

# ATIVIDADE RESIDUAL DE HERBICIDAS APLICADOS AO SOLO EM RELAÇÃO AO CONTROLE DE QUATRO ESPÉCIES DE *Amaranthus*<sup>1</sup>

*Residual Activity of Herbicides Applied to the Soil in Relation to Control of Four Amaranthus Species*

RAIMONDI, M.A.<sup>2</sup>, OLIVEIRA JR, R.S.<sup>3</sup>, CONSTANTIN, J.<sup>3</sup>, BIFFE, D.F.<sup>2</sup>, ARANTES, J.G.Z.<sup>2</sup>, FRANCHINI, L.H.<sup>2</sup>, RIOS, F.A.<sup>2</sup>, BLAINSKI, E.<sup>2</sup> e OSIPE, J.B.<sup>2</sup>

RESUMO - Herbicidas aplicados em pré-emergência normalmente apresentam atividade residual no solo, controlando os primeiros fluxos germinativos das plantas daninhas e prevenindo a matocompetição inicial. O objetivo deste trabalho foi verificar o período de atividade residual proporcionado por doses de herbicidas suficientes para o controle pontual de 95% (C<sub>95</sub>) das espécies *Amaranthus hybridus*, *A. lividus*, *A. spinosus* e *A. viridis*, além de avaliar doses recomendadas desses herbicidas. O trabalho foi realizado em casa de vegetação, em solo de textura franco-argiloarenosa (20% de argila e 1,9 de matéria orgânica), e as doses dos herbicidas alachlor, diuron, oxyfluorfen, pendimethalin, prometryne, oxyfluorfen, S-metolachlor, trifluralin 450 e trifluralin 600 foram aplicadas aos 30, 20, 10 e 0 dias antes da semeadura das plantas daninhas. Avaliou-se o controle das plantas daninhas após a permanência dos herbicidas no solo por períodos de 0, 10, 20 e 30 dias depois da aplicação dos tratamentos (DAA). A atividade residual de alachlor e prometryne, na dose C<sub>95</sub>, não foi suficiente para o controle eficiente (≥80%) das espécies por períodos de até 30 DAA. Quanto ao alachlor, o emprego da dose recomendada não se refletiu em aumento considerável da atividade residual, exceto em relação a *A. viridis*. A dose recomendada de prometryne proporcionou controle eficiente das espécies até 30 DAA, exceto de *A. hybridus*. A dose recomendada de oxyfluorfen controlou eficientemente *A. hybridus* e *A. spinosus* até 30 DAA, espécies estas que não haviam sido eficientemente controladas pela dose C<sub>95</sub>. Trifluralin 450 promoveu controle residual eficiente de 30 DAA somente em relação a *A. hybridus*. Trifluralin 600 foi eficiente no controle de *A. hybridus* e *A. viridis* até os 30 DAA e até 29 e 28 DAA para *A. lividus* e *A. spinosus*, respectivamente. Clomazone não promoveu controle eficiente das espécies até 30 DAA, exceto de *A. viridis*. Diuron, pendimethalin e S-metolachlor foram eficientes para todas as espécies até 30 DAA, em ambas as doses, demonstrando atividade residual consistente para o solo estudado.

**Palavras-chave:** algodão, caruru, planta daninha, pré-emergência.

**ABSTRACT** - Herbicides applied at pre-emergence normally present residual activity in the soil, controlling the first weed germinations, and preventing initial weed competition. The aim of this study was to determine the period of residual activity provided by sufficient herbicide rates for 95% (C<sub>95</sub>) control of the species ***Amaranthus hybridus*, *A. lividus*, *A. spinosus* and *A. viridis***, and to assess the recommended rates of these herbicides. The study was conducted under greenhouse conditions in soils of sandy clay loam texture (20% clay and 1.9 of organic matter, with rates of alachlor, diuron, oxyfluorfen, pendimethalin, prometryne, oxyfluorfen, S-metolachlor, trifluralin 450 and trifluralin 600 being applied at 30, 20, 10 and 0 days before weed sowing. Weed control was evaluated after herbicide permanence in soil for 0, 10, 20 and 30 days after application (DAA). The residual activity of alachlor and prometryne at a rate C<sub>95</sub> was not sufficient for the efficient control

<sup>1</sup> Recebido para publicação em 9.6.2010 e na forma revisada em 17.12.2010.

<sup>2</sup> Eng<sup>a</sup>-Agr<sup>a</sup>., Aluno do Programa de Pós-Graduação em Agronomia na área de Proteção de Plantas, Núcleo de Estudos Avançados em Ciência das Plantas Daninhas, Universidade Estadual de Maringá – NAPD/UEM, Av. Colombo, 5790, 87020-9000 Maringá-PR, <michelraimondi@hotmail.com>; <sup>3</sup> Professor Associado, Dep. de Agronomia, Núcleo de Estudos Avançados em Ciência das Plantas Daninhas, Universidade Estadual de Maringá – NAPD/UEM.



(≥80%) of the species for up to 30 DAA. For alachlor, the use of the recommended rate did not provide considerable increase in residual activity, except for *A. viridis*. The recommended rate of prometryn promoted efficient control of the species for up to 30 DAA, except for *A. hybridus*. The recommended rate of oxyfluorfen provided an efficient control of *A. hybridus* and *A. spinosus* up to 30 DAA. These species had not been effectively controlled by the rate C95. Trifluralin 450 promoted efficient residual control for up to 30 DAA only compared with *A. hybridus*. Trifluralin 600 was effective in controlling *A. hybridus* and *A. viridis* up to 30 DAA and 29 and 28 DAA for *A. lividus* and *A. spinosus*, respectively. Clomazone did not promote efficient control of the species for 30 DAA, except for *A. viridis*. Diuron, pendimethalin and S-metolachlor were effective in controlling the species for up to 30 DAA, at both rates, showing consistent residual activity for the soil studied.

**Keywords:** cotton, pigweed, herbicide, weed, pre-emergence.

## INTRODUÇÃO

O algodão é a fibra natural mais importante do mundo, sendo de relevante importância para a economia de muitos países (Silva et al., 2009). Entre os fatores que limitam a exploração da cultura, destaca-se a interferência das plantas daninhas, que, em casos extremos, pode ocasionar prejuízos superiores a 90% em termos de produtividade (Salgado et al., 2002; Freitas et al., 2006).

*Amaranthus* spp. vem se tornando problema nas áreas agrícolas do cerrado brasileiro, principalmente em áreas cultivadas com algodão, onde os agricultores têm encontrado dificuldades no seu controle. Caracterizam-se por serem agressivas e possuírem boa competitividade com a cultura do algodoeiro, além do poder depreciativo que proporcionam à fibra (Jha et al., 2008; Chauhan & Johnson, 2009). O gênero *Amaranthus* compreende aproximadamente 60 espécies, sendo entre estas encontradas comumente nas culturas *A. hybridus*, *A. lividus*, *A. viridis* e *A. spinosus* (Carvalho et al., 2006; Wise et al., 2009). *A. viridis*, por exemplo, é geralmente encontrada nas regiões tropicais e subtropicais, e tem sido relatada a ocorrência em 50 culturas e em mais de 80 países (Chauhan & Johnson, 2009). Em regiões dos Estados Unidos, *Amaranthus* spp. é considerada a terceira maior planta daninha problema, em relação a controle e interferência nas culturas, e a segunda planta daninha mais problemática em algodão (Patzoldt & Tranel, 2007; Steckel, 2007; Wise et al., 2009). Alguns estudos têm demonstrado que espécies do gênero *Amaranthus* respondem de forma

diferencial quanto ao controle proporcionado pelos herbicidas utilizados em pré e pós-emergência (Sweat et al., 1998; Carvalho et al., 2006).

Diante da necessidade do manejo adequado, o emprego de herbicidas é uma ferramenta rentável e eficiente para controle de plantas daninhas na agricultura moderna, visto a grande área explorada e a escassez de mão de obra. No caso específico do algodão, o controle das plantas daninhas se faz importante não só durante o período crítico de interferência, estimado entre 8 e 66 dias após a emergência (Salgado et al., 2002), mas também no final do ciclo, pois algumas espécies podem dificultar a colheita e interferir na qualidade da fibra (Freitas et al., 2006; Wise et al., 2009). Portanto, para o manejo eficiente das plantas daninhas, utilizam-se herbicidas em pré e pós-emergência, visando ao período crítico de interferência, e em jato dirigido, para que a colheita seja realizada no limpo, sendo difícil obter sucesso quando desprezada essa estratégia de controle.

A aplicação de herbicidas em pré-emergência no início do ciclo do algodoeiro objetiva eliminar as plantas daninhas ainda na fase de plântula, proporcionando à cultura emergir no limpo, evitando a interferência precoce das plantas daninhas. Em especial para o gênero *Amaranthus*, o controle em pós-emergência pode ser dificultado em virtude do extenso período de germinação e rápido crescimento, além de as aplicações dependerem muito de condições climáticas para eficiência no controle (Horak & Loughin, 2000; Falk et al., 2006; Zanatta et al., 2008). Ademais, outro aspecto

ligado a espécies desse gênero é o fato de que existem diversos relatos demonstrando que há rápida seleção e disseminação de biótipos resistentes a diversos grupos de herbicidas aplicados em pós-emergência (Falk et al., 2006; Patzoldt & Tranel, 2007; Duff et al., 2009).

Em áreas do cerrado brasileiro com texturas de solo variadas, devido a alguns problemas de fitointoxicação da cultura, os cotonicultores têm utilizado doses abaixo das recomendadas. Segundo Evans et al. (2009), o mau uso e/ou redução das doses de herbicidas pré-emergentes têm alterado a eficiência no controle e afetado a sua atividade residual. No solo, a atividade residual é proporcional à dose empregada, à persistência e à capacidade do herbicida em permanecer na camada de solo onde está o banco de sementes. Muitas vezes, a dose de um herbicida – eficiente para controle pontual – pode apresentar limitada atividade residual. No caso da cultura do algodoeiro, é desejável que se obtenha a maior atividade residual possível, desde que em doses seletivas, de maneira a integrar o sistema de manejo das plantas daninhas na cultura.

É importante, portanto, que se entendam melhor os aspectos relacionados à eficácia das opções de herbicidas disponíveis para aplicação em pré-emergência na cultura do algodoeiro. Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar o período de atividade residual proporcionado por alternativas herbicidas, aplicados em doses eficientes e em doses normalmente recomendadas para a cultura do algodoeiro.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá (UEM), entre outubro de 2008 e janeiro de 2009. Foram avaliadas as espécies *Amaranthus hybridus*, *A. spinosus*, *A. lividus* e *A. viridis*. As unidades experimentais foram constituídas de vasos preenchidos com 4 dm<sup>3</sup> de solo, que apresentava como características 20% de argila, 6% de silte, 24% de areia grossa, 50% de areia fina, 1,9% de matéria orgânica e pH 6,2, classificado como de textura franco-argiloarenosa.

Para avaliar a atividade residual dos herbicidas, fez-se a aplicação deles em diferentes datas, de modo que corresponderam ao número

de dias antecedendo a semeadura das espécies de plantas daninhas. Foram avaliados períodos de tempo de 30, 20, 10 e 0 dias antes da semeadura das plantas daninhas. No dia 0, além de realizada a última aplicação, todos os vasos foram cuidadosamente semeados com 100 sementes de apenas uma espécie na profundidade de 1 cm, visando causar o mínimo distúrbio possível no solo. Dessa forma, pôde-se verificar o controle das plantas daninhas, após a permanência dos herbicidas no solo por períodos de 0, 10, 20 e 30 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA). Para os tratamentos que receberam aplicação no dia 0, a semeadura foi realizada antes da aplicação.

Para cada espécie e herbicida em avaliação, foram conduzidos experimentos independentes. Os tratamentos foram constituídos pelos períodos de tempo entre a aplicação do herbicida e a semeadura da planta daninha (ou dias após a aplicação dos tratamentos – DAA). Para cada experimento, foi utilizado um delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições.

Utilizou-se a dose recomendada de cada herbicida e a dose que promoveu controle de 95% (C<sub>95</sub>) das espécies de *Amaranthus*, obtidas em trabalho anteriormente realizado (Raimondi, 2009), todas representadas na Tabela 1. A dose recomendada de cada herbicida, utilizada para todas as espécies, geralmente é uma dose usual entre os cotonicultores (Tabela 1) e também embasada em trabalhos de seletividade conduzidos anteriormente (Arantes et al., 2008; Sant'ana et al., 2008). Em relação a trifluralin 450, trifluralin 600 e clomazone, foram usadas somente as doses recomendadas devido à ineficiência da faixa de doses utilizada por Raimondi (2009). Para a espécie *A. viridis*, não foi necessário acrescentar a dose recomendada do herbicida S-metolachlor, pois a dose C<sub>95</sub> foi maior que a recomendada.

Nas épocas preestabelecidas para aplicação dos herbicidas, as unidades experimentais foram irrigadas com lâmina d'água de 15 mm, 24 horas antes da aplicação; portanto, a aplicação foi realizada com solo úmido. Na data de aplicação seguinte, decorrido o número de dias estabelecidos, foi realizada a irrigação dos vasos a serem pulverizados, conforme descrito anteriormente, e novamente irrigados os



**Tabela 1** - Herbicidas e respectivas doses recomendadas e  $C_{95}$  para as espécies em estudo, utilizadas em pré-emergência aos 0, 10, 20 e 30 dias antes da semeadura das espécies. Maringá-PR, 2008/2009

Espécie	Dose	Espécie/dose $C_{95}$ (g i.a. ha <sup>-1</sup> )				Dose recomendada (g i.a. ha <sup>-1</sup> )
		<i>A. hybridus</i>	<i>A. lividus</i>	<i>A. spinosus</i>	<i>A. viridis</i>	
Alachlor	$C_{95}$	1.154	999	596	946	1.200
Diuron	$C_{95}$	268	334	260	245	900
Oxyfluorfen	$C_{95}$	43	87	43	64	192
Pendimethalin	$C_{95}$	510	539	439	750	1.000
Prometryne	$C_{95}$	601	538	352	345	900
S-metolachlor	$C_{95}$	549	582	433	720	772**
Trifluralin 450*	$C_{95}$	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125
Trifluralin 600*	$C_{95}$	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500
Clomazone*	$C_{95}$	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Obs.: Doses selecionadas de acordo com trabalho de Raimondi (2009). \* Somente a dose recomendada foi utilizada; não há dose  $C_{95}$ . \*\* Não há dose recomendada de S-metolachlor para *A. viridis*.

vasos que haviam recebido a aplicação dos tratamentos nas datas anteriores, utilizando lâmina d'água de 15 mm. Desse modo, os vasos com tratamentos referentes à aplicação dos herbicidas 30 dias antes da semeadura receberam quatro irrigações (total de 60 mm); os vasos que representavam aplicação 20 dias antes receberam três irrigações (45 mm); os vasos que foram pulverizados 10 dias antes receberam duas irrigações (30 mm); e os vasos que foram pulverizados no dia 0 receberam uma única irrigação (15 mm). Esse procedimento foi adotado para submeter as parcelas a condições pluviométricas normais de campo e não a períodos de estiagem. Ao término das aplicações e semeadas as plantas daninhas, irrigações foram feitas sempre que necessário.

Para aplicação dos tratamentos, foi utilizado um pulverizador costal pressurizado por CO<sub>2</sub>, munido de pontas XR110.02, mantido à pressão constante de trabalho de 35 lb pol<sup>-2</sup>, o que resultou em volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>.

Foi realizada avaliação referente 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 depois da sua semeadura. Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativos a 5% de probabilidade pelo teste F, foram ajustados ao modelo de regressão linear ou pelo modelo não linear proposto por Streibig (1988):

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

em que:  $y$  = controle percentual;  $x$  = dias após a aplicação dos tratamentos (DAA);  $a$ ,  $b$  e  $c$  = parâmetros estimados da equação, de forma que:  $a$  = amplitude entre o ponto máximo e o ponto mínimo da variável;  $b$  = período (DAA) que proporciona 50% de resposta da variável; e  $c$  = declividade da curva ao redor de  $b$ .

A escolha do modelo de regressão baseou-se no ajuste dos dados e no fenômeno biológico descrito. Quando possível, foi calculado o período de atividade residual da dose (em dias após aplicação - DAA) para controle mínimo de 80% ( $y \geq 80$ ), por meio da equação de regressão ajustada. Foi utilizado o pacote estatístico SAEG 7.0 para a análise dos resultados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A atividade residual dos herbicidas foi influenciada pela espécie e pela dose empregada. Na Tabela 2 está representada a duração da atividade residual dos herbicidas, para o controle mínimo de 80% das espécies (em dias após a aplicação - DAA), obtida por meio das equações de regressão ajustadas.

O herbicida alachlor, aplicado nas doses  $C_{95}$ , teve atividade residual reduzida à medida que aumentou o período entre a aplicação e a

semeadura das plantas daninhas (Figura 1). Para *A. lividus*, observou-se controle eficiente ( $\geq 80\%$ ) somente até 8 DAA. O maior período de controle eficiente foi observado para *A. viridis*, até os 23 DAA. Quando utilizada a dose recomendada de alachlor, não houve aumento considerável da atividade residual para o controle das espécies, exceto em relação a *A. viridis*, para a qual se obteve controle efetivo ( $\geq 80\%$ ) até 30 DAA. Para *A. hybridus* e *A. lividus*, o emprego da dose recomendada resultou em incremento de apenas um dia na atividade residual, não se observando qualquer ganho no controle de *A. spinosus* (Tabela 2). Ao comparar a dose  $C_{95}$  (596 g i.a.  $ha^{-1}$ ) com a dose recomendada (1.200 g i.a.  $ha^{-1}$ ) para *A. spinosus*, observa-se que, mesmo mediante aumento de 102% da dose, não houve aumento no período de atividade residual.

A atividade residual de um herbicida é função, principalmente, da persistência e da mobilidade no solo. Alachlor é considerado de moderada solubilidade e mobilidade, além de baixa adsorção, apresentando grande potencial de lixiviação. A sorção de herbicidas cloroacetamidas no solo, como o alachlor, depende da matéria orgânica no solo (Vasilakoglou et al., 2001; Ferri et al., 2005). Quando aplicado em

solo com baixos teores de matéria orgânica e argila, pode resultar em menor atividade residual, mesmo com emprego de doses elevadas, devido à perda por lixiviação (Rodrigues & Almeida, 2005; Inoue et al., 2008).

Diferentemente do observado para alachlor, S-metolachlor promoveu controle eficiente das espécies até 30 DAA (Figura 2), tanto para a dose recomendada como para a dose  $C_{95}$ . Steckel et al. (2002) observaram controle eficiente (95%) de *A. rudis* com S-metolachlor a 940 g i.a.  $ha^{-1}$  até 28 DAA, em solo franco-argilossiltoso com 1,4% de matéria orgânica. Procópio et al. (2001) verificaram que, em solos com 22% de argila ou mais, S-metolachlor se concentrou quase que totalmente na profundidade de 0-5 cm, independentemente de a irrigação ter ocorrido antes ou depois da aplicação. Esse fato pode explicar a ótima eficiência do herbicida observada no presente trabalho (solo com 20% de argila), pois, quanto maior a sua concentração na superfície do solo, maior será a eficiência de controle das plantas daninhas. Observou-se ainda no trabalho de Procópio et al. (2001) que, em solo com teor de argila menor que 14%, o herbicida tendeu a movimentar-se para as suas camadas inferiores, em ambos os manejos de irrigação utilizados.

**Tabela 2** - Duração do período de atividade residual (DAA) proporcionada pelas doses  $C_{95}$  e recomendada, para um controle mínimo de 80% ( $Y \geq 80\%$ ) das espécies, segundo o modelo de regressão ajustado. Maringá-PR, 2008/2009

Espécie	Dose	Período de controle em DAA ( $Y \geq 80\%$ )			
		<i>A. hybridus</i>	<i>A. lividus</i>	<i>A. spinosus</i>	<i>A. viridis</i>
Alachlor	$C_{95}$	11	8	12	23
	recomendada	12	9	12	30
Diuron	$C_{95}$	30	30	30	30
	recomendada	30	30	30	30
Oxyfluorfen	$C_{95}$	27	30	29	30
	recomendada	30	30	30	30
Pendimethalin	$C_{95}$	30	30	30	30
	recomendada	30	30	30	30
Prometryne	$C_{95}$	20	14	11	15
	recomendada	29	30	30	30
S-metolachlor	$C_{95}$	30	30	30	30
	recomendada	30	30	30	**
Trifluralin 450*	recomendada	30	23	17	27
Trifluralin 600*	recomendada	30	29	28	30
Clomazone*	recomendada	12	19	14	30

\* Somente a dose recomendada foi utilizada; não há dose  $C_{95}$ . \*\* Não há dose recomendada de S-metolachlor para *A. viridis*.



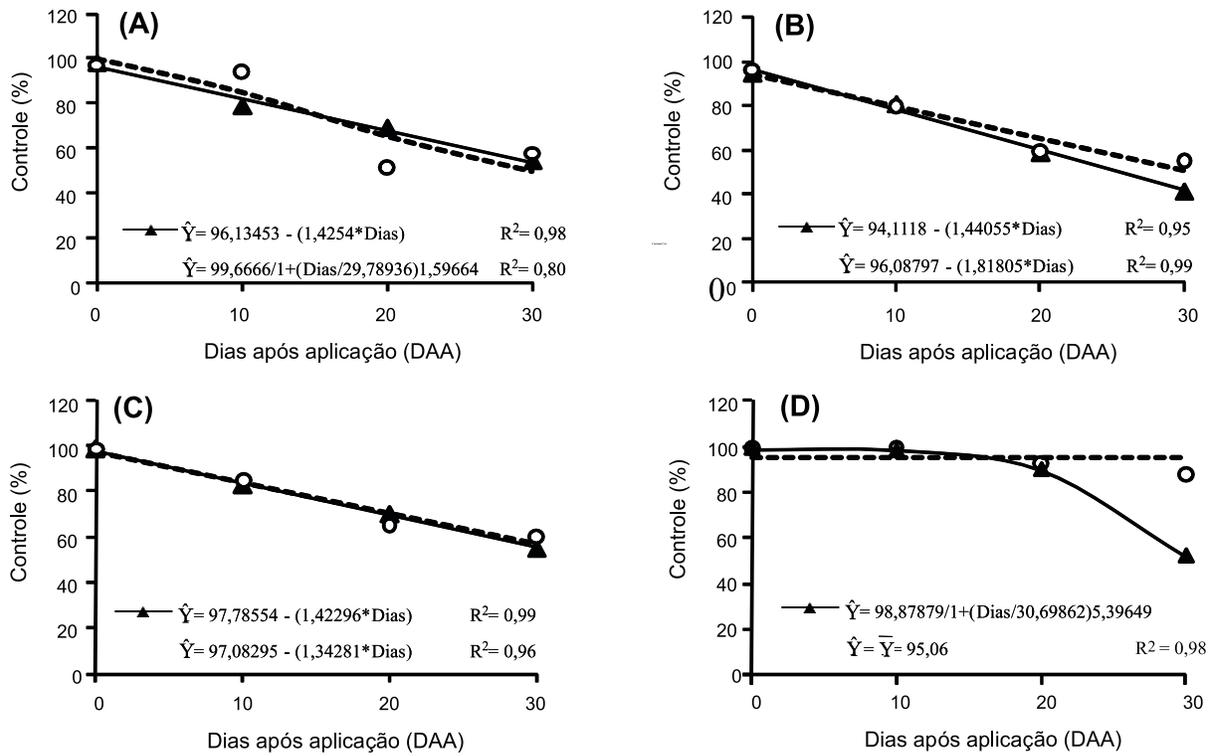


Figura 1 - Atividade residual de alachlor para as doses C<sub>95</sub> (▲) e recomendada (○), em relação ao controle de *A. hybridus* (A), *A. lividus* (B), *A. spinosus* (C) e *A. viridis* (D), aos 0, 10, 20 e 30 DAA.

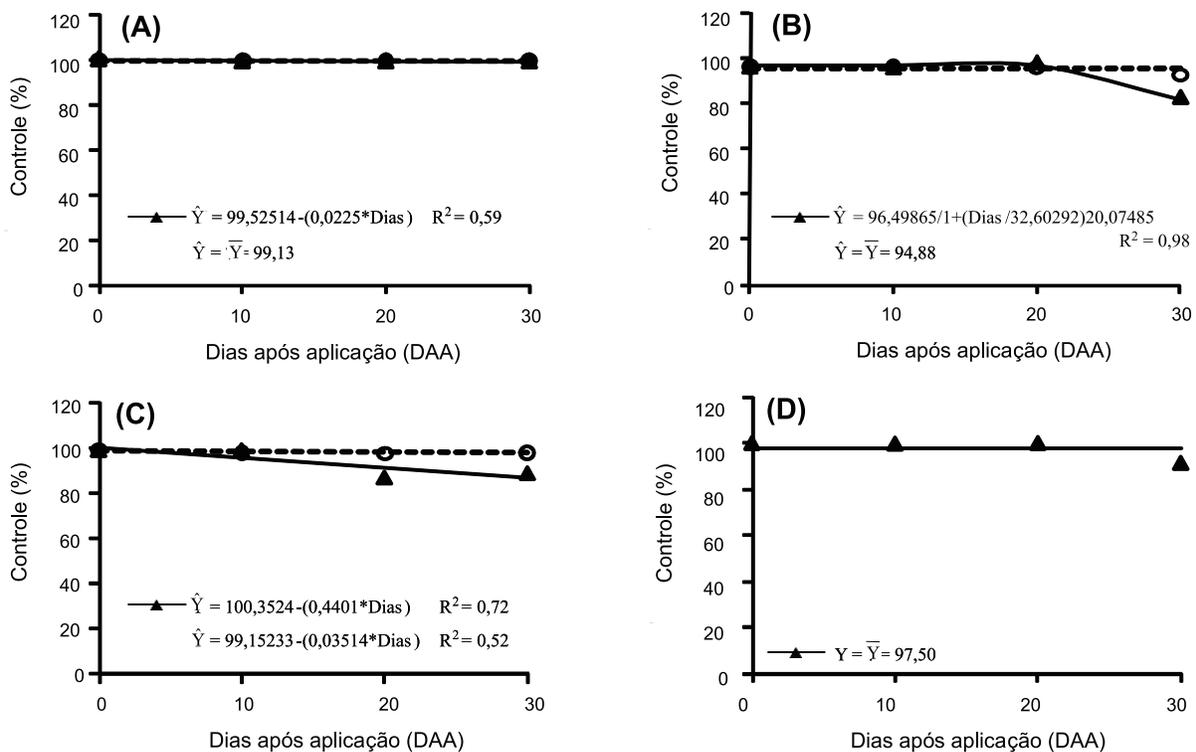


Figura 2 - Atividade residual de S-metolachlor para as doses C<sub>95</sub> (▲) e recomendada (○), no controle de *A. hybridus* (A), *A. lividus* (B), *A. spinosus* (C) e *A. viridis* (D), aos 0, 10, 20 e 30 DAA.



O diuron mostrou atividade residual consistente no solo, sendo extremamente eficiente para todas as espécies até os 30 DAA (Figura 3 e Tabela 2). Segundo Cruz & Toledo (1982), diuron a 1.000 g i.a. ha<sup>-1</sup> garante controle eficiente (96%) das plantas daninhas até 45 DAA, em solo de textura argiloarenosa com 2,4% de matéria orgânica. Machado Neto & Moraes (1986/1991), em condições de campo, controlaram com eficiência *A. viridis*, até os 90 DAA, utilizando diuron a 1.600 g i.a. ha<sup>-1</sup> em solo com 22% de argila e 2,7% de matéria orgânica. De acordo com Peñaherrera-Colina et al. (2005), diuron apresenta elevada persistência e pequena mobilidade no solo. Inoue et al. (2008) observaram que, sob precipitações de até 40 mm imediatamente após a aplicação, a movimentação do diuron (1.600 g i.a. ha<sup>-1</sup>) em solos arenosos (10% de argila) ficou restrita à camada de 0-5 cm e que lâminas d'água de 60 e 80 mm promoveram a movimentação do herbicida até no máximo à camada de 5-10 cm. Essas características de moderada adsorção e baixa mobilidade no solo proporcionam ao

diuron longa atividade residual, além da elevada eficiência no controle das espécies suscetíveis, pelo fato de a maior quantidade do herbicida se concentrar na camada superficial do solo.

O prometryne, quando empregado nas doses C<sub>95</sub>, promoveu restrita atividade residual, não sendo suficiente para proporcionar controle satisfatório das espécies de *Amaranthus* por períodos de até 30 DAA (Figura 4). Pela equação de regressão ajustada, verifica-se que o controle se mantém igual ou superior a 80% entre períodos de 11 e 20 DAA em função das espécies, sendo *A. spinosus* aquela para a qual se observou menor período residual e *A. hybridus* aquela com maior período residual (Tabela 2). A utilização da dose recomendada prolongou a atividade residual até 29 DAA para *A. hybridus* e até 30 DAA para as demais espécies. Esses resultados demonstram que a atividade residual da prometryne é extremamente dependente da dose utilizada, devendo-se evitar o emprego de subdosagens.

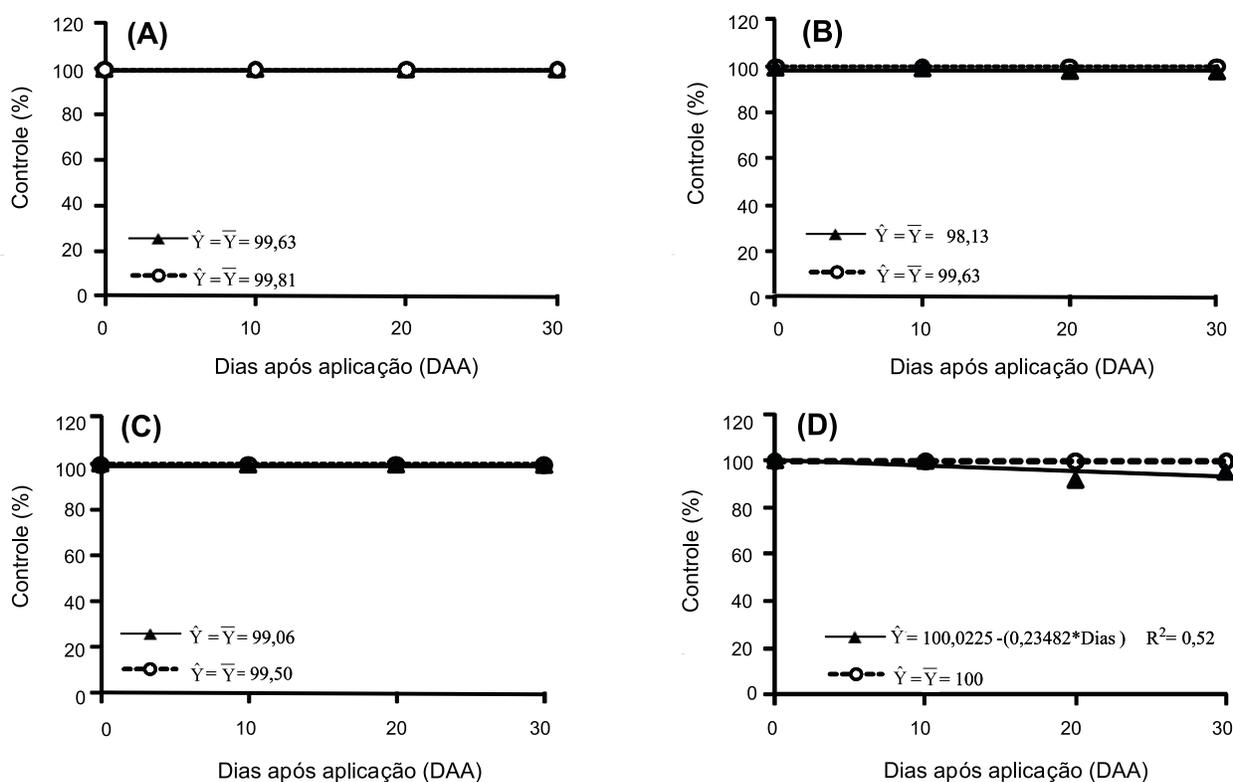
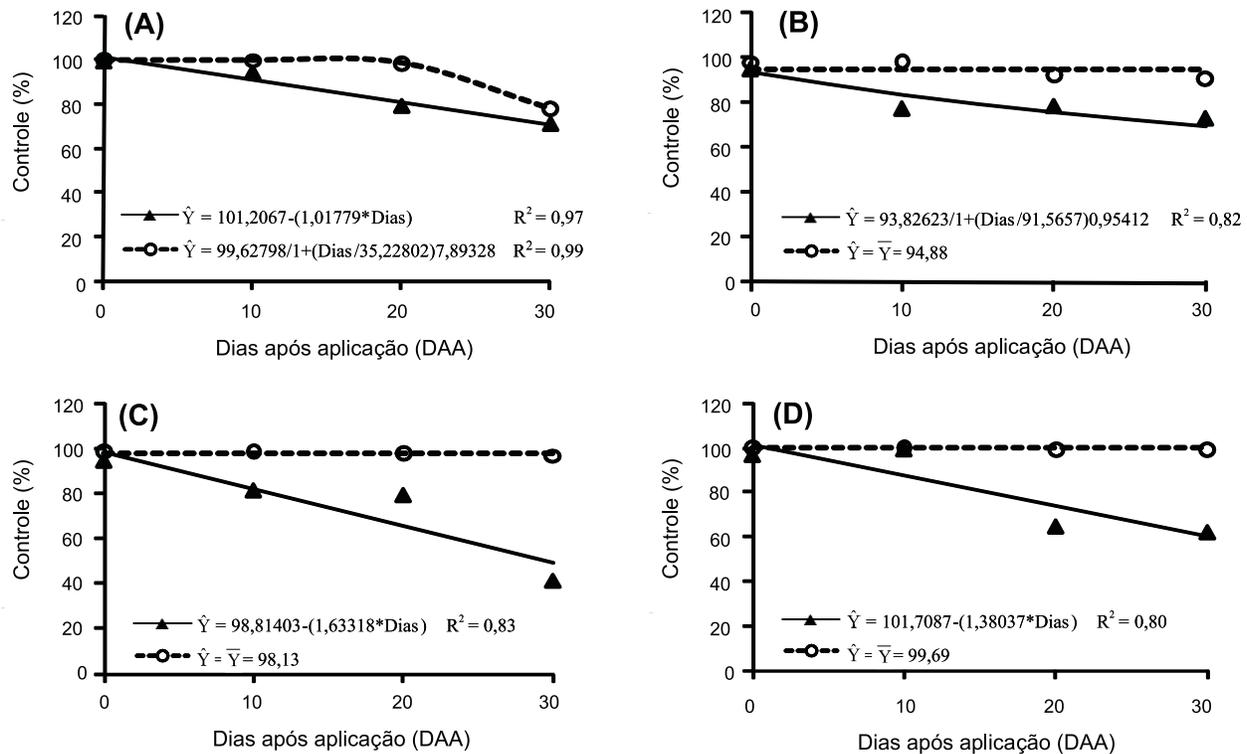


Figura 3 - Atividade residual de diuron para as doses C<sub>95</sub> (▲) e recomendada (○), em relação ao controle de *A. hybridus* (A), *A. lividus* (B), *A. spinosus* (C) e *A. viridis* (D), aos 0, 10, 20 e 30 DAA.





**Figura 4** - Atividade residual de prometryne para as doses C<sub>95</sub> (▲) e recomendada (○), no controle de *A. hybridus* (A), *A. lividus* (B), *A. spinosus* (C) e *A. viridis* (D), aos 0, 10, 20 e 30 DAA.

Pendimethalin proporcionou controle excelente das espécies de *Amaranthus* até 30 DAA, em ambas as doses (Figura 5 e Tabela 2). Steckel et al. (2002) obtiveram controle eficiente (93%) de *A. rudis* até 28 DAA com pendimethalin a 930 g i.a. ha<sup>-1</sup>, em solo franco-argilossiltoso com 1,4% de matéria orgânica. De forma semelhante, Richardson et al. (2007), com pendimethalin a 690 g i.a. ha<sup>-1</sup>, obtiveram controle eficiente (96%) de *A. hybridus* até 56 DAA na cultura do algodoeiro, em solo franco-argilossiltoso com 1% de matéria orgânica.

A atividade residual de trifluralin 450 (1.125 g i.a. ha<sup>-1</sup>) foi suficiente para garantir controle satisfatório das plantas daninhas por períodos de até 30, 27, 23 e 17 DAA, para *A. hybridus*, *A. viridis*, *A. lividus* e *A. spinosus*, respectivamente (Figura 6 e Tabela 2). Trifluralin 600 (1.500 g i.a. ha<sup>-1</sup>) promoveu controle satisfatório (≥80%) de *A. lividus* e *A. spinosus* até 29 e 28 DEAS, respectivamente. Para as demais espécies, o controle foi eficiente até 30 DAA (Figura 6 e Tabela 2). Cruz Grassi (1981), em experimentos na

cultura do feijoeiro, verificaram que trifluralin a 760 g i.a. ha<sup>-1</sup> em pré-plantio incorporado (PPI) proporcionou controle de 95% de *A. viridis* até 29 DAA, em solo com 22,5% de argila e 1,3% de matéria orgânica, não corroborando assim os resultados de Machado Neto & Moraes (1986/1991), em que trifluralin na dose de 960 g i.a. ha<sup>-1</sup>, aplicado em PPI, não foi eficiente no controle de *A. viridis* (78%), em solo com 22% de argila e 2,7% de matéria orgânica. Segundo Scott et al. (2002), trifluralin a 600 g i.a. ha<sup>-1</sup>, em PPI, não é suficiente para o controle eficiente de *A. palmeri* em solo franco-arenoso com 1,8% de matéria orgânica. Tavares et al. (1996) mencionaram que trifluralin é mais fortemente adsorvido pelos compostos orgânicos do que no solo, e o processo de dessorção em solos húmicos é menor, permanecendo retido e resultando em maior concentração de herbicida remanescente. Conforme Peter & Weber (1985), para controlar 80% de plantas daninhas com trifluralin, é necessário que a dose seja aumentada em 290 g i.a. ha<sup>-1</sup> a cada 1% de aumento no teor de matéria orgânica do solo, o que pode explicar

as diferenças de controle entre os trabalhos citados.

Em solos tropicais, a matéria orgânica e o teor de argila são componentes importantes da CTC dos solos, que é, em grande parte, responsável pela retenção dos herbicidas aplicados em pré-emergência. A persistência do herbicida no solo exerce influência no controle das plantas daninhas. Quando o herbicida é fortemente adsorvido nas partículas minerais e/ou matéria orgânica do solo, uma quantidade menor de ingrediente ativo fica disponível na solução solo para o controle das plantas daninhas, razão pela qual uma quantidade maior de produto é necessária. No entanto, quando está totalmente disponível na solução do solo, o controle inicial poderá ser mais efetivo, até mesmo com doses reduzidas do herbicida, apesar de ser maior o potencial de lixiviação e, conseqüentemente, o período residual ser mais curto. Nesse sentido, alguns estudos demonstram que o comportamento sortivo dos herbicidas apresenta correlação significativa com os teores de matéria

orgânica, argila e CTC do solo (Vasilakoglou et al., 2001; Peñaherrera-Colina, 2005; Firmino et al., 2008; Jaremtchuk et al., 2009).

Apenas *A. hybridus* e *A. spinosus* não foram controladas satisfatoriamente até 30 DAA por oxyfluorfen, na dose  $C_{95}$  (Figura 7), porém o controle mínimo de 80% foi assegurado até 27 e 29 DAA para *A. hybridus* e *A. spinosus*, respectivamente. Quando utilizada a dose recomendada, o controle verificado para as duas espécies foi acima de 99% até 30 DAA. Quanto às demais espécies, ambas as doses apresentaram eficácia semelhante até 30 DAA (Tabela 2). Falk et al. (2006), em solo franco-siltoso e com 2,2% de matéria orgânica, verificaram controle de 93% de *A. rudis* com aplicação em pré-emergência de oxyfluorfen, na dose de 560 g i.a ha<sup>-1</sup>. Este herbicida tem como característica ser fortemente adsorvido, e a adsorção tende a aumentar com o incremento dos teores de matéria orgânica e argila (Rodrigues & Almeida, 2005). Nas condições de solo deste trabalho, o controle foi efetivo até 30 DAA em doses extremamente

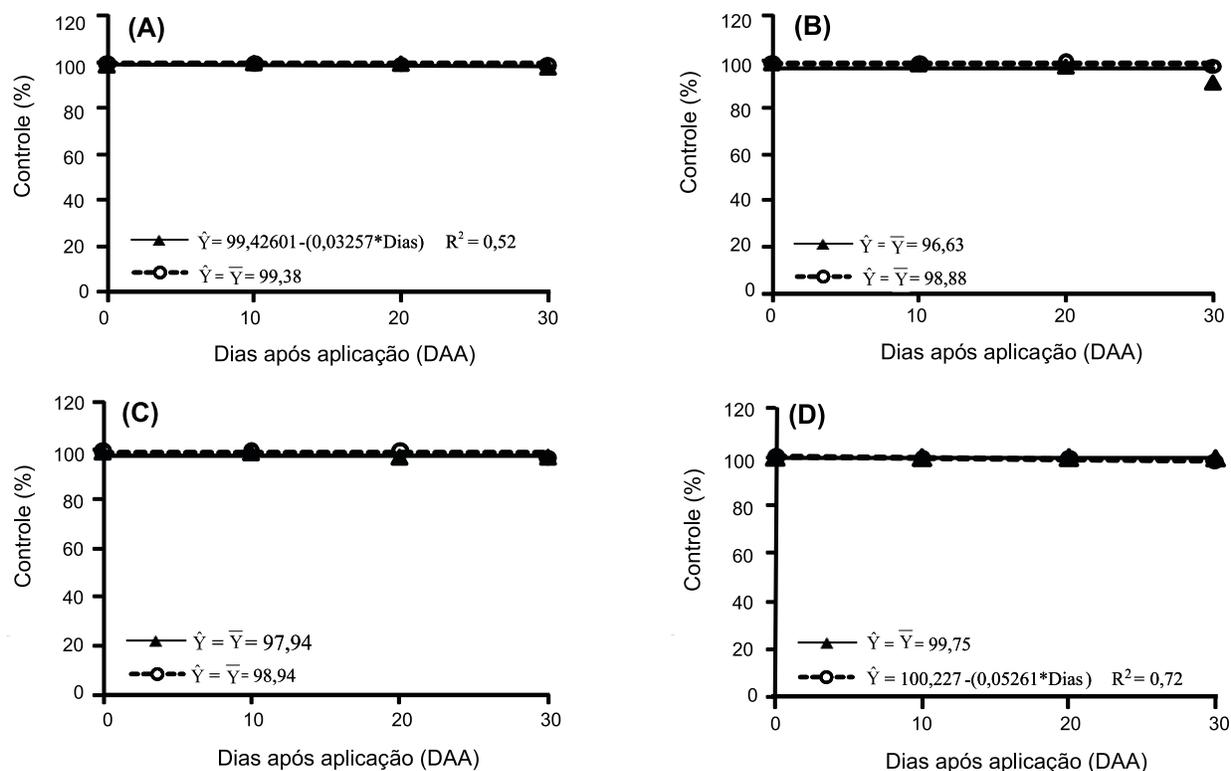


Figura 5 - Atividade residual de pendimethalin para as doses  $C_{95}$  (▲) e recomendada (○), no controle de *A. hybridus* (A), *A. lividus* (B), *A. spinosus* (C) e *A. viridis* (D), aos 0, 10, 20 e 30 DAA.



reduzidas, possivelmente devido aos baixos teores de argila e matéria orgânica.

Clomazone (1.000 g i.a. ha<sup>-1</sup>) teve seu efeito reduzido ao longo do período das aplicações (Figura 8), uma vez que a atividade

residual não foi eficaz para o controle eficiente (≥80%) de *A. hybridus*, *A. lividus* e *A. spinosus* até 30 DAA, com exceção de *A. viridis*. A extensão da atividade residual (controle ≥ 80%) de clomazone foi de 12, 19, 14 e 30 DAA para *A. hybridus*, *A. lividus*, *A. spinosus* e *A. viridis*,

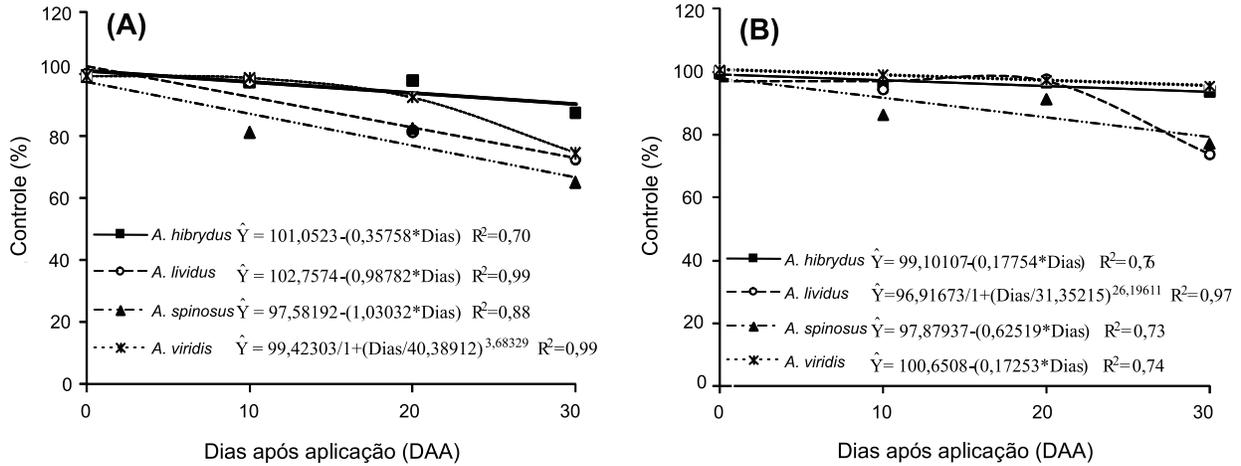


Figura 6 - Atividade residual de trifluralin 450 (A) e trifluralin 600 (B) em relação às doses recomendadas para o controle de *A. hybridus*, *A. lividus*, *A. spinosus* e *A. viridis*, aos 0, 10, 20 e 30 DAA.

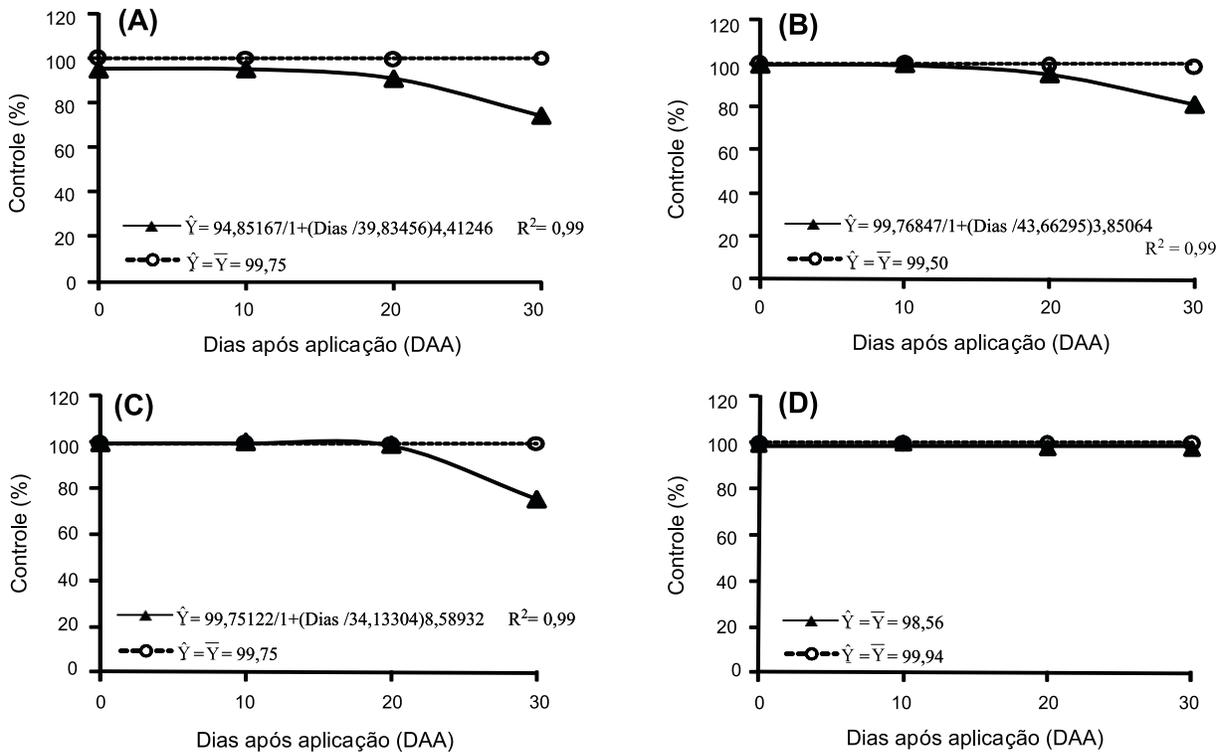
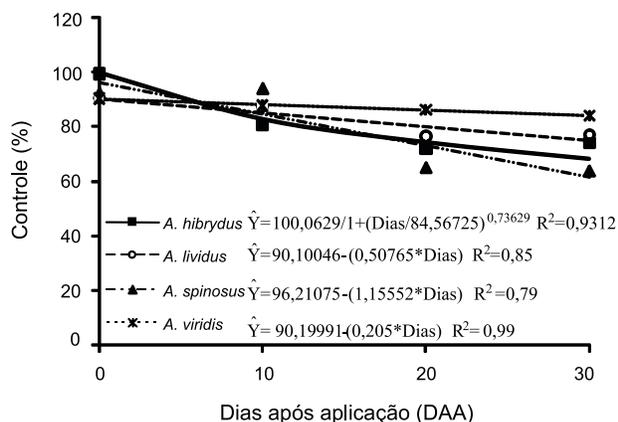


Figura 7 - Atividade residual de oxyfluorfen para as doses C<sub>95</sub> (▲) e recomendada (○), em relação ao controle de *A. hybridus* (A), *A. lividus* (B), *A. spinosus* (C) e *A. viridis* (D), aos 0, 10, 20 e 30 DAA.





**Figura 8** - Atividade residual de clomazone em relação às doses recomendadas para o controle de *A. hybridus*, *A. lividus*, *A. spinosus* e *A. viridis*, aos 0, 10, 20 e 30 DAA.

respectivamente (Tabela 2). Biffe et al. (2007) verificaram controle de *A. viridis* de 93,5% até 45 DAA com 1.000 g i.a. ha<sup>-1</sup> de clomazone, na cultura da mandioca, em solo com 10% de argila e 1% de matéria orgânica. Entretanto, Scott et al. (2002) não constataram controle algum (0%) de *A. palmeri* com aplicação de 600 g i.a. ha<sup>-1</sup> de clomazone em solo franco-arenoso com 1,8% de matéria orgânica. O clomazone apresenta elevada solubilidade e moderada adsorção nos solos (Rodrigues & Almeida, 2005); portanto, a utilização de subdoses pode implicar menor atividade residual no solo.

É comum entre os cotonicultores o emprego de misturas entre herbicidas nas aplicações realizadas em pré-emergência da cultura. Um tratamento muito empregado é a mistura entre clomazone, prometryne e trifluralin, sendo as doses de acordo com a textura do solo. Trifluralin é adicionado no intuito de controlar *Amaranthus* spp., além de gramíneas – boa opção diante dos resultados de trifluralin 600 neste trabalho –, porém pode ser substituída por pendimethalin, mais eficiente neste trabalho e produto com semelhante espectro de controle. Sugere-se nesta aplicação a substituição de prometryne por diuron, haja vista o melhor desempenho deste último neste estudo. Como complemento ao tratamento pré-emergente, os cotonicultores têm utilizado S-metolachlor em pós-emergência precoce do algodão, conhecido pelas denominações de “over the top” ou “orelha de onça”,

para o controle de *Commelina benghalensis*, *Alternanthera tenella*, gramíneas e outras, mostrando ser uma boa opção também para o controle de *Amaranthus* spp.

Em suma, a atividade residual de alachlor e prometryne foi restrita na dose C<sub>95</sub>. O emprego da dose recomendada não se refletiu em aumento considerável da atividade residual de alachlor, exceto para *A. viridis*. Com exceção de *A. hybridus*, a dose recomendada de prometryne foi efetiva até 30 DAA. A dose C<sub>95</sub> de oxyfluorfen não foi suficiente para garantir controle satisfatório até 30 DAA de *A. hybridus* e *A. spinosus*; no entanto, todas as espécies foram eficientemente controladas até 30 DAA pela dose recomendada. Clomazone não promoveu controle eficiente das espécies por períodos de até 30 DAA, exceto para *A. viridis*. Trifluralin 450 promoveu controle residual satisfatório até 30 DAA somente em relação a *A. hybridus*. Trifluralin 600 foi eficiente no controle de *A. hybridus* e *A. viridis* até 30 DAA e até 29 e 28 DAA para *A. lividus* e *A. spinosus*, respectivamente. Diuron, pendimethalin e S-metolachlor apresentaram atividade residual efetiva para todas as espécies até 30 DAA em ambas as doses, demonstrando atividade residual consistente em solo de textura franco-argiloarenosa (20% de argila e 1,9 de matéria orgânica).

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Brasil (CNPq-Brasil), pela concessão de bolsa de estudo.

## LITERATURA CITADA

- ARANTES, J. G. Z. et al. Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência em duas variedades de algodão: II – Fitointoxicação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 26., 2008, Ouro Preto. *Anais...* Ouro Preto: SBCPD, 2008. CD-ROM.
- BIFFE, D. F. et al. Avaliação do herbicida diuron em pré-emergência no controle de seis plantas daninhas na cultura de *Manihot esculenta*. *Raízes Amidos Trop.*, v. 3, n. 1, 2007. Disponível em: <<http://www.cerat.unesp.br/revistarat/volume3/artigos/33%20denis%20fernando%20biffe.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2008.



- CARVALHO, S. J. P. et al. Suscetibilidade diferencial de plantas daninhas do gênero *Amaranthus* aos herbicidas trifloxysulfuron-sodium e chlorimuron-ethyl. **Planta Daninha**, v. 24, n. 3, p. 541-548, 2006.
- CHAUHAN, B. S.; JOHNSON, D. E. Germination ecology of spiny (*Amaranthus spinosus*) and slender amaranth (*A. viridis*): troublesome weeds of direct-seeded rice. **Weed Sci.**, v. 57, n. 3, p. 379-385, 2009.
- CRUZ, L. S. P.; GRASSI, N. Controle de plantas daninhas com herbicidas na cultura do feijão. **Planta Daninha**, v. 4, n. 2, p. 73-77, 1981.
- CRUZ, L. S. P.; TOLEDO, N. M. P. Aplicação pré-emergente de misturas de alachlor com diuron e cymazine para controle de plantas daninhas em algodão IAC 17. **Planta Daninha**, v. 5, n. 2, p. 57-61, 1982.
- DUFF, M. G.; AL-KHATIB, K.; PETERSON, D. E. Relative competitiveness of protoporphyrinogen oxidase-resistant common waterhemp (*Amaranthus rudis*). **Weed Sci.**, v. 57, n. 2, p. 169-174, 2009.
- EVANS, G. J.; BELLINDER, R. R.; GOFFINET, M. C. Herbicidal effects of vinegar and a clove oil product on redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). **Weed Technol.**, v. 23, n. 2, p. 292-299, 2009.
- FALK, J. S. et al. Protox-resistant common waterhemp (*Amaranthus rudis*) response to herbicides applied at different growth stages. **Weed Sci.**, v. 54, n. 4, p. 793-799, 2006.
- FERRI, M. V. W. et al. Sorção do herbicida acetochlor em amostras de solo, ácidos húmicos e huminas de argissolo submetido à semeadura direta e ao preparo convencional. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 29, n. 5, p. 705-714, 2005.
- FIRMINO, L. E. et al. Sorção do imazapyr em solos com diferentes texturas. **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 395-402, 2008.
- FREITAS, R. S. et al. Manejo de plantas daninhas na cultura do algodoeiro com S-metolachlor e trifloxysulfuron-sodium em sistema de plantio convencional. **Planta Daninha**, v. 24, n. 2, p. 311-318, 2006.
- HORAK, M. J.; LOUGHIN, T. M. Growth analysis of four *Amaranthus* species. **Weed Sci.**, v. 48, n. 3, p. 347-355, 2000.
- INOUE, M. H. et al. Lixiviação e degradação de diuron em dois solos de textura contrastante. **Acta Sci. Agron.**, v. 30, supl., p. 631-638, 2008.
- JAREMTCHUK, C. C. et al. Efeito residual de flumioxazin sobre a emergência de plantas daninhas em solos de texturas distintas. **Planta Daninha**, v. 27, n. 1, p. 191-196, 2009.
- JHA, P. et al. Acclimation of palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) to shading. **Weed Sci.**, v. 56, n. 5, p. 729-734, 2008.
- MACHADO NETO, J. G.; MORAES, M. L. T. Controle de plantas daninhas na cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) em solo anteriormente ocupado por vegetação de cerrado. **Planta Daninha**, v. 9, n. 1/2, p. 1-11, 1986/1991.
- PEÑAHERRERA-COLINA, L.A. et al. Persistência biológica de ametryn, diuron e oxyfluorfen no solo. **Ci. Agrotecnol.**, v. 29, n. 5, p. 980-985, 2005.
- PATZOLDT, W. L.; TRANEL, P. J. Multiple ALS mutations confer herbicide resistance in waterhemp (*Amaranthus tuberculatus*). **Weed Sci.**, v. 55, n. 5, p. 421-428, 2007.
- PETER, C. J.; WEBER, J. B. Adsorption, mobility and efficacy of metribuzin as influenced by soil properties. **Weed Sci.**, v. 33, n. 4, p. 868-873, 1985.
- PROCÓPIO, S. O. et al. Efeito da irrigação inicial na profundidade de lixiviação do herbicida S-metolachlor em diferentes tipos de solos. **Planta Daninha**, v. 19, n. 3, p. 409-417, 2001.
- RAIMONDI, M. A. **Determinação da curva dose-resposta e atividade residual de herbicidas aplicados em pré-emergência utilizados na cultura do algodoeiro para o controle de *Amaranthus* e *Portulaca oleracea***. 2009. 121 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.
- RICHARDSON, R. J.; WILSON, H. P.; HINES, T. E. Preemergence herbicides followed by trifloxysulfuron posemergence in cotton. **Weed Technol.**, v. 21, n. 1, p. 1-6, 2007.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 5.ed.. Londrina: Edição dos Autores, 2005. 592 p.
- SALGADO, T. P. et al. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum*). **Planta Daninha**, v. 20, n. 3, p. 373-379, 2002.
- SANT'ANA, S. C. B. et al. Seletividade do herbicida clomazone isolado e associado com outros herbicidas pré-emergentes, para a cultura do algodoeiro, após tratamento de sementes com o safener Permit. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 26., 2008, Ouro Preto. **Proceedings...** Ouro Preto: SBCPD, 2008. CD-ROM.
- SCOTT, G. H.; ASKEW, S. D.; WILCUT, J. W. Glyphosate systems for weed control in glyphosate-tolerant cotton (*Gossypium hirsutum*). **Weed Technol.**, v. 16, n. 2, p. 191-198, 2002.
- SILVA, P. S. L. et al. Weed control via intercropping with gliricidia. I. Cotton crop. **Planta Daninha**, v. 27, n. 1, p. 97-104, 2009.



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

STECKEL, L. E.; SPRAGUE, C. L.; HAGER, A. G. Common waterhemp (*Amaranthus rudis*) control in corn (*Zea mays*) with single preemergence and sequential applications of residual herbicides. **Weed Technol.**, v. 16, n. 4, p. 755-761, 2002.

STECKEL, L. E. The dioecious *Amaranthus* spp.: here to stay. **Weed Technol.**, v. 21, n. 2, p. 567-570, 2007.

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 Technol.**, v. 12, n. 2, p. 315-321, 1998.

TAVERES, M. C. H. et al. Estudo da adsorção-dessorção da trifluralina em solo e em ácido húmico. **Química Nova**, v. 19, n. 6, p. 605-608, 1996.

VASILAKOGLU, I. B.; ELEFTHEROHORINOS, I. G.; DHIMA, K. B. Activity, adsorption and mobility of three acetanilide and two new amide herbicides. **Weed Res.**, v. 41, n. 6, p. 535-546, 2001.

WISE, A. M. et al. Establishing the geographical distribution and level of acetolactate synthase resistance of palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) accessions in Georgia. **Weed Technol.**, v. 23, n. 2, p. 214-220, 2009.

ZANATTA, J. F. et al. Teores de água no solo e eficácia do herbicida fomesafen no controle de *Amaranthus hybridus*. **Planta Daninha**, v. 26, n. 1, p. 143-155, 2008.

