espécies de caruru testadas, sendo as mais sensíveis até em aplicações de subdoses o *Amaranthus lividus* e o *Amaranthus hybridus*, podendo ser usadas para o controle de todas as espécies utilizadas neste trabalho em aplicações em pré-emergência. Na avaliação de suspeita de resistência de biótipos de

Amaranthus retroflexus em aplicações em pós-emergência de trifloxysulfuron-sodium, pode se confirmar resistência nas amostras MS 1, MS 2, GO 3, GO 4, GO 6, enquanto, em aplicações com pyriithiobac-sodium, foram confirmados os casos de resistência nas amostras coletadas no MS 2, GO 3, GO 4 e GO 6. Na avaliação de suspeita de resistência de biótipos de *Amaranthus viridis* em aplicações em pós-emergência de trifloxysulfuron-sodium, pode-se confirmar resistência apenas na amostra MS 1, enquanto, em aplicações com pyriithiobac-sodium, não houve confirmação de casos de resistência em nenhuma das amostras. Nas aplicações realizadas em pré-emergência em biótipos de *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus viridis*, pode-se identificar resistência dos biótipos presentes nas amostras coletadas nos estados do Mato Grosso do Sul, Goiás, Bahia e Mato Grosso. Nestas aplicações em pré-emergência, biótipos de *A. retroflexus* foram identificados resistentes aos herbicidas atrazine (GO 3 e MT 13), prometryne (GO 3, GO 5, GO 6 e MT 13), trifloxysulfuron-sodium (MS 2, GO 3, GO 4, GO 5, GO 6 e MT 13) e ao pyriithiobac-sodium (MS 2, GO 3, GO 4, GO 5 e GO 6). Para os biótipos de *A. viridis* coletados, houve identificação de resistência ao herbicida atrazine (BA 7 e BA 9, à prometryne (BA 7, BA 8, BA 9, BA 10 e BA 11) e ao herbicida trifloxysulfuron-sodium (BA 7, BA 8, BA 9 e BA 11). Sendo identificado ainda, resistência cruzada entre os biótipos de *A. retroflexus* aos herbicidas inibidores da ALS (trifloxysulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium). A resistência cruzada entre herbicidas triazínicos (atrazine e prometryn) pode ser identificada tanto nos biótipos de *A. retroflexus*, quanto nos biótipos de *A. viridis*. E ainda, para ambas as espécies de *Amaranthus* testadas neste trabalho, houve a confirmação de casos de resistência múltipla entre os inibidores da ALS e os Inibidores do FSII. Não houve nenhuma confirmação de resistência dos biótipos de *A. retroflexus* e *A. viridis* para os herbicidas trifluralin, s-metolachor e diuron, podendo ser alternativa de controle no manejo em pré-emergência de biótipos resistentes.

Palavras-chave: caruru-gigante, caruru-de-mancha, cloroacetamidas, dinitroanilinas.

ABSTRACT

The shortage of registered products in cotton growing for several years for the same mechanisms of action has promoted pressure selection on weed species, selecting resistant biotypes. Thus, there have been complaints from producers caused by the deficit of control provided by certain herbicides, increasing the amount of plants not controlled in crops. Thus, the objective was to investigate the optimum dose control of trifloxysulfuron-sodium and pyriproxyfen-sodium applied in pre-emergence control of four *Amaranthus* species, to investigate the possible occurrence of resistant biotypes of *Amaranthus hybridus* collected from cotton producing states (MS, GO, BA and MT) with herbicides ALS inhibitors applied in post-emergence, and investigate cases of resistance in biotypes of *Amaranthus hybridus* to the herbicides: Photosystem II inhibitors, ALS inhibitors, tubulin inhibitors, cell division inhibitors all applied in pre-emergence. All experiments were performed in greenhouse. It is thus that the herbicides trifloxysulfuron-sodium and pyriproxyfen-sodium applied in pre-emergence control were effective in all tested species of pigweed, and the most sensitive to the applications was *Amaranthus lividus* and *Amaranthus hybridus* to lethal and sublethal doses and can be recommended for control of such plants in pre-emergence applications. In the evaluation of suspected resistant biotypes of *Amaranthus retroflexus* in post-emergence applications of trifloxysulfuron-sodium can be confirmed resistance in samples of MS 1, MS 2, GO 3, GO 4 and GO 6, and applications of pyriproxyfen-sodium confirmed cases of resistance in samples of MS 2, GO 3, GO 4 and GO 6. Biotypes of *A. viridis* confirmed resistance only in MS 1. In applications carried out in pre-emergence of *Amaranthus retroflexus* biotypes, to verify the suspected herbicide resistance to ALS inhibitors, tubulin inhibitors, proteins and nucleic acids inhibitors and Photosystem II inhibitors, it was possible to identify resistant biotypes present in samples from states of Mato Grosso do Sul (MS), Goiás (GO), Bahia (BA) and Mato Grosso (MT). *A. retroflexus* were identified resistant to atrazine (GO 3 and MT 13), prometryne (GO 3, GO 5, GO 6 and MT 13), trifloxysulfuron-sodium (MS 2, GO 3, GO 4, GO 5, GO 6 and MT 13) and to pyriproxyfen-sodium herbicide (MS 2, GO 3, GO

4, GO 5 e GO 6). Was found resistance in biotypes of *A. viridis* to atrazine (BA 7 and BA 9), to prometryn (BA 7, BA 8, BA 9, BA 10 and BA 11), to trifloxysulfuron-sodium (BA 7, BA 8, BA 9 and BA 11). Was been identified yet, cross-resistance between *A. retroflexus* biotypes to ALS-inhibiting herbicides (trifloxysulfuron-sodium X pyriithiobac-sodium). Cross-resistance was found in biotypes of both species of *Amaranthus* between the triazine herbicides (atrazine X prometryn). Also in the same samples of *A. retroflexus* and *A. viridis* confirmed cases of multiple resistance among ALS inhibitors and inhibitors of the FSI. There was no confirmation of resistance to all biotypes tested to herbicides like trifluralin, s-metolachor and diuron, can be used as an alternative in the pre-emergence management control for resistant weeds biotypes.

Keywords: redroot pigweed, slender amaranth, chloroacetamide, dinitroanilines.

INTRODUÇÃO GERAL

O controle de plantas daninhas nos últimos anos tem sido realizado basicamente pelo uso de herbicidas. O uso intensivo de determinados produtos na mesma área tem levado à seleção de plantas resistentes aos herbicidas de certos mecanismos de ação, resultando em falhas de controle de algumas espécies de plantas daninhas no campo.

Desta maneira, resistência de uma planta daninha a um herbicida é a capacidade inerente e herdável de um biótipo sobreviver e se reproduzir após a exposição a um herbicida normalmente letal para a população susceptível da mesma espécie. A resistência de plantas daninhas aos herbicidas é um fenômeno natural que ocorre espontaneamente em populações, não sendo, portanto, o herbicida o agente causador, mas sim selecionador dos indivíduos resistentes que se encontra em baixa frequência inicial.

A seleção destes biótipos resistentes de plantas daninhas está condicionada às mudanças genéticas na população impostas pela pressão de seleção causada pelo uso repetitivo dos mesmos mecanismos de ação. Dependendo do comportamento do indivíduo frente aos mecanismos de ação, e aos grupos químicos dos herbicidas, pode-se classificar a resistência como singular, cruzada ou múltipla.

Tal condição tem prejudicado o cultivo das espécies de interesse econômico em todo o mundo, devido à falta de controle destes biótipos problemáticos, os quais competem por água, luz, nutrientes, reduzindo a qualidade do produto da colheita e causando reduções drásticas na produtividade.

No Brasil têm havido reclamações de produtores que não obtêm controle satisfatório de várias espécies de plantas daninhas em campos produtores de grãos e de plumas de algodão. Tal problema pode ser decorrente de aplicações mal realizadas, de condições adversas (temperatura, umidade relativa, velocidade do vento, inversão térmica), como também da seleção de biótipos de plantas daninhas resistentes provocadas pelo uso contínuo dos mesmos herbicidas no decorrer dos anos.

Já existe a identificação de centenas de plantas daninhas resistentes aos herbicidas em todo o mundo e entre eles de biótipos de *Amaranthus sp.* Em função de seu hábito de crescimento agressivo, ampla diversidade genética e prolífica produção de sementes, as plantas chamadas comumente de “carurus” constituem plantas que podem ser facilmente selecionadas.

Desta maneira, o objetivo deste trabalho foi investigar a dose ótima de trifloxysulfuron-sodim e pyriithiobac-sodium aplicados em pré-emergência no controle de espécies de *Amaranthus* susceptíveis. Além disso, foram realizadas pesquisas com o intuito de investigar a possível ocorrência de biótipos de *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus viridis* coletados de regiões produtoras de algodão no Brasil (Mato Grosso do Sul, Goiás, Bahia e Mato Grosso) com resistência ao trifloxysulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium em pós-emergência e aos herbicidas aplicados em pré-emergência, como atrazine, prometryn, diuron (inibidores do FS II), trifuralin (inibidor da formação de tubulina), s-metolacclhor (inibidores da divisão celular) e trifloxysulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium (inibidores da enzima ALS).

CAPÍTULO 1

EFICIÊNCIA DO TRIFLOXYSULFURON-SODIUM E PYRITHIOBAC-SODIUM APLICADO EM PRÉ-EMERGÊNCIA EM POPULAÇÕES SENSÍVEIS DE *Amaranthus*

RESUMO. Plantas daninhas da família *Amaranthaceae* podem causar perdas na produtividade do algodoeiro se não forem controladas corretamente. Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar a eficiência dos herbicidas trifloxysulfuron-sodim e pyriithiobac-sodium no controle das espécies de *Amaranthus hybridus*, *Amaranthus viridis*, *Amaranthus lividus* e *Amaranthus deflexus* aplicados em pré-emergência, já que tanto o trifloxysulfuron-sodium, quanto o pyriithiobac-sodium, não possuem registro para controle em pré-emergência destas espécies. Para cada herbicida, foram conduzidos experimentos isolados e as aplicações realizadas na sementeira das plantas daninhas. Os herbicidas e as doses utilizadas em kg ha⁻¹ foram 0,000, 0,0018, 0,0035, 0,0075, 0,0150 e 0,0300 para trifloxysulfuron-sodium e 0,000, 0,0350, 0,0700, 0,1400, 0,2800 e 0,5600 para pyriithiobac-sodium, equivalentes a 0, ¼, ½, 1, 2 e 4 da dose recomendada destes herbicidas para a cultura do algodão. Da forma que os experimentos foram conduzidos, comprova-se controle acima de 80% para todas as espécies de *Amaranthus* testadas com ambos os herbicidas. O *Amaranthus viridis* apresentou diferença de susceptibilidade com ½ dose comercial, demonstrando-se ser o mais tolerante às aplicações de trifloxysulfuron-sodium. Em contrapartida, o *Amaranthus hybridus* e o *Amaranthus lividus* foram as espécies mais susceptíveis às aplicações de trifloxysulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium. Assim, para ambos os herbicidas, todas as doses testadas foram eficientes para se obter controle satisfatório destas plantas daninhas em pré-emergência.

Palavras-chave: algodão, susceptibilidade, tolerância.

INTRODUÇÃO

Nas principais regiões produtoras de algodão do Brasil, tem-se constatado aumento significativo na infestação das espécies de *Amaranthus spp.* (caruru), preocupando os cotonicultores. Este fato está relacionado à falta da correta identificação destas espécies quando em estágio de plântulas.

De acordo com Kissmann e Groth (1999), no mundo, existem cerca de 60 espécies de *Amaranthus*, dentre elas, 20 tem importância como plantas daninhas infestantes de diversas culturas. No Brasil, cerca de 10 espécies de *Amaranthus sp.* causam problemas em campos produtivos, sendo as principais espécies *Amaranthus deflexus*, *Amaranthus hybridus*, *Amaranthus lividus*, *Amaranthus retroflexus*, *Amaranthus viridis* e *Amaranthus spinosus* (CARVALHO, 2006).

Uma ou mais espécies de *Amaranthus* são consideradas problema em campos de produção de algodão no Paquistão (BUKUN, 2005), na Austrália (WALKER et al. 2005) e nos Estados Unidos (TROXLER et al. 2002; PORTERFIELD et al. 2003; MURDOCK et al. 2004; RICHARDSON et al. 2007). No Brasil, ocorre em todos os estados, com maior concentração em regiões agrícolas (KISSMANN & GROTH, 1999), sendo a maior incidência de *Amaranthus viridis*, *Amaranthus spinosus*, *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus hybridus* (MALUF, 1999).

As plantas daninhas do gênero *Amaranthus* são espécies de metabolismo C_4 , que proporciona maior eficiência na produção de carboidratos, principalmente quando comparadas às culturas de metabolismo C_3 , como o feijão, a soja e o algodão. Tal fator remete ao crescimento rápido dos “carurus” desde a fase inicial de crescimento, sobressaindo-se às culturas, competindo por água, luz e nutrientes (GUO & AL-KHATIB, 2003; HORAK & LOUGHIN, 2000) e causando prejuízo tanto pela competitividade, como pelos efeitos negativos sobre a qualidade de produção (KISSMANN & GROTH, 1999).

Alguns estudos comprovam ainda que existe susceptibilidade diferencial entre as espécies de plantas do gênero *Amaranthus* aos herbicidas aplicados em pré e em pós-emergência na cultura do algodão, que prejudica seu controle

(RAIMONDI et al., 2010; CARVALHO et al., 2006).

Além desses percalços, no que se refere ao manejo de plantas daninhas, o controle destas infestantes na cultura do algodão é feito quase que exclusivamente por meio da utilização de herbicidas, por ser um método mais rápido, eficiente e econômico (SIQUERI, 2001).

Há poucas opções de herbicidas seletivos ao algodoeiro para manejo de plantas daninhas dicotiledôneas, como as do gênero *Amaranthus*. Tal situação frequentemente leva a aplicações de herbicidas que resultam em alta toxidez, baixo rendimento e qualidade de fibra (SNIPES & MUELLER, 1992; MONKS et al. 1999; FOLONI et al., 1999).

Sabendo deste fato, muitos produtores adotaram o uso de subdoses dos herbicidas no controle das plantas daninhas dicotiledôneas, diminuindo, assim, injúrias nas plantas de algodão, mas, ao mesmo tempo, obtendo um controle deficiente das plantas infestantes.

Para controlar esse grupo de plantas daninhas, têm sido utilizados herbicidas como alachlor, clomazone, diuron, pendimethalin, prometryne, s-metolachlor e trifluralin, aplicados em pré-emergência e pyriithiobac-sodium e trifloxysulfuron-sodium para aplicações em pós-emergência total (BELTRÃO & MELHORANÇA, 2001; OLIVEIRA JR. et al., 2002), além de produtos não seletivos (MSMA, glyphosate, paraquat) usados em aplicações dirigidas às entrelinhas (RODRIGUES & ALMEIDA, 2011).

São escassos os trabalhos encontrados na literatura, referentes à utilização de herbicidas utilizados em pós ou pré-emergência quando empregados isoladamente para o controle de *Amaranthus* sp.

A relação entre doses de herbicidas e controle das plantas é de fundamental importância para o entendimento de diversos aspectos relacionados à eficácia dos herbicidas (SEEFELDT et al. 1995). Diversos autores têm utilizado e recomendado a curva dose-resposta para estudar o efeito biológico dos produtos, seja para avaliar o controle e/ou resistência de plantas daninhas ou para verificar a persistência de herbicidas no solo (MONQUERO et al. 2000).

O herbicida trifloxysulfuron-sodium não é registrado para a utilização em

pré-emergência, e o pyriithiobac-sodium possui registro para aplicação em pré-emergência apenas para *Amaranthus viridis*. (RODRIGUES & ALMEIDA, 2011).

Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar a eficiência dos herbicidas trifloxysulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium, aplicados em pré-emergência, no controle de quatro espécies de *Amaranthus* (*Amaranthus viridis*, *Amaranthus hybridus*, *Amaranthus deflexus* e *Amaranthus lividus*).

MATERIAL E MÉTODOS

As sementes de plantas de *Amaranthus sp.* susceptíveis utilizadas neste experimento foram coletadas em campos de produção de sementes da empresa Agrocósmos-SP, em que não foram realizadas aplicações de herbicidas na área por mais de 5 anos.

Foram realizados dois experimentos, um para trifloxysulfuron-sodium e outro para pyriithiobac-sodium. Os ensaios foram realizados em casa-de-vegetação, no período de Outubro a Novembro de 2010, no Centro de Tecnológico de Irrigação-CTI, Maringá-PR, cujas coordenadas são 23°23'44.66" de latitude Sul e 51°57'3.37" de longitude Oeste, a 510 metros de altitude.

As amostras de solo utilizadas no presente trabalho foram de textura argilo-arenosa, provenientes de uma litossequência localizada na Fazenda Experimental de Iguatemi, no município de Maringá, PR, coletado na profundidade de 0 a 20 cm. Após a coleta, as amostras foram submetidas a um processo de separação de raízes, torrões, palha e outras impurezas, por uma peneira com malha de 4 mm.

As amostras de solo foram submetidas às análises para determinar as características químicas e granulométricas. Os resultados das análises apresentaram as seguintes características. O solo que constituíram as unidades experimentais apresentava: pH em água de 5,50; 4,62 cmol_c de H⁺+Al⁺³ dm⁻³ de solo; 4,13 cmol_c dm⁻³ de Ca⁺²; 1,27 cmol_c dm⁻³ de Mg⁺²; 0,29 cmol_c dm⁻³ de K⁺; 2,22 mg dm⁻³ de P; 4,13 g dm⁻³ de C; 19% de areia grossa; 38% de areia fina; 6% de silte; e 42% de argila.

Para todas as etapas deste trabalho, as unidades experimentais foram constituídas de vasos com capacidade volumétrica para 3,0 dm³ de solo.

Posteriormente ao preparo das unidades experimentais, foram semeadas 50 sementes de cada espécie avaliada por vaso (*Amaranthus hybridus*, *Amaranthus lividus*, *Amaranthus viridis* e *Amaranthus deflexus*) na profundidade de 2 a 3 cm. As aplicações dos tratamentos herbicidas foram realizadas logo após a semeadura das espécies daninhas.

Para se obter a curva dose-resposta do controle das espécies de *Amaranthus*, foram feitos 2 experimentos, cada herbicida foi considerado um experimento isolado. Assim foi utilizado trifloxysulfuron-sodium nas doses de 0,0000, 0,00187, 0,00375, 0,00750, 0,01500 e 0,0300 kg ha⁻¹, e o herbicida pyriithiobac-sodium nas doses de 0,000, 0,0350, 0,0700, 0,1400, 0,2800 e 0,5600 kg ha⁻¹, equivalentes a 0, ¼, ½, 1, 2 e 4 vezes a dose considerada como 1.

Para as aplicações dos herbicidas, foi utilizado pulverizador costal pressurizado com CO₂, com pressão constante de 35 lb pol⁻², equipado com três pontas XR 110.02, espaçadas em 0,5 m entre si e posicionadas 0,5 m da superfície dos alvos, proporcionando uma vazão de 200 L ha⁻¹ de calda. As condições no momento da aplicação dos tratamentos foram de velocidade do vento inferior a 3,4 km h⁻¹, temperatura do ar de 24°C e umidade relativa de 71%. A aplicação foi realizada simultaneamente para ambos os experimentos.

Após a aplicação, as unidades experimentais foram irrigadas com lâmina d'água de 5,0 mm, sendo o mesmo volume de água disponibilizado diariamente até o término dos experimentos, mantendo, assim, a umidade uniforme.

Para ambos os herbicidas, o delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em um esquema fatorial 4x6, constituído de quatro espécies de *Amaranthus* e seis doses do herbicida testado, sendo cada herbicida (trifloxysulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium) considerado um experimento isolado. Cada tratamento herbicida constou-se de 4 repetições.

Foram realizadas avaliações referentes à porcentagem de controle (escala visual de 0 a 100%), em que 0% representa nenhum controle e 100% o controle total das plantas daninhas (SBCPD, 1995) aos 28 dias após semeadura (DAS).

Para os dois experimentos com doses crescentes dos herbicidas, os resultados da avaliação visual de controle foram inicialmente submetidos à análise de variância e as médias comparadas ao teste de Tukey a 5% de probabilidade. Posteriormente, os dados para se obter a curva dose-resposta foram ajustados ao modelo de regressão não linear proposto por Streibig (1988):

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

Em que:

y = controle percentual;

x = dose do herbicida (kg ha^{-1}) e;

a , b e c = parâmetros estimados da equação, de tal forma que:

a = amplitude existente entre o ponto máximo e o ponto mínimo da variável;

b = dose que proporciona 50% de resposta da variável;

c = declividade da curva ao redor de b .

A partir das equações log-logísticas, foram elaboradas as curvas de dose-resposta. Com base nos modelos ajustados, realizou-se o cálculo da dose do herbicida, em kg ha^{-1} , que proporcionaria 80% de controle (I_{80}). Para a realização do cálculo, optou-se pela inversão do modelo log-logístico, deixando-o em função de y , de acordo com Carvalho et al. (2005):

$$x = b * \sqrt[c]{\frac{a}{y} - 1}$$

No modelo log-logístico inverso, b será igual a x toda vez que o resultado da raiz apresentar valor igual a 1. Por meio dos devidos cálculos matemáticos, ressalta-se que, para que esta condição seja atendida, é necessário que o y lançado na raiz seja a média aritmética entre o valor máximo e o valor mínimo obtidos para a variável dependente. Quando se estudam curvas do tipo dose-resposta, usualmente o primeiro ponto é a dose zero, que tem por resultado zero de controle. Assim, a raiz, no caso de uma curva de dose-resposta, será igual a 1 toda vez que o y lançado for a metade do ponto máximo obtido (Carvalho et al., 2005).

Sabendo que nem sempre o valor de 100% de controle é alcançado em curvas de dose-resposta, o valor do parâmetro b foi desconsiderado e realizou-se

o cálculo matemático de I_{80} , no instante em que se substitui o y da equação inversa por 80 (controle de 80% da população).

Os valores de I_{80} foram usados para auxiliar na caracterização dos níveis de susceptibilidade da espécie de *Amaranthus* aos herbicidas aplicados em pré-emergência. Optou-se por não realizar a comparação da eficácia dos herbicidas entre si, uma vez que esse não era o objetivo principal do trabalho, e sim avaliar a eficácia dos herbicidas em cada espécie testada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Quadro 1, encontram-se as doses do herbicida trifloxyulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium que proporcionariam controle de 80% (I_{80}) das quatro espécies do gênero *Amaranthus* estudadas neste trabalho (*Amaranthus hybridus*, *Amaranthus viridis*, *Amaranthus deflexus* e *Amaranthus lividus*).

De acordo com a fórmula proposta por Streibig (1988), valores de b correspondem à dose necessária para controlar 50% da população de plantas. Desta maneira, valores muito baixos b demonstram tendência a susceptibilidade das espécies avaliadas aos herbicidas testados, e quanto maior o valor de b, menor a susceptibilidade da espécie ao herbicida.

Pode-se perceber, nos dados apresentados na Quadro 1, uma tendência à susceptibilidade diferencial entre as espécies de caruru aos herbicidas inibidores da enzima ALS aplicados em pré-emergência das plantas daninhas.

Quadro 1. Estimativas dos parâmetros a, b e c e do coeficiente de determinação (R^2) do modelo log-logístico, ajustados para trifloxysulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium e doses para 80% (I_{80}) de controle das plantas daninhas em relação à porcentagem de controle aos 28 dias após aplicação (DAA). Maringá, PR – 2011.

Herbicida	A	B	c	R^2	I_{80} (kg ha^{-1})
Trifloxysulfuron-sodium					
<i>A. hybridus</i>	98,4053	0,0000020	-0,3549	0,99	0,00017
<i>A. viridis</i>	112,7138	0,0001000	-0,2866	0,99	0,00226
<i>A. deflexus</i>	95,7101	0,0007000	-2,1189	0,99	0,00151
<i>A. lividus</i>	110,1986	0,0000004	-0,1774	0,99	0,00010
Pyriithiobac-sodium					
<i>A. hybridus</i>	139,0239	0,0000001	-0,0598	0,99	0,00002
<i>A. viridis</i>	98,2470	0,0218000	-2,7905	0,99	0,03702
<i>A. deflexus</i>	104,7930	0,0000900	-0,3297	0,99	0,00335
<i>A. lividus</i>	139,0239	0,0000001	-0,0598	0,99	0,00002

Eficácia do trifloxysulfuron-sodium no controle de espécies de *Amaranthus*

De acordo com os valores de b (Quadro 1), as espécies que apresentaram elevada sensibilidade ao trifloxysulfuron-sodium foram *A. hybridus* e *A. lividus*. Da mesma forma, quando utilizadas as mesmas doses, uma maior tolerância foi verificada em espécies de *Amaranthus viridis* e *Amaranthus deflexus*. Esse tipo de comportamento também é conhecido como susceptibilidade diferencial, sendo o estudo realizado para identificar a diferença no controle em diferentes espécies ao mesmo herbicida e dose.

A susceptibilidade diferencial entre espécies de caruru também foi estudada por Carvalho et al. (2006). Tais autores verificaram que o *A. hybridus* foi uma das espécies mais susceptíveis ao trifloxysulfuron-sodium (0,00375 kg ha⁻¹) e ao pyriithiobac-sodium (0,56 kg ha⁻¹) em relação às outras espécies de *Amaranthus* (*A. deflexus* e *A. spinosus*).

Desta maneira, a dose necessária de trifloxysulfuron-sodium para se obter 80% de controle da espécie com menor susceptibilidade (*Amaranthus viridis*) a este herbicida é 0,00226 kg ha⁻¹, enquanto é necessário apenas 7% da dose citada (0,00017 kg ha⁻¹) para obter a mesma porcentagem de controle do *A. hybridus*. Este fato sugere que a utilização de subdoses pode controlar muito bem espécies como *Amaranthus hybridus*, mas não possibilita controle adequado de *Amaranthus viridis*.

Este efeito pode ser também observado na Figura 1 e Quadro 2. Pode-se perceber que há diferença entre o controle das espécies apenas quando utilizados subdoses de trifloxysulfuron-sodium.

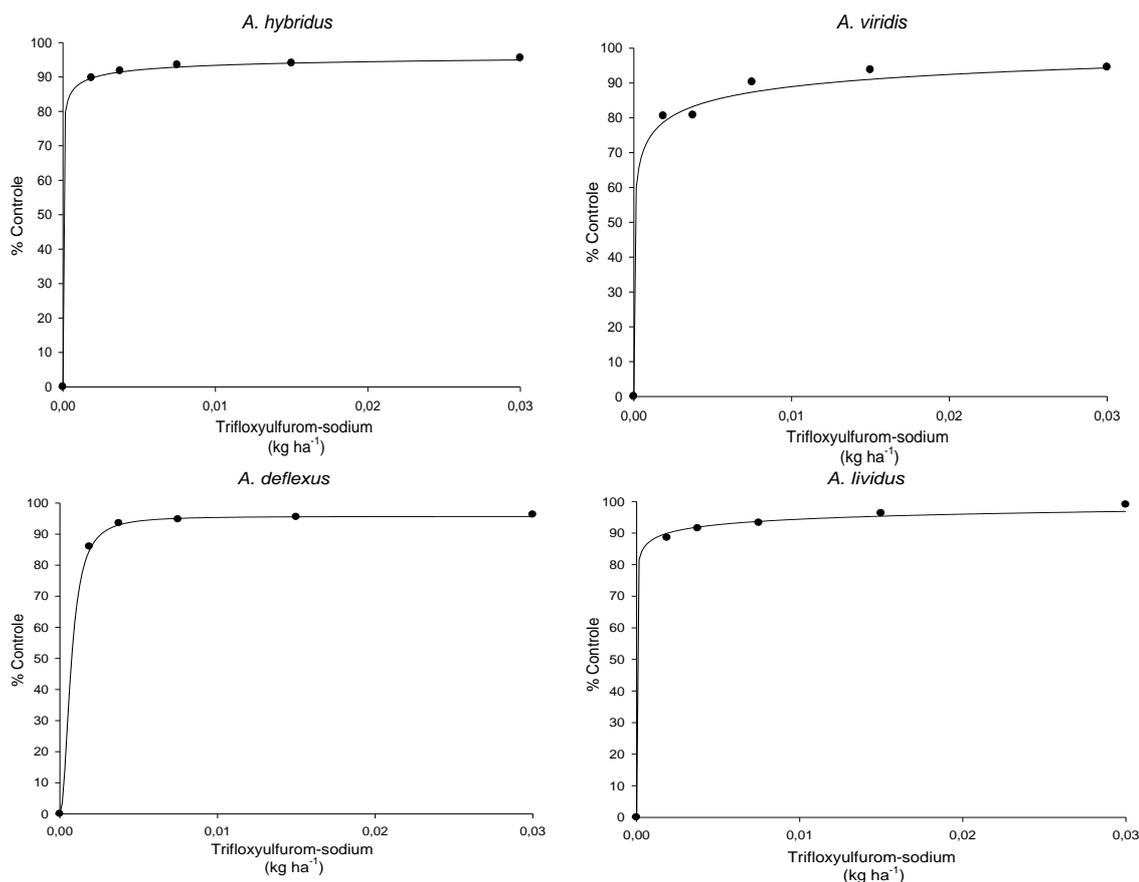


Figura 1. Controle de *A. hybridus*, *A. viridis*, *A. deflexus* e *A. lividus* proporcionado por trifloxyulfurom-sodium .

Assim, de acordo com a Figura 1, a utilização da dose de $0,0075 \text{ kg ha}^{-1}$ de trifloxyulfurom-sodium, aplicado em pré-emergência, é suficiente para alcançar controles acima de 90% das quatro espécies avaliadas, tendo como alvo o primeiro fluxo de germinação.

Na Quadro 2, foi realizado teste de Tukey para diferenciar as médias de controle obtidas para as espécies em cada dose testada, aos 28 DAA. Tais dados evidenciam que todas as espécies foram controladas dentro do intervalo de doses avaliado, embora haja uma diferença de susceptibilidade entre as espécies de *Amaranthus*, principalmente quando são utilizadas doses abaixo daquela recomendada. Destaca-se que o *Amaranthus viridis* foi a única espécie que diferiu das demais testadas na dose de $\frac{1}{2}$.

Quadro 2. Controle proporcionado pelos herbicidas pyriithiobac-sodium e trifloxysulfuron-sodium, nas doses crescentes aplicadas em diferentes espécies de *Amaranthus*.

		Doses kg ha ⁻¹					
Trifloxysulfuron -sodium	0,0000	0,0018	0,0037	0,0075	0,0140	0,0280	
<i>A. hybridus</i>	0,00 a	89,75 a	93,00 a	93,50 a	96,25 a	97,50 a	
<i>A. viridis</i>	0,00 a	80,50 b	80,75 b	90,25 a	94,50 a	99,75 a	
<i>A. deflexus</i>	0,00 a	86,00 ab	93,50 a	94,75 a	96,25 a	95,50 a	
<i>A. lividus</i>	0,00 a	88,50 ab	91,50 a	93,25 a	96,25 a	99,00 a	
DMS= 8,85							
CV= 6,20							
		Doses kg ha ⁻¹					
Pyriithiobac- sodium	0,000	0,035	0,070	0,140	0, 280	0,560	
<i>A. hybridus</i>	0,00 a	94,00 a	95,00 a	96,75 a	97,00 a	100,00 a	
<i>A. viridis</i>	0,00 a	83,00 b	90,50 a	91,25 a	92,50 a	97,25 a	
<i>A. deflexus</i>	0,00 a	92,00 ab	94,00 a	95,00 a	98,00 a	99,00 a	
<i>A. lividus</i>	0,00 a	94,25 a	95,75 a	96,25 a	98,50 a	99,00 a	
DMS= 10,69							
CV= 7,27							

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Resultados de susceptibilidade diferencial de espécies de *Amaranthus* aos herbicidas também foram obtidos por Carvalho et al. (2006), Raimondi et al. (2010), Sweat et al. (1998) e Gosset & Toler (1999). Contudo, a susceptibilidade diferencial entre as espécies não se restringe ao gênero *Amaranthus*, estudos também demonstram diferenças de susceptibilidade de espécies de *Ipomoea* ao herbicida bentazon (MCCLELLAND et al., 1978; MATHIS & OLIVE, 1980), e não ao herbicida carfentrazone-ethyl (CHRISTOFFOLETI et al., 2006), como também com espécies de *Digitaria* ao diuron (DIAS et al., 2001).

Em resumo, seria possível estabelecer recomendações mais afinadas de trifloxysulfuron-sodium, de acordo com as espécies de *Amaranthus* presentes nas áreas de produção.

Eficácia do pyriithiobac-sodium no controle de espécies de *Amaranthus*

As espécies que apresentaram os menores valores de b para as aplicações de doses crescentes de pyriithiobac-sodium foram *A. hybridus* e *A. lividus*, enquanto *A. deflexus* apresentou valores de b intermediários. Por sua vez, *A. viridis* apresentou maior tendência à tolerância às aplicações realizadas com pyriithiobac-sodium (Quadro 1). Pela Figura 2, também é possível observar esta tendência, de maneira que, de acordo com os valores encontrados na curva dose-resposta, para obter controle de 80% de *Amaranthus hybridus* e *Amaranthus lividus* (controle considerado satisfatório), são necessários 0,00002 kg ha⁻¹ de pyriithiobac-sodium (Quadro 1).

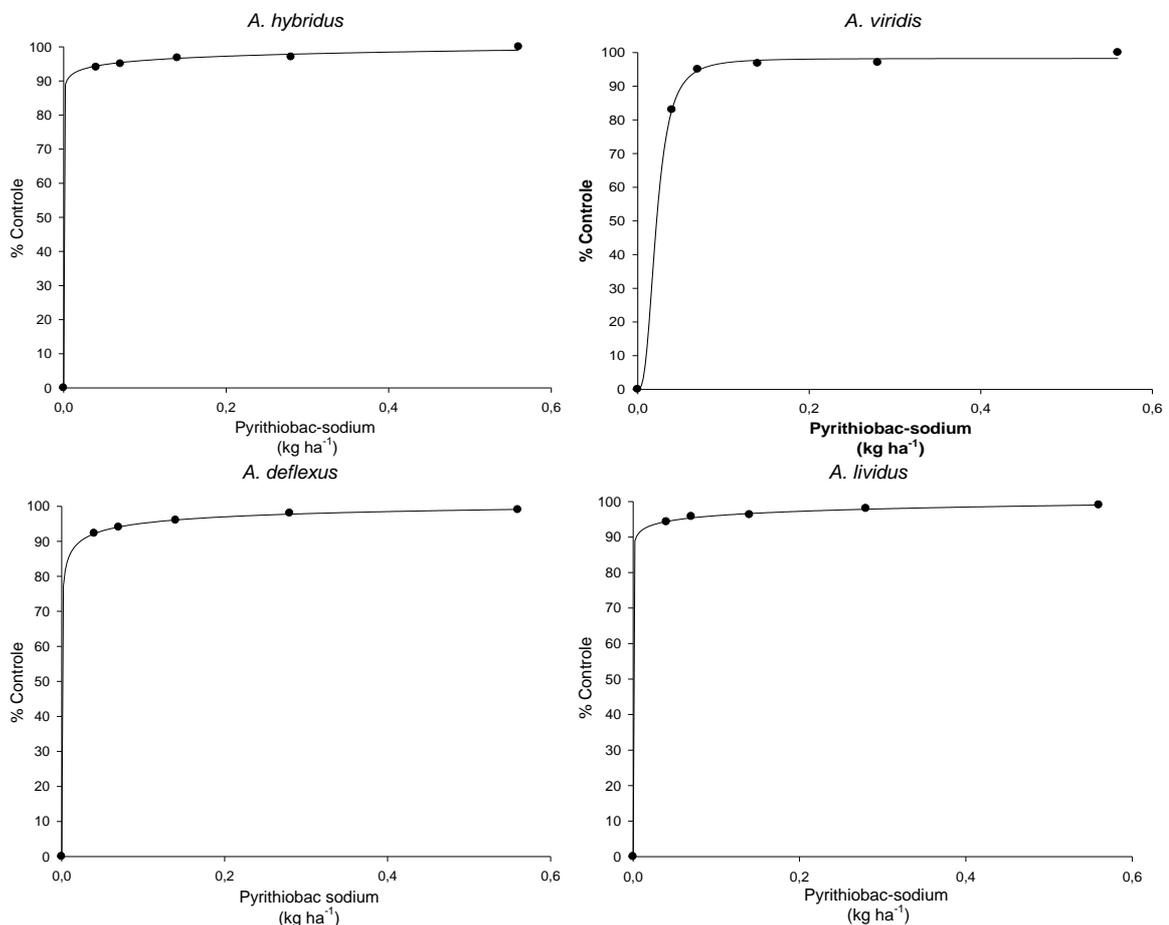


Figura 2. Controle de *A. hybridus*, *A. viridis*, *A. deflexus* e *A. lividus* proporcionado por pyriithiobac-sodium.

Tal resultado demonstra que é possível controlar plantas de *A. hybridus* e *A. lividus* com doses baixas. Ainda para *A. deflexus* doses de 0,00335 kg ha⁻¹, são suficientes para o controle de 80%.

O que ocorre na espécie *Amaranthus viridis* é que, apesar da dose de 0,03702 kg ha⁻¹ de pyritiobac-sodium ser suficiente para proporcionar 80% de controle desta planta daninha, a quantidade de produto necessário ainda é 11 e 1851 vezes maior do que a necessária para controlar as demais espécies testadas no presente trabalho.

Na Quadro 2, utilizando o teste Tukey, pode-se constatar que a única dose que apresentou diferença entre os controles proporcionados pelos herbicidas entre as espécies de *Amaranthus* foi 0,035 kg ha⁻¹ (1/4 da dose 1), sendo essa a menor dose testada, evidenciando maior tolerância de *A. viridis* em relação às demais.

De acordo com os dados obtidos neste experimento, pode-se concluir que o intervalo de doses de trifloxysulfuron-sodium e pyritiobac-sodium testadas proporcionou controle eficientemente ($\geq 80\%$) das espécies de *Amaranthus*, tendo diferença apenas no controle de *A. viridis* quando utilizada a menor dose testada (0,035 ka ha⁻¹).

Para a dose 1 de trifloxysulfuron-sodium (0,0075 kg ha⁻¹) e de pyritiobac-sodium (0,140 kg ha⁻¹), não se identificou nenhuma diferença entre as espécies testadas, sendo suficientes para proporcionar controles acima de 90%.

Subdoses de trifloxysulfuron-sodium e pyritiobac-sodium, apesar de proporcionarem controle satisfatório de todas as espécies em questão, apresentaram maior dificuldade em controlar *A. viridis*, demonstrando assim, menor susceptibilidade aos herbicidas.

CONCLUSÃO

Pode-se concluir que os herbicidas trifloxysulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium no intervalo de doses testadas foram eficientes e proporcionaram controle acima de 80% das espécies de *Amaranthus hybridus*, *Amaranthus viridis*, *Amaranthus lividus* e *Amaranthus deflexus* quando aplicados em pré-emergência.

LITERATURAS CITADAS

- BELTRÃO, N.E.M.; MELHORANÇA, A.L. Plantas daninhas: importância e controle. Algodão: tecnologia e produção. Campina Grande: EMBRAPA. p.227 – 236, 2001.
- BUKÜN, B. Weed flora changes in cotton growing areas during the last decade after irrigation of Harran plain in Şanlıurfa, Turkey. **Botany**, v.37, n.3, p.667-672, 2005.
- CARVALHO, S.J.P. et al. Curvas de dose-resposta para avaliação do controle de fluxos de emergência de plantas daninhas pelo herbicida imazapic. **Planta Daninha**, v.23, n.3, p.535-542, 2005.
- CARVALHO, S.J.P. et al. Susceptibilidade 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. et al. Carfentrazone-ethyl aplicado em pós-emergência para o controle de *Ipomoea spp.* e *Commelina bhengalensis* na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 24, n. 1, p.83-90, 2006.
- DIAS, N. M. et al. Absorção e translocação do herbicida diuron por espécies susceptível e tolerante de capim-colchão (*Digitaria spp.*). **Planta Daninha**, v. 21, n.2, p.293-300, 2003.
- FOLONI, L.L.; RODRIGUES, J.D.; ONO, E.O. Avaliação de tratamentos químicos e mecânicos no controle de plantas daninhas na cultura do algodão. **Planta Daninha**, v.17, n.1, p.5-20, 1999.
- GOSSETT, B.J.; TOLER, J.E. Differential control of palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) and smooth pigweed (*Amaranthus hybridus*) by postemergence herbicides in soybean (*Glycine max*). **Weed Tech.**, v.13, n.1, p.165-168, 1999.
- GUO, P.; AL-KHATIB, K. Temperature effects on germination and growth of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*), Palmer amaranth (*A. palmeri*), and common waterhemp (*A. rudis*). **Weed Sci.**, v.51, n.6, p.869-875, 2003.
- HORAK, M. J.; LOUGHIN, T. M. Growth analysis of four *Amaranthus* species. **Weed Sci.**, v. 48, n. 3, p. 347-355, 2000.
- KISSMANN, K.G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo: Basf, 1999. 978 p.

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

MALUF, A.M. Competição intra-específica entre *Amaranthus hybridus* L. e *Amaranthus viridis* L. **Pesq. Agrop. Brasileira**, v.34, n.1, p.1319- 1325, 1999.

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

McCLELLAND, M. R. et al. Responses of six morningglory (*Ipomoea*) species to bentazon. **Weed Sci.**, v.26, n.5, p. 459-464, 1978.

MONKS, C.D. Effect of pyriithiobac, MSMA, and DSMA on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) growth and weed control. **Weed Tech.**, v.13, n.1, p.6-11, 1999.

MONQUERO, P.A. et al. 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.

MURDOCK, S.W. et al. Adaptation and validation of HADSS for cotton production in Oklahoma. **Cotton Sci.**, v.8, n.1, p.42-54, 2004.

OLIVEIRA JR., R.S. et al. O. Avaliação da eficácia do herbicida trifloxysuluron-sodium para o controle de 45 ervas de folhas largas em pós-emergência na cultura do algodoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 23., 2002, Gramado. **Resumos...** Londrina: SBCPD/EMBRAPA Clima Temperado, 2002. p.479.

PORTERFIELD, D. et al. Weed management with CGA-362622 in transgenic and nontransgenic cotton. **Weed Sci.**, v.51, n.6, p.1002-1009, 2003.

RAIMONDI, M.A. et al. Atividade residual de herbicidas aplicados ao solo em relação ao controle de quatro espécies de *Amaranthus*. **Planta Daninha**, v.28, n.5, p.1073-1085, 2010.

RICHARDSON, R.J. et al. Preemergence herbicides followed by trifloxysulfuron postemergence in cotton. **Weed Tech.**, v.21, n.1, p.1-6, 2007.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. 6^a edição. Londrina: Editora dos autores. 2011. 700 p

SEEFELDT, S.S.; JENSEN, S.E.; FUERST, E.P. Log-logistic analysis of herbicide dose-response relationship. **Weed Tech.**, v.9, n.1, p.218-227, 1995.

SIQUERI, F.V.; ARAUJO, A.E. Controle de ervas daninhas em pré emergência. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 2001, Campo Grande. **Anais...** Dourados: Embrapa Algodão/Embrapa CPAO/UFMS, 2001.

SMITH, D.T. et al. Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) impacts on yield, harvesting, and ginning in dryland cotton (*Gossypium hirsutum*). **Weed Tech.**, v.14, p.122-126, 2000.

SNIPES, C.E.; MUELER, T.C. Influence of fluometuron and MSMA on cotton yield and fruiting characteristics. **Weed Sci.**, v.42, n.1, p.210-215, 1992.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS (SBCPD). Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas. Londrina: 1995. 42 p.

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

SWEAT, J.K. et al. Herbicide efficacy on four *Amaranthus* species in soybean (*Glycine max*). **Weed Tech.**, v.12, n.2, p.315-321, 1998.

TROXLER, S.C. et al. Clomazone, fomesafen, and bromoxynil systems for bromoxynil-resistant cotton (*Gossypium hirsutum*). **Weed Tech.**, v.16, n.4, p.838-844, 2002.

WALKER, S. et al. A survey of management and economic impact of weeds in dryland cotton cropping systems of subtropical Australia. **Experimental Agriculture**, v.55, n.1, p.79-91, 2005.

CAPÍTULO 2

IDENTIFICAÇÃO DE RESISTÊNCIA DE BIÓTIPOS DE *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus viridis* AOS HERBICIDAS INIBIDORES DA ENZIMA ALS UTILIZADOS EM PÓS-EMERGÊNCIA NA CULTURA DO ALGODÃO.

RESUMO: Muitos produtores e consultores têm relatado dificuldade de controlar certas espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus* no algodoeiro. Sabe-se, no entanto, que o uso contínuo de herbicidas com os mesmos mecanismos de ação por vários anos consecutivos tem provocado a seleção de biótipos de plantas resistentes ao uso destes produtos, inclusive de *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus viridis* em aplicações em pós-emergência de herbicidas inibidores da ALS. O objetivo deste trabalho foi identificar e avaliar a suspeita de resistência de biótipos de *Amaranthus*, coletados em áreas de escape de controle em regiões produtoras de algodão nos Estados do Mato Grosso do Sul, Goiás, Bahia e Mato Grosso, aos herbicidas inibidores da enzima ALS utilizados na cultura do algodão em pós-emergência. Foram identificadas espécies de *Amaranthus retroflexus* nos Locais MS 1, MS 2, GO 3, GO 4, GO 6 e MT 13 e espécies de *Amaranthus viridis* nos Locais MS 1, BA 7, BA 8, BA 9 e BA 11. Os herbicidas utilizados para identificação de suspeita de resistência, e para a obtenção da curva dose resposta do controle de *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus viridis*, foram o trifloxysulfurom-sodium nas doses de 0,00000, 0,00187, 0,00375, 0,00750, 0,01500 e 0,03000 kg ha⁻¹ e 0,00000, 0,03500, 0,0700, 0,1400, 0,2800 e 0,5600 kg ha⁻¹ para pyriithiobac-sodium, equivalente a 0, ¼, ½, 1, 2 e 4 vezes a dose recomendada. As aplicações foram feitas quando as plântulas apresentavam estágio fenológico de 4 a 6 folhas. Com os dados obtidos neste experimento, pode-se concluir que biótipos de *Amaranthus retroflexus* das áreas MS 1, MS 2, GO 3, GO 4 e GO 6 apresentaram resistência entre moderada a alta ao trifloxysulfuron-sodium. Ainda, nos Locais MS 2, GO 3, GO 4 e GO 6, foi identificada resistência moderada a alta destes biótipos de *Amaranthus retroflexus* ao herbicida pyriithiobac-sodium. Pode-se constatar resistência cruzada dos seguintes biótipos de *A. retroflexus*: MS 2, GO 3, GO 4, GO 6. Para

a espécie *Amaranthus viridis*, identificou-se resistência ao trifloxysulfurom-sodium apenas no Local MS 1, e ao pyriothiac-sodium não houve qualquer incidência de resistência desta espécie a este herbicida.

Palavra-chave: susceptibilidade, curva dose-resposta, sulfoniluréias, pirimidilbenzoatos.

INTRODUÇÃO

As plantas daninhas são plantas adaptadas ao ecossistema agrícola (BAKER, 1974), e competem com as culturas por nutrientes, água e luz, constituindo as maiores causadoras de perdas na produção em todo o mundo (OERKE, 2006). Portanto, para assegurar que uma cultura conviva livre de plantas daninhas, o método mais efetivo de manejo de tais plantas é o uso de herbicidas, que podem controlar mais de 98% das infestantes em áreas agrícolas (FOSTER et al., 1993).

Herbicidas têm sido usados continuamente desde sua introdução no mercado em 1945 (DÉLYE et al., 2010) e desde então, o intenso e sistemático uso destes produtos conduziu os produtores aos problemas de déficit de controle das plantas daninhas, devido ao aumento do número de casos de resistência (RUEGG et al., 2007).

O aparecimento de resistência em campos produtores é uma consequência da adaptação evolutiva de plantas daninhas aos herbicidas, e tornou-se um grande problema entre os produtores, pois outros métodos de manejo são inviáveis em grandes extensões de áreas, não sendo utilizados (BASTIAANS et al., 2008).

No entanto, a seleção de tais biótipos é mais complexa, pois em qualquer população em que os indivíduos mostrem uma base genética variável quanto à tolerância a certa medida de controle, irá com o tempo, mudar sua composição populacional como mecanismo de fuga a sobrevivência (CHRISTOFFOLETI et al., 2000). Assim, além da seleção de biótipos mais adaptados (fatores genéticos), outros fatores responsáveis à seleção de biótipos mais resistentes são os fatores bioecológicos e agrônômicos (CHRISTOFFOLETI et al., 2008).

Desta maneira, entre os fatores genéticos que interagem no desenvolvimento da resistência, um dos principais é a frequência inicial do genoma resistente aos herbicidas, ou seja, quanto maior a frequência inicial de um biótipo resistente, maior a probabilidade de aumentar a proporção de indivíduos resistentes na população em menor período de tempo, devido às aplicações sucessivas do herbicida selecionador (VIDAL & FLECK, 1997).

Outro ponto muito importante entre os fatores genéticos é a dominância de um gene envolvido com a resistência, pois, na maioria dos mecanismos de ação, a resistência é provocada pela ação de genes dominantes ou semi-dominantes. Assim, por meio desta herança nuclear, os genes de resistência podem ser transmitidos pelos grãos de pólen para outro biótipo susceptível da mesma espécie e, pela recombinação sexual, seus descendentes podem possuir carga genética resistente a determinado mecanismo de ação (CHRISTOFFOLETI et al., 2008), aumentando rapidamente sua população.

Os fatores bioecológicos também interagem no desenvolvimento da resistência, e estão relacionados às características das plantas daninhas, como o ciclo de vida curto, elevada produção e baixa dormência da semente, várias gerações reprodutivas por ano, extrema susceptibilidade a um determinado herbicida e grande diversidade genética (VARGAS, 2012), que acabam por facilitar a seleção de biótipos resistentes.

O desenvolvimento da resistência em plantas também está ligado às características do herbicida e das práticas culturais utilizadas, ou seja, aos fatores agrônômicos. Pode-se dizer que herbicidas de determinados grupos químicos apresentam maior risco de desenvolvimento de resistência quando comparados com outros.

Tal fato pode ser observado nos herbicidas inibidores da enzima ALS, pois com uso em grande escala desde o ano de 1985, devido às baixas doses recomendadas, o amplo espectro de controle das plantas daninhas, residual relativamente prolongado no solo, segurança de uso em culturas, baixa toxicidade em mamíferos (MAZUR & FALCO, 1989) e custo relativamente baixo tornaram tais herbicidas (ALS) cada vez mais desejáveis em utilização, causando pressão de seleção no ambiente, selecionando cada vez mais biótipos de plantas daninhas resistentes a este mecanismo.

Desta maneira, no mundo há relatos de cerca de 372 biótipos de plantas daninhas resistentes aos herbicidas, mais da metade destes casos apresentam resistência aos herbicidas do grupo das triazinas e aos inibidores da ALS. Sendo os herbicidas inibidores da ALS os que possuem mais casos identificados, em

que 118 biótipos possuem algum tipo de resistência envolvida com esta enzima (HEAP, 2012),

Diferentes mecanismos são conhecidos como desencadeadores de resistência em plantas daninhas, como a redução na absorção e translocação do herbicida, redução da sensibilidade do sítio ativo ao herbicida (baseado na mutação do sítio ativo), ampliação do sítio ativo, aumento da taxa de desintoxicação do herbicida na planta, diminuição da taxa de ativação do herbicida ou sequestro do mesmo para dentro do vacúolo ou apoplasto (DEVINE & EBERLEIN, 1997).

No entanto, no caso particular de herbicidas inibidores da enzima ALS, a redução da sensibilidade do sítio ativo ocasionado por pontos de mutação na cadeia de gene da ALS é o mecanismo mais comum causador da resistência de plantas daninhas (MALLORY-SMITH & NAMUTH, 2012).

Assim, sete substituições de aminoácidos no sítio ativo da enzima ALS foram relatadas até o momento: Ala122, Pro197, Ala205, Asp376, Trp574, Ser653 e Gly654 (POWLES & YU, 2010). Tais substituições conferem diferentes padrões de resistência nas plantas, por exemplo, substituições da Ala122 e Ala205 resultam em resistência aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas, ao passo que a substituição que ocorre na Pro197 confere resistência aos herbicidas do grupo químico das sulfoniluréias. Casos de resistência cruzada também podem ocorrer dependendo da substituição de aminoácido específico nos biótipos das plantas daninhas como a mutação do Asp376, que confere resistência a todas as classes de inibidores da ALS (TRANDEL et al., 2012).

Falhas no controle de diversas plantas daninhas têm sido relatadas por consultores e produtores em áreas produtoras de algodão no Brasil (Mato Grosso do Sul, Goiás, Bahia e Mato Grosso). Uma das principais reclamações tem sido o controle deficiente de *Amaranthus sp.*, que implica na possibilidade de seleção de biótipos resistentes.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a suspeita de resistência de biótipos de *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus viridis* aos herbicidas inibidores da ALS, utilizados na cultura do algodão em pós-emergência.

MATERIAL E MÉTODOS

As sementes de plantas de *Amaranthus sp.* com suspeita de resistência utilizadas neste experimento foram coletadas em regiões produtoras de algodão nos Estados do Mato Grosso do Sul (MS 1 e MS 2), Goiás (GO 3, GO 4 e GO 6), Bahia (BA 7, BA 8, BA 9 e BA 11) e Mato Grosso (MT 13), no período de março de 2010 (Quadro 1).

Quadro 1. Coordenadas geográficas dos pontos de coleta das espécies de *Amaranthus*.

Localidade	Amostra	Coordenadas	Espécies encontradas
Mato Grosso do Sul	MS 1	18°40'41.94"S/ 52°53'58.90"O	<i>A. retroflexus</i> e <i>A. viridis</i>
Mato Grosso do Sul	MS 2	18°41'13.47"S/ 52°52'33.33"O	<i>A. retroflexus</i>
Goiás	GO 3	18°35'6.58"S/ 52°43'41.43"O	<i>A. retroflexus</i>
Goiás	GO 4	18°34'22.94"S/ 52°47'52.21"O	<i>A. retroflexus</i>
Goiás	GO 6	18°40'13.03"S/ 52°47'19.99"O	<i>A. retroflexus</i>
Bahia	BA 7	12°41'41.26"S/ 45°49'22.93"O	<i>A. viridis</i>
Bahia	BA 8	12°17'20.37"S/ 45°51'14.56"O	<i>A. viridis</i>
Bahia	BA 9	12°42'54.43"S/ 45°45'40.34"O	<i>A. viridis</i>
Bahia	BA 11	12°42'54.43"S/ 45°45'40.34"O	<i>A. viridis</i>
Mato Grosso	MT 13	12°35'13.55"S/ 55°44'27.18"O	<i>A. retroflexus</i>
São Paulo	Local 12(BS*)	28°51.28"S/ 47°12'56.10"O	<i>A. retroflexus</i> e <i>A. viridis</i>

*Biótipo susceptível.

Os biótipos foram coletados e acondicionados em sacos de papel, lacrados e levados ao laboratório, onde foram colocados em estufa de ventilação forçada a 45°C por 24 horas para facilitar a retirada das sementes.

Após este processo, as sementes foram separadas em sacos de papel individuais, e uma parte das amostras foi armazenada até a montagem dos experimentos, enquanto outra parte das amostras foram levadas para casa de vegetação e semeadas em abril de 2010, em vasos com capacidade para 3dm³ de solo. Foi realizada irrigação diariamente até as plantas atingirem florescimento pleno (outubro de 2010), período no qual as plantas foram levadas ao HUEM – Herbário da Universidade Estadual de Maringá, onde foram produzidas as unicatas.

As unicatas foram, então, enviadas para o Herbário da Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia, onde foram identificadas pela Prof. Dra. Luisa Senna. Assim, os biótipos MS 1, MS 2, GO 3, GO 4, GO 6 e MT 13 foram identificados como *Amaranthus retroflexus* e os biótipos pertencentes a MS 1,

BA 7, BA 8, BA 9 e BA 11 foram identificados como *Amaranthus viridis*. Observa-se que MS 1 possui biótipos referentes as duas espécies identificadas no presente trabalho.

As sementes da amostra selecionada como biótipo susceptível das duas espécies (Local 12) foram adquirida na cidade de Engenheiro Coelho–SP (Agrocosmo), e foram colhidas de área sem aplicação de qualquer tipo de herbicida por mais de 5 anos.

As áreas de coletas com suspeita de resistência receberam aplicações a mais de 5 anos com herbicidas inibidores da enzima ALS, tanto em pós-emergência na cultura do algodão, quanto em pré e pós-emergência na cultura da soja.

Como o objetivo do trabalho não era comparar o controle entre as espécies e herbicidas, foram conduzidos quatro experimentos separados. Desta maneira, no experimento 1 e 2, realizou-se a aplicação dos herbicidas inibidores da ALS em biótipos de *Amaranthus retroflexus* (Local MS 1, MS 2, GO 3, GO 4, GO 6 e MT 13), e no experimento 3 e 4, realizou-se a aplicação dos herbicidas inibidores da ALS em biótipos de *Amaranthus viridis* (Local MS 1, BA 7, BA 8, BA 9 e BA 11), além da aplicação no biótipo susceptível (Local 12) nos dois experimentos.

Em novembro de 2010, 50 sementes de cada amostra das espécies, com suspeita de resistência, foram semeadas em vasos com capacidade para 3 dm³ de solo (unidade experimental), posicionadas superficialmente (~0,5 cm), e, logo após a emergência, foram raleadas para o número de 20 plantas por vaso.

As amostras de solo utilizadas eram de textura franco-arenosa, provenientes de uma litossequência localizada na Fazenda Experimental de Iguatemi, no município de Maringá, PR, coletada na profundidade de 0 a 20 cm. Após a coleta, as amostras foram submetidas a um processo de separação de raízes, torrões, palha e outras impurezas, por uma peneira com malha de 4 mm.

As amostras de solo foram submetidas às análises para determinar as características químicas e granulométricas. O solo utilizado nas unidades experimentais apresentou: pH em água de 5,50; 4,62 cmol_c de H⁺+Al³⁺ dm⁻³ de

solo; 4,13 cmol_c dm⁻³ de Ca⁺²; 1,27 cmol_c dm⁻³ de Mg⁺²; 0,29 cmol_c dm⁻³ de K⁺; 2,22 mg dm⁻³ de P; 4,13 g dm⁻³ de C; 15% de areia grossa; 38% de areia fina; 6% de silte; e 42% de argila.

Os herbicidas utilizados para se obter a curva dose resposta dos biótipos com suspeita de resistência, *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus viridis*, foram o trifloxysulfurom-sodium e o pyrithiobac-sodium, aplicados em pós-emergência das plantas daninhas. Utilizaram-se doses de trifloxysulfuron-sodium e pyrithiobac-sodium equivalentes a 0, ¼, ½, 1, 2 e 4 vezes a dose recomendada (0,00750 kg ha⁻¹ e 0,14 kg ha⁻¹ respectivamente).

O herbicida trifloxysulfuron-sodium possui registro para controle em pós-emergência de *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus viridis*, com dose recomendada de 0,0075 kg ha⁻¹, sendo assim, este valor foi adotado como dose 1 (dose recomendada).

Embora o herbicida pyrithiobac-sodium não possua registro para controle em pós-emergência de caruru-gigante e caruru-de-mancha, foram escolhidos em função do seu potencial de controle em espécies do gênero *Amaranthus* registrado em outros países, como Israel (SIBONY et al., 2001), e pela frequência de uso nas plantações de algodão no Brasil. Neste caso, adotou-se como dose 1 (dose recomendada) o valor de 0,14 kg ha⁻¹, de acordo com trabalhos realizados por Carvalho et al. (2006).

Assim, as doses utilizadas de trifloxysulfuron-sodium e pyrithiobac-sodium em kg ha⁻¹ foram 0,00000, 0,00187, 0,00375, 0,00750, 0,01500 e 0,03000 para trifloxysulfuron-sodium e 0,00000, 0,03500, 0,0700, 0,1400, 0,2800 e 0,5600 para pyrithiobac-sodium. As aplicações em pós-emergência dos tratamentos herbicidas foram realizadas quando as plantas apresentavam estágio de desenvolvimento de 4 a 6 folhas verdadeiras.

Nas aplicações dos herbicidas, foi utilizado pulverizador costal pressurizado com pressão constante de 35 lb pol⁻², equipado com três pontas XR 110.02, espaçadas em 0,5 m entre si e posicionadas 0,5 m da superfície dos alvos, proporcionando uma taxa de aplicação de 200 L ha⁻¹.

No momento da aplicação, o céu estava parcialmente nublado com temperatura de 27°C, UR 78%, e velocidade do vento de 1,7 km/h.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, em que cada herbicida e cada espécie de *Amaranthus* foram considerados um experimento separado, sendo duas espécies e dois herbicidas, totalizando quatro experimentos, organizados em esquema fatorial.

Para espécie de *Amaranthus retroflexus* e para ambos os herbicidas, foi considerado um esquema fatorial 7x6, sendo 7 locais (MS 1, MS 2, GO 3, GO 4, GO 6, MT 13 e BS) e 6 doses do herbicida.

Para espécie de *Amaranthus viridis* e para ambos os herbicidas, foi considerado um esquema fatorial 6x6, sendo 6 locais (MS 1, BA 7, BA 8, BA 9, BA 11 e BS) e 6 doses do herbicida.

Em todos os experimentos, foram realizadas avaliações de controle (escala visual, 0-100%, onde 0% significa ausência de sintomas e 100% morte total das plantas daninhas) aos 28 dias após a aplicação (DAA), sendo considerado controle satisfatório valores iguais ou superiores a 80%. A parte aérea das plantas de *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus viridis* remanescentes foi colhida por meio de corte rente ao solo e encerrada em sacos de papel, colocados em estufa de ventilação forçada a 65°C até peso constante e pesados para que fosse obtido o acúmulo de massa seca proveniente das unidades experimentais (g planta⁻¹). A massa seca foi corrigida para valores percentuais por meio da comparação da massa obtida nos tratamentos herbicidas com a massa da testemunha sem herbicida, considerada 100%.

Os dados foram inicialmente submetidos à aplicação do teste F sobre a análise de variância. Os dados para obter a curvas de dose-resposta foram ajustados ao modelo de regressão não-linear do tipo log-logístico. A variável controle foi ajustada ao modelo proposto por Streibig et al. (1988):

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

Em que:

y = controle percentual;

x = dose do herbicida (kg i.a. ha⁻¹);

a , b e c = parâmetros estimados da equação, de tal forma que:

a = assíntota existente entre o ponto máximo e o ponto mínimo da variável;

b = dose que proporciona 50% da assíntota;

c = declividade da curva ao redor de b .

A partir das equações log-logísticas, foram elaboradas as curvas de dose-resposta. Com base nos modelos ajustados, realizou-se o cálculo da dose do herbicida, em kg ha⁻¹, que proporcionaria 50% e 80% de controle (I_{50} e I_{80}). Para a realização do cálculo, optou-se pela inversão do modelo log-logístico, deixando-o em função de y , de acordo com Carvalho et al. (2005):

$$x = b * \sqrt[c]{\frac{a}{y} - 1}$$

No modelo log-logístico inverso, b será igual a x toda vez que o resultado da raiz apresentar valor igual a 1. Por meio dos devidos cálculos matemáticos, ressalta-se que, para que esta condição seja atendida, é necessário que o y lançado na raiz seja a média aritmética entre o valor máximo e o valor mínimo obtidos para a variável dependente. Quando se estudam curvas do tipo dose-resposta, usualmente o primeiro ponto é a dose zero, que tem por resultado zero de controle. Assim, a raiz, no caso de uma curva de dose-resposta, será igual a 1 toda vez que o y lançado for a metade do ponto máximo obtido. Conclui-se que b só promoverá fiel estimativa de I_{50} quando, em uma curva de dose-resposta, o ponto mínimo de controle for igual a 0 e o ponto máximo da variável reposta se

estabilizar em 100%, uma vez que, neste caso, a condição de raiz igual a 1 será atendida, pois o y lançado será 50 (CARVALHO et al., 2005).

Sabendo que nem sempre o valor de 100% de controle é alcançado em curvas de dose-resposta, o valor do parâmetro b foi desconsiderado e realizou-se o cálculo matemático de I_{50} , no instante em que se substitui o y da equação inversa por 50 (controle de 50% da população). Da mesma forma, quando se substitui y por 80, obtém-se a dose que proporciona I_{80} .

Com os valores de I_{50} , obteve-se o fator de resistência (FR) para cada combinação das populações com suspeita de resistência e a população susceptível de cada espécie. O fator de resistência ($FR = R/S$) expressa o número de vezes em que a dose necessária para controlar 50% dos biótipos resistentes é superior à dose que controla 50% dos biótipos susceptíveis, sendo valores acima de 1 considerados resistentes (CHRISTOFFOLETI, 2002).

Sendo assim, foram considerados biótipos resistentes todos aqueles que apresentaram $FR > 1,0$ (CHRISTOFFOLETI, 2002), desde que a dose do Fator I_{80} apresentada pelo biótipo em análise seja superior a dose do fator I_{80} apresentado pelo biótipo susceptível e ainda, ser superior a dose comercial recomendada para tais espécies.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Identificação de resistência de *Amaranthus retroflexus* ao trifloxysulfuron-sodium

Os dados de porcentagem de controle dos biótipos com suspeita de resistência de *Amaranthus retroflexus* se ajustaram adequadamente ao modelo logístico proposto por Streibig (1988) e, com os parâmetros obtidos (a, b e c), foi possível obter os valores de I_{50} e I_{80} que caracterizam os níveis de susceptibilidade dos biótipos coletados, nas regiões produtoras de algodão no Brasil.

Estão apresentadas, na Quadro 2, as estimativas dos parâmetros a, b e c além do fator de resistência (FR) ao trifloxysulfuron-sodium dos biótipos de *Amaranthus retroflexus*. Verificou-se que os valores de R^2 são próximos de 1, indicando elevado ajuste do modelo em relação aos dados coletados.

Quadro 2. Estimativas dos parâmetros a, b e c e do coeficiente de determinação (R^2) do modelo log-logístico, ajustados para trifloxysulfuron-sodium e doses para 50% (I_{50}) e 80% (I_{80}) de controle de *A. retroflexus* em relação à porcentagem de controle aos 28 dias após aplicação (DAA). Maringá, PR – 2011.

Local	a	B	c	R^2	I_{80} (kg ha ⁻¹)	I_{50} (kg ha ⁻¹)	FR
MS 1	82,7222	0,0199	-1,0804	0,99	0,4547	0,0294	42,13
MS 2	91,9554	0,0108	-4,59E-01	0,99	0,6797	0,0158	22,63
GO 3	50,6280	0,0060	-2,2849	0,96	-	0,0407	58,27
GO 4	76,6019	0,0124	-0,7657	0,99	-	0,0282	40,43
GO 6	62,6440	0,0056	-2,1882	0,99	-	0,0104	15,01
MT 13	100,0311	0,0007	-2,4992	0,99	0,0013	0,0007	1,07
LOCAL 12*	100,1069	0,00070	-1,9542	0,99	0,0014	0,0006	1,00

* Local 12 – biótipo susceptível de *Amaranthus retroflexus*

De acordo com os fatores de resistência (FR), observa-se que os biótipos de *Amaranthus retroflexus* provenientes dos Locais MS 1, MS 2, GO 3, GO 4 e GO 6 apresentaram resistência ao trifloxysulfuron-sodium aplicado em pós-emergência.

As doses necessárias para se obter controle de 50% dos biótipos de *Amaranthus retroflexus* variaram entre 0,0007 kg ha⁻¹ a 0,0407 kg ha⁻¹, enquanto que o biótipo susceptível (Local 12) teve 50% de controle proporcionado por apenas 0,0006 kg ha⁻¹. Estes resultados podem ser melhor observados na Figura 1, em que se evidencia a diferença entre o controle obtido nos biótipos resistentes e o biótipo susceptível com a aplicação de trifloxysulfuron-sodium em pós-emergência dos biótipos de *A. retroflexus*.

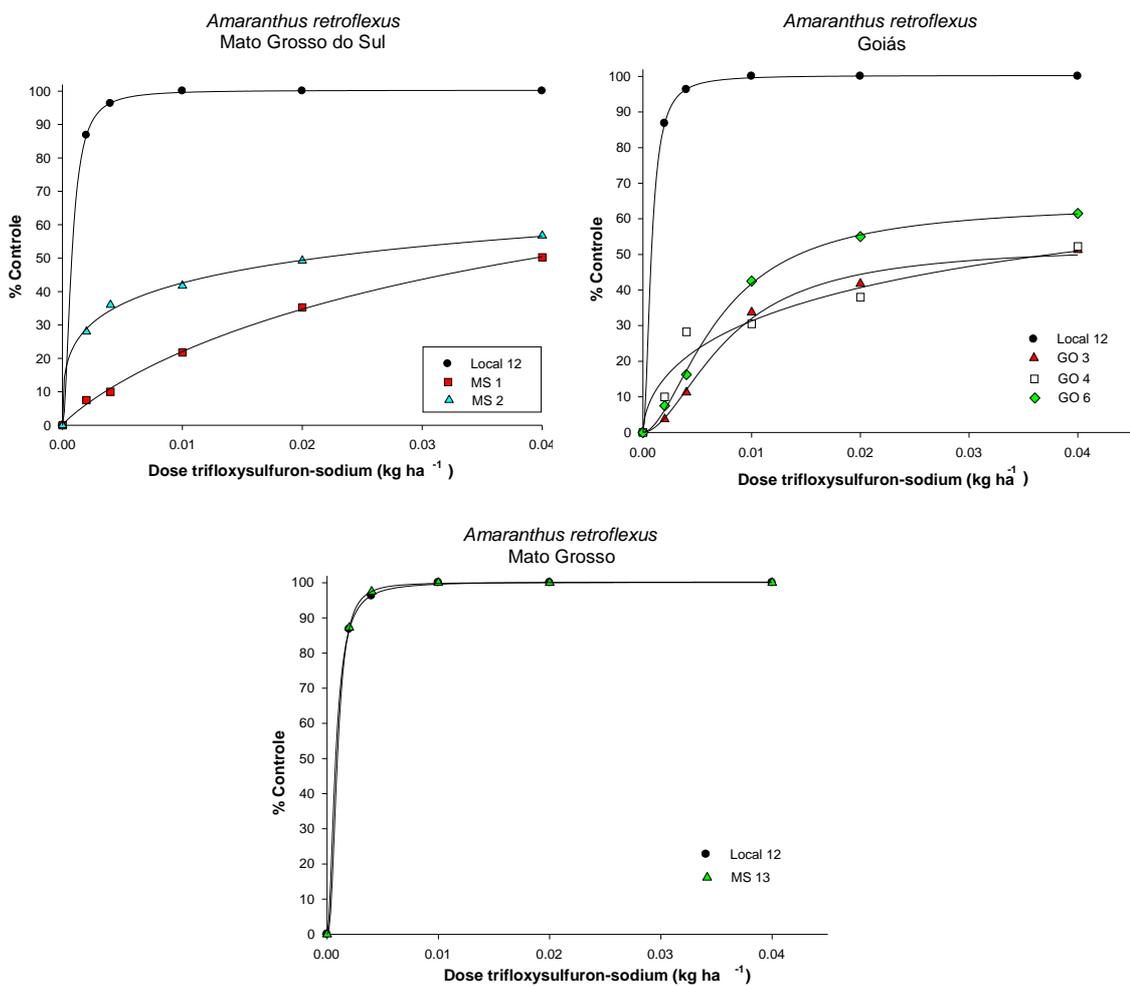


Figura 1. Curva dose resposta proporcionada pela aplicação de trifloxysulfuron-sodium no controle de biótipos de *Amaranthus retroflexus* nas amostras MS 1, MS 2 (esquerda acima), GO 3, GO 4 e GO 6 (direita acima), e MT 13 (centro abaixo).

As plantas coletadas em MS 1 e MS 2 apresentaram fator de resistência ao herbicida testado de 42,13 e 22,63, respectivamente, necessitando de 0,0294 e 0,0158 kg ha⁻¹ de produto para controlar 50% das plantas daninhas (Quadro 2 e Figura 1).

As maiores doses encontradas para se obter 50% de controle foram observadas para as plantas coletadas no Estado de Goiás, no qual o fator de resistência dos biótipos de *Amaranthus retroflexus* em GO 3 atingiu 58,27, ou seja, há a necessidade de doses em torno de 58 vezes mais alta em relação àquelas que controlaram 50% do biótipo considerado susceptível, evidenciando alta resistência destas plantas ao herbicida trifloxysulfuron-sodium aplicado em pós-emergência. Este fato também pode ser evidenciado na Figura 2, em que houve redução de massa seca em torno de 60% para as doses mais altas de trifloxysulfuron-sodium do controle do biótipo GO 3.

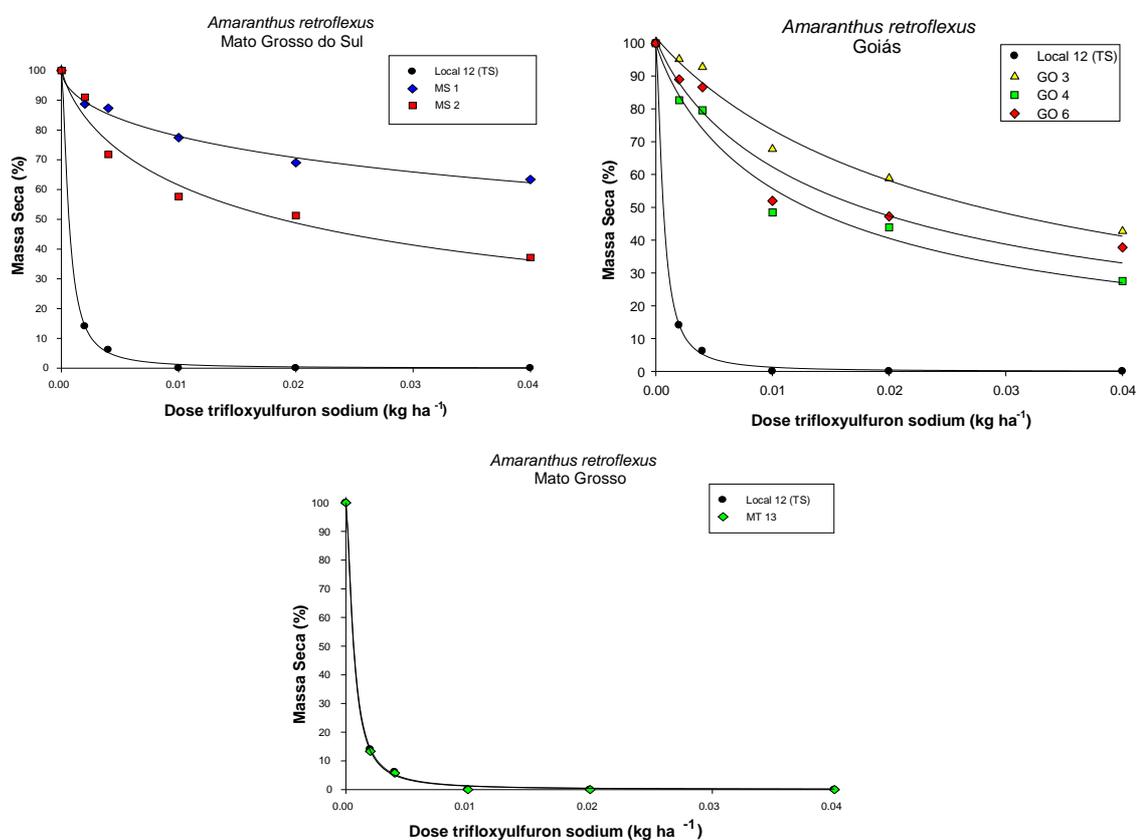


Figura 2. Porcentagem de massa seca restante das aplicações de trifloxysulfuron-sodium no controle de biótipos de *Amaranthus retroflexus* nas amostras MS 1, MS 2 (esquerda acima), GO 3, GO 4 e GO 6 (direita acima), e MT 13 (centro abaixo).

Fatores de resistência moderado a alto foram identificados também nos biótipos de *Amaranthus retroflexus* coletados em GO 4 e GO 6.

Para os biótipos GO 3, GO 4 e GO 6, não foi possível obter o I₈₀, pois as doses testadas não foram suficientes para se obter controle de 80% destes

biótipos, sendo necessário doses acima das utilizadas neste trabalho. Isto evidencia e reforça os altos fatores de resistência nas plantas coletadas destes locais, já que apresentaram a necessidade de altas doses de trifloxysulfuron-sodium para se obter 80% de controle, firmando, assim, a resistência destas plantas ao herbicida.

No caso dos biótipos coletados no Local MT 13, não houve identificação de resistência, que pode ser comprovado pela redução de quase 100% de massa seca mesmo nas subdoses do trifloxysulfuron-sodium utilizadas (Figura 2).

Identificação de resistência de espécies de *Amaranthus viridis* ao trifloxysulfuron-sodium

Após aplicações de trifloxyulfuron-sodium, nas plantas de *Amaranhtus viridis*, foi possível o cálculo do I_{50} e I_{80} , valores estes que caracterizam os níveis de susceptibilidade dos biótipos coletados nas regiões produtoras de algodão dos Locais: Mato Grosso do Sul (MS 1) e Bahia (BA 7, BA 8, BA 9, e BA 11), além do biótipo susceptível (Local 12). As estimativas dos parâmetros a, b, c, além do fator de resistência ao herbicida trifloxysulfuron-sodium apresentado pelos biótipos de *Amaranthus viridis*, podem ser visualizados na Quadro 3.

Quadro 3. Estimativas dos parâmetros a, b e c e do coeficiente de determinação (R^2) do modelo log-logístico, ajustados para trifloxysulfuron-sodium e doses para 50% (I_{50}) e 80% (I_{80}) de controle de *A. viridis* em relação à porcentagem de controle aos 28 dias após aplicação (DAA). Maringá, PR – 2011.

Local	a	B	c	R^2	I_{80} (kg ha ⁻¹)	I_{50} (kg ha ⁻¹)	FR
MS 1	225,6561	0,2687	-0,5544	0,99	0,0911	0,0278	55,95
BA 7	100,1117	0,0009	-2,3558	0,99	0,0016	0,0008	1,80
BA 8	100,1826	0,0007	-1,9635	0,99	0,0014	0,0006	1,40
BA 9	100,2472	0,0006	-1,8395	0,99	0,0012	0,0005	1,23
BA 11	100,9078	0,0005	-1,2871	0,99	0,0014	0,0004	0,99
LOCAL 12*	100,4511	0,00005	-1,5437	0,99	0,0012	0,0004	1,00

* Local 12 – biótipo susceptível de *Amaranthus viridis*.

Os biótipos de *Amaranthus viridis* BA 7, BA 8, BA 9 e BA 11, coletados no Estado da Bahia, apresentaram fatores de resistência (FR) muito próximos de 1 e com controles próximos a 100% (Figura 3) e alta redução de massa seca (Figura 4), sendo semelhante ao controle proporcionado pelo trifloxysulfuron-sodium para o biótipo susceptível (Local 12). Isto indica que fatores de resistência (F) maiores que 1 podem ser devido a variabilidade genética natural da população.

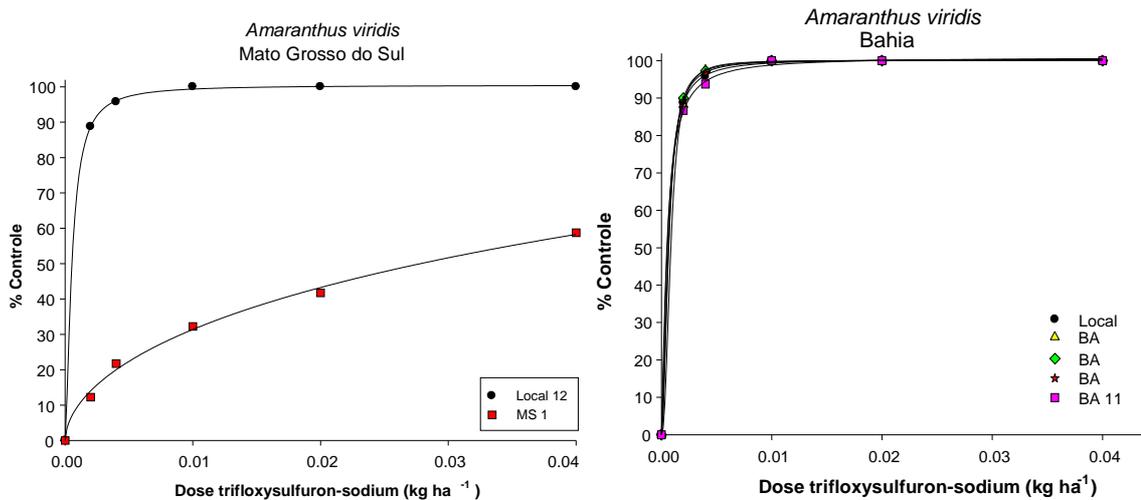


Figura 3. Curva dose resposta proporcionada pela aplicação de trifloxysulfuron-sodium no controle de biótipos de *Amaranthus viridis* no Mato Grosso do Sul (MS 1) (esquerda) e Bahia (BA 7, BA 8, BA 9 e BA 11) (direita).

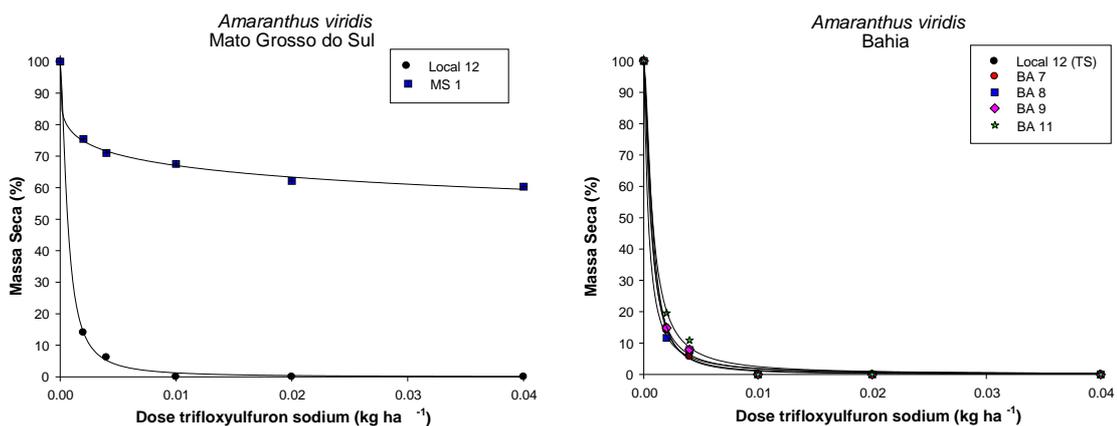


Figura 4. Porcentagem de massa seca restante das aplicações de trifloxysulfuron-sodium no controle de biótipos de *Amaranthus viridis* MS 1 (esquerda) e BA 7, BA 8, BA 9 e BA 11 (direita).

Já nas aplicações de trifloxysulfuron-sodium nos biótipos de *Amaranthus viridis* da amostra MS 1, foi possível confirmar o caso de resistência ($F=55,95$) a

este herbicida (Figura 3), tais dados corroboram com a redução de porcentagem de massa seca, que não chegou a 60 % (Figura 4).

Nas amostras coletadas no Estado da Bahia, pode-se verificar valores de b muito próximos da amostra susceptível (Quadro 2), evidenciando a susceptibilidade dos biótipos de *Amaranthus viridis* ao trifloxysulfuron-sodium (Figura 3).

Há um aumento considerável nas doses necessárias para se obter porcentagens de controle satisfatórias ($\geq 80\%$) dos biótipos de *Amaranthus viridis* no Mato Grosso do Sul. A dose que proporcionou 80% de controle das plantas coletadas no MS 1 foi 76 vezes mais alta do que a dose utilizada para se obter a mesma porcentagem de controle nas plantas consideradas suscetíveis (Local 12) (Quadro 2), e ainda superior a dose comercial utilizada neste trabalho.

Identificação de resistência de espécies de *Amaranthus retroflexus* ao pyriithiobac-sodium

Os valores de a, b, c, I_{50} , I_{80} e o fator de resistência dos biótipos de *Amaranthus retroflexus* ao herbicida pyriithiobac-sodium estão apresentados na Quadro 4.

Quadro 4. Estimativas dos parâmetros a, b e c e do coeficiente de determinação (R^2) do modelo log-logístico, ajustados para pyriithiobac-sodium e doses para 50% (I_{50}) e 80% (I_{80}) de controle de *Amaranthus retroflexus* em relação à porcentagem de controle aos 28 dias após aplicação (DAA). Maringá, PR – 2011.

Local	A	B	c	R^2	I_{80} (kg ha ⁻¹)	I_{50} (kg ha ⁻¹)	FR
MS 1	100,3566	0,0059	-1,4779	0,99	0,0148	0,0058	0,42
MS 2	93,1602	0,0823	-7,09E-01	0,99	1,0482	0,1012	7,31
GO 3	62,9846	0,1262	-1,1038	0,99	-	0,4280	30,90
GO 4	120,4485	0,2491	-0,4469	0,99	1,1458	0,1156	8,34
GO 6	138,3409	1,0750	-0,7886	0,98	1,6042	0,5223	37,70
MT 13	100,7693	0,0085	-1,4074	0,99	0,0221	0,0084	0,60
Local 12*	100,3437	0,0139	-1,9997	0,99	0,0275	0,0138	1,00

* Local 12 – biótipo susceptível de *Amaranthus retroflexus*.

Os biótipos coletados nas diferentes regiões produtoras do Brasil demonstraram diferentes comportamentos em relação à porcentagem de controle proporcionado pelo pyriithiobac-sodium.

Desta maneira, o fator de resistência apresentado pelos biótipos mais resistentes ao herbicida pyriithiobac-sodium foi GO 6 (37,70) > GO 3 (30,90) > GO 4 (8,34) > MS 2 (7,31), evidenciando variabilidade no grau de resistência dos biótipos, que pode ser comprovado também pela porcentagem de controle e massa seca (Figura 5 e 6). As sementes coletadas em GO 6 apresentaram maior fator de resistência entre todas as amostras de todos os estados citados, apresentando valores de 37,70, ou seja, demonstrando ser necessário doses em torno de 38 vezes a dose necessária para conseguir controle de 50% da testemunha susceptível (Local 12).

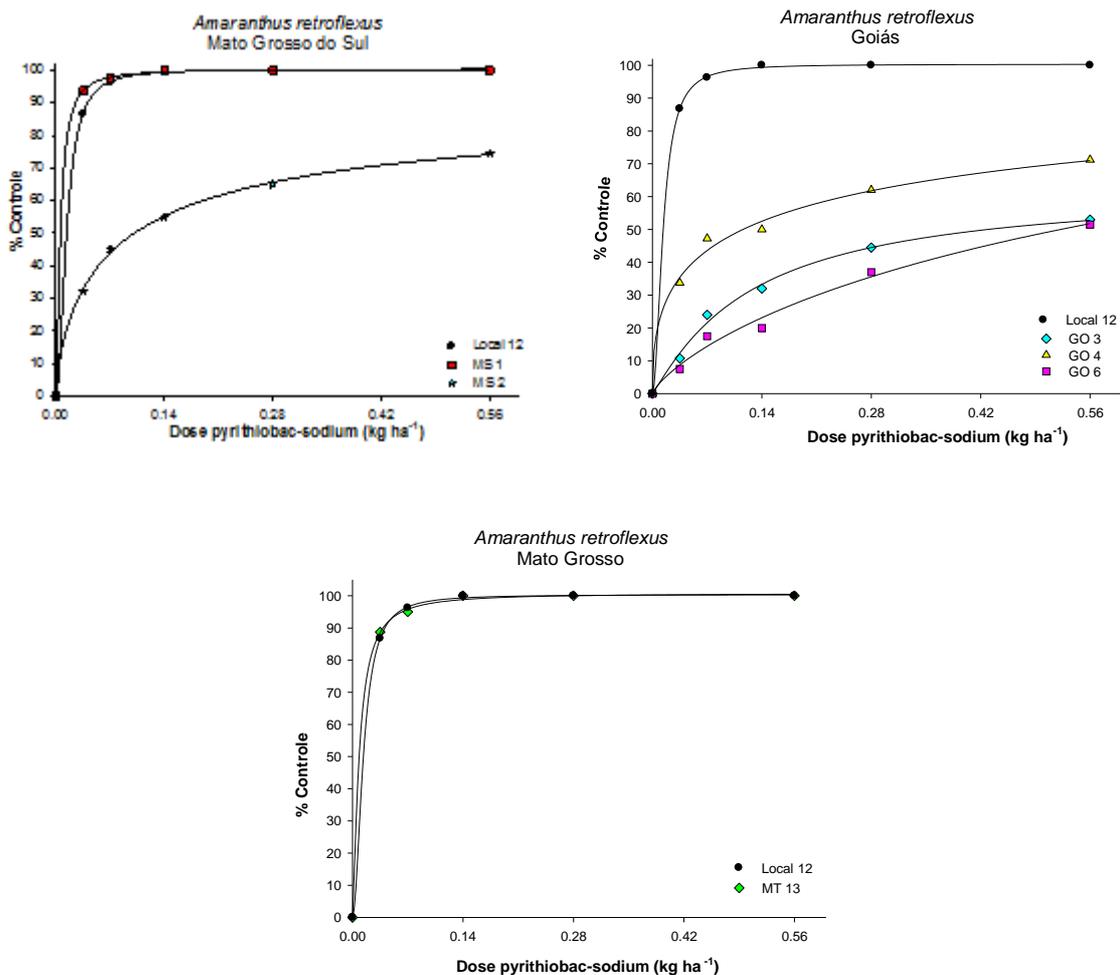


Figura 5. Curva dose resposta proporcionada pela aplicação de pyriithiobac-sodium no controle de biótipos de *Amaranthus retroflexus* MS 1 e MS 2 (esquerda acima), GO 3, GO 4 e GO 6 (direita acima) e MT 13 (centro abaixo).

Valores de I_{50} , bem como os fatores de resistência calculados para biótipos pertencentes ao Estado do Mato Grosso (MT 13) e Mato Grosso do Sul (MS 1), demonstraram alta susceptibilidade dos biótipos de caruru-gigante ao herbicida pyriithiobac-sodium, não sendo consideradas, portanto, plantas resistentes aos inibidores da enzima ALS do grupo dos pirimidil-benzoatos (Figura 5 e 6).

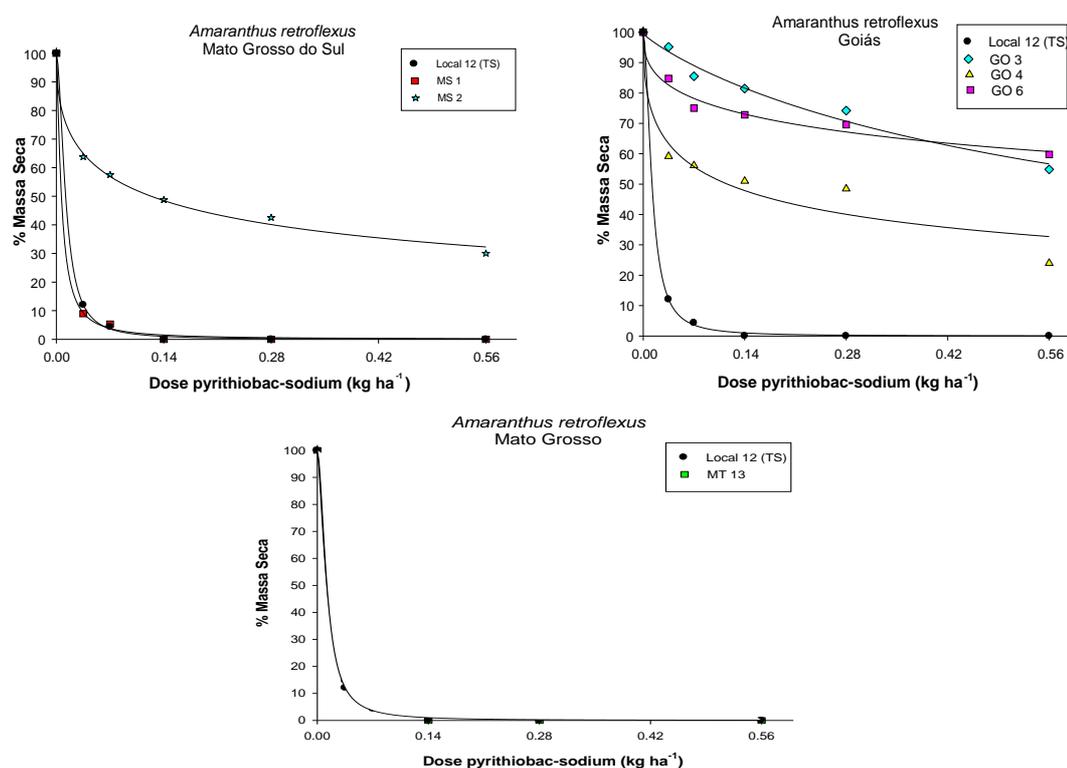


Figura 6. Porcentagem de massa seca restante das aplicações de pyriithiobac-sodium no controle de biótipos de *Amaranthus retroflexus* MS 1, MS 2 (esquerda acima), GO 3, GO 4 e GO 6 (direita acima) e MT 13 (centro abaixo).

Fatores de resistência medianos foram encontrados nas amostras do Estado do Mato Grosso do Sul (MS 2) e Goiás (GO 4), sendo necessário 7,31 e 8,34 vezes a dose de pyriithiobac-sodium respectivamente, para proporcionar controle similar a dos biótipos susceptíveis (Local 12).

A amostra GO 6, proveniente do Estado de Goiás, apresentou fator de resistência moderado (FR=37,70) para as aplicações em pós-emergência do herbicida pyriithiocac-sodium.

Tais dados demonstram confirmação de casos de resistência das amostras coletadas em diversas regiões produtoras de algodão no Brasil. Reforça-se que o uso contínuo de herbicidas inibidores da enzima ALS seleciona biótipos de

plantas mais adaptadas, que possuem formas alternativas de inativar o herbicida na planta, tornando-os ineficientes em seu controle.

Identificação de resistência de espécies de *Amaranthus viridis* ao pyriithiobac-sodium

Os valores de a, b, c, I₅₀, I₈₀ e o fator de resistência dos biótipos de *Amaranthus viridis* ao herbicida pyriithiobac-sodium estão apresentados na Quadro 5.

Quadro 5. Estimativas dos parâmetros a, b e c e do coeficiente de determinação (R²) do modelo log-logístico, ajustados para pyriithiobac-sodium e doses para 50% (I₅₀) e 80% (I₈₀) de controle de *Amaranthus viridis* em relação à porcentagem de controle aos 28 dias após aplicação (DAA). Maringá, PR – 2011.

Local	A	B	c	R ²	I ₈₀ (kg ha ⁻¹)	I ₅₀ (kg ha ⁻¹)	FR
MS 1	100,3363	0,0042	-1,0082	0,99	0,0163	0,0041	0,27
BA 7	100,3269	0,0116	-1,8815	0,99	0,0240	0,0115	0,76
BA 8	100,6366	0,0123	-1,6695	0,99	0,0276	0,0122	0,88
BA 9	101,0101	0,0094	-1,3609	0,99	0,0251	0,0092	0,60
BA 11	100,2186	0,0118	-2,0511	0,99	0,0230	0,0117	0,77
Local 12*	98,3823	0,0015	-2,3734	0,99	0,0278	0,0152	1,00

* Local 12 – biótipo susceptível de *Amaranthus viridis*

A partir dos testes realizados com pyriithiobac-sodium em biótipos de *Amaranthus viridis*, pode-se constatar alta susceptibilidade ao herbicida testado, isto é, não houve evidência alguma de resistência nestas áreas ao herbicida do grupo químico dos pirimidil-benzoatos (Quadro 5 e Figura 7).

Com estes dados, nota-se que, para se obter o controle de 50% dos biótipos de *Amaranthus viridis* destes dois estados, são necessárias doses inferiores àquelas utilizadas para se obter 50% de controle da testemunha susceptível, podendo ser comprovados pela porcentagem de massa seca apresentados na Figura 8.

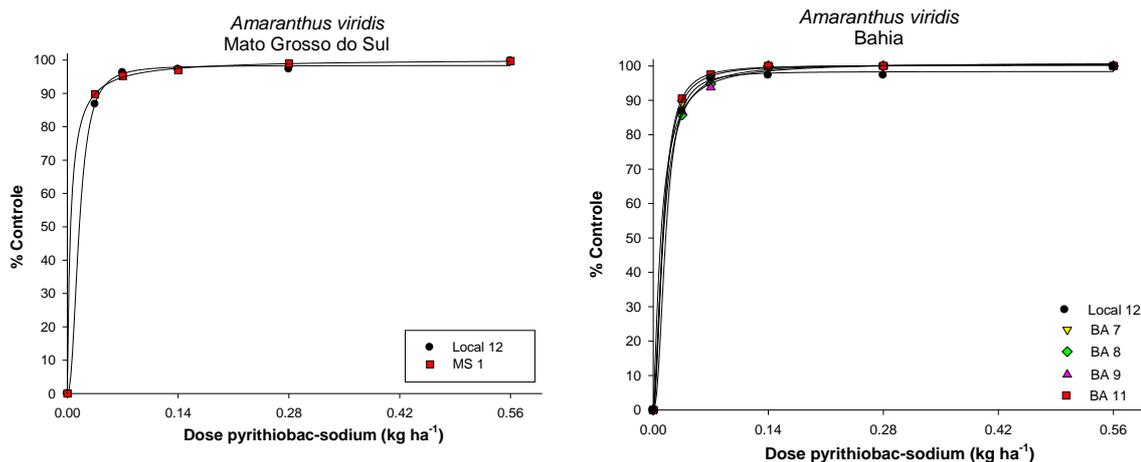


Figura 7. Curva dose resposta proporcionada pela aplicação de pyrithiobac-sodium no controle de biótipos de *Amaranthus viridis* de MS 1(esquerda) e BA 7, BA 8, BA 9 e BA 11 (direita).

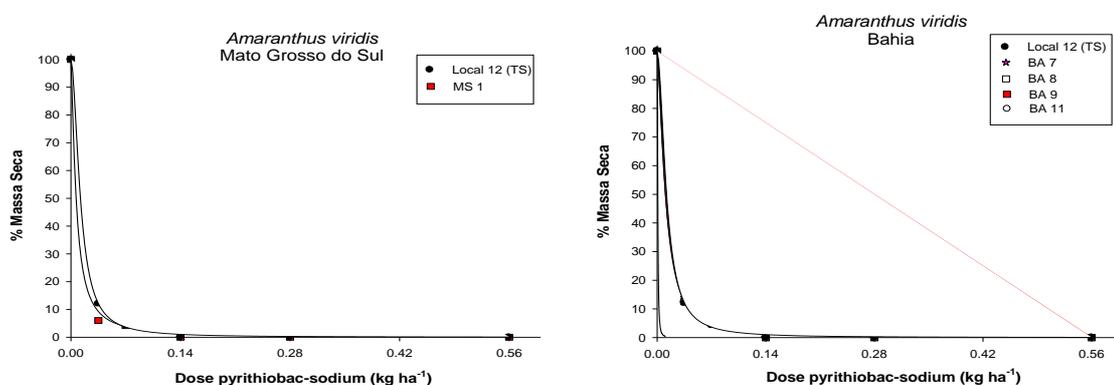


Figura 8. Porcentagem de massa seca restante das aplicações de pyrithiobac-sodium no controle de biótipos de *Amaranthus viridis* de MS 1 (esquerda) e BA 7, BA 8, BA 9 e BA 11 (direita).

Assim, todas as amostras coletadas nos Estados do Mato Grosso do Sul e Bahia de *Amaranthus viridis*, não tiveram a confirmação de suspeita de casos resistência ao pyrithiobac-sodium, sendo portanto, tais biótipos provenientes de falhas na aplicação e/ou estágio de desenvolvimento das plantas no momento da aplicação ou até mesmo má identificação da espécie a ser controlada.

A resistência destes biótipos testados, *A. retroflexus* e *A. viridis*, ao trifloxysulfuron-sodium e ao pyrithiobac-sodium aplicados em pós-emergência, pode ser devido às substituições simples nas posições dos aminoácidos da enzima acetolactato sintase, reduzindo, assim, sua sensibilidade aos herbicidas inibidores da ALS (SAARI et al. 1994).

Whaley et al. (2007) evidenciaram, em estudos realizados com espécies de *Amaranthus*, resistência aos herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase, e puderam concluir, em análises em nível molecular, que tais mutações eram devido às substituições simples na posição de aminoácidos específicos que proporcionaram diferentes taxas de resistência. Tais autores evidenciaram, ainda, que a mutação que confere resistência aos quatro grupos químicos inibidores da enzima ALS (sulfoniluréias, imidazolinonas, triazolpirimidinas (sulfoanilidas) e pirimidil-benzoatos) era devido à substituição do aspartato pelo glutamato na posição 376.

Em estudos realizados por Bernasconi et al. (1995), observou-se que, em algumas plantas daninhas, a substituição do Trp₅₇₄ por Leu conferiu ampla resistência cruzada a os quatro grupos químicos inibidores da ALS.

Identificação de resistência cruzada das espécies de *A. retroflexus* e *A. viridis* aos herbicidas inibidores da enzima ALS, trifloxysulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium

Nos experimentos realizados neste capítulo, foi possível identificar biótipos de *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus viridis* resistentes às aplicações de inibidores da ALS, como o trifloxysulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium aplicados em pós-emergência.

Assim, o uso de trifloxysulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium, ambos inibidores da enzima ALS, mas pertencentes aos diferentes grupos químicos, tem sido usado em associação ou isolado, para o controle tanto em pré-emergência quanto em pós-emergência das plantas daninhas do algodoeiro em todo o mundo.

No caso de uma planta daninha ser resistente a dois ou mais herbicidas, pode ocorrer resistência cruzada ou múltipla. Denomina-se resistência cruzada os casos que envolve diferentes herbicidas que têm o mesmo sítio e/ou mecanismo de ação. Geralmente, ela é consequência de uma alteração no sítio de ação enzimático do herbicida (CHRISTOFFOLETI & LÓPEZ-OVEJERO, 2004). Desta forma, no presente trabalho, o trifloxysulfuron-sodium e o pyriithiobac-sodium são herbicidas inibidores da enzima ALS, no entanto, são de grupos

químicos diferentes, podendo selecionar biótipos resistentes aos dois herbicidas, denominando-se resistência cruzada.

Assim, os dados obtidos neste experimento (Quadros 2, 3, 4 e 5) suportam a conclusão de que, dos onze biótipos com suspeita, seis apresentaram resistência ao trifloxysulfuron-sodium, sendo cinco casos de *A. retroflexus* e um caso de *A. viridis*, e ainda quatro casos de *A. retroflexus* resistente ao pyriithiobac-sodium. Além disso, quatro biótipos de *A. retroflexus* apresentaram resistência a ambos os herbicidas, caracterizando-se como biótipos com resistência cruzada (Quadro 6 e 7).

Quadro 6. Biótipos de *Amaranthus retroflexus* que demonstraram resistência e resistência cruzada aos herbicidas testados no presente trabalho.

Mec.d e ação	Grupo químico	Herbicida	Locais					
			MS 1	MS 2	GO 3	GO 4	GO 6	MT 13
ALS	Sulfoniluréia	Trifloxysulfuron sodium	X	X	X	X	X	
ALS	Pirimidil-oxibenzóico	Pyriithiobac-sodium		X	X	X	X	

Quadro 7. Biótipos de *Amaranthus viridis* que demonstraram resistência e resistência cruzada aos herbicidas testados no presente trabalho.

Mec.d e ação	Grupo químico	Herbicida	Locais				
			MS 1	BA 7	BA 8	BA 9	BA 11
ALS	Sulfoniluréia	Trifloxysulfuron Sodium	X				
ALS	Pirimidil-oxibenzóico	Pyriithiobac-sodium					

De modo geral, os valores de FR foram maiores para o trifloxysulfuron-sodium do que para o pyriithiobac-sodium. Pode ser que isto esteja relacionado ao histórico das áreas ou a maior disponibilidade (e, portanto, uso) de sulfoniluréias em relação aos pirimidil tiobenzoatos.

Na maioria dos casos, a resistência aos inibidores da enzima ALS é resposta a uma alteração nesta enzima, que reduz a sensibilidade a estes herbicidas (SAARI et al. 1994). A resistência no sítio de ação da enzima é devido à substituição simples de aminoácidos (SHANER, 1999), que podem ocorrer em várias posições do gene da enzima ALS. Duggleby & Pang (2000) afirmaram que 17 substituições diferentes de aminoácidos na sequência do DNA da enzima

acetolactato sintase podem conferir a resistência de plantas, bactérias, algas verdes, e de leveduras aos inibidores da ALS. No entanto, Powles & Yu afirmaram que apenas sete destas substituições na enzima ALS são responsáveis por causar resistência em plantas, Ala₁₂₂, Pro₁₉₇, Ala₂₀₅, Asp₃₇₆, Trp₅₇₄, Ser₆₅₃ e Gly₆₅₄ (POWLES & YU, 2010).

Portanto, a resistência cruzada entre inibidores da acetolactato sintase depende da posição da substituição dos aminoácidos e da substituição específica (SHANER, 1999). Desta maneira, substituições na posição Ala₁₂₂ ou na Ser₆₅₃ conferem baixa ou nenhuma resistência aos herbicidas do grupo das sulfoniluréias, e alta taxa de resistência para herbicidas do grupo das imidazolinonas (BERNASCONI et al. 1995; DEVINE & EBERLEIN, 1997; PATZOLDT & TRANEL, 2001).

Da mesma maneira, substituições na Pro₁₉₇ conferem resistência às sulfoniluréias (GUTTIERI et al., 1992), mas baixa ou nenhuma resistência ao grupo das imidazolinonas. Substituições em Trp₅₇₄ ou Ala₂₀₅ proporcionam resistência aos quatro grupos químicos pertencentes aos inibidores da ALS (sulfoniluréias, triazolpirimidinas ou sulfoanelidas, imidazolinonas e pirimidilbenzoatos). No entanto, quando a mutação ocorre na posição Ala₂₀₅, os níveis de resistência são mais baixos do que àqueles apresentados quando a mutação ocorre na posição Trp₅₇₄ na sequência de aminoácidos do DNA da enzima acetolactato sintase (WHALEY et al., 2007).

Assim, conforme os dados apresentados, evidencia-se a possibilidade do mecanismo de resistência destas amostras serem devido às mutações ocorridas, devido às substituições das posições dos aminoácidos, a mutação mais comum relatada em trabalhos com inibidores da enzima ALS (WHALEY et al., 2007; WARWICK et al., 2008; ASHIGH et al., 2009; IMAIZUMI et al., 2008).

CONCLUSÃO

Em biótipos de *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus viridis*, foi confirmada suspeita de resistência moderada a alta por meio das aplicações em pós-emergência dos herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (trifloxysulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium), sendo que os biótipos de *Amaranthus retroflexus*, denominados MS 1, MS 2, GO 3, GO 4 e GO 6, apresentaram resistência moderada a alta ao trifloxysulfuron-sodium.

Os biótipos de *Amaranthus viridis*, denominados MS 1, apresentaram resistência alta ao trifloxysulfuron-sodium.

Para o herbicida pyriithiobac-sodium no controle de *Amaranthus retroflexus*, foi confirmada a resistência nos biótipos identificados como MS 2, GO 3, GO 4 e GO 6.

Para o herbicida pyriithiobac-sodium, não houve confirmação de resistência de nenhum biótipo de *A. viridis* testado.

Observa-se, ainda, a existência de resistência cruzada para os biótipos de *Amaranthus retroflexus*, denominados MS 2, GO 3, GO 4, GO 6, aos herbicidas tryfloxisulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium, quando estes são utilizados em aplicações em pós-emergência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASHIGH J. et al. Characterization and diagnostic tests of resistance to acetohydroxyacid synthase inhibitors due to an Asp376 Glu substitution in *Amaranthus powellii*. **Pestic. Bioch. Physiol.**, v.95, n.1, p.38-46, 2009.
- BAKER, H. The evolution of weeds. **Econ. Bot.**, v.37, n.2, p.255-282, 1974.
- BASTIAANS, L. et al. Focus on ecological weed management: what is hindering adoption? **Weed Res.**, v.48, n.2, p.481-491, 2008.
- BERNASCONI, P. et al. A naturally occurring point mutation confers broad range tolerance to herbicides that target acetolactate synthase. **J. Biol. Chem.**, v.270, n.29, p.17381-17385, 1995.
- CARVALHO, S.J.P. et al. Curvas de dose-resposta para avaliação do controle de fluxos de emergência de plantas daninhas pelo herbicida imazapic. **Planta Daninha**, v.23, n.3, p.535-542, 2005.
- CARVALHO, S.J. et al. Susceptibilidade 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. Bioensaio para determinação da resistência de plantas daninhas aos herbicidas inibidores da enzima ALS. **Bragantia**, v.60, n.1, p.261-265, 2000.
- CHRISTOFFOLETI, P.J. Curvas de dose-resposta de biótipos resistente e susceptível de *Bidens pilosa* L. aos herbicidas inibidores da ALS. **Scie. Agríc.**, v.59, n.3, p.513-519, 2002.
- CHRISTOFFOLETI, P.J.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F. Definições e situação da resistência de plantas daninhas aos herbicidas no Brasil e no Mundo. In: CHRISTOFFOLETI, P.J. (Coord.) **Aspectos da resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 2.ed. Campinas:

Revista Brasileira de Herbicidas, Passo Fundo-RS, No 3, p.72 –79, 2006. Associação Brasileira de Ação a Resistência de Plantas aos Herbicidas (HRAC-BR), 2004. p.3-22.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F. Resistência das plantas daninhas a herbicidas: definições, bases e situação no Brasil e no mundo. In: CHRISTOFFOLETI, P. J. (Coord.). **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 3.ed. Piracicaba: HRAC-BR, 2008. p.3-30.

DÉLYEA C., et al. Evolution and diversity of the mechanisms endowing resistance to herbicides inhibiting acetolactate-synthase (ALS) in corn poppy (*Papaver rhoeas* L.). **Plant Sci.**, v.180, n.1, p.333–342, 2010.

DEVINE, M.D.; EBERLEIN, C.V. Physiological, biochemical and molecular aspects of herbicide resistance based on altered target sites. Pages 159–185 in R. Michael Roe, J. D. Burton and R.J. Kuhr, eds. **Herbicide Activity: Toxicology, Biochemistry and Molecular Biology**. Amsterdam, 1997.

DUGGLEBY, R.G. & PANG, S.S. Acetohydroxyacid synthase. **Jor. of Biochem. and Mol. Biol.**, v.33, n.1, p.1–36, 2000.

DURÁN-PRADO, M. et al. Molecular basis of resistance to sulfonylureas in *Papaver rhoeas*. **Pestic. Biochem. Physiol.**, v.42, n.4, p.110–118.

FOSTER, D.K. et al. Selective grass-weed control in wheat and barley based on the safener fenchlorazole-ethyl, in: British Crop Protection Council (Ed.), **Proceedings of the Brighton crop protection conference—Weeds**, British Crop Protection Council, Surrey, England, p.1267–1272, 1993.

GUTTIERI M.J. et al. DNA sequence variation in domain A of the acetolactate synthase genes of herbicide-resistant and -susceptible weed biotypes. **Weed Sci.**, v.40, n.3, p.670–676, 1992.

HALL, L.M. et al. Resistance to acetolactato sintase inhibithors and quinclorac in a biotypes of false clover (*Gallium sourium*). **Weed Sci.**, v.46, n.1, p.390-396, 1998.

HEAP, I. International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Internet online document., 2012. URL: <http://www.weedscience.com>, acesso Janeiro 10, 2012.

IMAIZUMI, T. et al. Genetic diversity of sulfonylurea-resistant and -susceptible *Monochoria vaginalis* populations in Japan. **Weed Res.** v.48, n.2, p.187 – 196, 2008.

MALLORY-SMITH C & NAMUTH D. Overview and objectives of herbicide resistance: mechanisms, inheritance & molecular genetics. Disponível em: <http://plantandsoil.unl.edu>, 2012.

MAZUR, B.J.; FALCO, S.C. The development of herbicide resistant crops. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.40, n.1, p.441-470, 1989.

OERKE, E. Crop losses to pests. **J. Agric. Sci.** v.144, n.1, p.31-43, 2006.

PATZOLDT, W. L.; P. J. TRANEL. ALS mutations conferring herbicide resistance in waterhemp. Proc. N. Cent. **Weed Sci.** v.56, n1, p.67, 2001.

POWLES SB & YU Q. Evolution in action: plants resistant to herbicides. **Annual Review of Plant Biology**, v.61, n.1, p.317–347, 2010.

RÜEGG, W.T. et al. Herbicide research and development: challenges and opportunities, **Weed Res.**, v.47, n.1, p.271–275, 2007.

SAARI, L. L., J. C. et al. Resistance to acetolactate synthase inhibiting herbicides. Pages 83–139 in S. B. Powles and J.A.M. Holtum, eds. *Herbicide Resistance in Plants: Biology and Biochemistry*. Ann Arbor, MI: Lewis, 1994.

SHANER, D.L. Resistance to acetolactate synthase (ALS) inhibitors in the United States: history, occurrence, detection, and management. **Weed Res.**, v.44, n.1. p.405–411, 1999.

SIBONY, M. et al. Sulfometuron-resistant *Amaranthus retroflexus*: cross-resistance and molecular basis for resistance to acetolactate synthase-inhibiting herbicides, **Weed Res.** v.41, n.1, p.509–522, 2001.

STREIBIG J. Herbicide bioassay. **Weed Res.** v.28, n.1, p.479– 484, 1988.

TRANEL, P. J.; T. R. WRIGHT. Resistance of weeds to ALS-inhibiting herbicides: what have we learned? **Weed Sci.** v.50, n.6, p.700–712, 2002.

TRANEL P.J. et al. ALS mutations from herbicide-resistant weeds. Disponível em: <http://www.weed-science.com>, 13/02/2012.

VARGAS, R. **Herbicide Resistance**. The University of Arizona. Disponível em: <http://www.ag.arizona.edu/crops/pesticides/papers/herbesis.html>. 15/02/2012

VIDAL, R.A., FLECK, N.G. Análise do risco da ocorrência de biótipos de plantas daninhas resistentes aos herbicidas. **Planta Daninha**, v.15, n.12, p.152-161, 1997.

WARWICK, S.I. et al. Acetolactate Synthase Target-Site Mutations and Single Nucleotide Polymorphism Genotyping in ALS-Resistant *Kochia (Kochia scoparia)*. **Weed Sci.**, v.56, n.3, p.797–806, 2008.

WEED SCIENCE. International survey of herbicide resistant weeds. Disponível em: <http://www.weedscience.org/in.asp>. 15/02/2012.

WHALEY C.M. et al. A new mutation in plant ALS confers resistance to five classes of ALS-inhibiting herbicides. **Weed Sci.**, v.55, n.2, p.83–90, 2007.

CAPÍTULO 3

IDENTIFICAÇÃO DE RESISTÊNCIA DE BIÓTIPOS DE *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus viridis* AOS HERBICIDAS UTILIZADOS EM PRÉ-EMERGÊNCIA NA CULTURA DO ALGODÃO

RESUMO:

O uso contínuo de herbicidas com mesmo mecanismos de ação por várias décadas, tem provocado alta pressão de seleção entre as espécies, selecionando biótipos de plantas daninhas cada vez mais resistentes. Este trabalho teve como objetivo avaliar biótipos oriundos de áreas com escapes de controle de *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus viridis* com o intuito de confirmar a suspeita de resistência aos herbicidas aplicados em pré-emergência utilizados na cultura do algodão, bem como traçar a curva dose-resposta, e calcular o fator de resistência dos biótipos testados. Os herbicidas utilizados para identificação de suspeita de resistência e para a obtenção da curva dose resposta do controle de *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus viridis* foram atrazine (0,000, 0,325, 0,750, 1,500, 3,000 e 6,000 kg ha⁻¹), prometryn (0,000, 0,250, 0,500, 1,000, 2,000 e 4,000 kg ha⁻¹), diuron (0,000, 0,500, 1,000, 2,000, 4,000 e 8,000 kg ha⁻¹), s-metolachlor (0,000, 0,360, 0,720, 1,440, 2,880 e 5,760 kg ha⁻¹), trifluralin (0,000, 0,270, 0,540, 1,080, 2,160 e 4,320 kg ha⁻¹), trifloxysulfurom-sodium (0,0000, 0,00187, 0,00375, 0,00750, 0,01500 e 0,03000 kg ha⁻¹) e pyriithiobac-sodium (0,000, 0,03500, 0,0700, 0,1400, 0,2800 e 0,5600 kg ha⁻¹), sendo as doses utilizadas equivalente a 0, ¼, ½, 1, 2 e 4 vezes a dose recomendada. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, em que cada herbicida e cada espécie foi considerada um experimento separado. Para *Amaranthus retroflexus*, os experimentos foram conduzidos em um esquema fatorial 8x6 sendo 8 locais e 6 doses. Para *Amaranthus viridis*, os experimentos foram conduzidos em um esquema fatorial 7x6, sendo 7 locais e 6 doses para cada herbicida. As aplicações foram realizadas em pré-emergência de ambas as espécies. Houve confirmação da suspeita de resistência dos biótipos de *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus viridis* nas principais regiões produtoras

de algodão do Brasil aos herbicidas aplicados em pré-emergência. De acordo com os dados obtidos no presente trabalho, pode-se confirmar biótipos de *A. retroflexus* resistentes aos herbicidas atrazine (MT 13), prometryn (GO 5 e MT 13), trifloxysulfuron-sodium (MS 2, GO 3, GO 4, GO 5, GO 6 e MT 13) e para o herbicida pyriithiobac-sodium (MS 2, GO 3, GO 4, GO 5 e GO 6). Enquanto que para os biótipos de *A. viridis* pode-se confirmar resistência aos herbicidas atrazine (BA 7), prometryn (BA 7, BA 8, BA 9 e BA 11), trifloxysulfuron-sodium (BA 7, BA 8, BA 9 e BA 11). Sendo identificada ainda resistência cruzada entre herbicidas inibidores da ALS e entre os herbicidas triazínicos. A resistência múltipla também foi identificada nos biótipos de *A. retroflexus* e *A. viridis* testados aos herbicidas inibidores da ALS e aos Inibidores do FSII. Não houve confirmação de resistência para os biótipos de ambas as espécies testadas para os herbicidas trifluralin, s-metolachlor e diuron, podendo ser alternativa de controle no manejo em pré-emergência de biótipos resistentes.

Palavras-chave: sulfoniluréias, pirimidil-benzoatos, triazinas, cloroacetamedas.

INTRODUÇÃO

A cultura do algodão sempre teve grande expressão na economia do mundo, sendo considerada a fibra natural de maior relevância no mercado mundial.

No Brasil, a produção nacional de algodão, em meados de 1973, passou a se desenvolver empresarialmente apoiada num novo sistema produtivo, baseado em grandes extensões de áreas e mecanizado do plantio à colheita. Com isso, a produtividade brasileira deu um grande salto, ultrapassando as médias obtidas pelos principais países produtores (ALVES et al., 2008).

Atualmente, a área de produção de algodão no Brasil na safra 2010/2011 é 1.304,7 mil hectares plantados (CONAB, 2012). Tal aumento da área cultivada favorece o aumento do uso de herbicidas, já que há certa dificuldade de promover capinas em áreas produtoras extensas. É desejável que estes herbicidas promovam amplo espectro de controle de plantas daninhas, período residual satisfatório, baixa fitotoxicidade nas plantas cultivadas, tudo isso com preço acessível.

No cultivo do algodoeiro, os programas de controle de plantas daninhas, tradicionalmente, consistem na utilização de uma sequência de aplicações de herbicidas: em pré-plantio-incorporado (PPI), pré-emergência da cultura e das plantas daninhas (PRE), pós-emergência (POST), aplicações “over-the-top” e aplicações em jato-dirigido (BUCHANAN, 1992; WILCUT et al., 1995).

Sabe-se que são poucos os herbicidas registrados para uso na cultura do algodão (BELTRÃO & MELHORANÇA, 2001), destacando-se herbicidas inibidores do Fotossistema II (diuron, atrazine, prometryn e linuron), inibidores da síntese de carotenóides (clomazone), inibidores da polimerização de tubulinas (trifluralin e pendimethalin), inibidores da síntese de ácidos nucleicos e proteínas (alachlor e s-metolachlor), inibidores da enzima ALS (trifloxysulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium), inibidores da glutamina sintase (amônio glufosinato), inibidores da PROTOX (carfentrazone-ethyl, flumioxazin, oxyfluorfen e oxadiazon), inibidores da ACCase (clethodim, fluazifop-p-butyl, haloxyfop-methyl, quizalofop-p-ethyl, quizalofop-p-tefuryl, sethoxydim e tepraloxymethyl),

inibidores do fotossistema I (paraquat) e os inibidores da 4-HPPD (isoxaflutole).

A escassez de herbicidas para o controle de plantas daninhas dicotiledôneas no algodoeiro tem ocasionado o uso contínuo de herbicidas com mesmo mecanismo de ação por várias décadas, provocando alta pressão de seleção entre as espécies e selecionando biótipos de plantas daninhas resistentes a estes herbicidas, dificultando o controle das mesmas.

Desta maneira, são inúmeros relatos confirmados de resistência de plantas daninhas aos vários mecanismos de ação.

No caso de inibidores do Fotossistema II, o primeiro caso de resistência, pertencente ao grupo químico das triazinas, foi identificado no final dos anos 60, quando biótipos de *Senecio vulgaris* (RYAN, 1970) apresentaram-se resistentes a simazine. Desde então, plantas daninhas resistentes às triazinas têm aumentado e atualmente são 69 casos confirmados resistentes aos herbicidas inibidores do fotossistema II (HEAP, 2012). Em *Amaranthus*, o primeiro caso foi relatado em Israel no ano de 1992, quando biótipos de *Amaranthus blitoides* resistentes a simazine foram identificados (SIBONY & RUBIN, 2003).

Pesquisas conduzidas com populações resistentes de plantas daninhas nos anos 80 estabeleceram claramente que o sítio de ação que causa resistência aos herbicidas inibidores do fotossistema II é ocasionado pela mutação no gene psbA do cloroplasto que codifica a proteína D1, (GRONWALD, 1994).

Já para os inibidores da acetolactato sintase (ALS), foram identificadas 118 espécies de plantas daninhas que possuem algum tipo de resistência envolvida com a enzima ALS (HEAP, 2012), incluindo espécies do gênero *Amaranthus*. Tais herbicidas tornaram-se mais populares devido ao amplo espectro de controle de plantas daninhas, pela sua extensa seletividade em várias culturas, baixa toxicidade em mamíferos, e período residual desejável (SAARI et al., 1994). A resistência de biótipos das plantas infestantes é geralmente causada por repetidas aplicações de herbicidas ALS por períodos maiores de 3 anos (RUBIN, 1996). A incidência de resistência aos herbicidas inibidores da ALS é alta em espécies do gênero *Amaranthus*, sendo já identificada para *Amaranthus rudis* (HINZ & OWEN, 1997; FOES et al., 1998), *Amaranthus hybridus*

(MANLEY et al., 1999), *Amaranthus palmeri* (SPRAGUE et al., 1997; WETZEL et al., 1999) e *Amaranthus retroflexus* (SIBONY et al., 2001).

Herbicidas inibidores da tubulina, como o trifluralin, têm sido usados desde 1970 em culturas como algodão, soja, trigo, videiras e plantas ornamentais (ASHTON & CRAFTS, 1981), e a seleção de biótipos de plantas daninhas resistentes a este mecanismo tem aumentado desde então. O primeiro caso de resistência confirmado ao herbicida trifluralin foi aos biótipos de *Eleusine indica* em 1973 (ZENG & BAIRD, 1997). Hoje, são 11 os casos confirmados de resistência a este grupo químico (dinitroanilinas) (HEAP, 2012).

Apesar do uso intensivo dos herbicidas inibidores da síntese de ácidos nucleicos e proteínas nos últimos 40 anos em lavouras de milho e algodão, como os do grupo das cloroacetamidas (s-metolachlor), há registros de apenas cinco espécies de plantas daninhas resistentes a eles até o momento: *Echinochloa crus-galli*, *Lolium multiflorum*, *Lolium rigidum*, *Lolium perene* e *Alopecurus myosuroides* (DE' LYE et al. 2005; HEAP, 2012).

A resistência de plantas daninhas aos herbicidas assume grande importância, principalmente em razão ao limitado número de herbicidas alternativos para serem usados no controle dos biótipos resistentes, principalmente em casos de resistência cruzada e múltipla. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a suspeita de resistência em biótipos de *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus viridis* aos herbicidas utilizados na cultura do algodão aplicados em pré-emergência.

MATERIAL E MÉTODOS

Plantas de *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus viridis*, com suspeita de resistência utilizadas neste experimento, foram coletadas de regiões produtoras de algodão nos Estados do Mato Grosso do Sul (MS 1 e MS 2), Goiás (GO 3, GO 4, GO 5 e GO 6), Bahia (BA 7, BA 8, BA 9, BA 10 e BA 11) e Mato Grosso (MT 13) no período de março de 2010 (Quadro 1).

Quadro 1. Coordenadas geográficas dos pontos de coleta das espécies de *Amaranthus*.

Localidade	Amostra	Coordenadas	Espécies encontradas
Mato Grosso do Sul	MS 1	18°40'41.94"S/ 52°53'58.90"O	<i>A. retroflexus</i> e <i>A. viridis</i>
Mato Grosso do Sul	MS 2	18°41'13.47"S/ 52°52'33.33"O	<i>A. retroflexus</i>
Goiás	GO 3	18°35'6.58"S/ 52°43'41.43"O	<i>A. retroflexus</i>
Goiás	GO 4	18°34'22.94"S/ 52°47'52.21"O	<i>A. retroflexus</i>
Goiás	GO 5	18°30'22.94"S/ 52°45'52.21"O	<i>A. retroflexus</i>
Goiás	GO 6	18°40'13.03"S/ 52°47'19.99"O	<i>A. retroflexus</i>
Bahia	BA 7	12°41'41.26"S/ 45°49'22.93"O	<i>A. viridis</i>
Bahia	BA 8	12°17'20.37"S/ 45°51'14.56"O	<i>A. viridis</i>
Bahia	BA 9	12°42'54.43"S/ 45°45'40.34"O	<i>A. viridis</i>
Bahia	BA 10	12°42'54.43"S/ 45°45'40.34"O	<i>A. viridis</i>
Bahia	BA 11	12°42'54.43"S/ 45°45'40.34"O	<i>A. viridis</i>
Mato Grosso	MT 13	12°35'13.55"S/ 55°44'27.18"O	<i>A. retroflexus</i>
São Paulo	Local 12(TS)	28°51.28"S/ 47°12'56.10"O	<i>A. retroflexus</i> e <i>A. viridis</i>

Os biótipos foram coletados e acondicionados em sacos de papel, lacrados e levadas ao laboratório, onde foram colocados em estufa de ventilação forçada a 45°C por 24 horas para facilitar a retirada das sementes.

Após este processo, as sementes foram separadas em sacos de papel individuais e uma parte das amostras foi armazenada até a montagem dos experimentos, enquanto outra parte das amostras foi levada para casa de vegetação e semeada em abril de 2010, em vasos com capacidade para 3dm³ de solo. Foi realizada irrigação diariamente até as plantas atingirem florescimento pleno (outubro de 2010), período no qual as plantas foram levadas ao HUEM – Herbário da Universidade Estadual de Maringá, onde foram produzidas as unicatas.

As unicatas foram, então, enviadas para o Herbário da Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia, onde foram identificadas pela Prof. Dra. Luisa Senna. Assim, os biótipos MS 1, MS 2, GO 3, GO 4, GO 5, GO 6 e MT 13 foram identificados como *Amaranthus retroflexus* e os biótipos pertencentes a

MS 1, BA 7, BA 8, BA 9, BA 10 e BA 11 foram identificados como *Amaranthus viridis*. Observa-se que MS 1 possui biótipos referentes as duas espécies identificadas no presente trabalho.

As sementes da amostra selecionada como biótipo susceptível das duas espécies (Local 12) foram adquiridas na cidade de Engenheiro Coelho–SP (Agrocosmo), e foram colhidas de área sem aplicação de qualquer tipo de herbicida por mais de 5 anos.

Os biótipos coletados das áreas localizadas no Estado da Bahia possuem histórico de aplicações contínuas de prometryn e trifluralin aplicados em pré-emergência por vários anos no cultivo de algodão, soja e milho. Já os herbicidas s-metolachlor e o diuron (jato dirigido) são utilizados esporadicamente, além de herbicidas inibidores da ACCase para o controle de monocotiledôneas na cultura do algodão.

As amostras provenientes do Estado de Goiás possuem histórico de aplicações no manejo de plantas daninhas dos últimos anos de herbicidas inibidores da ACCase para o controle de monocotiledoneas, e para o controle de dicotiledôneas em pré-emergência prometryn + clomazone em pós-emergência e uso de trifloxysulfuron-sodium + pyriithiobac-sodium no manejo pós-emergencial da cultura de algodão. Na cultura subsequente, milho, são manejados com atrazine em pré-emergência e mesotrione em pós-emergência.

Já para os Estados do Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, o manejo nos últimos cinco anos foi realizado com aplicações dirigidas de atrazine, prometryn e clomazone em pré-emergência para o controle de dicotiledôneas, e as aplicações em pós-emergência no controle de monocotiledôneas com herbicidas inibidores da ACCase.

Para o controle de dicotiledôneas em pós-emergência, a associação de tryfloxysulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium é opção há vários anos na cultura do algodão. Nas culturas subsequentes, como soja, além do glyphosate, era usado por mais de 5 anos chlorimuron-ethyl.

Como o objetivo do trabalho não era comparar o controle entre as espécies e herbicidas, foram conduzidos quatorze experimentos separados. Desta maneira,

no experimento 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7, realizou-se a aplicação dos herbicidas atrazine, prometryn, diuron, trifluralin, s-metolachlor, trifloxysulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium em biótipos de *Amaranthus retroflexus* (Local MS 1, MS 2, GO 3, GO 4, GO 5, GO 6 e MT 13) e, no experimento 8, 9, 10, 11, 12, 13 e 14, realizou-se a aplicação dos herbicidas atrazine, prometryn, diuron, trifluralin, s-metolachlor, trifloxysulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium em biótipos de *Amaranthus viridis* (Local MS 1, BA 7, BA 8, BA 9, BA 10 e BA 11), além da aplicação no biótipo susceptível (Local 12) em todos os experimentos.

Estes experimentos foram realizados em duas etapas, sendo a segunda etapa, referente à repetição de alguns experimentos realizados na primeira etapa.

Em todas as etapas, foram semeadas 50 sementes em vasos com capacidade para 3 dm³ de solo (unidade experimental) posicionadas superficialmente (~0,5 cm) e as aplicações dos tratamentos herbicidas foram realizadas logo após a semeadura das plantas daninhas com solo úmido, utilizando pulverizador costal pressurizado com pressão constante de 35 lb pol⁻², equipado com três pontas XR 110.02, espaçadas em 0,5 m entre si e posicionadas 0,5 m da superfície dos alvos, proporcionando uma taxa de 200 L ha⁻¹ de calda.

As amostras de solo utilizadas eram de textura franco-arenosa, provenientes de uma litossequência localizada na Fazenda Experimental de Iguatemi, no município de Maringá, PR, coletada na profundidade de 0 a 20 cm. Após a coleta, as amostras foram submetidas a um processo de separação de raízes, torrões, palha e outras impurezas, por uma peneira com malha de 4 mm.

As amostras de solo foram submetidas às análises para determinar as características químicas e granulométricas. O solo utilizado nas unidades experimentais apresentavam: pH em água de 5,50; 4,62 cmol_c de H⁺+Al⁺³ dm⁻³ de solo; 4,13 cmol_c dm⁻³ de Ca⁺²; 1,27 cmol_c dm⁻³ de Mg⁺²; 0,29 cmol_c dm⁻³ de K⁺; 2,22 mg dm⁻³ de P; 4,13 g dm⁻³ de C; 14% de areia grossa; 38% de areia fina; 6% de silte; e 42% de argila.

Etapa I

Na primeira etapa, os biótipos de *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus viridis* foram semeados em novembro de 2010.

Os herbicidas utilizados para identificação de suspeita de resistência foram o atrazine, prometryn, diuron, trifluralin, s-metolachlor, trifloxysulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium aplicados em pré-emergência das amostras coletadas dos biótipos de *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus viridis*. Embora os dois últimos herbicidas não possuam registro para aplicação em pré-emergência de caruru-roxo, foram escolhidos por causa do seu potencial de controle em espécies do gênero *Amaranthus* registrado em outros países, como Israel (SIBONY et al., 2001). Pelos dados obtidos no capítulo 1 do presente trabalho, foram escolhidos porque se obteve controle mínimo de 87,75% para biótipos susceptíveis de *Amaranthus viridis* e *Amaranthus retroflexus*, com doses inferiores a recomendada, e pela frequência de uso em plantações de algodão no Brasil.

Os tratamentos e doses utilizadas dos herbicidas atrazine, prometryn, diuron, trifluralin e s-metolachlor, para se obter a curva dose resposta, referem-se a 0, ¼, ½, 1, 2 e 4 vezes a dose de produto recomendada (RODRIGUES & ALMEIDA, 2011). O mesmo pode ser feito para os herbicidas trifloxysulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium de acordo com doses testadas por Carvalho et al., (2006) para a aplicação em pré-emergência na cultura do algodão. As doses e os herbicidas utilizados estão demonstrados na Quadro 1.

Quadro 1. Herbicidas aplicados em pré-emergência das plantas daninhas e respectivas doses para elaboração da curva-dose resposta de *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus viridis* aos herbicidas testados, bem como identificação da resistência a estes herbicidas.

Tratamentos	Doses (kg ha ⁻¹)					
	0	¼	½	1	2	4
Testemunha	-	-	-	-	-	-
Atrazine	0,000	0,375	0,750	1,500	3,000	6,000
Prometryn	0,000	0,250	0,500	1,000	2,000	4,000
Diuron	0,000	0,500	1,000	2,000	4,000	8,000
Trifluralin	0,000	0,270	0,540	1,080	2,160	4,320
S-metolachlor	0,000	0,360	0,720	1,440	2,880	5,760
Trifloxysulfuron-sodium	0,000	0,0018	0,0037	0,0075	0,0150	0,0300
Pyriithiobac-sodium	0,000	0,0350	0,0700	0,1400	0,2800	0,5600

A aplicação foi realizada logo após a semeadura. No momento da aplicação, o céu estava parcialmente nublado, com temperatura de 26°C, UR 68%, e velocidade do vento de 1,9 km h⁻¹. Logo após a aplicação dos tratamentos, as unidades experimentais foram irrigadas com lâmina de água de 5 mm, mantendo a irrigação constante até o final do experimento.

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, em que cada herbicida e cada espécie foram considerados um experimento separado. Sendo que, para *Amaranthus retroflexus*, os experimentos foram conduzidos em esquema fatorial 8x6, sendo 8 locais e 6 doses para cada herbicida. Já para *Amaranthus viridis*, os experimentos foram conduzidos com esquema fatorial 7x6, sendo 7 locais e 6 doses para cada herbicida.

Etapa II

Consiste na repetição dos experimentos da primeira etapa, com os biótipos que apresentaram fatores de resistência baixos, resultados questionáveis ou no limiar da tomada de decisão sobre resistência.

O experimento foi semeado em fevereiro de 2011, nas mesmas condições da Etapa I, e os herbicidas e amostras utilizadas para confirmação dos casos de resistência da espécie *Amaranthus retroflexus* foram atrazine (MS 1, GO 5 e MT

13), prometryn (MS 1, MS 2, GO 5 e MT 13), trifloxysulfuron-sodium (MS 1, MS 2, GO 3, GO 4, GO 5, GO 6 e MT 13), e pyriithiobac-sodium (MS 1, MS 2, GO 3, GO 4, GO 5 e GO 6). Já para a confirmação de resistência da espécie *Amaranthus viridis*, repetiu-se os experimentos para os herbicidas atrazine (BA 8 e BA 9), prometryn (BA 7, BA 8, BA 9 e BA 11), e trifloxysulfuron-sodium (BA 7, BA 8, BA 9 e BA 11).

As doses utilizadas para as aplicações de atrazine, prometryn, trifloxysulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium foram as mesmas da Etapa I.

A aplicação foi realizada no mesmo dia para todos os tratamentos e as condições no momento da aplicação eram de temperatura 29° C, UR% 70, velocidade do vento 1,3 km h⁻¹, e céu parcialmente nublado. Periodicamente, as unidades experimentais foram irrigadas com lâmina de água de 5 mm, mantendo a irrigação constante até o final do experimento.

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, em esquema fatorial que variou de acordo com o número de biótipos avaliados e 6 doses para cada herbicida. Cada herbicida foi considerado um experimento separado.

Análise estatística

Em todos os experimentos, foram realizadas avaliações de controle (escala visual, 0-100%, onde 0% significa ausência de sintomas e 100% morte total das plantas daninhas) aos 28 dias após a aplicação (DAA), sendo considerado controle satisfatório valores iguais ou superiores a 80%. Os dados foram inicialmente submetidos à aplicação do teste F sobre a análise de variância. Os dados para obter a curvas de dose-resposta foram ajustados ao modelo de regressão não-linear do tipo log-logístico. A variável controle foi ajustada ao modelo proposto por Streibig et al. (1988):

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

Em que:

y = controle percentual;

x = dose do herbicida (kg i.a. ha⁻¹);

a , b e c = parâmetros estimados da equação, de tal forma que:

a = assíntota existente entre o ponto máximo e o ponto mínimo da variável;

b = dose que proporciona 50% da assíntota;

c = declividade da curva ao redor de b .

A partir das equações log-logísticas, foram elaboradas as curvas de dose-resposta. Com base nos modelos ajustados, realizou-se o cálculo da dose do herbicida, em kg ha⁻¹, que proporcionaria 50% e 80% de controle (I_{50} e I_{80}). Para a realização do cálculo, optou-se pela inversão do modelo log-logístico, deixando-o em função de y , de acordo com Carvalho et al. (2005):

$$x = b * \sqrt[c]{\frac{a}{y} - 1}$$

No modelo log-logístico inverso, b será igual a x toda vez que o resultado da raiz apresentar valor igual a 1. Por meio dos devidos cálculos matemáticos, ressalta-se que, para que esta condição seja atendida, é necessário que o y lançado na raiz seja a média aritmética entre o valor máximo e o valor mínimo obtidos para a variável dependente. Quando se estudam curvas do tipo dose-resposta, usualmente o primeiro ponto é a dose zero, que tem por resultado zero de controle. Assim, a raiz, no caso de uma curva de dose-resposta, será igual a 1 toda vez que o y lançado for a metade do ponto máximo obtido. Conclui-se que b só promoverá fiel estimativa de I_{50} quando, em uma curva de dose-resposta, o ponto mínimo de controle for igual a 0 e o ponto máximo da variável resposta se

estabilizar em 100%, uma vez que, neste caso, a condição de raiz igual a 1 será atendida, pois o y lançado será 50 (CARVALHO et al., 2005).

Sabendo que nem sempre o valor de 100% de controle é alcançado em curvas de dose-resposta, o valor do parâmetro b foi desconsiderado e realizou-se o cálculo matemático de I_{50} , no instante em que se substitui o y da equação inversa por 50 (controle de 50% da população). Da mesma forma, quando se substitui y por 80, obtém-se a dose que proporciona I_{80} .

Com os valores de I_{50} , obteve-se o fator de resistência (FR) para cada combinação dos biótipos com suspeita de resistência e o biótipo susceptível de cada espécie. O fator de resistência ($FR = R/S$) expressa o número de vezes em que a dose necessária para controlar 50% dos biótipos resistentes é superior à dose que controla 50% dos biótipos susceptíveis.

A tomada de decisão para confirmar a suspeita de resistência dos biótipos de *A. retroflexus* e *A. viridis* foi baseada em três parâmetros. O primeiro é o fator de resistência (FR, o segundo é a dose que proporciona 80% de controle (I_{80}) dos biótipos e, por último, a dose comercial recomendada em bula para estas espécies.

Assim, o biótipo só será considerado resistente se apresentar necessariamente os três requisitos a seguir: $FR > 1,0$ (CHRISTOFFOLETI, 2002); obter doses de I_{80} maiores que o I_{80} do biótipo susceptível; e ainda apresentar doses de I_{80} maiores que a dose recomendada utilizada no presente trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Quadros 2 a 13, encontram-se os coeficientes a, b, c e o coeficiente de determinação dos modelos log-logísticos (R^2) ajustados para os herbicidas atrazine, prometryn, s-metolachlor, trifluralin, trifloxyulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium, que possibilitou o cálculo do I_{50} e I_{80} . Valores estes que caracterizam os níveis de susceptibilidade das populações de *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus viridis* com suspeita de resistência coletadas nas principais regiões produtoras de algodão, além do biótipo susceptível (BS-Local 12).

A partir dos modelos ajustados, foi possível calcular, para os dados de controle visual, as doses dos produtos necessárias para proporcionar controle de 50% (I_{50}) e, ou 80% (I_{80}) das plantas coletadas e também estão os valores do fator de resistência (FR).

Os dados de porcentagem de controle de *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus viridis* dos locais testados se ajustaram adequadamente ao modelo logístico proposto por Streibig (1988). Portanto, quanto maior o valor I_{50} , menor a susceptibilidade da planta ao herbicida e maior é seu fator de resistência.

De acordo com os resultados obtidos, verificou-se diferença entre os controles proporcionados por aplicações em pré-emergência dos herbicidas atrazine, prometryn, s-metolachlor, trifluralin, trifloxysulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium sobre os biótipos coletados de *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus viridis*.

Identificação de resistência em biótipos de *A. retroflexus* e *A. viridis* a herbicidas inibidores do Fotossistema II.

Na Quadro 2, estão apresentados os resultados obtidos com aplicações de atrazine em pré-emergência dos biótipos de *A. retroflexus* coletados dos locais produtores de algodão e do Local 12 (Biótipo susceptível – São Paulo).

Quadro 2. Estimativas dos parâmetros a, b e c e do modelo log-logístico, ajustados para atrazine e doses para 50% (I_{50}) e 80% (I_{80}) de controle de *Amaranthus retroflexus* em relação à porcentagem de controle aos 28 dias após aplicação (DAA). Maringá, PR – 2011.

Atrazine						
Local	a	b	C	I_{80} (kg ha ⁻¹)	I_{50} (kg ha ⁻¹)	FR
MS 1	100,2518	0,0006	-1,3385	0,0017	0,0006	0,22
MS 2	99,4818	0,0014	-0,9854	0,0059	0,0014	0,53
GO 3	119,4669	0,0204	-0,5276	0,0778	0,0109	4,06
GO 4	98,2723	0,0026	-2,9468	0,0043	0,0026	0,98
GO 5	99,7177	0,0008	-0,6130	0,0079	0,0008	0,30
GO 6	100,7242	0,0012	-0,4892	0,0190	0,0012	0,43
MT 13	119,8026	1,2363	-0,9845	2,5123	0,8809	326,99
Local 12 (BS) ¹	102,1026	0,0030	-0,3830	0,0862	0,0027	1,00

Os coeficientes de determinação do modelo log-logístico (R^2) variaram de 0,96 a 0,99.

¹Local 12= Biótipo susceptível.

Foram identificados controles superiores a 90% para os biótipos de *A. retroflexus* MS 1, MS 2, GO 4, GO 5 e GO 6, observando-se, assim, fatores de resistência menores que 1. Isto é, tais biótipos necessitam de doses menores que as utilizadas na testemunha susceptível para se obter controle ótimo. Em contrapartida, pode-se confirmar os casos de resistência nos biótipos coletados em MT 13 ao herbicida atrazine (Figura 1), necessitando de doses maiores que 29,15 vezes àquela que controla 80% do biótipo susceptível de *A. retroflexus* (Quadro 2).

Em contrapartida, apesar do biótipo GO 3 ter apresentado fator de resistência de 4,06, este não é considerado resistente ao herbicida atrazine, pois a dose deste herbicida necessária para controlar 80% da população testada é inferior, tanto a dose que controla 80% do biótipo susceptível quanto a dose comercial recomendada (1,5 Kg ha⁻¹).

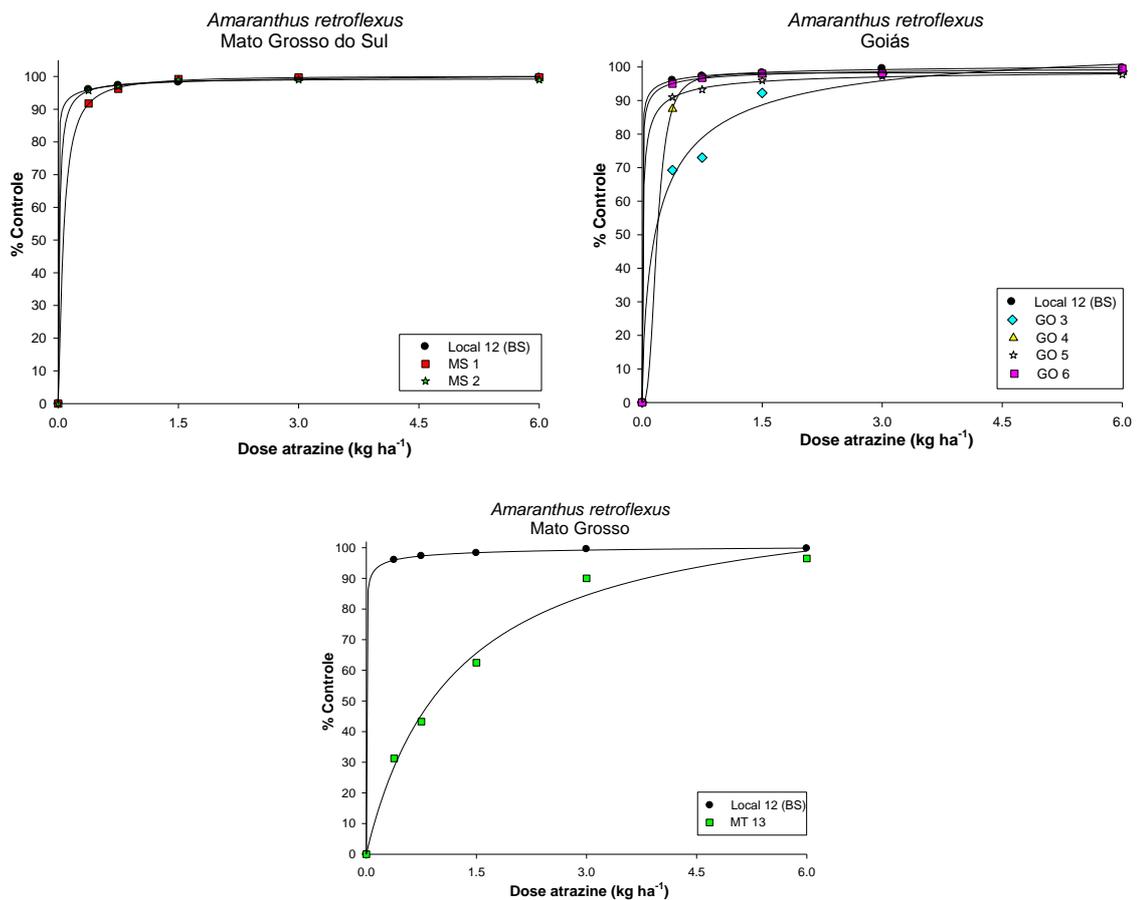


Figura 1. Curva dose resposta obtida pelo herbicida atrazine no controle de *Amaranthus retroflexus* nos Estados do Mato Grosso do Sul (esquerda acima), Goiás (direita acima) e Mato Grosso (centro abaixo).

Na Quadro 3, estão apresentados os resultados obtidos com aplicações de atrazine em pré-emergência dos biótipos de *Amaranthus viridis* coletados dos locais produtores de algodão e do Local 12 (Biótipo susceptível – São Paulo).

Quadro 3. Estimativas dos parâmetros a, b e c e do modelo log-logístico, ajustados para atrazine e doses para 50% (I_{50}) e 80% (I_{80}) de controle de *Amaranthus viridis* em relação à porcentagem de controle aos 28 dias após aplicação (DAA). Maringá, PR – 2011.

Atrazine						
Local	A	b	C	I_{80} (kg ha ⁻¹)	I_{50} (kg ha ⁻¹)	FR
MS 1	99,8500	0,0210	-1,2053	0,0667	0,0210	1,00
BA 7	128,3220	0,6524	-0,3978	2,3168	0,2111	10,10
BA 8	100,4892	0,0039	-0,4782	0,0673	0,0038	0,18
BA 9	94,4283	0,0232	-0,9121	0,1517	0,0264	1,26
BA 10	95,6403	0,0166	-1,9001	0,0391	0,0174	0,83
BA 11	108,9443	5,20E ⁻⁷	-0,1243	0,0018	1,40E ⁻⁷	0,001
Local 12(BS) ¹	100,6572	0,0212	-0,8805	0,0986	0,0208	1,00

Os coeficientes de determinação do modelo log-logístico (R^2) variaram de 0,96 a 0,99.

¹Local 12= Biótipo susceptível.

Os biótipos de *Amaranthus viridis* oriundos do local BA 7 apresentaram fator de resistência de 10,10, I_{80} maior que a dose recomendada e maior que a dose do I_{80} do biótipo susceptível, confirmando, desta maneira, a suspeita de resistência às aplicações em pré-emergência com herbicida atrazine (Figura 2). No restante das amostras (MS 1, BA 8, BA 10 e BA 11), as doses necessárias para se obter controle de 50% destas amostras foram inferiores aquela utilizada para obter mesmo controle dos biótipos susceptíveis, demonstrando, assim, susceptibilidade das amostras ao atrazine.

Na amostra BA 9, apesar do fator de resistência ser maior que 1 e o I_{80} ser superior ao I_{80} demonstrado pelo biótipo susceptível, não é considerado como biótipo resistente, pois a dose que controla 80% da população em teste é inferior a dose comercial recomendada de 1,5 Kg ha⁻¹.

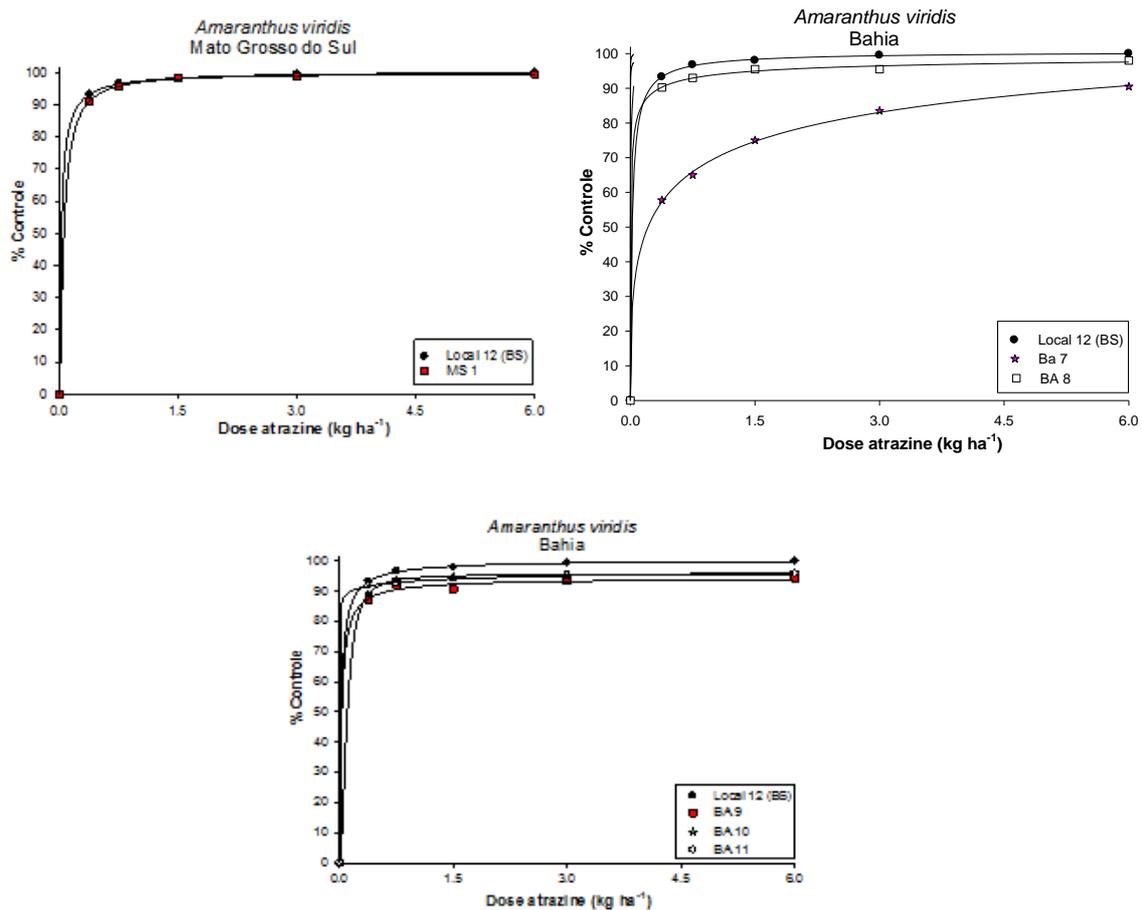


Figura 2. Curva dose resposta obtida pelo herbicida atrazine no controle de *Amaranthus viridis* nos Estados do Mato Grosso do Sul (esquerda acima) e Bahia (direita acima e centro abaixo).

Na Quadro 4, pode-se observar os valores de I_{50} e os fatores de resistência encontrados para aplicações de prometryn no controle dos biótipos de *Amaranthus retroflexus*.

Quadro 4. Estimativas dos parâmetros a, b e c e do modelo log-logístico, ajustados para prometryn e doses para 50% (I_{50}) e 80% (I_{80}) de controle de *Amaranthus retroflexus* em relação à porcentagem de controle aos 28 dias após aplicação (DAA). Maringá, PR – 2011.

Prometryn						
Local	a	b	c	I_{80} (kg ha ⁻¹)	I_{50} (kg ha ⁻¹)	FR
MS 1	99,5141	0,0204	-5,4144	0,0265	0,0205	0,13
MS 2	115,4034	0,0001	-0,1603	0,0161	1,87E ⁻⁵	0,00
GO 3	99,9844	0,2018	-1,8390	0,4290	0,2018	1,31
GO 4	99,2349	0,1450	-2,4420	0,2599	0,1459	0,95
GO 5	121,7012	0,7370	-0,3520	4,6911	0,2646	1,73
GO 6	103,4199	0,0310	-0,7377	0,1639	0,0283	0,19
MT 13	94,7657	0,8090	-0,9492	4,7979	0,9089	5,94
Local 12 (BS) ¹	98,1161	0,1505	-2,3447	0,2835	0,1529	1,00

Os coeficientes de determinação do modelo log-logístico (R^2) variaram de 0,96 a 0,99.

¹Local 12= Biótipo susceptível.

Os locais que apresentaram fator de resistência menor que 1 foram MS 1, MS 2, GO 4 e GO 6, isto é, tais valores demonstram que não há resistência destas plantas ao herbicida prometryn, obtendo-se, assim, taxas superiores de controle acima de 90%, semelhante aos controles observados para o biótipo susceptível (Figura 3). O biótipo GO 3 não é considerado resistente devido à dose que controla 80% dos biótipos (0,4290 kg ha⁻¹) ser menor que a dose recomendada para o controle desta espécie no campo.

Já casos de resistência foram confirmados nos biótipos de *A. retroflexus* oriundos de Goiás (GO 5) e Mato Grosso (MT 13). A amostra do MT 13 obteve maior fator de resistência (5,94), necessitando de 4,7979 kg ha⁻¹, ou seja, 16,92 vezes a dose que controlou 80% do biótipo susceptível de *A. retroflexus* para apresentar controle semelhante.

O mesmo pode ser observado com o biótipo GO 5, que obteve controle ótimo (80%) com doses de 4,6911 kg ha⁻¹, superior em até 16,55 vezes àquela que promoveu a mesma porcentagem de controle do biótipo susceptível.

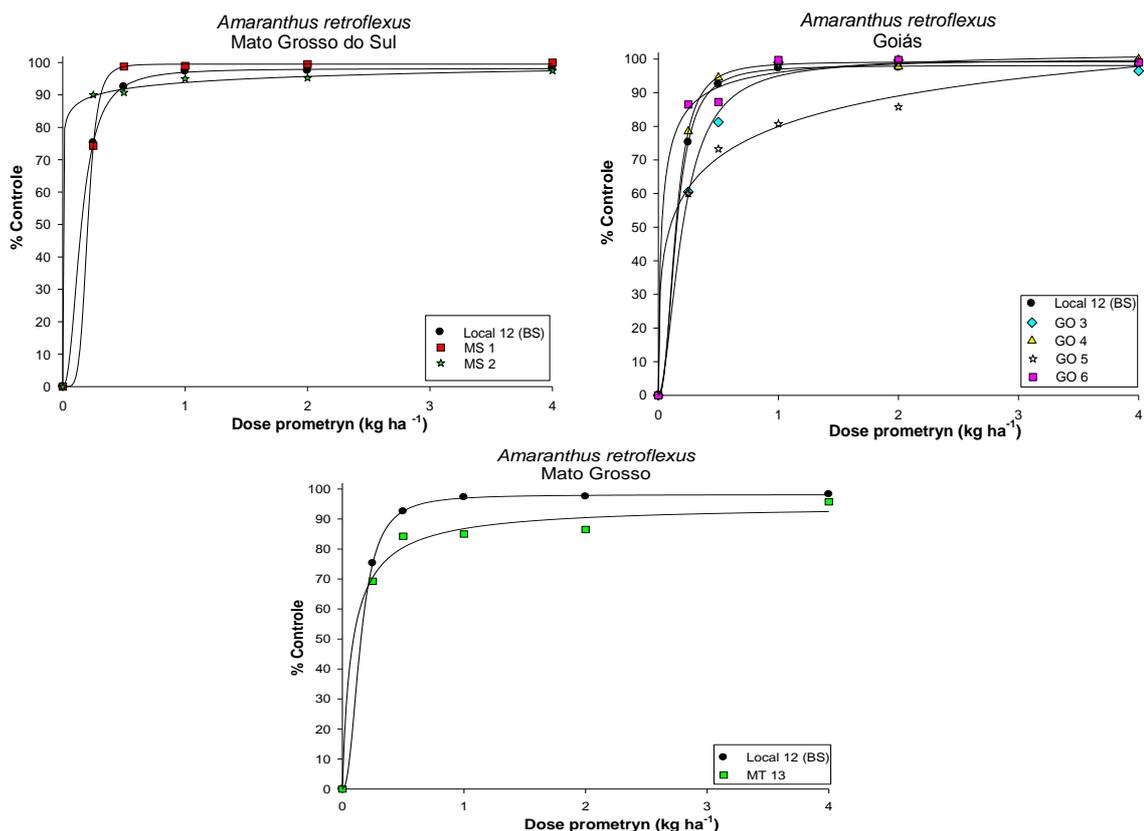


Figura 3. Curva dose resposta obtida pelo herbicida prometryn no controle de *Amaranthus retroflexus* nos Estados do Mato Grosso do Sul (esquerda acima), Goiás (direita acima) e Mato Grosso (centro abaixo).

Na Quadro 5, pode-se observar os valores de I_{50} , I_{80} e os fatores de resistência encontrados para aplicações de prometryn no controle dos biótipos de *Amaranthus viridis*.

Quadro 5. Estimativas dos parâmetros a, b e c e do modelo log-logístico, ajustados para prometryn e doses para 50% (I_{50}) e 80% (I_{80}) de controle de *Amaranthus viridis* em relação à porcentagem de controle aos 28 dias após aplicação (DAA). Maringá, PR – 2011.

Prometryn						
Local	a	B	c	I_{80} (kg ha ⁻¹)	I_{50} (kg ha ⁻¹)	FR
MS 1	112,5141	0,02049	-0,4144	0,1799	0,0119	0,09
BA 7	88,9372	0,4930	-2,4298	1,2151	0,5464	4,41
BA 8	108,7005	0,8523	-1,9793	1,4306	0,7859	6,34
BA 9	109,6767	0,3577	-0,9616	1,0032	0,2975	2,40
BA 10	93,4165	0,0397	-1,1495	0,1877	0,0449	0,36
BA 11	103,3545	1,0981	-1,5454	2,4358	1,0529	8,49
Local 12(BS) ¹	98,7310	0,1225	-2,2324	0,2347	0,1239	1,00

Os coeficientes de determinação do modelo log-logístico (R^2) variaram de 0,96 a 0,99.

¹Local 12= Biótipo susceptível.

Os biótipos de *Amaranthus viridis* dos locais BA 7, BA 8, BA 9 e BA 11 se mostraram resistentes a triazina (prometryn).

Fatores de resistência da amostra BA 9 são considerados baixos, sendo necessário dose 0,2975 kg ha⁻¹ de prometryn para controlar 50% dos biótipos, enquanto o controle de 50% dos biótipos de *Amaranthus viridis* considerado susceptível é alcançado com 0,1239 kg ha⁻¹ (Quadro 5 e Figura 4).

As únicas amostras de biótipos de *A. viridis* que não pode confirmar suspeita de resistência foram a amostra do Mato Grosso do Sul (MS 1) e da Bahia (BA 10), apresentando fator de resistência (FR) de 0,09 e 0,36, respectivamente.

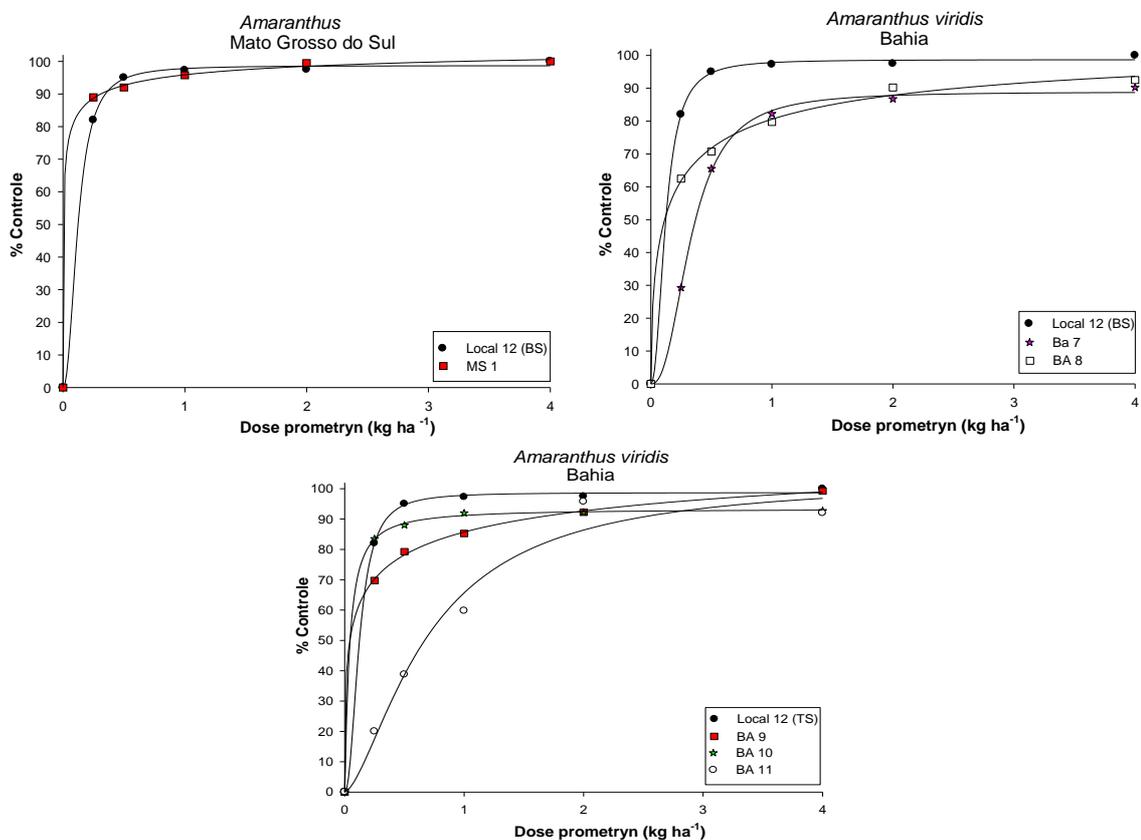


Figura 4. Curva dose resposta obtida pelo herbicida prometryn no controle de *Amaranthus viridis* nos Estados do Mato Grosso do Sul (Esquerda acima) e Bahia (direita acima e centro abaixo).

Nos locais que apresentaram confirmação de biótipos resistentes aos herbicidas atrazine e prometryn, a resistência pode ter ocorrido devido à pressão de seleção exercida por tais herbicidas por anos seguidos na utilização, e até pela

falta de rotação de cultura, pois nos Estados de Goiás, Bahia e Mato Grosso a utilização da atrazine e da prometryn ocorre por safras seguidas nas culturas de algodão e milho.

Relata-se ainda que em anos em que se planta soja não há problemas com caruru nestas áreas, pois com a utilização da tecnologia da soja RR, muda-se o mecanismo de ação utilizado por anos de cultivo no algodão.

Existem três mecanismos de resistência aos herbicidas inibidores do Fotossistema II (GRONWALD, 1994). O primeiro mecanismo limita a absorção e/ou translocação do herbicida até o local de ação em concentrações letais a planta. O segundo mecanismo de resistência é que o sistema enzimático pode ser responsável por reforçar o metabolismo, impedindo a atuação dos herbicidas nas plantas resistentes. E, finalmente, mutações no sítio de ação da proteína D1 resultam em uma redução da afinidade do herbicida pelo sítio de ação, fazendo com que o herbicida não consiga atuar na rota metabólica em questão. Neste caso em particular, a resistência de plantas aos herbicidas triazínicos geralmente ocorre devido à substituição da serina pela glicina na posição 264 da proteína D1 localizada na cadeia do fotossistema II, inibindo o sítio de ação que se liga ao herbicida do grupo das triazinas (WILLIAMS et al., 1995). Esta substituição também inibe o transporte de elétrons, diminuindo a capacidade fotossintética das plantas. Consequentemente, indivíduos resistentes produzem menor quantidade de biomassa (reduzindo o potencial de crescimento) e sementes (WILLIAMS et al., 1995; JORDAN, 1999; SIBONY & RUBIN, 2003).

Os dois mecanismos de resistência mais comuns aos herbicidas inibidores do fotossistema II são os dois últimos citados, embora a limitação na absorção e translocação destes herbicidas pela planta já tenham sido relatados (HESS, 1985).

Pesquisas conduzidas com populações resistentes de plantas daninhas nos anos 80 estabeleceram claramente que o sítio de ação que causa resistência é ocasionado pela mutação no gene *psbA* do cloroplasto que codifica a proteína D1, e que esta mutação, na maioria dos casos, ocorre pela substituição da glicina pela serina na posição 264 deste gene (GRONWALD, 1997).

Assim, a seleção de biótipos resistentes de *A. retroflexus* oriundos de MT 13, bem como os biótipos de *A. viridis* de BA 7, evidenciadas nas aplicações em pré-emergência de atrazine, pode ser devido aos mecanismos de resistência citados acima.

A seleção de biótipos resistentes *A. retroflexus* (GO 5 e MT 13) e *A. viridis* (BA 7, BA 8, BA 9 e BA 11), evidenciada nas aplicações em pré-emergência de prometryn, de acordo com Rubin (2012), deve ser pela metabolização deste herbicida, pois, uma vez dentro da célula de espécies de *Amaranthus*, pode ocorrer a quebra da molécula de prometryn (Figura 1), perdendo os dois radicais $\text{NHCH}(\text{CH}_3)_2$ que serão degradados no citosol celular. Já o radical aromático com enxofre, substância tóxica para célula, é compartimentalizado nos plastídeos, sendo inativado.

No caso do diuron, herbicida inibidor do fotossistema II, porém do grupo químico das uréias substituídas, não houve interação significativa entre os fatores dose e local ($p > 0,05$), por isso a ausência de Quadros e gráficos. As porcentagens de controle apresentadas pelo diuron foram muito próximas as obtidas no biótipo susceptível ($\geq 98\%$). Fica claro a não incidência de biótipos de *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus viridis* resistentes a este herbicida em todos os locais avaliados.

O diuron, apesar de ser também potente inibidor do FS II, é quimicamente diferente das triazinas (GRONWALD et al., 1994), e não se liga aos mesmos sítios das triazinas (TREBST, 1991). Desta maneira, biótipos resistentes aos herbicidas do grupo das triazinas, resultado da modificação da proteína D1, não demonstram resistência aos herbicidas do grupo das uréias substituídas (GRONWALD et al., 1994).

Este fato se explica porque a mutação da serina, na posição 264 para glicina, que resulta em resistência das plantas daninhas aos herbicidas do grupo das triazinas não afeta a ligação das uréias (ARNTZEN et al., 1982; TREBST, 1991).

Assim, pode-se concluir que estes experimentos confirmam casos de resistência dos biótipos de *Amaranthus retroflexus* coletados no Local MT 13 ao

herbicida atrazine, enquanto que se confirmou resistência ao herbicida prometryn nos biótipos de *Amaranthus retroflexus* coletados nos locais GO 5 e MT 13.

Da mesma maneira, confirmam-se casos de resistência dos biótipos de *Amaranthus viridis* coletados no Local BA 7 ao herbicida atrazine, enquanto que confirmou-se resistência ao herbicida prometryn nos biótipos de *Amaranthus viridis* coletados nos locais BA 7, BA 8, BA 9 e BA 11.

Resistência cruzada dos biótipos de *Amaranthus retroflexus* foi identificada no biótipo MT 13 aos herbicidas atrazine e prometryn. Enquanto, resistência cruzada também pode ser identificada nos biótipos de *Amaranthus viridis* BA 7 aos herbicidas atrazine e prometryn.

Desta maneira, a susceptibilidade dos biótipos de *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus viridis* às aplicações de diuron é uma importante ferramenta na utilização para controle de biótipos resistentes de ambas as espécies.

Identificação de resistência aos herbicidas inibidores da polimerização dos microtúbulos.

Em aplicações realizadas em pré-emergência com o herbicida trifluralin, nos biótipos de *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus viridis*, coletados nos Estados do MS, GO, BA e MT, não houve identificação de plantas resistentes (Quadro 6 e 7).

Quadro 6. Estimativas dos parâmetros a, b e c e do modelo log-logístico, ajustados para trifluralin e doses para 50% (I_{50}) e 80% (I_{80}) de controle de *Amaranthus retroflexus* em relação à porcentagem de controle aos 28 dias após aplicação (DAA). Maringá, PR – 2011.

Trifluralin						
Local	A	B	C	I_{80} (kg ha⁻¹)	I_{50} (kg ha⁻¹)	FR
MS 1	99,8649	0,023	-0,5772	0,2569	0,0231	0,43
MS 2	103,7076	0,0495	-2,1319	0,0875	0,0478	0,90
GO 3	98,8347	0,041	-1,9203	0,0870	0,0415	0,78
GO 4	97,2642	0,0510	-3,0932	0,0837	0,0519	0,98
GO 5	99,7988	0,0306	-1,1229	0,1061	0,0307	0,58
GO 6	100,4989	0,0414	-1,1925	0,1296	0,0410	0,77
MT 13	104,4816	0,0201	-0,6014	0,1439	0,0174	0,32
Local 12 (BS)	100,292	0,0531	-1,518	0,1310	0,0528	1,00

Os coeficientes de determinação do modelo log-logístico (R^2) variaram de 0,96 a 0,99.

¹Local 12= Biótipo susceptível.

Desta maneira, os fatores de resistência encontrados para todos os biótipos foram menores que o apresentado pela testemunha susceptível para *Amaranthus retroflexus*, confirmando que, para este herbicida, não há casos de resistência das amostras das espécies coletadas nos estados em questão (Figura 5).

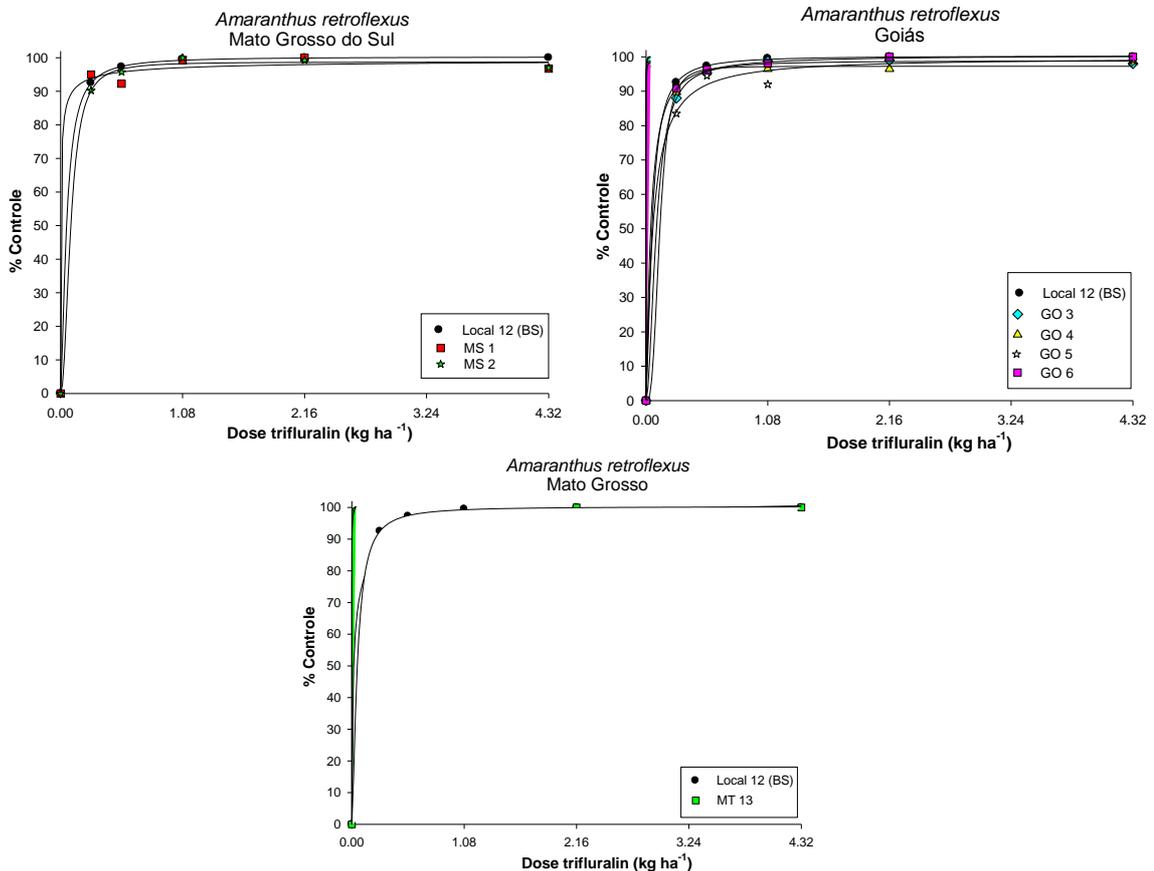


Figura 5. Curva dose resposta obtida pelo herbicida trifluralin no controle de *Amaranthus retroflexus* nos Estados do Mato Grosso do Sul (esquerda acima), Goiás (direita acima) e Mato Grosso (centro abaixo).

Da mesma forma que ocorreu para as espécies de *Amaranthus retroflexus*, aconteceu com *Amaranthus viridis* em que as doses de trifluralin necessárias para obtenção de 80% de controle são inferiores àquela que controla os biótipos susceptíveis das espécies testada, evidenciando, desta maneira, a não identificação de casos de resistência de *Amaranthus viridis* ao herbicida trifluralin (Quadro 7 e Figura 6).

Quadro 7. Estimativas dos parâmetros a, b e c e do modelo log-logístico, ajustados para trifluralin e doses para 50% (I_{50}) e 80% (I_{80}) de controle *Amaranthus viridis* em relação à porcentagem de controle aos 28 dias após aplicação (DAA). Maringá, PR – 2011.

Trifluralin						
Local	A	B	C	I_{80} (kg ha ⁻¹)	I_{50} (kg ha ⁻¹)	FR
MS 1	100,3821	0,0052	-0,6407	0,0439	0,0051	0,93
BA 7	109,5120	0,0063	-0,6615	0,0284	0,0048	0,88
BA 8	98,8780	0,0048	-3,175	0,0076	0,0049	0,89
BA 9	103,2281	0,0058	-0,6188	0,0427	0,0052	0,95
BA 10	104,7270	0,0034	-0,695	0,0184	0,0029	0,54
BA 11	98,0629	0,0028	-0,5981	0,0337	0,0029	0,54
Local 12 (BS)	102,2167	0,0059	-0,6033	0,0493	0,0054	1,00

Os coeficientes de determinação do modelo log-logístico (R^2) variaram de 0,96 a 0,99.

¹Local 12= Biótipo susceptível.

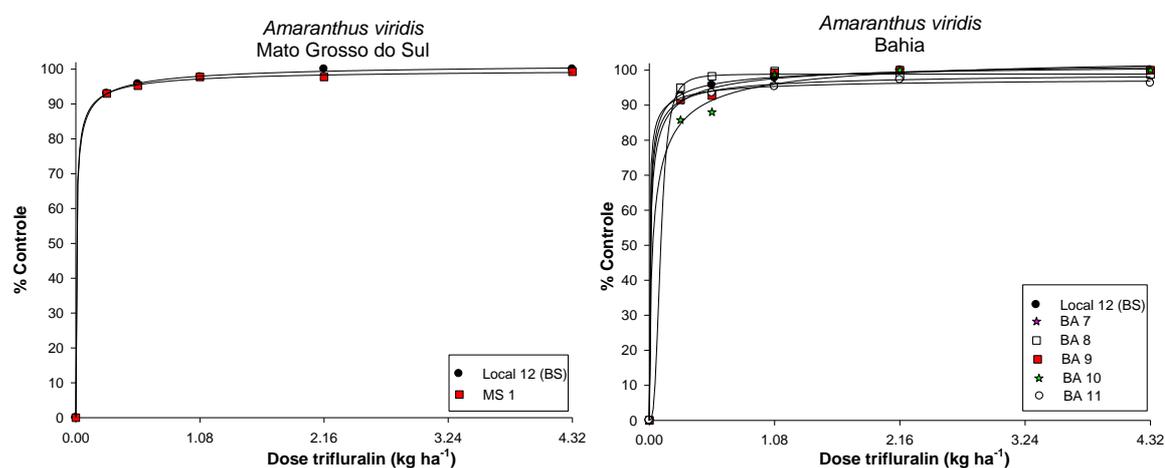


Figura 6. Curva dose resposta obtida pelo herbicida trifluralin no controle de *Amaranthus viridis* nos Estados do Mato Grosso do Sul (esquerda) e Bahia (direita).

Identificação de resistência aos herbicidas inibidores da divisão celular (Inibidores da VLCFA).

Os dados observados para o herbicida do grupo das cloroacetamidas, o s-metolachlor, não apresentaram valores significativos na maioria dos testes realizados para identificação da resistência de ambas as espécies de caruru coletadas nos diferentes estados produtores de algodão do Brasil.

Na Quadro 8 e 9, constam os valores de I_{50} , o fator de resistência das espécies testadas, e concluiu-se que os biótipos de *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus viridis* de todos os biótipos (Figura 7 e 8) foram provenientes de

escapes de controle ocasionados pelo manejo inadequado da lavoura em que se coletaram tais amostras.

Quadro 8. Estimativas dos parâmetros a, b e c e do modelo log-logístico, ajustados para s-metolachlor e doses para 50% (I_{50}) e 80% (I_{80}) de controle de *Amaranthus retroflexus* em relação à porcentagem de controle aos 28 dias após aplicação (DAA). Maringá, PR – 2011.

S-metotachlor						
s-metolachlor	A	b	C	I_{80} (kg ha⁻¹)	I_{50} (kg ha⁻¹)	FR
MS 1	100,7913	0,0541	-1,3784	0,1437	0,0534	0,79
MS 2	101,8736	0,0478	-0,8157	0,2343	0,0456	0,67
GO 3	95,9604	0,0465	-1,3039	0,1600	0,0496	0,73
GO 4	100,0032	0,0628	-4,7186	0,0842	0,0627	0,93
GO 5	102,3692	0,0023	-0,4965	0,0299	0,0020	0,03
GO 6	100,1298	0,0469	-2,4361	0,0826	0,0468	0,69
MT 13	106,7254	0,001	-0,2653	0,0623	0,0006	0,00
Local 12 (BS)	100,8928	0,0684	-1,2587	0,1985	0,0674	1,00

Os coeficientes de determinação do modelo log-logístico (R^2) variaram de 0,96 a 0,99.

¹Local 12= Biótipo susceptível.

Quadro 9. Estimativas dos parâmetros a, b e c e do modelo log-logístico, ajustados para s-metolachlor e doses para 50% (I_{50}) e 80% (I_{80}) de controle de *Amaranthus viridis* em relação à porcentagem de controle aos 28 dias após aplicação (DAA). Maringá, PR – 2011.

S-metotachlor						
s-metolachlor	a	B	C	I_{80} (kg ha⁻¹)	I_{50} (kg ha⁻¹)	FR
MS 1	106,7254	0,0010	-0,2653	0,0623	0,0006	0,01
BA 7	102,5474	0,0195	-0,7108	0,1158	0,0180	0,35
BA 8	100,0861	0,0232	-2,8113	0,0379	0,0231	0,45
BA 9	100,5919	0,0091	-1,5102	0,0223	0,0090	0,17
BA 10	102,3433	0,0179	-0,7154	0,1064	0,0167	0,32
BA 11	110,0166	0,0304	-1,666	0,0547	0,0272	0,53
Local 12 (BS)	104,7569	0,0620	-0,4647	0,7736	0,0509	1,00

Os coeficientes de determinação do modelo log-logístico (R^2) variaram de 0,96 a 0,99.

¹Local 12= Biótipo susceptível.

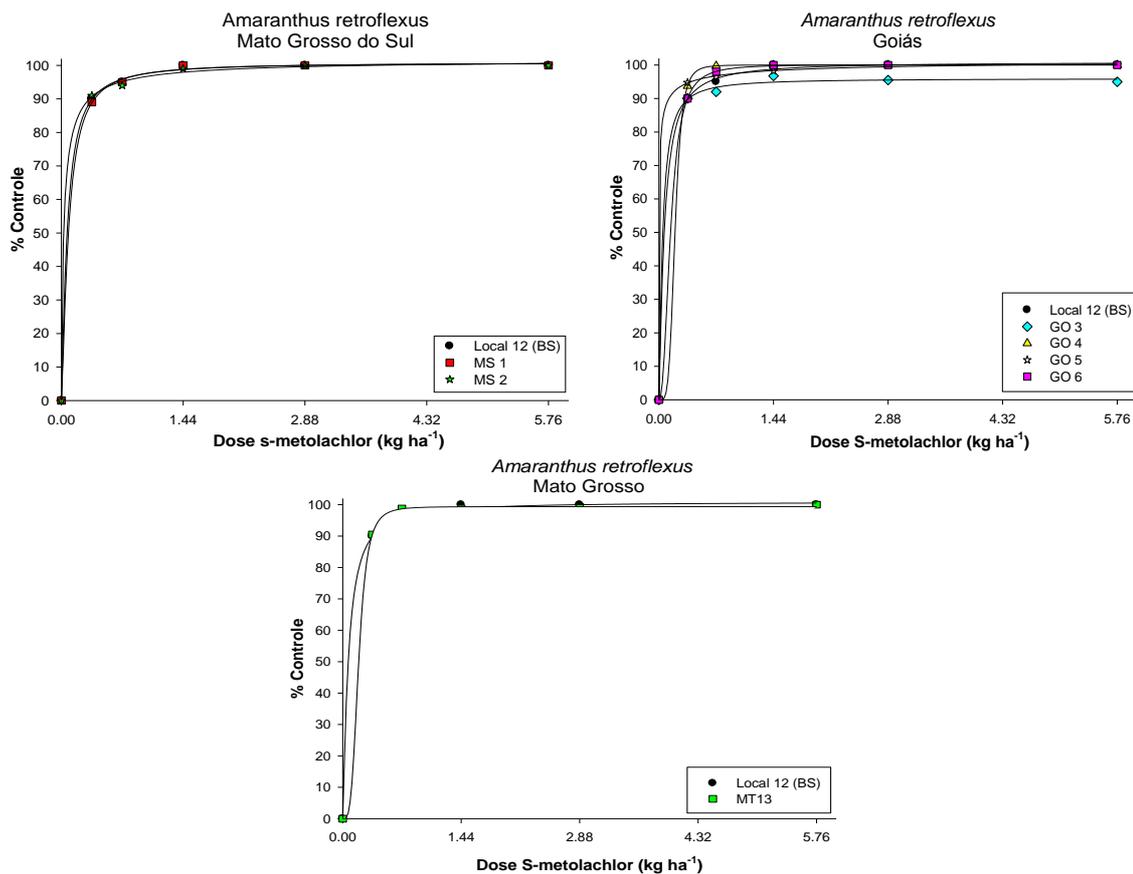


Figura 7. Curva dose resposta obtida pelo herbicida s-metolachlor no controle de *Amaranthus retroflexus* nos Estados do Mato Grosso do Sul (esquerda acima), Goiás (direita acima) e Mato Grosso (centro abaixo).

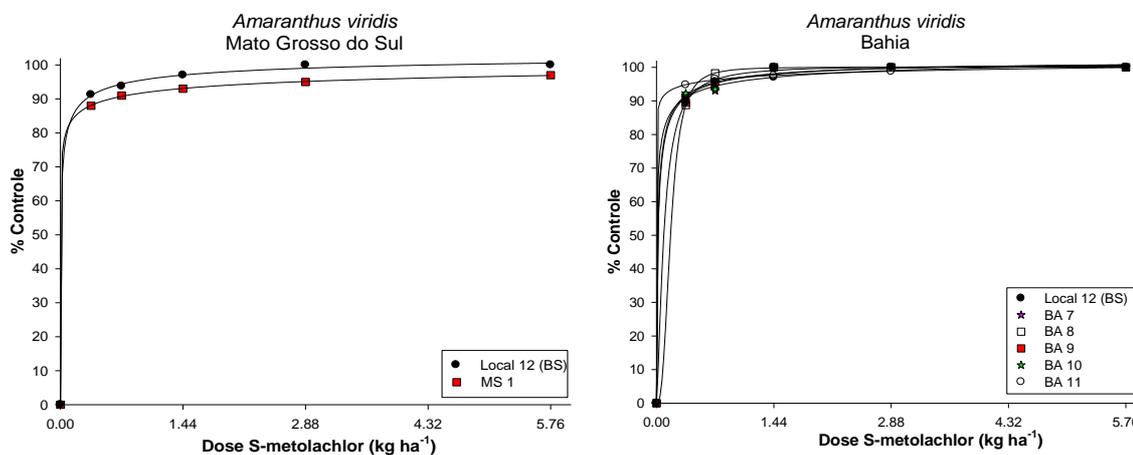


Figura 8. Curva dose resposta obtida pelo herbicida s-metolachlor no controle de *Amaranthus viridis* nos Estados do Mato Grosso do Sul (esquerda) e Bahia (direita).

Identificação de resistência aos herbicidas inibidores da enzima Acetolactato-sintase.

Com aplicações realizadas em pré-emergência de trifloxysulfuron-sodium em espécies de *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus viridis* coletadas dos principais estados produtores de algodão no Brasil (Mato Grosso do Sul, Goiás,

Bahia e Mato Grosso), evidenciou-se presença de plantas resistentes a este herbicida inibidor da enzima ALS em ambas as espécies testadas (Quadro 10 e 11).

Quadro 10. Estimativas dos parâmetros a, b e c e do modelo log-logístico, ajustados para trifloxysulfuron-sodium e doses para 50% (I_{50}) e 80% (I_{80}) de controle de *Amaranthus retroflexus* em relação à porcentagem de controle aos 28 dias após aplicação (DAA). Maringá, PR – 2011.

Trifloxysulfuron- sodium						
Local	a	b	C	I_{80} (kg ha ⁻¹)	I_{50} (kg ha ⁻¹)	FR
MS 1	109,2731	1,00E ⁻⁵	-0,5685	5,00E ⁻⁵	7,00E ⁻⁵	0,91
MS 2	115,9871	0,0022	-0,4376	0,0136	0,001167	143,40
GO 3	290,2678	0,1130	-0,4415	0,0126	0,0032	396,68
GO 4	92,5357	0,0014	-0,5790	0,0343	0,0018	227,44
GO 5	134,0058	0,0904	-0,4988	0,1987	0,0319	3925,33
GO 6	110,9571	0,0020	-0,4632	0,0155	0,0013	160,22
MT 13	96,7449	0,0030	-1,0155	0,0139	0,00320	393,90
Local 12	111,9367	0,0002	-0,2381	0,0009	8,00E ⁻⁵	1,00

Os coeficientes de determinação do modelo log-logístico (R^2) variaram de 0,96 a 0,99.

¹Local 12= Biótipo susceptível.

Burgos et al. (2001) afirmaram que 25 espécies do gênero *Amaranthus* também foram identificadas com resistência aos herbicidas inibidores da acetolactato-sintase no mundo todo, entre elas o *Amaranthus blitoides*, *Amaranthus retroflexus*, *Amaranthus palmeri*, *Amaranthus hybridus* e o *Amaranthus rudis*.

Amostras dos biótipos de *A. retroflexus*, coletados nos Locais MS 1, apresentaram fatores de resistência inferior a 1 (Quadro 10), sendo necessárias doses de trifloxysulfuron-sodium inferiores àquela suficiente para controlar 50% dos biótipos susceptíveis (0,000008 kg ha⁻¹), não sendo, desta maneira, resistente a este herbicida. Tal fato pode ser visualizado na Figura 9.

Manley et al. (1996) e Horak et al. (1995) afirmam que populações resistentes são selecionadas pelo uso contínuo de herbicidas na mesma área. Assim, no Local MS 1, o manejo dos últimos anos foi realizado com aplicações em pré-emergência de prometryn e s-metolachlor, e duas aplicações em pós-emergência de trifloxysulfuron-sodium + pyriithiobac-sodium (1/2 dose

comercial), não sendo suficiente para ter ocasionado a seleção de biótipos de *Amaranthus retroflexus* tolerante ao trifloxysulfuron-sodium.

Desta maneira, supõe-se que para o Local MS 1 os escapes dos biótipos de *Amaranthus retroflexus* foram ocasionados provavelmente por falhas de controle devido às condições na hora das aplicações ou mesmo o estágio de desenvolvimento em que as plantas se encontravam.

As demais amostras testadas de *A. retroflexus* apresentaram fatores de resistência (FR) de alto a muito alto. A Quadro 10 corrobora para visualizar os casos de alto índice de resistência identificados nas plantas de *A. retroflexus* coletadas nas regiões produtoras de algodão nos Estados do Mato Grosso do Sul (MS 2), Goiás (GO 3, GO 4, GO 5 e GO 6) e Mato Grosso (MT 13).

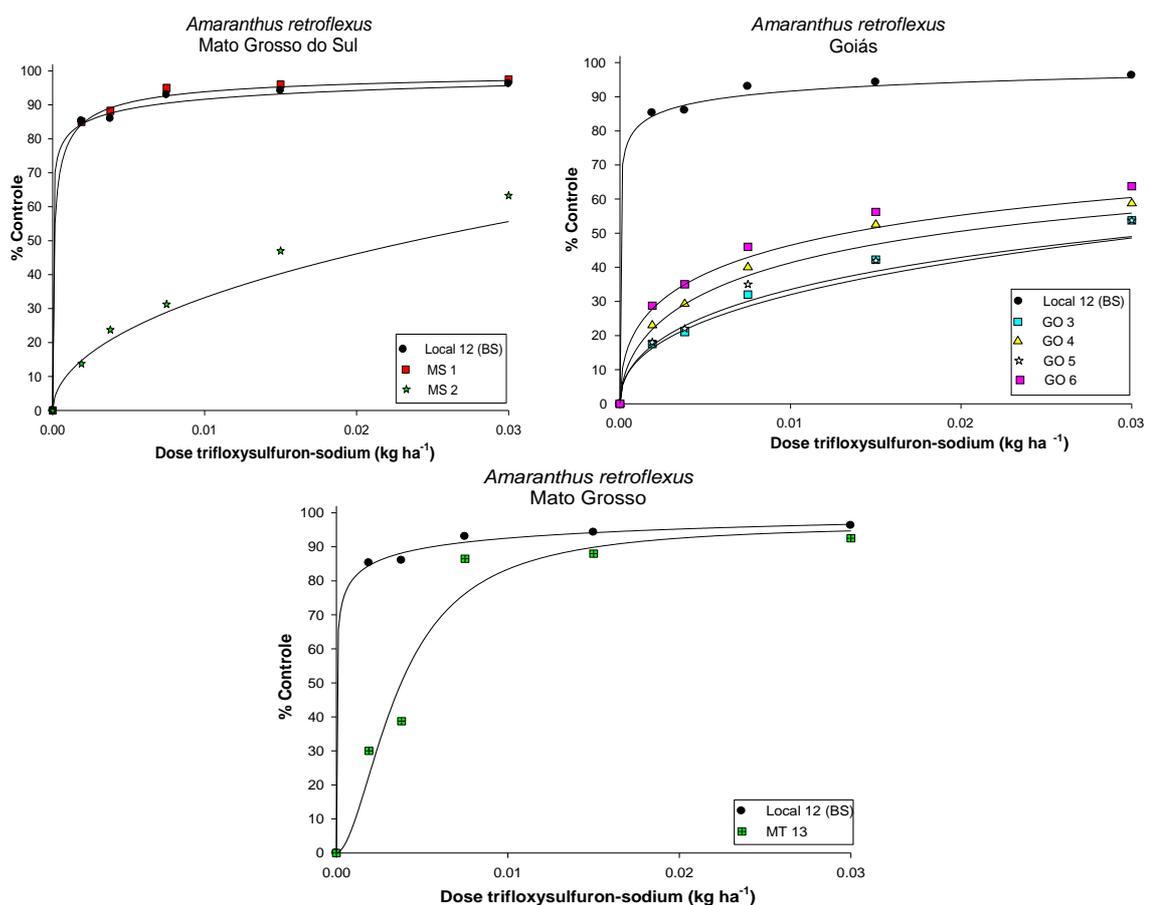


Figura 9. Curva dose resposta obtida pelo herbicida trifloxysulfuron-sodium em aplicações em pré-emergência no controle de *Amaranthus retroflexus* nos Estados do Mato Grosso do Sul (esquerda acima), Goiás (direita acima) e Mato Grosso (centro abaixo).

Na maioria dos casos, a resistência aos inibidores da enzima ALS é uma resposta a uma alteração nesta enzima, que reduz a sensibilidade a estes herbicidas (SAARI, et al. 1994). A resistência no sítio de ação da enzima é devido à substituição simples de aminoácidos (SHANER, 1999), que podem ocorrer em várias posições no decorrer do gene da enzima ALS.

Nestes biótipos, fica claro a confirmação da resistência ao herbicida ALS, sendo necessário dose de até 210 vezes superior à dose que controle 80% do biótipo susceptível para obter controle semelhante do biótipo de *A. retroflexus* do Local GO 5 (Figura 10).

Estes altos índices de resistência podem ocorrer pelas substituições no aminoácido Pro₁₉₇, que provoca insensibilidade da enzima ALS ao herbicida trifloxysulfuron-sodium, corroborando com Guttieri et al (1992) que afirma que substituições na Pro₁₉₇ confere alta resistência às sulfoniluréias, ou nas substituições do Trp₅₇₄ ou Ala₂₀₅ que proporciona resistência aos quatro grupo químicos pertencentes aos inibidores da ALS (sulfoniuréias, triazolpirimidinas ou sulfoanelidas, imidazolinonas e pirimidil-benzoatos).

O mesmo caso é observado para alguns biótipos de *Amaranthus viridis* coletados no Estado da Bahia, em que apresentaram FR de alto a muito alto. Assim, pode-se confirmar os casos de resistência ao herbicida trifloxysulfuron-sodium nos biótipos coletados em BA 7, BA 8, BA 9 e BA 11, apresentando fatores de resistência de 66,72, 262,15, 472,39 e 2,29, respectivamente (Quadro 11).

Quadro 11. Estimativas dos parâmetros a, b e c e do modelo log-logístico, ajustados para trifloxysulfuron-sodium e doses para 50% (I_{50}) e 80% (I_{80}) de controle de *Amaranthus viridis* em relação à porcentagem de controle aos 28 dias após aplicação (DAA). Maringá, PR – 2011.

Trifloxysulfuron- sodium						
Local	a	b	C	I_{80} (kg ha ⁻¹)	I_{50} (kg ha ⁻¹)	F
MS 1	99,9276	0,0000	-0,5801	0,0002	2,00E ⁻⁵	0,77
BA 7	83,8209	0,0014	-1,7801	0,0077	0,0017	66,72
BA 8	86,5182	0,0050	-0,9975	0,0618	0,0069	262,15
BA 9	138,1820	0,0312	-0,6120	0,0525	0,0123	472,39
BA 10	109,6558	2,00E ⁻⁵	-1,4422	3,98E ⁻⁵	1,76E ⁻⁵	0,67
BA 11	149,3391	0,0080	-0,1402	0,0222	0,0001	2,29
Local 12 (BS)	140,1374	0,0010	-0,1617	0,0058	2,61E ⁻⁵	1,00

Os coeficientes de determinação do modelo log-logístico (R^2) variaram de 0,96 a 0,99.

¹Local 12= Biótipo susceptível.

Para biótipos de *A. viridis* dos Locais MS 1 e BA 10, observam-se fatores de resistência (FR) abaixo de 1, sendo necessários doses de 0,0002 e 0,0000398 kg ha⁻¹ apenas, para obter controle de 80% destes biótipos. Enquanto, para controlar 80% do biótipo susceptível de *A. viridis*, é necessário 0,0058 kg ha⁻¹, não confirmando, portanto, casos de resistência para estes Locais amostrados (Figura 10).

Provavelmente, os escapes destes biótipos (MS 1 e BA 10) na lavoura de algodão foram devidos à dosagem e ao estágio de desenvolvimento da planta daninha errado ou mesmo falhas de aplicação de herbicida.

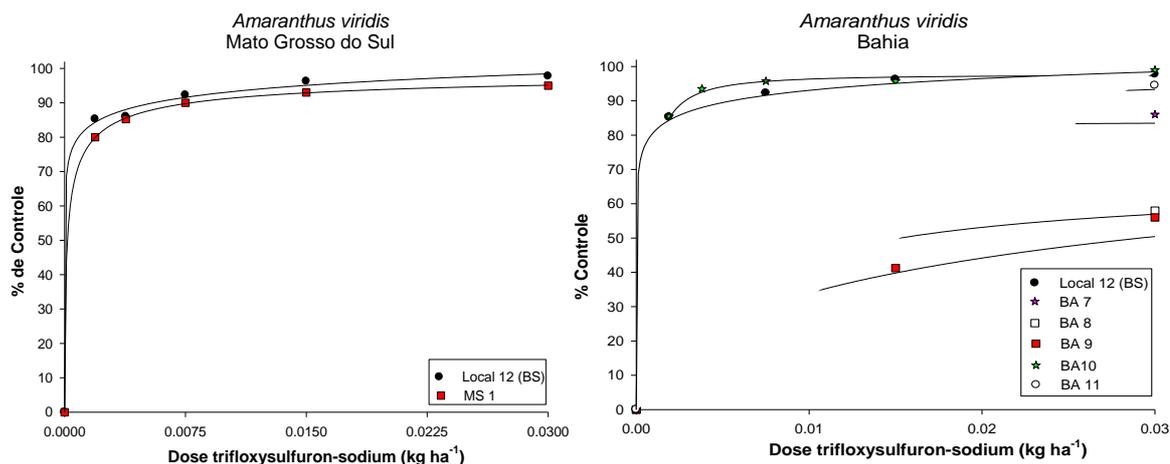


Figura 10. Curva dose resposta obtida pelo herbicida trifloxysulfuron-sodium em aplicações em pré-emergência no controle de *Amaranthus viridis* nos Estados do Mato Grosso do Sul (esquerda) e Bahia (direita).

Os biótipos coletados na área BA 7, BA 8, BA 9 e BA 11 foram manejados por vários anos com clomazone e prometryn em aplicações em pré-emergência e aplicação em pós-emergência da mistura pyrithiobac-sodium e trifloxysulfuron-sodium, utilizando meia-dose comercial para ambos os produtos. Isto acabou por promover a seleção de biótipos resistentes de *Amaranthus viridis* nestas localidades.

Nas aplicações em pré-emergência realizadas com o herbicida pyrithiobac-sodium nas amostras dos biótipos de *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus viridis* coletadas das regiões produtoras de algodão no Brasil, demonstraram déficit de controle.

Os dados de I_{50} e o fator de resistência calculado para as amostras em questão estão apresentados na Quadro 12 e 13.

Quadro 12. Estimativas dos parâmetros a, b e c e do modelo log-logístico, ajustados para pyriithiobac-sodium e doses para 50% (I_{50}) e 80% (I_{80}) de controle de *Amaranthus retroflexus* em relação à porcentagem de controle aos 28 dias após aplicação (DAA). Maringá, PR – 2011.

Pyriithiobac-sodium						
Local	a	B	C	I_{80} (kg ha ⁻¹)	I_{50} (kg ha ⁻¹)	FR
MS 1	99,9621	0,0001	-2,4847	0,0002	0,0001	0,39
MS 2	81,9522	0,0066	-0,5911	3,5287	0,0141	41,38
GO 3	51,8328	0,0131	-1,6845	-	0,0930	273,24
GO 4	74,0755	0,0317	-2,3229	-	0,0434	127,61
GO 5	68,3902	0,0162	-1,2413	-	0,0363	106,58
GO 6	72,8574	0,0278	-1,1224	-	0,0558	164,10
MT 13	103,7417	0,0002	-0,5894	0,0017	0,0001	0,52
Local 12 (BS)	124,8571	0,0030	-0,1854	0,0680	0,0003	1,00

Os coeficientes de determinação do modelo log-logístico (R^2) variaram de 0,96 a 0,99.

¹Local 12= Biótipo susceptível.

Doses iguais a 0,0001 kg ha⁻¹ de pyriithiobac-sodium são suficientes para obter 50% de controle dos biótipos coletados nas regiões produtoras no Mato Grosso (MT 13) e no Mato Grosso do Sul (MS 1), sendo, considerados susceptíveis ao herbicida em todas as doses testadas. Tal fato é devido ao tipo de herbicidas utilizados no manejo das áreas da coleta de semente, demonstrando que a utilização do herbicida pyriithiobac-sodium em mistura com trifloxysulfuron-sodium em sub-doses não foram suficientes para selecionar biótipos resistentes da espécie de *Amaranthus retroflexus* a este herbicida (Figura 11).

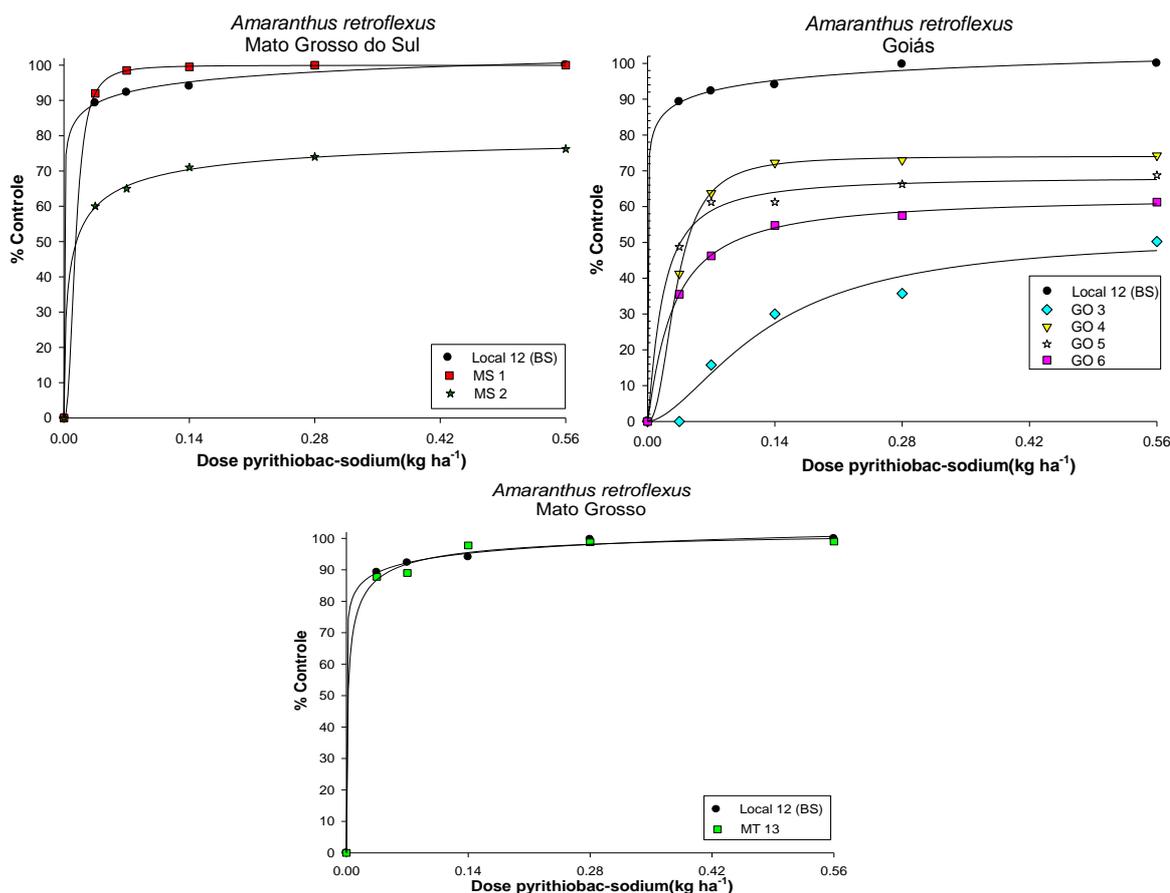


Figura 11. Curva dose resposta obtida pelo herbicida pyriithiobac-sodium no controle de *Amaranthus retroflexus* nos Estados do Mato Grosso do Sul (esquerda acima), Goiás (direita acima) e Mato Grosso (centro abaixo).

Baixa susceptibilidade dos biótipos de *Amaranthus retroflexus* ao herbicida pyriithiobac-sodium foi identificada nas amostras oriundas do Mato Grosso do Sul e Goiás.

Devido ao uso contínuo de herbicidas inibidores da acetolactato sintase (ALS) nestas áreas por vários anos seguidos, foi possível identificar fatores de resistência muito altos ao pyriithiobac-sodium. Desta maneira, nota-se que os Locais MS 2, GO 3, GO 4, GO 5 e GO 6 demonstraram fatores de resistência (FR) acima de 41,38, demonstrando, assim, a necessidade de altas doses deste herbicida para se obter ao menos 50% de controle destes biótipos.

São necessários doses iguais e acima de 0,0141 kg ha⁻¹ para controlar 50% destas populações (MS 2, GO 3, GO 4, GO 5 e GO 6). Enquanto o controle de 50% do biótipo susceptível de *A. retroflexus* é obtido com apenas 0,0003 kg ha⁻¹.

No caso do biótipo de *A. retroflexus*, identificado com maior fator de resistência ao pyriithiobac-sodium (GO 3), para se controlar 50% desta população resistente, é necessário uma dose superior a 250 vezes àquela que obtém a mesma porcentagem de controle do biótipo susceptível.

É indiscutível confirmação de resistência nos biótipos de *A. retroflexus* ao pyriithiobac-sodium provenientes do Mato Grosso do Sul e Goiás, mesmo não obtendo o fator I_{80} , pois para o cálculo deste fator seria necessário o teste de doses superiores a 4 vezes a dose comercial utilizadas neste trabalho, já que tais doses não foram suficientes para se obter controle de 80% destes biótipos.

Na Quadro 13, encontram-se os dados dos testes realizados com biótipos de *A. viridis* provenientes de regiões suspeita de resistência dos Estados do Mato Grosso do Sul e Bahia ao herbicida pyriithiobac-sodium.

Quadro 13. Estimativas dos parâmetros a, b e c e do modelo log-logístico, ajustados para pyriithiobac-sodium e doses para 50% (I_{50}) e 80% (I_{80}) de controle de *Amaranthus viridis* em relação à porcentagem de controle aos 28 dias após aplicação (DAA). Maringá, PR – 2011.

Pyriithiobac-sodium						
Local	a	b	C	I_{80} (kg ha ⁻¹)	I_{50} (kg ha ⁻¹)	FR
MS 1	99,9508	0,0012	-0,3753	0,0486	0,0012	3,92
BA 7	104,0085	0,0004	-0,2898	0,0255	0,0003	0,98
BA 8	104,5597	0,0003	-0,5244	0,0029	0,0003	0,82
BA 9	112,8023	0,0003	-0,6768	0,0011	0,0002	0,69
BA 10	102,5971	0,0004	-0,4095	0,0088	0,0003	1,15
BA 11	101,9063	0,0004	-0,4236	0,0087	0,0003	1,19
Local 12 (BS)	107,2182	5,01E ⁻⁴	-0,2754	0,0251	0,0003	1,00

Os coeficientes de determinação do modelo log-logístico (R^2) variaram de 0,96 a 0,99.

¹Local 12= Biótipo susceptível.

Nas amostras dos Locais testados, não houve confirmação da incidência de resistência nos biótipos de *A. viridis* coletados nos Estados do Mato Grosso do Sul e Bahia.

As regiões produtoras de algodão dos Estados do Mato Grosso do Sul e da Bahia, apesar de terem apresentado fatores de resistência acima de 1 (MS 1, BA 10 e BA 11), não podem ser consideradas resistentes ao herbicida pyriithiobac-sodium, pois a dose suficiente para controlar 80% do biótipo susceptível de *A.*

viridis é maior do que àquela que controla 80% dos biótipos testados, além de serem inferiores a dose recomendada para a espécie (Quadro 13).

Nos demais Locais (BA 8, BA 9), a dose necessária para se obter controle satisfatório destes biótipos testados é inferior a dose que controla o biótipo susceptível (Figura 12).

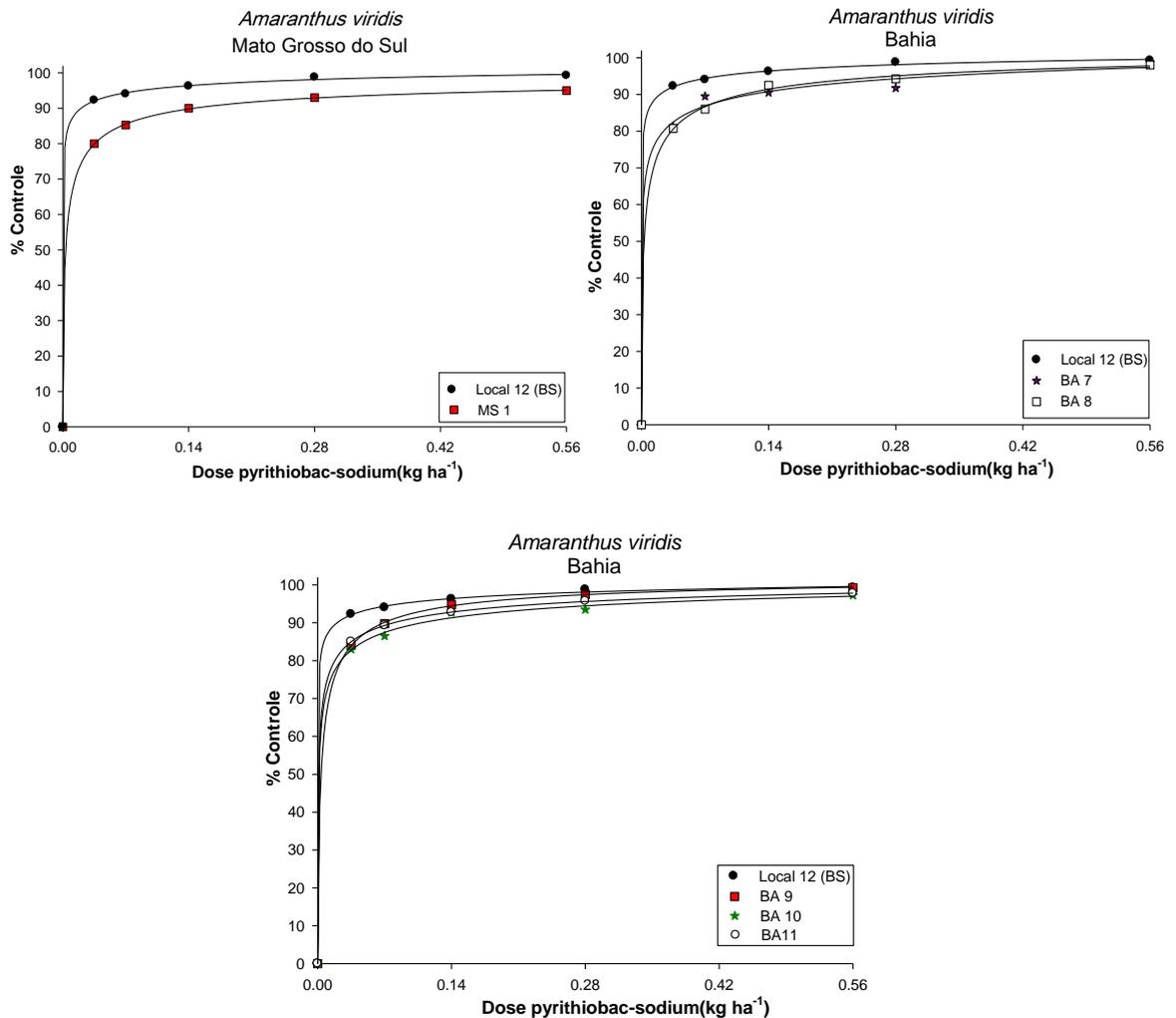


Figura 12. Curva dose resposta obtida pelo herbicida pyriithiobac-sodium no controle de *Amaranthus viridis* nos Estados do Mato Grosso do Sul (esquerda acima) e Bahia (direita acima e centro abaixo).

Pode-se ainda observar neste trabalho a incidência de resistência cruzada dos biótipos de *A. retroflexus* aos dois herbicidas do grupo ALS testados. Os biótipos MS 2, GO 3, GO 4, GO 5 e GO 6 apresentaram fatores de resistência para ambos os herbicidas, trifloxysulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium. Enquanto para os biótipos de *A. viridis*, não houve identificação de resistência cruzada à utilização de ambos herbicidas ALS.

Diebold et al. (2003) identificaram em biótipos de *Amaranthus powelli* resistentes aos herbicidas do grupo das imidazolinonas, que o fator responsável pela resistência era causado pela substituição do aminoácido Ser₆₅₃ pelo triptofano. Anderson et al. (1998) também constataram resistência de *Sorghum bicolor* ao herbicida primisulfuron, devido à diminuição da sensibilidade da enzima ALS.

Poston et al. (2000), identificaram biótipos de *Amaranthus hybridus* resistentes aos herbicidas do grupo das imidazolinonas e que possuíam resistência cruzada a outros herbicidas inibidores da enzima ALS, enquanto Gaeddert et al. (1997) documentaram a existência de resistência cruzada de espécies de *Amaranthus palmeri*.

Identificação de resistência cruzada e múltipla nas amostras de sementes de *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus viridis* coletadas das principais regiões produtoras de algodão aos herbicidas inibidores do Fotossistema II e inibidores da acetolactato sintase (ALS).

Denomina-se resistência cruzada os casos de resistência que envolve diferentes herbicidas que tem o mesmo sítio e/ou mecanismo de ação. Geralmente, a resistência cruzada é consequência de uma alteração no sítio de ação enzimático do herbicida.

Enquanto a resistência múltipla, por sua vez, envolve herbicidas não relacionados quimicamente entre si e que apresentam mecanismos de ação diferenciados. Geralmente, esta resistência é decorrente de processos metabólicos (CHRISTOFFOLETI & LÓPEZ-OVEJERO, 2004).

De acordo com os dados obtidos neste trabalho, pode-se evidenciar que as amostras de *Amaranthus retroflexus*, coletadas dos Estados de Goiás,

apresentaram resistência múltipla aos herbicidas inibidores do fotossistema II (atrazine e prometryn) e aos inibidores da enzima ALS (trifloxysulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium) mostrados na Quadro 12.

Quadro 12. Biótipos de *Amaranthus retroflexus* que demonstraram resistência múltipla e cruzada.

Mec.de ação	Grupo químico	Herbicida	Locais							
			MS 1	MS 2	GO 3	GO 4	GO 5	GO 6	MT 13	
FS II	Triazinas	Atrazine								X
FS II	Triazinas	Prometryn						X		X
ALS	Sulfoniluréia	Trifloxysulfuron Sodium		X	X	X	X	X	X	X
ALS	Pirimidil- oxibenzóico	Pyriithiobac- sodium		X	X	X	X	X		

Pela Quadro citada acima, pode-se evidenciar a existência de resistência múltipla e cruzada nas amostras de caruru-gigante avaliadas.

Desta maneira, pode-se identificar a existência de resistência cruzada nos biótipos de *Amaranthus retroflexus* na amostra MT 13 aos herbicidas triazínicos testados.

Assim, conforme os dados apresentados, a resistência cruzada pode ter ocorrido nos biótipos de *Amaranthus retroflexus* devido à mutação em algum aminoácido específico nas amostras provenientes dos Locais MS 2, GO 3, GO 4, GO 5 e GO 6 para os herbicidas inibidores ALS do grupo químico das sulfoniluréias e pirimidil-oxibenzóicos.

Ainda, pode-se identificar resistência múltipla aos inibidores da enzima ALS e às triazinas dos biótipos de *Amaranthus retroflexus* da amostra de GO 5 e MT 13.

Da mesma maneira, os dados obtidos neste trabalho com as amostras de *Amaranthus viridis* coletadas no Estado da Bahia, apresentaram resistência múltipla aos herbicidas inibidores do fotossistema II (atrazine e prometryn) e aos inibidores da enzima ALS (trifloxysulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium) mostrados na Quadro 13.

Quadro 13. Biótipos de *Amaranthus viridis* que demonstraram resistência múltipla e cruzada.

Mec.de ação	Grupo químico	Herbicida	Locais					
			MS 1	BA 7	BA 8	BA 9	BA 10	BA 11
FS II	Triazinas	Atrazine		X				
FS II	Triazinas	Prometryn		X	X	X		X
ALS	Sulfoniluréia	Trifloxysulfuron Sodium		X	X	X		X
ALS	Pirimidil- oxibenzóico	Pyriithiobac- sodium						

Pode-se evidenciar a existência de resistência múltipla e cruzada nos biótipos de caruru-de-mancha, avaliados neste trabalho.

Desta maneira, pode-se identificar a existência de resistência cruzada nos biótipos de *Amaranthus viridis* na amostra BA 7 aos herbicidas triazínicos. Em contrapartida, não houve identificação de casos de resistência cruzada aos herbicidas inibidores da enzima ALS para os biótipos de *Amaranthus viridis*.

E houve, ainda, identificação de resistência múltipla aos inibidores da enzima ALS e às triazinas dos biótipos de *Amaranthus viridis* das amostras de BA 7, BA 8, BA 9 e BA 11.

A resistência múltipla aos herbicidas do grupo das triazinas e aos inibidores da enzima ALS foi documentada em biótipos de *Lolium rigidum* na Austrália (Burnet et al., 1994), em biótipos de *Amaranthus blitoides* em Israel (HEAP, 2012; SIBONY & RUBIN, 2002), em biótipos de *Alopecurus myosuroides* na Bélgica, em biótipos de *Conyza canadensis* em Israel, e de *Kochia scoparia* na República Tcheca (HEAP, 2012).

Além destes biótipos, foram ainda identificadas mais três plantas daninhas com resistência múltipla aos herbicidas inibidores da ALS e ao grupo das triazinas. Em Illinois nos Estados Unidos, biótipos de *Amaranthus rudis* foram identificados com resistência à atrazine e a outros herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (FOES et al., 1998), e dois biótipos de *Kochia scoparia*, também no Estado de Illinois, foram identificados como resistentes aos herbicidas inibidores da ALS e a atrazine (FOES et al., 1999; HEAP, 2012).

Em biótipos de *Kochia scoparia* e de *Amaranthus tuberculatus* resistentes a ambos os mecanismos de ação (Fotossistema II e inibidores de ALS) identificados em Illinois nos Estados Unidos, a resistência ocorre devido à mutação no sítio de ação do fotossistema II e da ALS (FOES et al., 1998; 1999).

Segunda etapa - Curva dose-resposta aos herbicidas atrazine, prometryn, trifluralin, s-metolachlor, trifloxysulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium aplicados em pré-emergência na confirmação dos dados de resistência dos biótipos de *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus viridis* da primeira etapa.

A segunda etapa deste trabalho consiste na repetição dos experimentos da primeira etapa, com os biótipos que apresentaram fatores de resistência baixos, resultados questionáveis ou no limiar da tomada de decisão sobre resistência.

Na Figura 13, em aplicações realizadas com o herbicida atrazine, em biótipos de *Amaranthus retroflexus* nas amostras que não foram confirmadas resistência na primeira etapa, continuaram sendo controladas pelo herbicida atrazine, exceto os biótipos do MT 13, que apresentou caso leve de resistência como na primeira etapa.

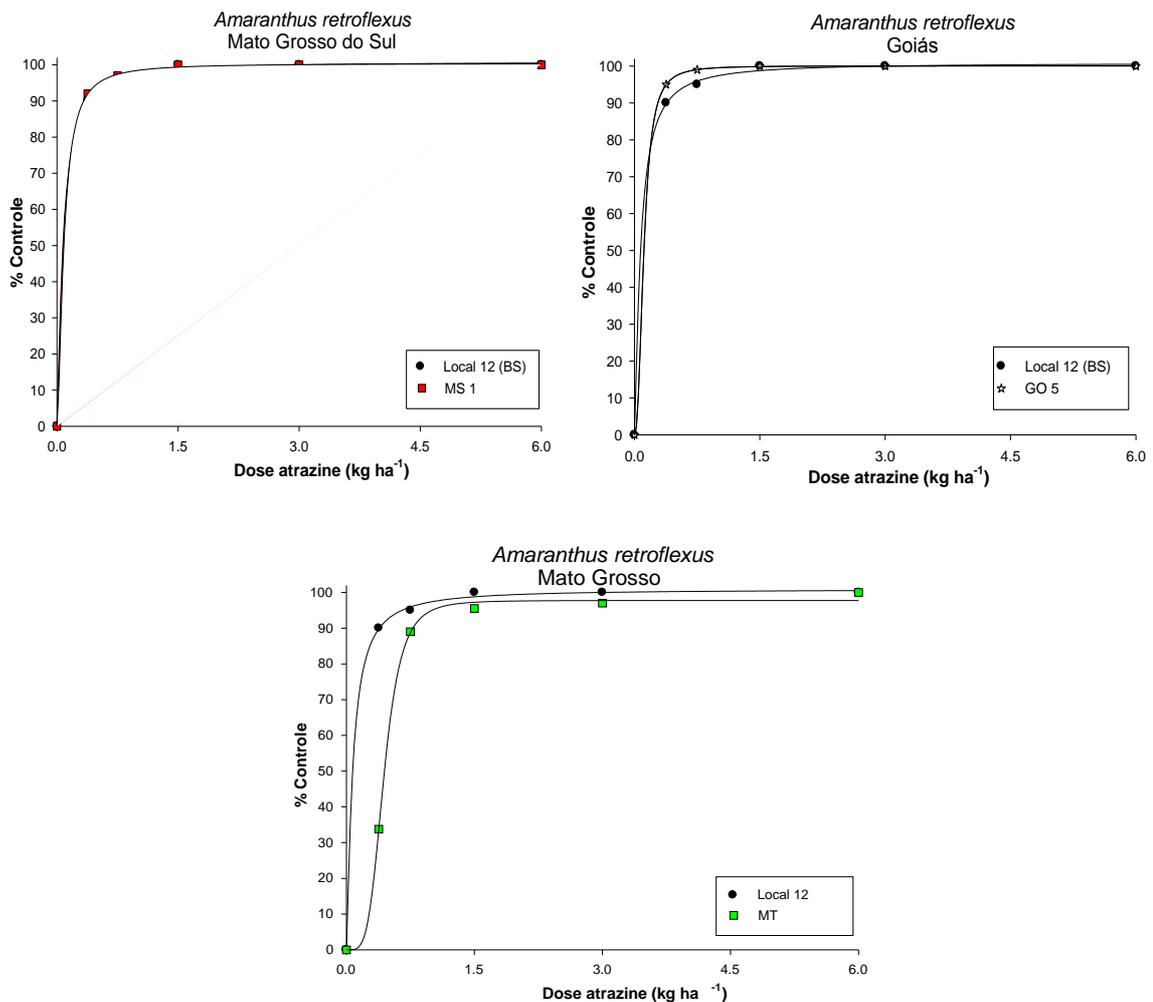


Figura 14. Curva dose resposta da segunda etapa obtida pelo herbicida atrazine no controle de *Amaranthus retroflexus* nos Estados do Mato Grosso do Sul (esquerda acima), Goiás (direita acima) e Mato Grosso (centro abaixo).

Já para os casos de resistência de atrazine no Estado da Bahia (BA 8 e BA 9), também pode-se confirmar que, para o biótipos BA 8, realmente os escapes de controle obtidos no campo foram oriundos de falha no controle desta espécie (Figura 15), enquanto o biótipo BA 9 apresentou resistência baixa da mesma forma que a encontrada na primeira etapa deste trabalho, não sendo considerado como biótipo resistente.

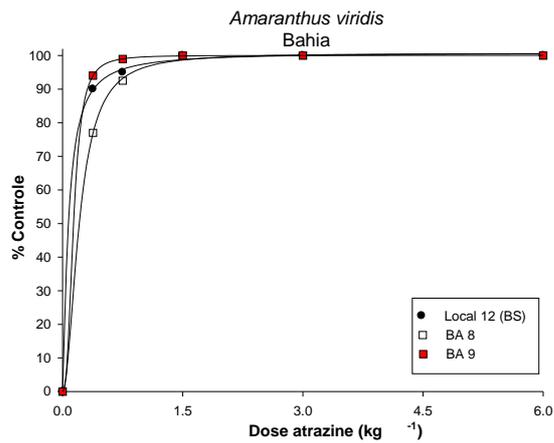


Figura 15. Curva dose resposta da segunda etapa obtida pelo herbicida atrazine no controle de *Amaranthus viridis* no Estado da Bahia.

Nos casos de suspeita de resistência para o herbicida prometryn na segunda etapa, pode-se confirmar os casos de resistência dos biótipos de *Amaranthus retroflexus* das amostras coletadas no Estado de Goiás (GO 5) e resistência dos biótipos do Estado do Mato Grosso (MT 13) (Figura 16).

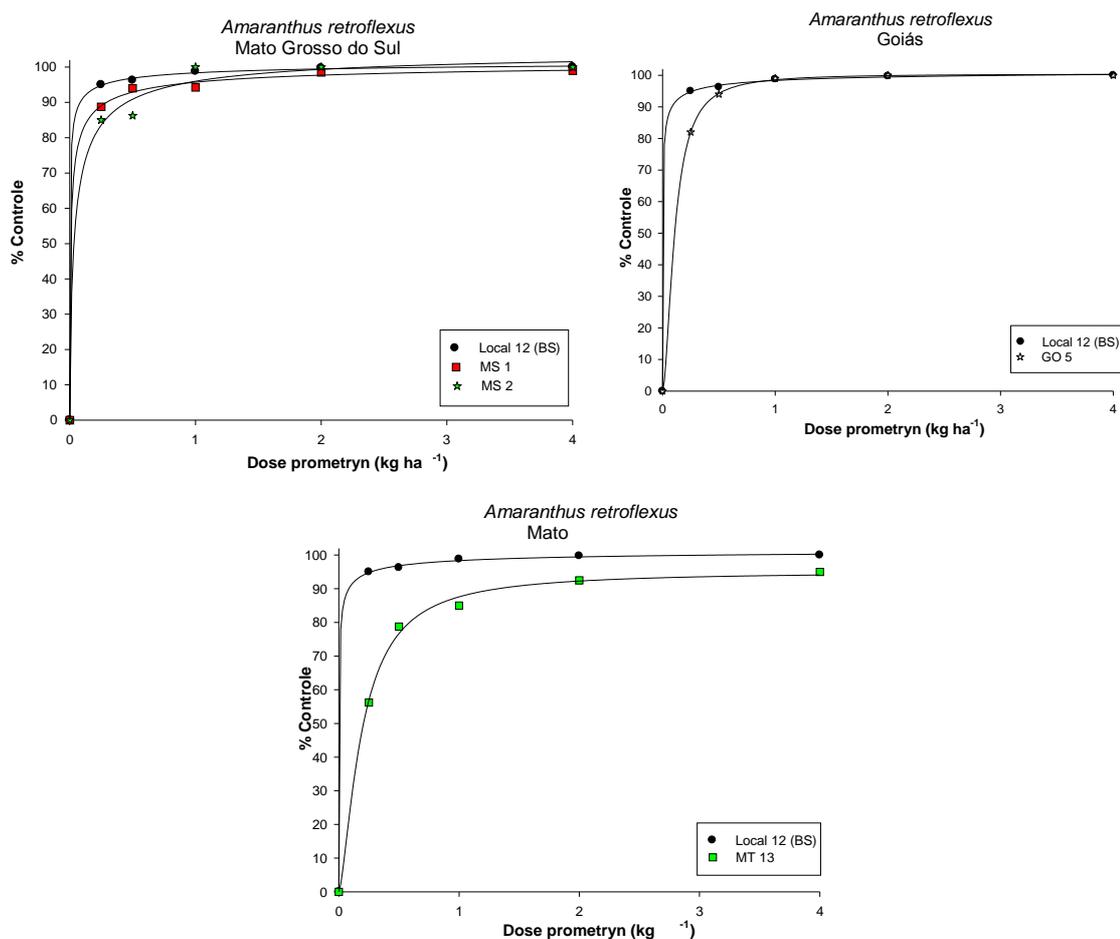


Figura 16. Curva dose resposta da segunda etapa obtida pelo herbicida prometryn no controle de *Amaranthus retroflexus* nos estados do Mato grosso do Sul (esquerda acima), Goiás (direita abaixo) e Mato Grosso (centro abaixo).

Já para biótipos de *Amaranthus viridis*, houve confirmação de resistência no Estado da Bahia (BA 7, BA 8, BA 9 e BA 11), semelhante ao resultado apresentado na primeira etapa (Figura 17).

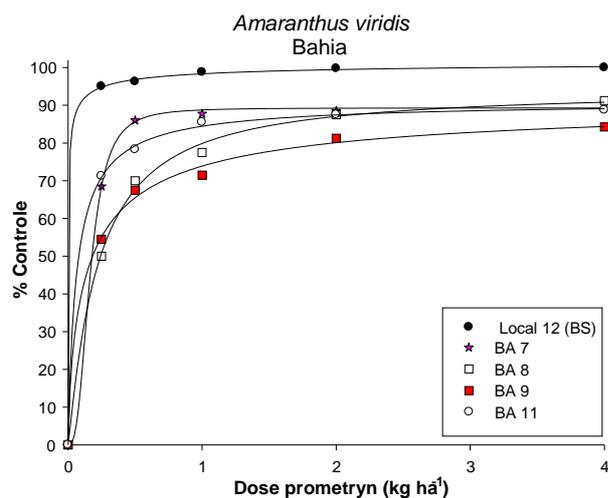


Figura 17. Curva dose resposta da segunda etapa obtida pelo herbicida prometryn no controle de *Amaranthus viridis* no estado da Bahia.

Na segunda etapa dos experimentos em que foram repetidas todas as aplicações de trifloxysulfuron-sodium para todas as amostras coletadas, pode-se confirmar os casos de resistência ocorridos na primeira etapa deste trabalho, sendo os biótipos de *Amaranthus retroflexus* testados oriundos dos Estados do Mato Grosso do Sul, Goiás e Mato Grosso (MS 2, GO 3, GO 4, GO 5, GO 6 e MT 13 (Figura 18).

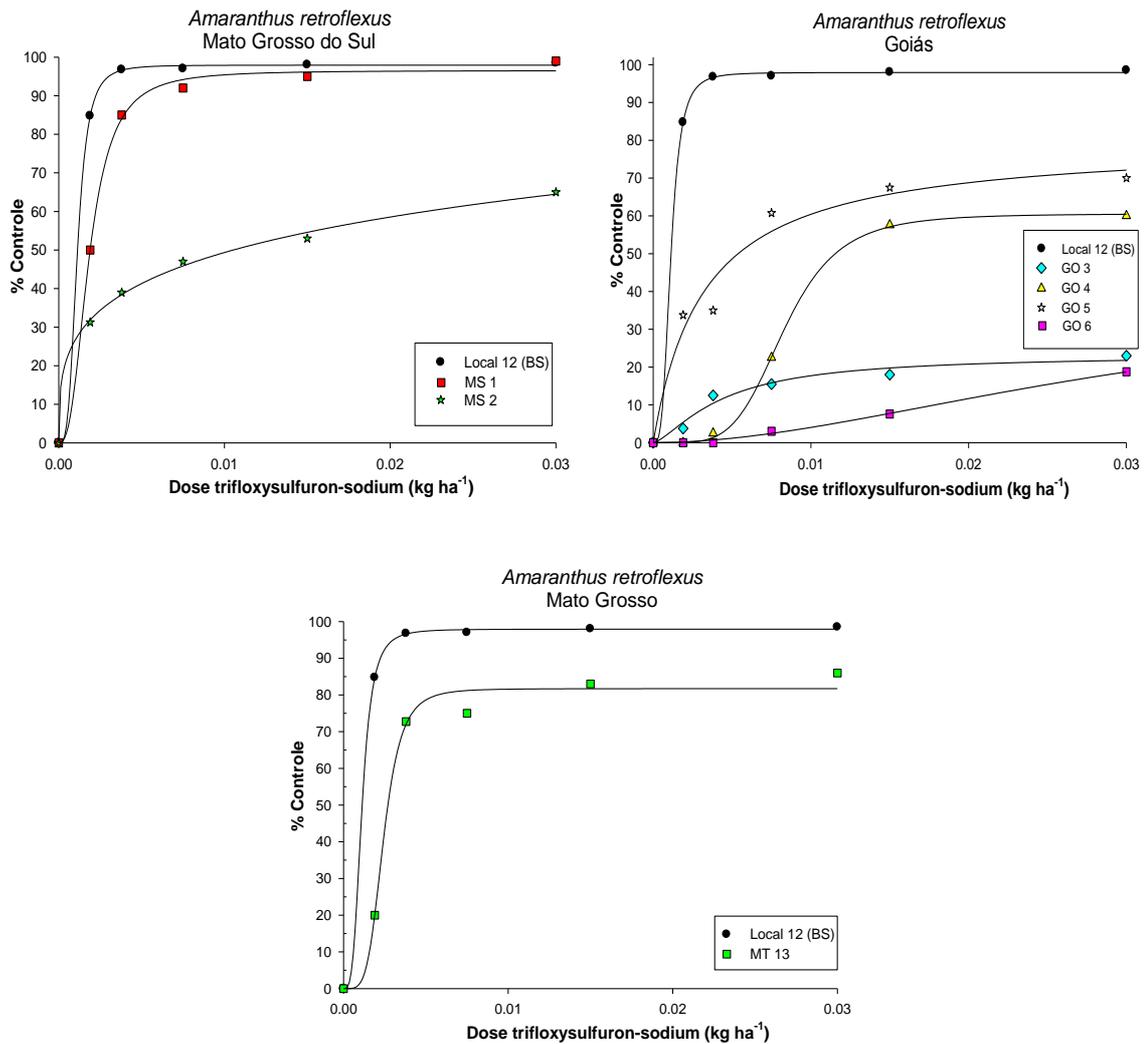


Figura 18. Curva dose resposta da segunda etapa obtida pelo herbicida trifloxysulfuron-sodium no controle de *Amaranthus retroflexus* nos Estados do Mato grosso do Sul (esquerda acima), Goiás (direita acima) e Mato Grosso (centro abaixo).

Enquanto para os biótipos de *Amaranthus viridis*, pode-se repetir os mesmos resultados obtidos na primeira etapa, isto é, confirmando a resistência dos biótipos coletados no Estado da Bahia (BA 7, BA 8, BA 9 e BA 11) ao herbicida trifloxysulfuron-sodium e de acordo com os gráficos apresentados na Figura 19.

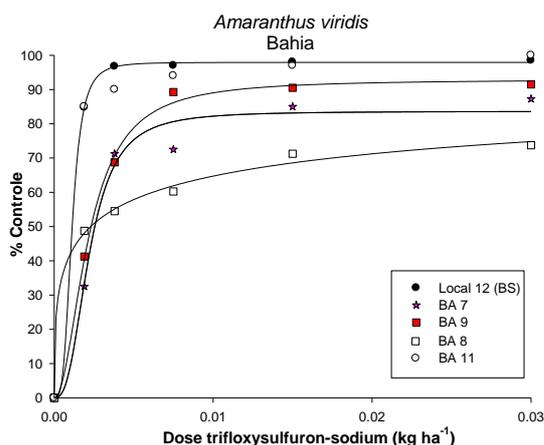


Figura 19. Curva dose resposta da segunda etapa obtida pelo herbicida trifloxysulfuron-sodium no controle de *Amaranthus viridis* no Estados da Bahia.

Na Figura 20, está apresentada a curva dose-resposta das aplicações realizadas com pyriithiobac-sodium, que se pode confirmar os casos de resistência dos biótipos de *Amaranthus retroflexus* evidenciados na etapa I, como MS 2, GO 3, GO 4, GO 5 e GO 6 (Mato Grosso do Sul e Goiás).

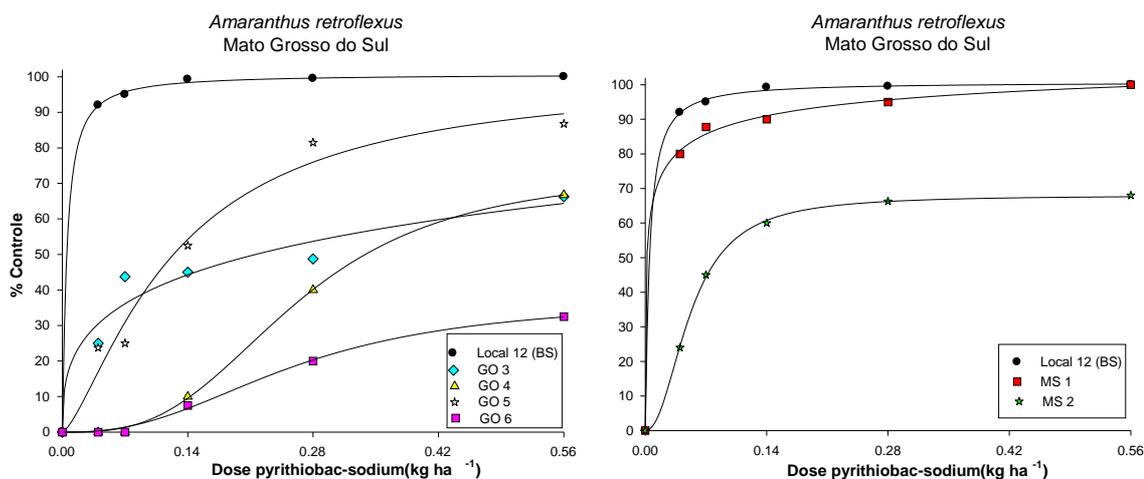


Figura 20. Curva dose resposta da segunda etapa obtida pelo herbicida pyriithiobac-sodium no controle de *Amaranthus retroflexus* nos estados do Mato grosso do Sul (esquerda) e Goiás (direita).

Com os dados deste experimento da segunda etapa, pode-se evidenciar realmente que os escapes observados no campo tanto de *Amaranthus retroflexus* oriundos dos Estados do Mato Grosso do Sul, Goiás e Mato Grosso, bem como os biótipos de *Amaranthus viridis* oriundos do Estado do Mato Grosso do Sul, em sua maioria, foi devido à seleção de biótipos destas espécies mais resistentes aos herbicidas atrazine, prometryn, trifloxysulfuron-sodium e pyriithiobac-

sodium. Isto, provavelmente, devido ao uso por muitos anos dos mesmos mecanismos de ação.

CONCLUSÕES

Houve confirmação das suspeitas de resistência de biótipos de *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus viridis* nas principais regiões produtoras de algodão do Brasil aos herbicidas aplicados em pré-emergência.

Confirmou-se resistência à atrazine dos biótipos de *Amaranthus retroflexus* no Estado do Mato Grosso (MT 13). No caso da prometryn, houve identificação de biótipos de *Amaranthus retroflexus* resistentes no Estado de Goiás (GO 5) e no Estado do Mato Grosso (MT 13).

Já para os herbicidas inibidores da ALS, houve confirmação da suspeita de resistência dos biótipos de *Amaranthus retroflexus* ao herbicida trifloxysulfuron-sodium no Estado de Goiás (MS 2, GO 3, GO 4, GO 5, GO 6 e MT 13). E, para o herbicida pyriithiobac-sodium, houve confirmação de resistência dos biótipos de *Amaranthus retroflexus* para os Estados do Mato Grosso do Sul (MS 2) e Goiás (GO 3, GO 4, GO 5 e GO 6).

Já para as amostras dos biótipos de *Amaranthus viridis* coletados, confirmou-se resistência à atrazine destes biótipos no Estado da Bahia (BA 7). No caso da prometryn, houve identificação de biótipos de *Amaranthus viridis* resistentes apenas no Estado da Bahia (BA 7, BA 8, BA 9 e BA 11).

Já para os herbicidas inibidores da ALS, houve confirmação da suspeita de resistência dos biótipos de *Amaranthus viridis* ao herbicida trifloxysulfuron-sodium apenas no Estado da Bahia (BA 7, BA 8, BA 9 e BA 11). E finalmente para o herbicida pyriithiobac-sodium, não houve identificação de resistência para todos os biótipos de *Amaranthus viridis* coletados.

Pode-se concluir, ainda, que há presença de biótipos de *Amaranthus retroflexus* resistente aos grupos químicos diferentes, é o caso dos biótipos MS 2, GO 3, GO 4, GO 5 e GO 6, que apresentaram resistência cruzada aos herbicidas trifloxysulfuron-sodium e ao pyriithiobac-sodium.

Resistência cruzada também pode ser observada ao grupo das triazinas, nos biótipos de *Amaranthus retroflexus* oriundos do Local MT 13 que apresentou resistência aos herbicidas atrazine e prometryn.

No caso dos biótipos de *Amaranthus viridis*, pode-se concluir ainda que não há presença de resistência cruzada dentro dos herbicidas inibidores da enzima ALS (trifloxysulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium). Entretanto, resistência cruzada pode ser observada ao grupo das triazinas, nos biótipos de *Amaranthus viridis* oriundos do Local BA 7 que apresentou resistência aos herbicidas atrazine e prometryn.

Ocorre resistência múltipla dos biótipos de *Amaranthus retroflexus* aos herbicidas inibidores do Fotossistema II e da enzima ALS no biótipo GO 5 do Estado de Goiás e MT 13 do Estado do Mato Grosso.

Ocorre resistência múltipla dos biótipos de *Amaranthus viridis* aos herbicidas inibidores do Fotossistema II e da enzima ALS nos biótipos BA 7, BA 8, BA 9 e BA 11.

Não houve confirmação de resistência para os herbicidas trifluralin, s-metolachor e diuron, podendo indicar tais herbicidas como alternativa de manejo nas áreas que apresentam biótipos resistentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, S.N.R. **Efeito residual de herbicidas aplicados em pré-emergência em diferentes períodos de seca na soqueira de cana-de-açúcar.** 2008. 126p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Curso de Pós-graduação em Fitotecnia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ).

ANDERSON D.D. et al Mechanism of primisulfuron resistance in a shattercane (*Sorghum bicolor*) biotype. **Weed Sci**, v.46, n.3, p.158±162,1998.

ARNTZEN C.J. et al. The mechanism of chloroplast triazine resistance: Alterations in the site herbicide action, in **Herbicide Resistance in Plants**, ed by LeBaron HM and Gressel J, John Wiley & Sons, New York. P. 185±214 (1982).

ASHTON, F.M.; CRAFTS, A.S. Dinitroanilines. In: F. M. Ashton, and A. S. Crafts (eds), **Mode of Action of Herbicides**, 201—223. John Wiley & Sons, New York, USA, 1981.

BUCHANAN, G.A. Trends in weed control methods. C. G. McWhorter and J. R. Abernathy, eds. **Weeds of Cotton: Characterization and Control**. Memphis, TN: The Cotton Foundation. Pages 47–72, 1992.

BELTRÃO, N.E.M.; MELHORANÇA, A.L. Plantas daninhas: importância e controle. **Algodão: tecnologia e produção**. Campina Grande: EMBRAPA. p.227 – 236, 2001.

BURGOS N. R. et al. *Amaranthus palmeri* resistance and differential tolerance of *Amaranthus palmeri* and *Amaranthus hybridus* to ALS-inhibitor herbicides. **Pest Maneg. Sci**, v.57, n.1, p.449–457, 2001.

CARVALHO, S.J.P. et al. Curvas de dose-resposta para avaliação do controle de fluxos de emergência de plantas daninhas pelo herbicida imazapic. **Planta Daninha**, v.23, n.3, p.535-542, 2005.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F. Definições e situação da resistência de plantas daninhas aos herbicidas no Brasil e no Mundo. In: CHRISTOFFOLETI, P.J. (Coord.) **Aspectos da resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 2.ed. Campinas: Revista Brasileira de Herbicidas, Passo Fundo-RS, No 3, p.72 –79, 2006. Associação Brasileira de Ação a Resistência de Plantas aos Herbicidas (HRAC-BR), 2004. p.3-22.

CHRISTOFFOLETI, P.J. Curvas de dose-resposta de biótipos resistente e susceptível de *Bidens pilosa* L. aos herbicidas inibidores da ALS. **Scientia Agrícola**, v.59, n.3, p.513-519, 2002.

DE'LYE, C. et al. Molecular bases for sensitivity to Acetyl-coenzyme A carboxylase inhibitors in black-grass. **Plant Physiol.** v.137, n.5, p.794–806, 2005.

DIEBOLD R.S et al. Multiple resistance to imazethapyr and atrazine in Powell amaranth (*Amaranthus powellii*). **Weed Sci.**, v.51, n.4, p.312–318, 2003.

FOES, M.J.L. et al. A biotype of common waterhemp (*Amaranthus rudis*) resistant to triazine and ALS herbicides. **Weed Sci.** v.46, n.3, p.514–520, 1998.

GAEDDERT, J.W. Control and cross-resistance of an acetolactate synthase inhibitor-resistant Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) biotype. **Weed Technol.** v.11, n.1, p.132–137, 1997.

GRONWALD, J.W. Resistance to photosystem II inhibiting herbicides. In: **Herbicide Resistance in Plants: Biology and Biochemistry** (eds SB Powles & JAM Holtum), 27–60. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 1994.

GRONWALD J.W. Resistance to PSII inhibitor herbicides. In: **Weed and Crop Resistance to Herbicides** (eds R De Prado, J Jorin & L Garcia-Torres), 53–59. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, 1997.

GUTTIERI, M.J., C.V. et al. DNA sequence variation in domain A of the acetolactate synthase gene of herbicide resistant and susceptible weed biotypes. **Weed Sci.** v.40, n.2, p.670–676, 1992.

HALL, L.M. et al. Resistance to acetolactato sintase inhibithors and quinclorac in a biotypes of false clover (*Gallium sourium*). **Weed Sci.**, v.46, n.1, p.390-396, 1998.

HEAP, I. **International Survey of Herbicide Resistant Weeds**. URL: <http://www.weedscience.com>, acesso Janeiro 10, 2012.

HESS, D.F. Herbicide absorption and translocation and their relationship to plant tolerance and susceptibility. In: Duke, S.O., (Ed.). **Herbicide physiology**. Boca Raton, EUA: CRC Press, v. II, 1985. p. 191-214.

HESS, D.; BAYER, D. The effect of trifluralin on the ultrastructure of dividing cells of the root meristem of cotton (*Gossypium hirsutum*). **J. Cell.Sci**, v.15, n.2, p.429- 441, 1974.

HESS, D.; BAYER, D. Binding of the herbicide trifluuralin to Chlamydamonasagellar tubulin. **J. Cell. Sci**, v.24, n.2, p.351-360, 1977.

HINZ, J.R.R. and OWEN, M.D.K, Acetolactate synthase resistance in a common waterhemp (*Amaranthus rudis*) population. **Weed Technol.**, v.11, n.4, p.13-18, 1997.

HORAK, M.J. and D.E. PETERSON. Biotypes of Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) and common waterhemp (*Amaranthus rudis*) are resistant to imazethapyr and thifensulfuron. **Weed Technol.** v.9, n.1, p.192–195, 1995.

JORDAN, N. Effects of the triazine-resistance mutation on fitness in *Amaranthus hybridus* (smooth pigweed). **J. of Applied Ecol.**, v.33, n.1, p.141–150, 1996.

MANLEY, B.S. et al. Smooth pigweed (*Amaranthus hybridus*) and livid amaranth (*A. lividus*) response to several imidazolinone and sulfonylurea herbicides. **Weed Technol.** v.10, n.1, p.835–841, 1996.

POSTON, D.H. et al. Imidazolinone resistance in several *Amaranthus hybridus* populations. **Weed Sci.**, v.48, n.4, p.508–513, 2000.

RUBIN B. Herbicide-resistant weeds ± the inevitable phenomenon: mechanisms, distribution and significance. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 17±32, 1996.

RYAN G.F. Resistance of common groundsel to simazine and atrazine. **Weed Sci.**, v.18, n.1, p.614–616, 1970.

SAARI, L.L., et al. Resistance to acetolactate synthase inhibiting herbicides. Pages 83–139 in S. B. Powles and J.A.M. Holtum, eds. **Herbicide Resistance in Plants: Biology and Biochemistry**. Ann Arbor, MI: Lewis, 1994.

SHANER, D.L. Resistance to acetolactate synthase (ALS) inhibitors in the United States: history, occurrence, detection, and management. **Weed Res.** v.44, n.3, p.405–411, 1999.

SIBONY, M. et al. Sulfometuron-resistant *Amaranthus retroflexus*: cross-resistance and molecular basis for resistance to acetolactate synthase-inhibiting herbicides, **Weed Res.** v.41, n.2, p.509–522, 2001.

SIBONY M.; RUBIN B. The ecological fitness of ALS-resistant *Amaranthus retroflexus* and multiple-resistant *A. blitoides*. **Weed Res.**, v. 43, n.1 p.1 ,2003.

SPRAGUE, C.L. et al. Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) and common waterhemp (*Amaranthus rudis*) resistance to selected ALS-inhibiting herbicides. **Weed Sci.**, v.45, n.1, p.192–197, 1997.

STREIBIG J. Herbicide bioassay. **Weed Res.**, v.28, p.479– 484, 1988.

TRANEL, P.J. and T.R. WRIGHT. Resistance of weeds to ALS-inhibiting herbicides: what have we learned? **Weed Sci.**, v.50, n.1, p.700–712, 2004.

TREBST A. **The molecular basis of resistance to photosystem II herbicides, in Herbicide Resistance in Weeds and Crops**, ed by Caseley JC, Cussans GW and Atkin RK, Butterworth- Heinemann, Oxford. p.145±164 (1991).

WETZEL D.K. et al. Use of PCR-based molecular markers to identify weedy *Amaranthus* species. **Weed Sci.**, v.47, n.1, p.518–523, 1999.

WHALEY C.M. et al. A new mutation in plant ALS confers resistance to five classes of ALS-inhibiting herbicides. **Weed Sci.**, v.55, n.3, p.83–90, 2007.

WILCUT, J. W. et al. Weed management systems for oil seed crops. Pages 343–400 in A. E. Smith, ed. **Hand- book of Weed Management Systems**. New York: Marcel-Dekker, 1995.

WILLIAMS, M.M., et al. The fitness cost of atrazine resistance in jimsonweed (*Datura stramonium L.*). **Am. Midl. Nat**, v.133, n.10, p.131–137, 1995.

ZENG, L.A.; BAIRD, W.V. Genetic Basis of Dinitroaniline Herbicide Resistance in a Highly Resistant Biotype of Goosegrass (*Eleusine indica*). **J. of Her.**, v.8, n.1, p.427-432, 1997.

Anexo I

Capítulo I- Análise de variância referente à porcentagem de controle de *A. hybridus*, *A. viridis*, *A. deflexus* e *A. lividus* aos 28 DDA proporcionados pela aplicação de doses crescentes de trifloxysufuron-sodium aplicado em pré-emergência.

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%) **	F tab (5%)*	
Dose	5	114559,5687	22911,914	1010,355	3,31	2,35	**
Espécie	3	409,1979	136,399	6,015	4,10	2,75	**
Dose*Esp	15	343,2395	22,883	1,009			
Resíduo	72	1632,7500	22,677				
Total	95	116944,7561					
CV (%) = 6,20							

Desdobramento

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)**	F tab (5%)*	
Dose/ <i>A. hybridus</i>	5	29599,833	5919,967	261,0550	3,31	2,35	**
Dose/ <i>A. viridis</i>	5	26540,660	5308,132	234,0747	3,31	2,35	**
Dose/ <i>A. deflexus</i>	5	29229,833	5845,967	257,7918	3,31	2,35	**
Dose/ <i>A. lividus</i>	5	29532,333	5906,467	260,4597	3,31	2,35	**
Resíduo	72	1632,7500	22,677				

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)	F tab (5%)	
Espécie/dose 1	3	0	0,000	0,000	3,10	2,25	ns
Espécie/dose 2	3	201,6875	67,229	2,965	3,10	2,25	*
Espécie/dose 3	3	434,6875	144,896	6,390	3,10	2,25	**
Espécie/dose 4	3	43,6875	14,563	0,642	3,10	2,25	ns
Espécie/dose 5	3	9,1875	3,063	0,135	3,10	2,25	ns
Espécie/dose 6	3	63,1875	21,063	0,929	3,10	2,25	ns
Resíduo	72	1632,7500	22,6770				

Anexo II

Capítulo I- Análise de variância referente à porcentagem de controle de *A. hybridus*, *A. viridis*, *A. deflexus* e *A. lividus* aos 28 DDA proporcionados pela aplicação de doses crescentes de pyriithiobac-sodium aplicado em pré-emergência.

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%) **	F tab (5%) *
Dose	5	120778,75	24155,750	730,302	3,31	2,35 **
Espécie	3	377,0833	125,694	3,800	4,10	2,75 **
Dose*Esp	15	205,1666	13,678	0,414		
Resíduo	72	2381,5000	33,076			
Total	95	123742,4999				
CV (%) = 7,27						

Desdobramento

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)**	F tab (5%)*
Dose/A. hybridus	5	31157,2083	6231,442	188,3954	3,31	2,35 **
Dose/A. viridis	5	27965	5593,000	169,0934	3,31	2,35 **
Dose/A. deflexus	5	30597	6119,400	185,0081	3,31	2,35 **
Dose/A. lividus	5	31264,375	6252,875	189,0436	3,31	2,35 **
Resíduo	72	2381,5	33,076			

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)	F tab (5%)
Espécie/dose 1	3	0	0,000	0,000	3,10	2,25 ns
Espécie/dose 2	3	338	112,563	3,403	3,10	2,25 **
Espécie/dose 3	3	65	21,563	0,652	3,10	2,25 ns
Espécie/dose 4	3	74,1875	24,729	0,748	3,10	2,25 ns
Espécie/dose 5	3	90	30,000	0,907	3,10	2,25 ns
Espécie/dose 6	3	15,6875	5,229	0,158	3,10	2,25 ns
Resíduo	72	2381,5	33,0763			

Anexo III

Capítulo II: Análise de variância referente ao controle visual de *A. retroflexus* aos 28 DDA proporcionados pela aplicação de doses crescentes de trifloxysufuron-sodium aplicado em pós-emergência.

Fv	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%) **	F tab (5%) *
Local	6	100431,9523	16738,659	1468,843	2,72	3,70 **
Trat	5	82195,4821	16439,096	1442,556	3,10	4,36 **
Rep	3	40,0654	13,355	1,172		
Local*Trat	30	26521,4761	884,049	77,577	1,62	1,46 **
Resíduo	123	1401,6852	11,396			
Total	167	210590,6611				
CV (%) = 31,01						

Desdobramento

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)**	F tab (5%)*
Local/dose 1	6	0,000	0,000	0	2,72	3,70 ns
Local/dose 2	6	34168,710	5694,785	499,7262615	2,72	3,70 **
Local/dose 3	6	35510,500	5918,417	519,3502889	2,72	3,70 **
Local/dose 4	6	26094,928	4349,155	381,645102	2,72	3,70 **
Local/dose 5	6	19080,428	3180,071	279,056217	2,72	3,70 **
Local/dose 6	6	12098,857	2016,476	176,9489272	2,72	3,70 **
Resíduo	123	1401,6845	11,396			

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)	F tab (5%)
Trat/Local 1	5	7450,333	1490,067	130,756	3,10	4,36 **
Trat/Local 2	5	7986,333	1597,267	140,163	3,10	4,36 **
Trat/Local 3	5	9201,875	1840,375	161,496	3,10	4,36 **
Trat/Local 4	5	7155,5	1431,100	125,581	3,10	4,36 **
Trat/Local 6	5	13470,208	2694,042	236,406	3,10	4,36 **
Trat/Local 12	5	31632,5	6326,500	555,160	3,10	4,36 **
Trat/Local 13	5	31820,108	6364,022	558,453	3,10	4,36 **
Resíduo	123	1401,6852	11,39581463			

Anexo IV

Capítulo II: Análise de variância referente à porcentagem de massa seca de *A. retroflexus* aos 28 DDA proporcionados pela aplicação de doses crescentes de trifloxysufuron-sodium aplicado em pós-emergência.

Fv	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%) **	F tab (5%) *	
Local	6	95988,1600	15998,027	51,548	2,72	3,70	**
Trat	5	90920,7100	18184,142	58,592	3,10	4,36	**
Rep	3	724,2070	241,402	0,778			
Local*Trat	30	26945,7066	898,190	2,894	1,62	1,46	**
Resíduo	123	38173,2252	310,351				
Total	167	252752,0088					
CV (%) = 73,01							

Desdobramento

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)	F tab (5%)	
Local/dose 1	6	0,000	0,000	0	2,72	3,70	ns
Local/dose 2	6	33030,018	5505,003	17,73796617	2,72	3,70	**
Local/dose 3	6	35534,578	5922,430	19,08297906	2,72	3,70	**
Local/dose 4	6	23293,669	3882,278	12,50929708	2,72	3,70	**
Local/dose 5	6	18317,019	3052,837	9,836708518	2,72	3,70	**
Local/dose 6	6	12778,591	2129,765	6,862430724	2,72	3,70	**
Resíduo	123	38173,2252	310,351				

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)	F tab (5%)	
Trat/Local 1	5	3709,5819	741,916	2,391	3,10	4,36	*
Trat/Local 2	5	11616,2611	2323,252	7,486	3,10	4,36	**
Trat/Local 3	5	10763,5258	2152,705	6,936	3,10	4,36	**
Trat/Local 4	5	15444,4323	3088,886	9,953	3,10	4,36	**
Trat/Local 6	5	13628,4547	2725,691	8,783	3,10	4,36	**
Trat/Local 12	5	31310,6596	6262,132	20,178	3,10	4,36	**
Trat/Local 13	5	31393,4996	6278,700	20,231	3,10	4,36	**
Resíduo	123	38173,2252	310,351				

Anexo V

Capítulo II: Análise de variância referente ao controle visual de *A. retroflexus* aos 28 DDA proporcionados pela aplicação de doses crescentes de Pyrethriobac-sodium aplicado em pós-emergência.

Fv	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%) **	F tab (5%) *	
Local	6	97814,6420	16302,440	462,563	2,72	3,70	**
Dose	5	113327,9200	22665,584	643,110	3,10	4,36	**
Rep	3	36,5230	12,174	0,345			
Local*Trat	30	24317,0740	810,569	22,999	1,62	1,46	**
Resíduo	123	4334,9760	35,244				
Total	167	239831,135					
CV (%) = 10,88							

Desdobramento

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)**	F tab (5%)*	
Local/dose 1	6	0,000	0,000	0	2,72	3,70	ns
Local/dose 2	6	34761,500	5793,583	164,3863196	2,72	3,70	**
Local/dose 3	6	29736,929	4956,155	140,6252386	2,72	3,70	**
Local/dose 4	6	28321,420	4720,237	133,931332	2,72	3,70	**
Local/dose 5	6	17973,920	2995,653	84,99824682	2,72	3,70	**
Local/dose 6	6	11337,920	1889,653	53,6167582	2,72	3,70	**
Resíduo	123	4334,9760	35,244				

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)	F tab (5%)	
Trat/Local BS	5	31632,5	6326,500	179,507	3,10	4,36	**
Trat/Local GO3	5	8019,333	1603,867	45,508	3,10	4,36	**
Trat/Local GO4	5	12616,708	2523,342	71,597	3,10	4,36	**
Trat/Local GO6	5	7253,5	1450,700	41,162	3,10	4,36	**
Trat/Local MS1	5	32296,876	6459,375	183,277	3,10	4,36	**
Trat/Local MS2	5	14229,108	2845,822	80,747	3,10	4,36	**
Trat/Local MT13	5	31596,87	6319,374	179,305	3,10	4,36	**
Resíduo	123	4334,976	35,24370732				

Anexo VI

Capítulo II: Análise de variância referente à porcentagem de massa seca de *A. retroflexus* aos 28 DDA proporcionados pela aplicação de doses crescentes de Pyrethriobac-sodium aplicado em pós-emergência.

Fv	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%) **	F tab (5%) *	
Local	6	109223,8300	18203,972	44,884	2,72	3,70	**
Trat	5	102330,8800	20466,176	50,462	3,10	4,36	**
Rep	3	788,2100	262,737	0,648			
Local*Trat	30	24880,1500	829,338	2,045	1,62	1,46	*
Resíduo	123	49885,8800	405,576				
Total	167	287108,95					

CV (%) = 42,45

Desdobramento

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)**	F tab (5%)*	
Local/dose 1	6	0,000	0,000	0	2,72	3,70	ns
Local/dose 2	6	31408,756	5234,793	12,90704901	2,72	3,70	**
Local/dose 3	6	29775,414	4962,569	12,23584684	2,72	3,70	**
Local/dose 4	6	30746,670	5124,445	12,63497276	2,72	3,70	**
Local/dose 5	6	26404,530	4400,755	10,85062276	2,72	3,70	**
Local/dose 6	6	15768,601	2628,100	6,479916171	2,72	3,70	**
Resíduo	123	49885,8800	405,576				

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)	F tab (5%)	
Trat/Local BS	5	31606,148	6321,230	15,586	3,10	4,36	**
Trat/Local GO3	5	5232,548	1046,510	2,580	3,10	4,36	*
Trat/Local GO4	5	12207,324	2441,465	6,020	3,10	4,36	**
Trat/Local GO6	5	4009,5679	801,914	1,977	3,10	4,36	ns
Trat/Local MS1	5	31726,035	6345,207	15,645	3,10	4,36	**
Trat/Local MS2	5	11331,17	2266,234	5,588	3,10	4,36	**
Trat/Local MT13	5	31098,234	6219,647	15,335	3,10	4,36	**
Resíduo	123	49885,8800	405,5762602				

Anexo VII

Capítulo II: Análise de variância referente ao controle visual de *A. viridis* aos 28 DDA proporcionados pela aplicação de doses crescentes de trifloxysufuron-sodium aplicado em pós-emergência.

Fv	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%) **	F tab (5%) *	
Local	5	56411,0830	11282,217	2080,943	3,10	4,40	**
Dose	5	153396,1660	30679,233	5658,615	3,10	4,40	**
Rep	3	14,7220	4,907	0,905			
Local*Trat	25	13947,7500	557,910	102,903	1,58	1,70	**
Resíduo	105	569,2770	5,422				
Total	143	224338,998					

CV (%) = 3,24

Desdobramento

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)**	F tab (5%)*	
Local/dose 1	5	0,000	0,000	0	3,10	4,40	ns
Local/dose 2	5	19355,108	3871,022	713,9885644	3,10	4,40	**
Local/dose 3	5	18513,208	3702,642	682,931803	3,10	4,40	**
Local/dose 4	5	15300,208	3060,042	564,4077804	3,10	4,40	**
Local/dose 5	5	11310,208	2262,042	417,2210857	3,10	4,40	**
Local/dose 6	5	5880,000	1176,000	216,906708	3,10	4,40	**
Resíduo	105	569,2770	5,422				

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)	F tab (5%)	
Trat/Local							
BA11	5	31118,333	6223,667	1147,024	3,10	4,40	**
Trat/Local BA7	5	31875,208	6375,042	1174,923	3,10	4,40	**
Trat/Local BA8	5	31955,108	6391,022	1177,868	3,10	4,40	**
Trat/Local BA9	5	31840,5	6368,100	1173,643	3,10	4,40	**
Trat/Local BS	5	31624,333	6324,867	1165,676	3,10	4,40	**
Trat/Local MS1	5	8710,333	1742,067	321,064	3,10	4,40	**
Resíduo	105	569,722	5,42592381				

Anexo VIII

Capítulo II: Análise de variância referente à porcentagem de massa seca de *A. viridis* aos 28 DDA proporcionados pela aplicação de doses crescentes de trifloxysufuron-sodium aplicado em pós-emergência.

Fv	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%) **	F tab (5%) *	
Local	5	55304,9191	11060,984	328,744	3,10	4,40	**
Dose	5	148538,2300	29707,646	882,944	3,10	4,40	**
Rep	3	36,9010	12,300	0,366			
Local*Trat	25	11306,6100	452,264	13,442	1,58	1,70	**
Resíduo	105	3532,8453	33,646				
Total	143	218719,5054					

CV (%) = 19,86

Desdobramento

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)**	F tab (5%)*	
Local/dose 1	5	0,000	0,000	0	3,10	4,40	ns
Local/dose 2	5	12554,299	2510,860	74,62548077	3,10	4,40	**
Local/dose 3	5	13793,415	2758,683	81,99105548	3,10	4,40	**
Local/dose 4	5	15234,787	3046,957	90,55888202	3,10	4,40	**
Local/dose 5	5	12801,960	2560,392	76,09763156	3,10	4,40	**
Local/dose 6	5	12227,064	2445,413	72,68032484	3,10	4,40	**
Resíduo	105	3532,8453	33,646				

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)	F tab (5%)	
Trat/Local							
BA11	5	30661,591	6132,318	182,259	3,10	4,40	**
Trat/Local BA7	5	31330,565	6266,113	186,236	3,10	4,40	**
Trat/Local BA8	5	31277,2	6255,440	185,919	3,10	4,40	**
Trat/Local BA9	5	31084,68	6216,936	184,774	3,10	4,40	**
Trat/Local BS	5	31310,583	6262,117	186,117	3,10	4,40	**
Trat/Local MS1	5	4180,232	836,046	24,848	3,10	4,40	**
Resíduo	105	3532,84	33,64609524				

Anexo IX

Capítulo II: Análise de variância referente ao controle visual de *A. viridis* aos 28 DDA proporcionados pela aplicação de doses crescentes de Pyriithiobac-sodium aplicado em pós-emergência.

Fv	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%) **	F tab (5%) *	
Local	5	30,8880	6,178	0,867	3,10	4,40	ns
Dose	5	189847,6380	37969,528	5331,537	3,10	4,40	**
Rep	3	17,7220	5,907	0,829			
Local*Trat	30	83,1944	2,773	0,389	1,58	1,70	ns
Resíduo	105	747,7770	7,122				
Total	148	190727,2194					
CV (%) = 3,31							

Desdobramento

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)**	F tab (5%)*	
Local/dose 1	5	0,000	0,000	0	3,10	4,40	ns
Local/dose 2	5	75,875	15,175	2,130815738	3,10	4,40	ns
Local/dose 3	5	38,208	7,642	1,073004385	3,10	4,40	ns
Local/dose 4	5	0,000	0,000	0	3,10	4,40	ns
Local/dose 5	5	0,000	0,000	0	3,10	4,40	ns
Local/dose 6	5	0,000	0,000	0	3,10	4,40	ns
Resíduo	105	747,7770	7,122				

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)	F tab (5%)	
Trat/Local BA11	5	32013,333	6402,667	899,038	3,10	4,40	**
Trat/Local BA7	5	31840,5	6368,100	894,184	3,10	4,40	**
Trat/Local BA8	5	31402,333	6280,467	881,879	3,10	4,40	**
Trat/Local BA9	5	31338,333	6267,667	880,082	3,10	4,40	**
Trat/Local BS	5	31632,5	6326,500	888,343	3,10	4,40	**
Trat/Local MS1	5	31693,8333	6338,767	890,065	3,10	4,40	**
Resíduo	105	747,777	7,121685714				

Anexo X

Capítulo II: Análise de variância referente à porcentagem de massa seca de *A. viridis* aos 28 DDA proporcionados pela aplicação de doses crescentes de Pyriithiobac-sodium aplicado em pós-emergência.

Fv	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%) **	F tab (5%) *	
Local	5	136,6130	27,323	1,986	3,10	4,40	ns
Dose	5	188683,0130	37736,603	2743,397	3,10	4,40	ns
Rep	3	46,1030	15,368	1,117			
Local*Trat	25	325,1550	13,006	0,946	1,58	1,70	ns
Resíduo	105	1444,3200	13,755				
Total	143	190635,204					

CV (%) = 18,87

Desdobramento

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)**	F tab (5%)*	
Local/dose 1	5	0,000	0,000	0	3,10	4,40	ns
Local/dose 2	5	346,084	69,217	5,031940149	3,10	4,40	**
Local/dose 3	5	115,684	23,137	1,682004843	3,10	4,40	ns
Local/dose 4	5	0,000	0,000	0	3,10	4,40	ns
Local/dose 5	5	0,000	0,000	0	3,10	4,40	ns
Local/dose 6	5	0,000	0,000	0	3,10	4,40	ns
Resíduo	105	1444,3264	13,755				

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)	F tab (5%)	
Trat/Local							
BA11	5	31770,208	6354,042	461,928	3,10	4,40	**
Trat/Local BA7	5	31169,303	6233,861	453,191	3,10	4,40	**
Trat/Local BA8	5	31410,825	6282,165	456,703	3,10	4,40	**
Trat/Local BA9	5	30787,317	6157,463	447,637	3,10	4,40	**
Trat/Local BS	5	31606,148	6321,230	459,542	3,10	4,40	**
Trat/Local MS1	5	31225,365	6245,073	454,006	3,10	4,40	**
Resíduo	105	1444,326	13,75548571				

Anexo XI

Capítulo III: Análise de variância referente à porcentagem controle de *A. retroflexus* aos 28 DDA proporcionado pela aplicação de doses crescentes de atrazine aplicado em pré-emergência.

Fv	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%) **	F tab (5%) *	
Local	7	15543,2290	2220,461	20,404	2,65	1,03	**
Trat	5	229908,9166	45981,783	422,535	3,05	2,23	**
Rep	3	181,3541	60,451	0,555			
Local*Trat	35	13788,3330	393,952	3,620	1,65	1,43	**
Resíduo	141	15344,1458	108,824				
Total	191	274765,9785					

CV (%) = 13,67

Desdobramento

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)**	F tab (5%)*	
Local/dose 1	7	0,000	0,000	0	2,65	1,03	ns
Local/dose 2	7	14051,000	2007,286	18,4452953	2,65	1,03	**
Local/dose 3	7	10671,469	1524,496	14,00885286	2,65	1,03	**
Local/dose 4	7	4302,875	614,696	5,648551707	2,65	1,03	**
Local/dose 5	7	274,719	39,246	0,360633944	2,65	1,03	ns
Local/dose 6	7	31,500	4,500	0,041351278	2,65	1,03	ns
Resíduo	141	15344,145	108,824				

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)	F tab (5%)	
Trat/BS	5	32237,833	6447,567	59,248	3,05	2,23	**
Trat/GO 3	5	27976,375	5595,275	51,416	3,05	2,23	**
Trat/GO 4	5	30907,7083	6181,542	56,803	3,05	2,23	**
Trat/GO 5	5	30245,7083	6049,142	55,587	3,05	2,23	**
Trat/GO 6	5	31700,2083	6340,042	58,260	3,05	2,23	**
Trat/MS 1	5	31780,875	6356,175	58,408	3,05	2,23	**
Trat/MS 2	5	31954,20833	6390,842	58,727	3,05	2,23	**
Trat/MT 13	5	26894,333	5378,867	49,427	3,05	2,23	**
Resíduo	141	15344,145	108,823723 4				

Anexo XII

Capítulo III: Análise de variância referente à porcentagem controle de *A. viridis* aos 28 DDA proporcionado pela aplicação de doses crescentes de atrazine aplicado em pré-emergência.

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%) **	F tab (5%) *	
Local	6	6372,8095	1062,135	72,967	2,95	2,16	**
Trat	5	198575,3869	39715,077	2728,381	3,16	2,28	**
Rep	3	39,8273	13,276	0,912			
Local*Trat	30	3057,4047	101,913	7,001	1,86	1,54	**
Resíduo	123	1790,4226	14,556				
Total	167	209835,851					
CV (%) = 13,67							

Desdobramento

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)**	F tab (5%)*	
Local/dose 1	6	0,000	0,000	0	2,95	2,16	ns
Local/dose 2	6	4036,857	672,810	46,22124997	2,95	2,16	**
Local/dose 3	6	2894,357	482,393	33,13984115	2,95	2,16	**
Local/dose 4	6	1560,857	260,143	17,87151732	2,95	2,16	**
Local/dose 5	6	679,214	113,202	7,776871784	2,95	2,16	**
Local/dose 6	6	258,928	43,155	2,964676608	2,95	2,16	*
Resíduo	123	1790,4226	14,556				

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)	F tab (5%)	
Trat/BA11	5	29336,875	5867,375	403,082	3,16	2,28	**
Trat/BA 7	5	21285,333	4257,067	292,456	3,16	2,28	**
Trat/BA 8	5	29774,333	5954,867	409,093	3,16	2,28	**
Trat/BA 9	5	28544,2083	5708,842	392,191	3,16	2,28	**
Trat/BA 10	5	29453,8333	5890,767	404,689	3,16	2,28	**
Trat/BS	5	31859,8333	6371,967	437,747	3,16	2,28	**
Trat/MS 1	5	31378,375	6275,675	431,132	3,16	2,28	**
Resíduo	123	1790,4226	14,5562813				

Anexo XIII

Capítulo III: Análise de variância referente à porcentagem controle de *A. retroflexus* aos 28 DDA proporcionado pela aplicação de doses crescentes de prometryn aplicado em pré-emergência.

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)**	F tab (5%)*	
Local	7	3295,4791	470,783	5,851	2,65	1,03	**
Trat	5	228189,5625	45637,913	567,242	3,05	2,23	**
Rep	3	246,7291	82,243	1,022			
Local*Trat	35	3920,2708	112,008	1,392	1,65	1,43	**
Resíduo	141	11344,2708	80,456				
Total	191	246996,3123					

CV (%) = 11,94

Desdobramento

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)**	F tab (5%)*	
Local/dose 1	7	0,000	0,000	0	2,65	1,03	ns
Local/dose 2	7	3337,219	476,746	5,925556672	2,65	1,03	**
Local/dose 3	7	1357,375	193,911	2,41015145	2,65	1,03	*
Local/dose 4	7	1508,468	215,495	2,67843178	2,65	1,03	**
Local/dose 5	7	942,469	134,638	1,673444924	2,65	1,03	ns
Local/dose 6	7	70,219	10,031	0,124680137	2,65	1,03	ns
Resíduo	141	11344,2708	80,456				

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)	F tab (5%)	
Trat/BS	5	29815,708	5963,142	74,117	3,05	2,23	**
Trat/GO 3	5	29987,8333	5997,567	74,545	3,05	2,23	**
Trat/GO 4	5	30684,2083	6136,842	76,276	3,05	2,23	**
Trat/GO 5	5	24978,3333	4995,667	62,092	3,05	2,23	**
Trat/GO 6	5	30503,7083	6100,742	75,827	3,05	2,23	**
Trat/MS 1	5	31655,3333	6331,067	78,690	3,05	2,23	**
Trat/MS 2	5	29429,3333	5885,867	73,157	3,05	2,23	**
Trat/MT 13	5	25055,275	5011,055	62,283	3,05	2,23	**
Resíduo	141	11344,2708	80,45582128				

Anexo XIV

Capítulo III: Análise de variância referente à porcentagem controle de *A. viridis* aos 28 DDA proporcionado pela aplicação de doses crescentes de prometryn aplicado em pré-emergência.

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%) **	F tab (5%) *	
Local	6	19081,5714	3180,262	26,874	2,95	2,16	**
Trat	5	177663,2441	35532,649	300,255	3,16	2,28	**
Rep	3	291,2559	97,085	0,820			
Local*Trat	30	21132,2142	704,407	5,952	1,86	1,54	**
Resíduo	123	14555,9941	118,341				
Total	167	232724,2797					

CV (%) = 13,35

Desdobramento

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)**	F tab (5%)*	
Local/dose 1	6	0,000	0,000	0	2,95	2,16	ns
Local/dose 2	6	17820,429	2970,071	25,09748092	2,95	2,16	**
Local/dose 3	6	16435,714	2739,286	23,14731229	2,95	2,16	**
Local/dose 4	6	4827,429	804,571	6,79873072	2,95	2,16	**
Local/dose 5	6	688,214	114,702	0,969249575	2,95	2,16	ns
Local/dose 6	6	442,000	73,667	0,622492695	2,95	2,16	ns
Resíduo	123	14555,9941	118,341				

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)	F tab (5%)	
Trat/BA11	5	32904,333	6580,867	55,609	3,16	2,28	**
Trat/BA 7	5	26735,7083	5347,142	45,184	3,16	2,28	**
Trat/BA 8	5	23399	4679,800	39,545	3,16	2,28	**
Trat/BA 9	5	27706,7083	5541,342	46,825	3,16	2,28	**
Trat/BA 10	5	27070	5414,000	45,749	3,16	2,28	**
Trat/BS	5	30492,833	6098,567	51,534	3,16	2,28	**
Trat/MS 1	5	30486,875	6097,375	51,524	3,16	2,28	**
Resíduo	123	14555,994	118,3414146				

Anexo XV

Capítulo III: Análise de variância referente à porcentagem controle de *A. retroflexus* aos 28 DDA proporcionado pela aplicação de doses crescentes de diuron aplicado em pré-emergência.

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%) **	F tab (5%) *	
Local	12	1,3012	0,108	1,003	2,30	1,80	ns
Trat	5	1,0775	0,216	1,993	3,14	2,26	ns
Rep	3	8,8141	2,938	27,165			
Local*Trat	60	1,2661	0,021	0,195	1,62	1,40	ns
Resíduo	231	24,9839	0,108				
Total	311	37,4428					

CV (%) = 11,38

Anexo XVI

Capítulo III: Análise de variância referente à porcentagem controle de *A. viridis* aos 28 DDA proporcionado pela aplicação de doses crescentes de diuron aplicado em pré-emergência.

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%) **	F tab (5%) *	
Local	12	1,3012	0,108	1,006	2,30	1,80	ns
Trat	5	1,0775	0,216	1,883	3,14	2,26	ns
Rep	3	8,8141	2,938	27,224			
Local*Trat	60	1,2661	0,021	0,191	1,62	1,40	ns
Resíduo	231	24,9839	0,108				
Total	311	37,4428					

CV (%) = 10,22

Anexo XVII

Capítulo III: Análise de variância referente à porcentagem controle de *A. retroflexus* aos 28 DDA proporcionado pela aplicação de doses crescentes de trifluralin aplicado em pré-emergência.

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%) **	F tab (5%) *	
Local	7	219,8281	31,404	1,943	2,65	1,03	ns
Trat	5	247072,4218	49414,484	3057,649	3,05	2,23	**
Rep	3	26,5572	8,852	0,548			
Local*Trat	35	625,2031	17,863	1,105	1,65	1,43	ns
Resíduo	141	2278,6927	16,161				
Total	191	250222,7029					

CV (%) = 5,03

Desdobramento

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)**	F tab (5%)*	
Local/dose 1	7	0,000	0,000	0	2,65	1,03	ns
Local/dose 2	7	361,000	51,571	3,191116407	2,65	1,03	*
Local/dose 3	7	94,219	13,460	0,832861051	2,65	1,03	ns
Local/dose 4	7	298,875	42,696	2,641952677	2,65	1,03	ns
Local/dose 5	7	41,468	5,924	0,366562923	2,65	1,03	ns
Local/dose 6	7	49,468	7,067	0,437280184	2,65	1,03	ns
Resíduo	141	2278,6920	16,161				

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)	F tab (5%)	
Trat/BS	5	32079,208	6415,842	396,997	3,05	2,23	**
Trat/GO 3	5	30931,833	6186,367	382,797	3,05	2,23	**
Trat/GO 4	5	30152,5	6030,500	373,153	3,05	2,23	**
Trat/GO 5	5	10029,333	2005,867	124,118	3,05	2,23	**
Trat/GO 6	5	31597,833	6319,567	391,040	3,05	2,23	**
Trat/MS 1	5	31297,7083	6259,542	387,325	3,05	2,23	**
Trat/MS 2	5	31257,375	6251,475	386,826	3,05	2,23	**
Trat/MT 13	5	30360,833	6072,167	375,731	3,05	2,23	**
Resíduo	141	2278,6927	16,16094113				

Anexo XVIII

Capítulo III: Análise de variância referente à porcentagem controle de *A. viridis* aos 28 DDA proporcionado pela aplicação de doses crescentes de trifluralin aplicado em pré-emergência.

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%) **	F tab (5%) *	
Local	6	176,4520	29,409	3,421	2,95	2,16	**
Trat	5	216888,1904	43377,638	5046,593	3,16	2,28	**
Rep	3	13,7619	4,587	0,534			
Local*Trat	30	449,9761	14,999	1,745	1,86	1,54	*
Resíduo	123	1057,2380	8,595				
Total	167	218585,6184					

CV (%) = 13,35

Desdobramento

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)**	F tab (5%)*	
Local/dose 1	6	0,000	0,000	0	2,95	2,16	ns
Local/dose 2	6	242,357	40,393	4,699339742	2,95	2,16	**
Local/dose 3	6	232,714	38,786	4,512362495	2,95	2,16	**
Local/dose 4	6	66,214	11,036	1,283899179	2,95	2,16	ns
Local/dose 5	6	36,714	6,119	0,711889849	2,95	2,16	ns
Local/dose 6	6	48,428	8,071	0,939026028	2,95	2,16	ns
Resíduo	123	1057,238	8,595				

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)	F tab (5%)	
Trat/BA11	5	30085,833	6017,167	700,042	3,16	2,28	**
Trat/BA 7	5	30375,375	6075,075	706,780	3,16	2,28	**
Trat/BA 8	5	32064,333	6412,867	746,079	3,16	2,28	**
Trat/BA 9	5	31453,333	6290,667	731,862	3,16	2,28	**
Trat/BA 10	5	30516,875	6103,375	710,072	3,16	2,28	**
Trat/BS	5	31614,208	6322,842	735,605	3,16	2,28	**
Trat/MS 1	5	31228,208	6245,642	726,623	3,16	2,28	**
Resíduo	123	1057,238	8,595430894				

Anexo XIX

Capítulo III: Análise de variância referente à porcentagem controle de *A. retroflexus* aos 28 DDA proporcionado pela aplicação de doses crescentes de s-metolachlor aplicado em pré-emergência.

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%) **	F tab (5%) *	
Local	7	229,7291	32,818	3,493	2,65	1,03	**
Trat	5	252597,2500	50519,450	5377,639	3,05	2,23	**
Rep	3	77,3958	25,799	2,746			
Local*Trat	35	264,3330	7,552	0,804	1,65	1,43	ns
Resíduo	141	1324,6041	9,394				
Total	191	254493,312					

CV (%) = 3,79

Desdobramento

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)**	F tab (5%)*	
Local/dose 1	7	0,000	0,000	0	2,65	1,03	ns
Local/dose 2	7	108,000	15,429	1,642323598	2,65	1,03	ns
Local/dose 3	7	191,000	27,286	2,904479696	2,65	1,03	*
Local/dose 4	7	38,469	5,496	0,58498198	2,65	1,03	ns
Local/dose 5	7	85,719	12,246	1,303498554	2,65	1,03	ns
Local/dose 6	7	70,875	10,125	1,077774861	2,65	1,03	ns
Resíduo	141	1324,6041	9,394				

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)	F tab (5%)	
Trat/BS	5	31683,333	6336,667	674,519	3,05	2,23	**
Trat/GO 3	5	29506	5901,200	628,164	3,05	2,23	**
Trat/GO 4	5	32572,208	6514,442	693,442	3,05	2,23	**
Trat/GO 5	5	32031,333	6406,267	681,927	3,05	2,23	**
Trat/GO 6	5	32053,333	6410,667	682,396	3,05	2,23	**
Trat/MS 1	5	31613,333	6322,667	673,028	3,05	2,23	**
Trat/MS 2	5	31501,333	6300,267	670,644	3,05	2,23	**
Trat/MT 13	5	31900,7083	6380,142	679,146	3,05	2,23	**
Resíduo	141	1324,6041	9,39435531	9			

Anexo XX

Capítulo III: Análise de variância referente à porcentagem controle de *A. viridis* aos 28 DDA proporcionado pela aplicação de doses crescentes de s-metolachlor aplicado em pré-emergência.

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%) **	F tab (5%) *	
Local	6	259,2023	43,200	4,255	2,95	2,16	**
Trat	5	218630,9047	43726,181	4306,758	3,16	2,28	**
Rep	3	32,1904	10,730	1,057			
Local*Trat	30	276,5110	9,217	0,908	1,86	1,54	ns
Resíduo	123	1248,8095	10,153				
Total	167	220447,6179					

CV (%) = 13,35

Desdobramento

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)**	F tab (5%)*	
Local/dose 1	6	0,000	0,000	0	2,95	2,16	ns
Local/dose 2	6	132,214	22,036	2,17037995	2,95	2,16	*
Local/dose 3	6	143,357	23,893	2,353297721	2,95	2,16	*
Local/dose 4	6	145,357	24,226	2,386128989	2,95	2,16	*
Local/dose 5	6	83,928	13,988	1,377731351	2,95	2,16	ns
Local/dose 6	6	30,857	5,143	0,506537226	2,95	2,16	ns
Resíduo	123	1248,8095	10,153				

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)	F tab (5%)	
Trat/BA11	5	31753	6350,600	625,495	3,16	2,28	**
Trat/BA 7	5	31613,2083	6322,642	622,741	3,16	2,28	**
Trat/BA 8	5	32005,833	6401,167	630,475	3,16	2,28	**
Trat/BA 9	5	31647,5	6329,500	623,417	3,16	2,28	**
Trat/BA 10	5	31707,208	6341,442	624,593	3,16	2,28	**
Trat/BS	5	31215,833	6243,167	614,913	3,16	2,28	**
Trat/MS 1	5	28964,833	5792,967	570,571	3,16	2,28	**
Resíduo	123	1248,8095	10,15292276				

Anexo XXI

Capítulo III: Análise de variância referente à porcentagem controle de *A. retroflexus* aos 28 DDA proporcionado pela aplicação de doses crescentes de trifloxysulfuron-sodium aplicado em pré-emergência.

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%) **	F tab (5%) *	
Local	7	74487,5781	10641,083	209,830	2,65	1,03	**
Trat	5	106723,2760	21344,655	420,892	3,05	2,23	**
Rep	3	186,7230	62,241	1,227			
Local*Trat	35	23476,7656	670,765	13,227	1,65	1,43	**
Resíduo	141	7150,5260	50,713				
Total	191	212024,8687					

CV (%) = 15,59

Desdobramento

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%) **	F tab (5%) *	
Local/dose 1	7	0,000	0,000	0	2,65	1,03	ns
Local/dose 2	7	24989,375	3569,911	70,39445919	2,65	1,03	**
Local/dose 3	7	21853,000	3121,857	61,5593674	2,65	1,03	**
Local/dose 4	7	23165,469	3309,353	65,25655968	2,65	1,03	**
Local/dose 5	7	17419,000	2488,429	49,06889767	2,65	1,03	**
Local/dose 6	7	10537,500	1505,357	29,6838802	2,65	1,03	**
Resíduo	141	7150,526	50,713				

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)	F tab (5%)	
Trat/BS	5	27992,833	5598,567	110,397	3,05	2,23	**
Trat/GO 3	5	7329,208	1465,842	28,905	3,05	2,23	**
Trat/GO 4	5	9161,333	1832,267	36,130	3,05	2,23	**
Trat/GO 5	5	7307,208	1461,442	28,818	3,05	2,23	**
Trat/GO 6	5	10392,708	2078,542	40,986	3,05	2,23	**
Trat/MS 1	5	28899,208	5779,842	113,972	3,05	2,23	**
Trat/MS 2	5	9533,208	1906,642	37,597	3,05	2,23	**
Trat/MT 13	5	29584,208	5916,842	116,673	3,05	2,23	**
Resíduo	141	7150,526	50,71295035				

Anexo XXII

Capítulo III: Análise de variância referente à porcentagem controle de *A. viridis* aos 28 DDA proporcionado pela aplicação de doses crescentes de trifloxissulfuron-sodium aplicado em pré-emergência.

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%) **	F tab (5%) *	
Local	6	62442,6660	10407,111	157,240	2,95	2,16	**
Trat	5	134906,5297	26981,306	407,658	3,16	2,28	**
Rep	3	338,3512	112,784	1,704			
Local*Trat	30	15578,2619	519,275	7,846	1,86	1,54	**
Resíduo	123	8140,8988	66,186				
Total	167	221406,7076					

CV (%) = 13,35

Desdobramento

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)**	F tab (5%)*	
Local/dose 1	6	0,000	0,000	0	2,95	2,16	ns
Local/dose 2	6	23365,714	3894,286	58,83836083	2,95	2,16	**
Local/dose 3	6	19956,714	3326,119	50,25398929	2,95	2,16	**
Local/dose 4	6	14654,857	2442,476	36,90312064	2,95	2,16	**
Local/dose 5	6	11761,429	1960,238	29,61703495	2,95	2,16	**
Local/dose 6	6	8282,929	1380,488	20,85765201	2,95	2,16	**
Resíduo	123	8140,8988	66,186				

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)	F tab (5%)	
Trat/BA11	5	26019	5203,800	78,624	3,16	2,28	**
Trat/BA 7	5	21254,8333	4250,967	64,227	3,16	2,28	**
Trat/BA 8	5	10132,7083	2026,542	30,619	3,16	2,28	**
Trat/BA 9	5	8039,333	1607,867	24,293	3,16	2,28	**
Trat/BA 10	5	29805	5961,000	90,064	3,16	2,28	**
Trat/BS	5	28401,7083	5680,342	85,824	3,16	2,28	**
Trat/MS 1	5	26832,2083	5366,442	81,081	3,16	2,28	**
Resíduo	123	8140,8988	66,18616911				

Anexo XXIII

Capítulo III: Análise de variância referente à porcentagem controle de *A. retroflexus* aos 28 DDA proporcionado pela aplicação de doses crescentes de pyriithiobac-sodium aplicado em pré-emergência.

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%) **	F tab (5%) *	
Local	7	104577,8125	14939,688	257,555	2,65	1,03	**
Trat	5	128567,4166	25713,483	443,292	3,05	2,23	**
Rep	3	160,1875	53,396	0,921			
Local*Trat	35	22601,2500	645,750	11,133	1,65	1,43	**
Resíduo	141	8178,8125	58,006				
Total	191	264085,4791					

CV (%) = 13,49

Desdobramento

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)**	F tab (5%)*	
Local/dose 1	7	0,000	0,000	0	2,65	1,03	ns
Local/dose 2	7	28986,875	4140,982	71,38915119	2,65	1,03	**
Local/dose 3	7	25272,729	3610,390	62,24191639	2,65	1,03	**
Local/dose 4	7	24525,875	3503,696	60,402558	2,65	1,03	**
Local/dose 5	7	24946,718	3563,817	61,43901414	2,65	1,03	**
Local/dose 6	7	23446,875	3349,554	57,74518655	2,65	1,03	**
Resíduo	141	8178,8125	58,006				

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)	F tab (5%)	
Trat/BS	5	30471,708	6094,342	105,064	3,05	2,23	**
Trat/GO 3	5	651,833	130,367	2,247	3,05	2,23	*
Trat/GO 4	5	17110,833	3422,167	58,997	3,05	2,23	**
Trat/GO 5	5	13455,208	2691,042	46,393	3,05	2,23	**
Trat/GO 6	5	10383,108	2076,622	35,800	3,05	2,23	**
Trat/MS 1	5	32199,333	6439,867	111,021	3,05	2,23	**
Trat/MS 2	5	16661,333	3332,267	57,447	3,05	2,23	**
Trat/MT 13	5	30234,708	6046,942	104,247	3,05	2,23	**
Resíduo	141	8178,8125	58,00576241				

Anexo XXIV

Capítulo III: Análise de variância referente à porcentagem controle de *A. viridis* aos 28 DDA proporcionado pela aplicação de doses crescentes de pyriithiobac-sodium aplicado em pré-emergência.

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%) **	F tab (5%) *	
Local	6	501,4881	83,581	8,241	2,95	2,16	**
Trat	5	199733,3869	39946,677	3938,800	3,16	2,28	**
Rep	3	27,3035	9,101	0,897			
Local*Trat	30	332,6547	11,088	1,093	1,86	1,54	ns
Resíduo	123	1247,4464	10,142				
Total	167	201842,2796					
CV (%) = 13,35							

Desdobramento

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)**	F tab (5%)*	
Local/dose 1	6	0,000	0,000	0	2,95	2,16	ns
Local/dose 2	6	404,357	67,393	6,645031929	2,95	2,16	**
Local/dose 3	6	212,714	35,452	3,495655203	2,95	2,16	**
Local/dose 4	6	86,357	14,393	1,419154416	2,95	2,16	ns
Local/dose 5	6	74,357	12,393	1,221951491	2,95	2,16	ns
Local/dose 6	6	56,357	9,393	0,926147104	2,95	2,16	ns
Resíduo	123	1247,446	10,142				

FV	GL	SQ	QM	F cal	F tab (1%)	F tab (5%)	
Trat/BA11	5	28579,375	5715,875	563,593	3,16	2,28	**
Trat/BA 7	5	28369,7083	5673,942	559,459	3,16	2,28	**
Trat/BA 8	5	27927,208	5585,442	550,733	3,16	2,28	**
Trat/BA 9	5	29314,833	5862,967	578,097	3,16	2,28	**
Trat/BA 10	5	28249,833	5649,967	557,095	3,16	2,28	**
Trat/BS	5	30761,875	6152,375	606,633	3,16	2,28	**
Trat/MS 1	5	26863,208	5372,642	529,750	3,16	2,28	**
Resíduo	123	1247,4464	10,14184065				