

EFICIÊNCIA E RESIDUAL NO SOLO DE HERBICIDAS NA CULTURA DO FEIJÃO¹

Efficiency and Soil Residual Effect of Herbicides in Bean Culture

SILVA, V.P.², FERREIRA, L.R.³, D'ANTONINO, L.³, CARNEIRO, J.E.³, SILVA, G.R.³ e FONTES, D.R.³

RESUMO - Avaliou-se a eficiência de herbicidas na cultura do feijão e a possível ação residual desses produtos sobre as culturas de sorgo e de milho cultivadas em sucessão. O experimento foi realizado em campo e em casa de vegetação, avaliando-se os seguintes tratamentos: fomesafen (250 g L⁻¹) e a mistura comercial de bentazon e imazamox (600 g L⁻¹ + 28 g L⁻¹) nas doses de 25, 50, 75 e 100% da dose recomendada dos respectivos produtos comerciais, bem como a mistura em tanque desses herbicidas nas proporções de 75 + 25, 50 + 50 e 25 + 0,75%, além de duas testemunhas: uma capinada e outra sem capina. O fomesafen na dose de 250 g ha⁻¹ proporcionou boa produtividade de feijão, porém prejudicou o crescimento de plantas de sorgo nas amostras de solo coletadas até 183 dias após a aplicação (DAA), indicando grande persistência do herbicida. No solo coletado aos 153 DAA, observou-se intoxicação nas plantas de milho, mas não houve influência no acúmulo de matéria seca da parte aérea nem na produção de grãos. A mistura pronta de bentazon e imazamox não foi eficiente no controle de plantas daninhas até a colheita do feijão. Contudo, quando a essa mistura adicionou-se o fomesafen, houve redução da dose do fomesafen em 75%, com ótimo controle de plantas daninhas e fácil condição de colheita do feijão, além de menor risco de *carryover* em plantas de sorgo e de milho. A persistência do fomesafen no solo não foi alterada com a mistura em tanque de bentazon e imazamox.

Palavras-chave: persistência no solo, *carryover*, seletividade.

ABSTRACT - This work has assessed the efficiency of herbicides in bean crop and their potential residual effect on succeeding sorghum or maize culture. The experiment was conducted under field and greenhouse conditions, and the following treatments were assessed: fomesafen (250 g L⁻¹) and mix of bentazon and imazamox (600 g L⁻¹ + 28 g L⁻¹) at doses of 0.25, 0.50, 0.75 and 1.0 times the recommended dose of the respective commercial products, plus the tank mix of these herbicides in proportions of 0.75 + 0.25, 0.50 + 0.50, and 0.25 + 0.75, and two controls: a weeded one and one without weeding. The 250 g ha⁻¹ dose of fomesafen provided good bean yield, however it hindered the growth of sorghum in soil samples collected at 183 days after application, suggesting large persistence of this herbicide in soil. Intoxication in maize plants was observed in soil collected at 153 DAA, but there was no influence on shoot dry matter accumulation or in grain yield. The bentazon and imazamox mix was effective in controlling weeds up until the harvest of beans. However, when fomesafen was added to this mixture, its dose was reduced in ¼, and the mix provided great weed control and easy harvest conditions for the bean, in addition to lower carryover risk for sorghum and maize plants. The persistence of fomesafen in soil has not changed with the tank mixture of bentazon and imazamox.

Keywords: persistence in soil, carryover, selectivity.

¹ Recebido para publicação em 5.11.2012 e aprovado em 8.4.2013.

² Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista, São João Evangelista, MG, Basil, <valdevino.silva@ifmg.edu.br>;

³ Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.



INTRODUÇÃO

As plantas daninhas interferem negativamente na cultura do feijão, podendo reduzir a produtividade de 15 a 97% (William, 1973; Zollinger & Kells, 1993; Kozłowski et al., 2002; Fontes et al., 2006).

Embora os herbicidas facilitem o manejo das plantas daninhas em culturas anuais e perenes, o efeito residual de um herbicida aplicado em uma cultura sobre a cultura sucessora (*carryover*) e o surgimento de biótipos resistentes têm tornado o controle químico cada vez mais complexo (Artuzi & Contiero, 2006).

Entre os herbicidas recomendados para o controle de dicotiledôneas na cultura de feijão, destacam-se: fomesafen, imazamox e bentazon.

Considerando que existem várias espécies de plantas daninhas numa área e que dificilmente um herbicida consegue controlar todas as espécies, é comum o uso de misturas de ingredientes ativos para aumentar o espectro de controle. Todavia, é importante estar atento a possíveis incompatibilidades dessas misturas.

Visando minimizar o antagonismo nas misturas em tanque, surgiram as misturas formuladas, como (bentazon+imazamox) e (fomesafen+fluazifop-p-butil). Com essas misturas, é possível aumentar o número de espécies controladas com menor dose utilizada de cada componente da mistura, o que reduz o risco de *carryover* em culturas sequenciais, como milho e sorgo, além de diminuir o impacto ambiental (Ferreira et al., 1998; Cobucci & Machado, 1999).

Do ponto de vista agrônômico, um herbicida deve permanecer ativo no ambiente tempo suficiente para controlar as plantas daninhas e depois se dissipar por completo, evitando possíveis danos à cultura seguinte. No Brasil, as condições climáticas favorecem a dissipação dos herbicidas, mas propiciam o cultivo intensivo da terra, reduzindo o intervalo de tempo entre o plantio das culturas e as aplicações dos herbicidas.

A preocupação com o uso crescente de herbicidas nos cultivos agrícolas brasileiros

tem levado os pesquisadores a buscar informações para minimizar a contaminação do ambiente e a utilização racional dos recursos hídricos e do solo. Entre os efeitos diretos percebidos pelos produtores estão os sintomas de intoxicação e a redução de produtividade das culturas, ambos ocasionados por herbicidas de ação residual. A permanência e degradação do herbicida no solo são processos-chave na determinação do seu efeito residual, sendo fundamentais para avaliar a eficiência de controle das plantas daninhas (Hinz, 2001).

A degradação e movimentação dos herbicidas no solo podem ser influenciadas pela textura, pH, teor de matéria orgânica, umidade e temperatura do solo, pelas características físicas e químicas dos herbicidas e pelas doses utilizadas (Ferri & Vidal, 2002). O manejo do solo pode alterar a persistência dos herbicidas, o que influencia a eficiência de controle, o potencial de injúria às culturas em sucessão e o risco de contaminação ambiental (Niekamp & Johnson, 2001; Ferri & Vidal, 2002).

O período entre a aplicação de um herbicida e o plantio da cultura seguinte é definido de acordo com a sua persistência no solo e a suscetibilidade da cultura em relação ao produto. O efeito residual do fomesafen, quando aplicado nas culturas de soja e feijão, sobre as culturas do milho e sorgo plantados em sucessão foi observado por Santos (1991), Cobucci et al. (1998) e Jakelaitis et al. (2006).

O uso de doses reduzidas dos herbicidas aplicados em pós-emergência diminui o risco de intoxicação à cultura sucessora e proporciona menor impacto ambiental, além de diminuir o custo de produção da lavoura (Steckel et al., 1990; Prostko & Meade, 1993). Essa redução da dose, às vezes, é possível fazendo misturas de mais de um mecanismo de ação.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a persistência no solo, o controle de plantas daninhas e a seletividade do fomesafen e da mistura formulada de imazamox+bentazon para a cultura do feijão, aplicados isoladamente ou em mistura em tanque.

MATERIAL E MÉTODOS

Conduziu-se um experimento com cultivos de feijão e milho em sucessão em um

Argissolo Vermelho-Amarelo, cujas características químicas e físicas estão apresentadas na Tabela 1. Esse solo foi anteriormente cultivado com milho para produção de grãos. Os restos culturais do milho foram incorporados ao solo, no momento da aração e gradagem, durante o preparo para o plantio do feijão. No plantio do milho em sucessão foi utilizado o sistema de plantio direto.

Após o preparo do solo foi efetuado o plantio (25/5/2011) do feijão, cultivar Ouro Vermelho, no espaçamento de 0,45 m entre fileiras e 12 sementes por metro, obtendo-se um estande aproximado de 267.000 plantas ha⁻¹.

A adubação de plantio foi de 400 kg ha⁻¹ da fórmula 8-28-16. Aos 28 dias após a emergência da cultura do feijão, foram aplicados, por via foliar, 70 g ha⁻¹ de molibdato de amônio.

Foram avaliados 13 tratamentos (Tabela 2) dispostos em arranjo fatorial (2 x 4) e cinco tratamentos adicionais, no delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. O fatorial foi composto por dois herbicidas: a mistura comercial bentazon+imazamox e o fomesafen, aplicados em quatro doses (25, 50, 75 e 100% da dose recomendada, que foi de 250 g ha⁻¹ do fomesafen e 600 + 28 g ha⁻¹ de bentazon + imazamox). Os tratamentos adicionais

Tabela 1 - Características químicas e classificação textural da amostra de solo da área experimental

pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al	SB	CTC (t)	CTC (T)
(H ₂ O)	(mg dm ⁻³)		(cmol _c dm ⁻³)						
5,8	44,7	165	4,3	0,6	0,0	1,98	5,32	5,32	7,30
V	MO	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B		
(%)	(dag kg ⁻¹)	(mg L ⁻¹)	(cmol _c dm ⁻³)						
73	2,9	44,7	11,91	45,24	56,25	1,61	0,2		
Fração mineral (%)									
Areia		Silte		Argila		Textura do solo			
38		13		49		Argiloarenosa			

Tabela 2 - Tratamentos avaliados em campo com o feijão cultivar Ouro Vermelho

Tratamento	Ingrediente ativo (g ha ⁻¹)	Dose comercial (L ha ⁻¹)
Testemunha capinada	-	-
Testemunha sem capina	-	-
Bentazon + imazamox	(150 + 7)	0,25
Bentazon + imazamox	(300 + 14)	0,50
Bentazon + imazamox	(450 + 21)	0,75
Bentazon + imazamox	(600 + 28)	1,00*
Fomesafen	(62,5)	0,25
Fomesafen	(125)	0,50
Fomesafen	(187,5)	0,75
Fomesafen	(250)	1,00**
(Bentazon + imazamox) + fomesafen	(450 + 21) + (62,5)	0,75 + 0,25
(Bentazon + imazamox) + fomesafen	(300 + 14) + (125)	0,50 + 0,50
(Bentazon + imazamox) + fomesafen	(150 + 7) + (187,5)	0,25 + 0,75

* Dose recomendada do produto comercial Flex; ** Dose recomendada da mistura formulada Amplo.



foram testemunha capinada, testemunha sem capina e três misturas em tanque: (bentazon+imazamox) com fomesafen, nas seguintes proporções: (75 + 25, 50 + 50 e 25 + 75% da dose recomenda de cada produto comercial).

Cada parcela foi composta de seis linhas de feijão de 5 m de comprimento, espaçadas de 0,45 m, com área total de 13,5 m². A área útil foi representada por três linhas, desprezando-se 1,0 m nas extremidades e as linhas laterais, totalizando 4,05 m².

Os herbicidas foram aplicados aos 15 dias após a emergência da cultura, quando as plantas de feijão apresentavam o terceiro trifólio formado e as plantas daninhas dicotiledôneas estavam com três a cinco pares de folhas. Utilizou-se um pulverizador costal pressurizado a CO₂ com pressão constante de 2,5 bar, acoplado a uma barra com três pontas TT11002, calibrado para um consumo de 150 L ha⁻¹ de calda.

A capina da testemunha foi realizada com enxada, uma única vez, na mesma data da aplicação dos herbicidas. Com o intuito de controlar as espécies gramíneas presentes na área, foi aplicado o fluazifop-p-butil a 0,25 kg ha⁻¹ em toda a área experimental, uma semana após a aplicação dos outros herbicidas.

A irrigação durante o ciclo do feijão foi feita por meio de aspersão, com turno de rega de sete dias e aplicação de lâmina de 15 mm a cada irrigação, exceto quando a precipitação pluvial atingia a marca de 5 mm. Na Figura 1 são apresentados os dados de precipitação pluviométrica (PPT), temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin) e umidade relativa (UR%) durante a condução dos experimentos.

Aos 14 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA), avaliou-se o controle das plantas daninhas, conforme método proposto pela Asociación Latinoamericana de Malezas (ALAM, 1974), e, também, pelo acúmulo de matéria seca por espécie de planta daninha. Para isso, utilizou-se um quadro de 0,25 x 0,25 m, lançado duas vezes ao acaso, por parcela. As plantas foram coletadas ao nível do solo, separadas por espécie, contadas e, em seguida, colocadas em estufa de circulação de ar forçada, a 70 °C por 72 horas, para determinação de matéria seca.

Aos 14 e 28 DAA dos herbicidas, foram avaliados os sintomas de intoxicação das plantas de feijão pelos herbicidas, utilizando como base a escala European Weed Research Council (EWRC, 1964).

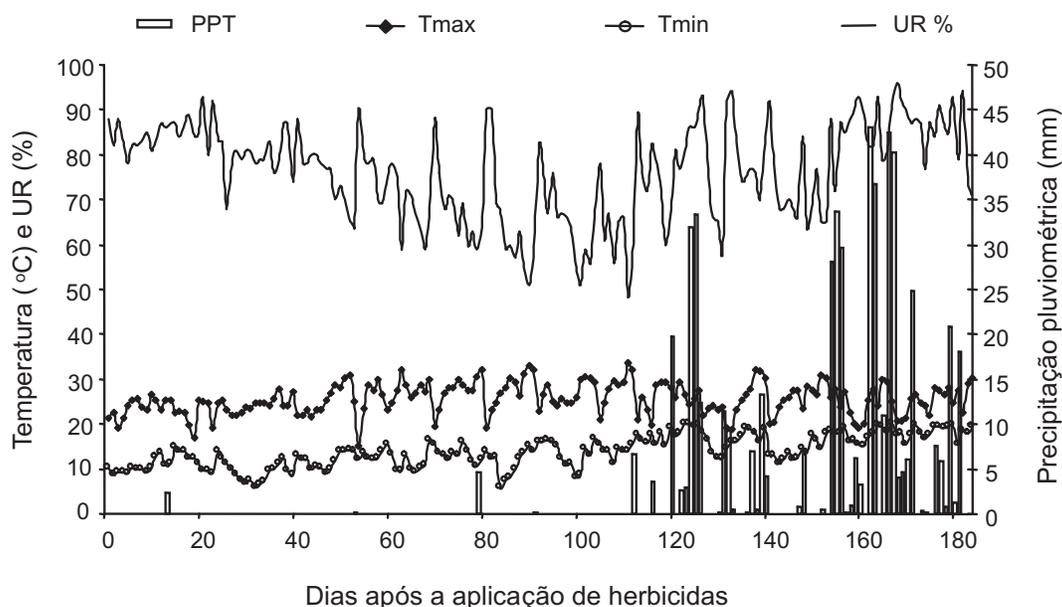


Figura 1 - Temperaturas máximas (Tmax) e mínimas diárias (Tmin), precipitação pluviométrica (PPT) e umidade relativa (UR%) no período de 13 de junho a 13 de dezembro de 2011.

Duas semanas antes da colheita, foram atribuídas notas para avaliar se as plantas daninhas interferiram ou não na colheita do feijão. Para isso, foi proposta uma escala de notas (1, 2 e 3), em que a nota 1 foi atribuída às parcelas que apresentaram fácil condição de colheita; 2, às parcelas em condição regular; e 3, às de difícil colheita.

Na colheita do feijão, realizada aos 108 dias após o plantio, determinou-se o número de vagens por planta e a produtividade de grãos em kg ha^{-1} .

Aos 50 dias após a colheita do feijão, realizou-se a dessecação da vegetação com a mistura glyphosate + 2,4-D ($1.080 + 670 \text{ g ha}^{-1}$) e, duas semanas depois, efetuou-se o plantio de três fileiras de milho (DKB 390 PRO2) no espaçamento de 0,90 m entre fileiras e seis sementes por metro, em todas as parcelas anteriormente cultivadas com feijão.

A adubação de plantio para o milho foi de 400 kg ha^{-1} da fórmula 8-28-16. A cobertura foi realizada aos 30 dias após a emergência da cultura, com 60 kg ha^{-1} de ureia. Quando necessário, fez-se irrigação suplementar por aspersão.

Foram avaliados os sintomas de intoxicação nas plantas de milho, provocados pelos herbicidas aplicados na cultura do feijão, e a produtividade de grãos do milho. Os dados foram submetidos à análise de variância e, para comparar a média da testemunha com os demais tratamentos, utilizou-se o teste de Dunnett, sendo adotado o nível de 5% de probabilidade.

Para determinação da presença dos herbicidas no solo, foram conduzidos dois bioensaios em casa de vegetação, com sorgo e milho.

No ensaio com sorgo, utilizaram-se vasos plásticos (300 cm^3) preenchidos com amostras de solos provenientes das parcelas do experimento em campo. Utilizou-se o sorgo como planta indicadora da presença dos herbicidas no solo. Adotou-se o esquema de parcelas subdivididas, em que as amostras de solo coletadas nos tratamentos de campo foram alocadas nas parcelas, e as sete épocas de coleta de solo, nas subparcelas, no delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições.

As coletas de solo no campo foram feitas, com o auxílio de um enxadão, na entrelinha da quarta e da quinta linha de cada parcela, numa área de 20 cm de largura por 15 cm de comprimento e 10 cm de profundidade. Em cada parcela no campo, foram retiradas amostras de solo suficientes para o preenchimento de três recipientes plásticos de 300 cm^3 , nos quais foram semeadas as plantas de sorgo.

As amostras de solo foram coletadas aos 3, 33, 63, 93, 123, 153 e 183 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA), sendo destorroadas, peneiradas, homogeneizadas e colocadas nos vasos. Para evitar perdas dos herbicidas e, ou, nutrientes por lixiviação, os vasos foram revestidos internamente com filme de polietileno.

Cada parcela em casa de vegetação foi constituída por três vasos, nos quais foram semeadas seis sementes de sorgo cultivar BRS-310, deixando-se três plantas por vaso após o desbaste, que foram irrigadas diariamente, dependendo da necessidade.

No ensaio com milho utilizou-se a mesma metodologia do sorgo, porém com apenas uma época de coleta de solo (153 DAA).

Avaliou-se o acúmulo de matéria seca da parte aérea do sorgo e do milho aos 21 dias após a emergência (DAE). Os resultados referentes à matéria seca da parte aérea de sorgo e milho foram expressos em porcentagem em relação à testemunha sem herbicida.

Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão, sendo o modelo escolhido de acordo com o fenômeno biológico, pelo coeficiente de determinação e significância do coeficiente de regressão, adotando-se o nível de 5% de probabilidade.

De posse das equações de regressão obtidas no ensaio em casa de vegetação, calculou-se o tempo em dias que a dose do fomesafen aplicada na cultura do feijão, no experimento de campo, reduziu em 50% o crescimento das plantas de sorgo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aos 14 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA), a infestação de plantas daninhas na testemunha era de $668 \text{ plantas m}^{-2}$ com 149 g



de matéria seca, sendo a comunidade infestante constituída por mastruz (*Coronopus didymus* - 48,19% em relação à matéria seca total), serralha (*Sonchus oleraceus* - 31,64%), botão-de-ouro (*Galinsoga parviflora* - 11,96%), trevo (*Oxalis oxypetala* - 4,76%), corda-de-viola (*Ipomoea gradifolia* - 1,34%), orelha-de-urso (*Stachys arvensis* - 1,14%), picão-preto (*Bidens pilosa* - 0,54%), maria-pretinha (*Solanum americanum* - 0,47%) e trapoeraba (*Commelina diffusa* - 0,07%).

Considerando a avaliação aos 14 DAA (Figura 2), verifica-se que mastruz, serralha e botão-de-ouro foram efetivamente controlados por todas as combinações de herbicidas. A mistura formulada (bentazon+imazamox) foi menos eficiente do que o fomesafen aplicado isoladamente, no controle de orelha-de-urso e corda-de-viola, tanto na dose normal quanto em doses reduzidas. A aplicação conjunta da mistura bentazon+imazamox com fomesafen proporcionou efeito aditivo, com controle ótimo das plantas daninhas, porém nenhuma das combinações de herbicidas foi efetiva no controle de trevo.

Quanto à interferência na colheita do feijão (Tabela 3), observou-se que os melhores resultados de controle das plantas daninhas foram obtidos com a aplicação conjunta de bentazon+imazamox e fomesafen ou fomesafen isoladamente, em dose maior ou igual a 125 g ha⁻¹. Constatou-se que apenas uma capina aos 14 DAE e a aplicação da mistura comercial (bentazon+imazamox), mesmo na maior dose, não foram eficientes para a colheita no limpo. O efeito residual do fomesafen foi importante para a colheita no limpo (Tabela 3), porém causou intoxicação elevada no cultivo de sorgo em sucessão (Figuras 3 e 4).

O uso de doses reduzidas de herbicidas aplicados em pós-emergência, segundo Steckel et al. (1990) e Prostko & Meade (1993), proporciona menor impacto ambiental, além de reduzir o custo de produção. No entanto, para se obter controle eficiente, é necessário que o produto seja aplicado sobre plantas daninhas jovens, com elevada atividade metabólica, em condições ambientais favoráveis e com eficiente tecnologia de aplicação (Klingman et al., 1992; Ferreira et al., 1998).

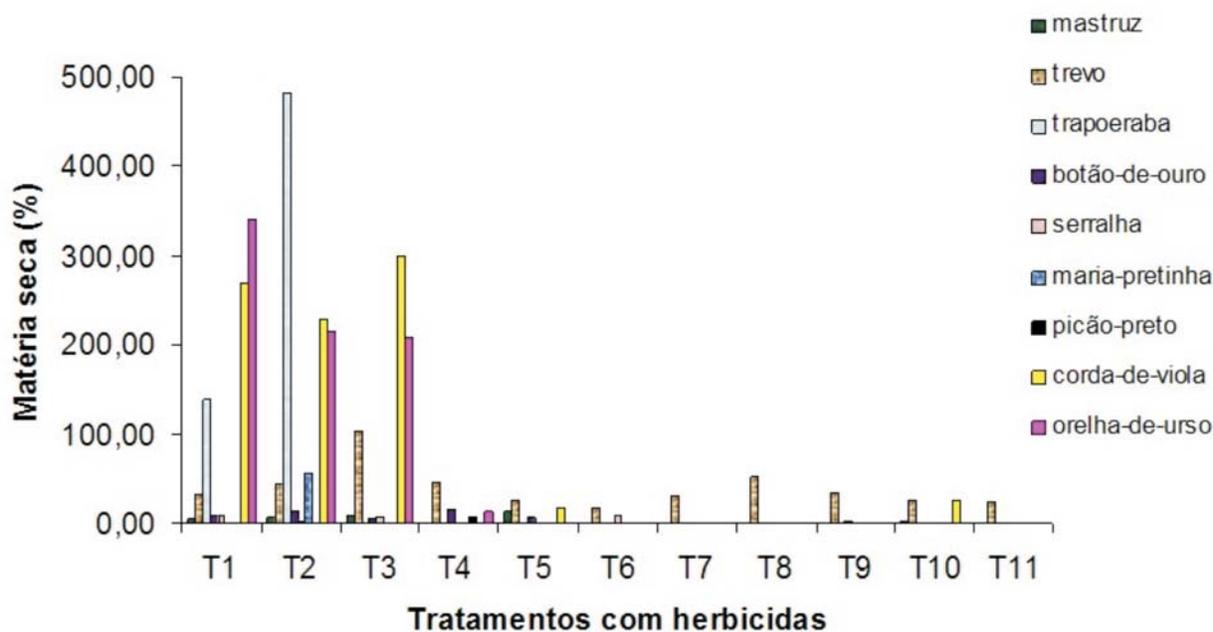
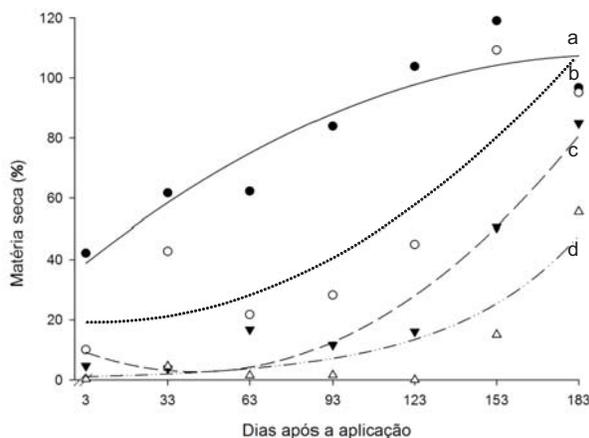


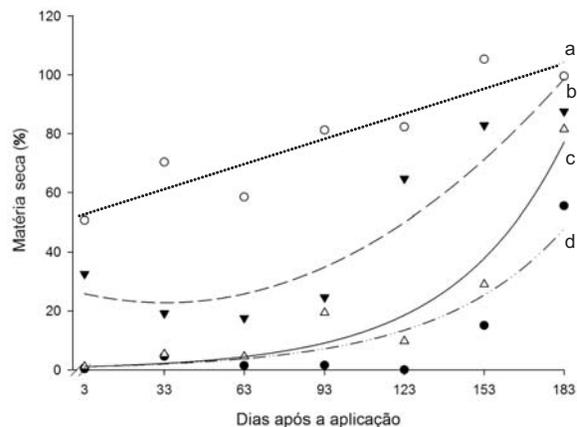
Figura 2 - Porcentagem do acúmulo de matéria seca de parte aérea de plantas daninhas, em relação à testemunha sem capina, aos 14 dias após a aplicação dos herbicidas: T1 – (bentazon+imazamox 150+7); T2 – (bentazon+imazamox 300+14); T3 – (bentazon+imazamox 450+21); T4 – (bentazon+imazamox 600+28); T5 – (fomesafen 62,5); T6 – (fomesafen 125); T7 – (fomesafen 187,5); T8 – (fomesafen 250); T9 – (bentazon+imazamox 450+21)+(fomesafen 62,5); T10 – (bentazon+imazamox 300+14)+(fomesafen 125); e T11 – (bentazon+imazamox 150+7)+(fomesafen 187,5). Doses expressas em g ha⁻¹.

Tabela 3 - Controle de plantas daninhas dicotiledôneas 14 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA) e dificuldade de colheita

Tratamento	Dose (g i.a ha ⁻¹)	Controle 14 DAA	Dificuldade de colheita
Testemunha capinada	-	Ótimo	Regular
Testemunha sem capina	-	Muito ruim	Difícil
Bentazon + imazamox	(150+7)	Regular	Difícil
Bentazon + imazamox	(300+14)	Regular	Regular
Bentazon + imazamox	(450+21)	Regular	Regular
Bentazon + imazamox	(600+28)	Ótimo	Regular
Fomesafen	(62,5)	Bom	Regular
Fomesafen	(125)	Muito bom	Fácil
Fomesafen	(187,5)	Ótimo	Fácil
Fomesafen	(250)	Ótimo	Fácil
(Bentazon + imazamox) + fomesafen	(450+21)+(62,5)	Ótimo	Fácil
(Bentazon + imazamox) + fomesafen	(300+14)+(125)	Ótimo	Fácil
(Bentazon + imazamox) + fomesafen	(150+7)+(187,5)	Ótimo	Fácil

**Figura 3** - Porcentagem de acúmulo de matéria seca da parte aérea de plantas de sorgo, em relação à testemunha, cultivadas em solos tratados com fomesafen nas doses: (a) 62,5, (b) 125, (c) 187,5 e (d) 250 g ha⁻¹, em função dos dias após aplicação dos herbicidas.

A mistura comercial de bentazon+ imazamox, em nenhuma das doses aplicadas isoladamente, causou intoxicação ao feijoeiro, enquanto a intoxicação causada pelo fomesafen, em doses iguais ou superiores a 125 g ha⁻¹, foi considerada muito leve aos 14 DAA, as quais desapareceram até os 28 DAA (dados não apresentados). Segundo Cobucci & Machado (1999), a mistura de bentazon (480 g ha⁻¹) e imazamox (30 g ha⁻¹) resultou em menor intoxicação ao feijoeiro, em relação à aplicação isolada de imazamox

**Figura 4** - Porcentagem do acúmulo de matéria seca da parte aérea de plantas de sorgo, em relação à testemunha, cultivadas em solos tratados com a mistura pronta (bentazon + imazamox) em mistura em tanque com fomesafen, nas doses: (a) (450+21)+(62,5), (b) (300+14)+(125), (c) (150+7)+(187,5) e (d) (0,0)+(250) g ha⁻¹, em diferentes épocas de coleta do solo após aplicação.

(30 g ha⁻¹). O fomesafen até 250 g ha⁻¹, mesmo sendo seletivo para a cultura do feijão, pode causar intoxicação às plantas, porém sem afetar seu rendimento.

A redução da produtividade da testemunha sem capina foi de 21,28%, em relação à testemunha capinada, indicando a grande interferência das plantas daninhas na cultura, conforme constatado por vários autores (William, 1973; Neary & Mazek, 1990;



Blackshaw, 1991; Malik et al., 1993; Zollinger & Kells, 1993; Kozłowski et al., 2002). Todos os tratamentos com herbicidas proporcionaram produtividade de grãos superior à da testemunha capinada, comprovando a seletividade do herbicida ao feijoeiro (Ferreira et al., 1998), e também mostraram que uma capina não foi suficiente para evitar a interferência das plantas daninhas com a cultura (Tabelas 3 e 4).

Considerando os ensaios em casa de vegetação, a mistura (bentazon+imazamox), aplicada isoladamente, não afetou a matéria seca da parte aérea de sorgo em nenhuma das épocas de coleta de solo e doses avaliadas. No entanto, com o fomesafen o efeito aumentou com a dose e variou com a época de amostragem.

Analisando o número de dias após a aplicação para que o fomesafen permitisse pelo menos o acúmulo de 50% de matéria seca da parte aérea das plantas de sorgo em relação à testemunha, percebe-se que a ação residual no solo variou com a dose aplicada. Na dose de 250 g ha⁻¹, o período após aplicação para acúmulo de 50% de matéria seca pelas plantas de sorgo foi maior que 183 DAA, não sendo possível sua avaliação dentro do período de condução do experimento, ao passo que para dose de 62,5 g ha⁻¹ esse tempo não passou de 19 dias (Figura 3 e Tabela 5).

Em trabalho realizado no inverno em sistema convencional de plantio de feijão, Santos (1991) constatou que o fomesafen causou redução no crescimento da parte aérea de plantas de sorgo até 100 dias após sua aplicação em todas as doses (125, 250 e 375 g ha⁻¹). Na dose de 375 g ha⁻¹, o efeito persistiu por até 180 dias. Esses resultados corroboram os observados neste trabalho, em que aos 183 DAA ainda foram verificados sintomas de intoxicação e redução de 53% no acúmulo de matéria seca da parte aérea das plantas de sorgo com 250 g ha⁻¹ do fomesafen.

A degradação do fomesafen em solos sob condição anaeróbica ocorre em menos de três semanas, enquanto em condições aeróbicas ele requer de seis a 12 meses para total dissipação (Anonymous, 1989, citado por Johnson & Talbert, 1993). Nesse trabalho, a baixa umidade no solo (Figura 1) pode ter influenciado a degradação do herbicida, uma vez que Santos (1991) e Cobucci et al. (1998) observaram degradação mais rápida do fomesafen em situação de maior teor de umidade no solo.

Verifica-se, na Figura 1, que as precipitações foram bem maiores entre 153 e 183 DAA, fato que coincidiu com a redução brusca na intoxicação das plantas de sorgo. As precipitações quantificadas nessa época superaram volumes de 40 mm de chuva diários por vários

Tabela 4 - Número de vagens por planta (NVPL) e produtividade de feijão em kg ha⁻¹ (PROD) dos tratamentos avaliados

Tratamento	Dose (g ha ⁻¹)	NVP	PROD
Testemunha capinada	-	13,60	2.834,02
Testemunha sem capina	-	12,34*	2.230,67*
Bentazon + imazamox	(150+7)	14,49*	2.770,85*
Bentazon + imazamox	(300+14)	14,56*	3.095,35*
Bentazon + imazamox	(450+21)	12,78*	2.795,99*
Bentazon + imazamox	(600+28)	15,93*	3.422,11*
Fomesafen	(62,5)	15,05*	3.414,79*
Fomesafen	(125)	13,60	2.960,39*
Fomesafen	(187,5)	16,77*	3.741,98*
Fomesafen	(250)	15,05*	3.160,23*
(Bentazon + imazamox) + fomesafen	(450+21)+(62,5)	19,68*	3.228,82*
(Bentazon + imazamox) + fomesafen	(300+14)+(125)	12,52*	2.986,12*
(Bentazon + imazamox) + fomesafen	(150+7)+(187,5)	14,78*	3.102,71*
CV (%)		17,20	11,18

* Médias com asterisco na coluna diferem da testemunha capinada a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

Tabela 5 - Equações ajustadas da porcentagem de acúmulo de matéria seca (MS) da parte aérea de plantas de sorgo em relação à testemunha, respectivos coeficientes de determinação e número de dias após a aplicação para que o herbicida permitisse 50% de acúmulo de matéria seca em relação à testemunha

Tratamento (herbicida/dose g ha ⁻¹)	Equação ajustada (MS)	R ²	Dia
Fomesafen 62,5	$\hat{Y} = 36,64 + 0,7239D - 0,00184D^2$	0,81	19
Fomesafen 125	$\hat{Y} = 18,9649 - 0,03337D + 0,0028 D^2$	0,77	111
Fomesafen 187,5	$\hat{Y} = 10,1431 - 0,3460D + 0,00399 D^2$	0,90	152
Fomesafen 250	$\hat{Y} = e^{0,0211D}$	0,84	*
(Bentazon+imazamox 450+21)+(fomesafen 62,5)	$\hat{Y} = 51,96 + 0,2755D + 0,0000545 D^2$	0,78	**
(Bentazon+imazamox 300+14)+(fomesafen 125)	$\hat{Y} = 26,48 - 0,2239D + 0,003376 D^2$	0,82	123
(Bentazon+imazamox 150+7)+(fomesafen 187,5)	$\hat{Y} = e^{0,0237D}$	0,94	165

* Valor calculado superior ao tempo de experimentação. ** Ausência de resíduos.

dias, provocando o encharcamento do solo, tornando seus poros cheios de água, reduzindo a oxigenação e, provavelmente, aumentando a degradação do fomesafen.

Em casa de vegetação, a intoxicação nas plantas de milho, aos 153 DAA, com fomesafen foi baixa, não afetando o acúmulo de biomassa das plantas (dados não apresentados).

Quando o milho foi cultivado em campo em sucessão ao feijão, apenas o fomesafen na dose de 250 g ha⁻¹ causou sintomas muito leves de intoxicação às plantas de milho, não sendo suficiente para reduzir a produtividade de grãos da cultura (dados não apresentados). Os herbicidas que permitiram fácil colheita do feijão foram os que apresentaram maior efeito residual, exceto a mistura de bentazon+imazamox (450 + 21 g ha⁻¹) com 62,5 g ha⁻¹ de fomesafen. Essa mistura, além de proporcionar produtividade superior à da testemunha capinada, permitiu colheita do feijão no limpo, sem deixar resíduos no solo suficientes para reduzir o crescimento do sorgo.

LITERATURA CITADA

ARTUZI, J. P.; CONTIERO, R. L. Herbicidas aplicados na soja e produtividade do milho em sucessão. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 41, n. 7, p. 1119-1123, 2006.

ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE MALEZAS – ALM. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de control de malezas. **ALAM**, v. 1, n. 1, p. 35-38, 1974.



BLACKSHAW, R. E. Hairy nightshade (*Solanum sarrachoides*) interference in dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Weed Sci.**, v. 39, n. 1, p. 39-48, 1991.

COBUCCI, T. et al. Effect of imazamox, fomesafen, and acifluorfen soil residue on rotational crops. **Weed Sci.**, v. 46, n. 2, p. 258-263, 1998.

COBUCCI, T.; MACHADO, E. Seletividade, eficiência de controle de plantas daninhas e persistência no solo de imazamox aplicado na cultura do feijoeiro. **Planta Daninha**, v. 17, n. 3, p. 419-432, 1999.

EUROPEAN WEED RESEARCH COUNCIL - EWRC. Report of 3 rd and 4 rd meetings of EWRC. Citee of methods in weed research. **Weed Res.**, v. 4, p. 88, 1964.

FERREIRA, F. A. et al. Manejo de plantas daninhas. In: VIEIRA, C.; DE PAULA JR., T. J.; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão: aspectos gerais da cultura no Estado de Minas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1998. p. 325-355.

FERRI, M. V. W.; VIDAL, R. A. Persistência do acetochlor em solo sob semeadura direta e convencional. **Planta Daninha**, v. 20, n. 1, p. 133-139, 2002.

FONTES, J. R. A. et al. Metolachlor e fomesafen aplicados via irrigação por aspersão em plantio direto e convencional. **Planta Daninha**, v. 24, n. 1, p. 99-106, 2006.

HINZ, C. Description of sorption data with isotherm equations. **Geoderma**, v. 99, n. 3-4, p. 225-243, 2001.

JAKELAITIS, A. et al. Atividade residual no solo da mistura comercial dos herbicidas fluazifop-p-butil e fomesafen utilizados no cultivo convencional e direto do feijoeiro. **Planta Daninha**, v. 24, n. 3, p. 533-540, 2006.

- JOHNSON, D. H.; TALBERT, R. E. Imazaquin, chlorimuron, and fomesafen may injure rotational vegetables and sunflower (*Helianthus annuus*). **Weed Technol.**, v. 7, p. 573-577, 1993.
- KLINGMAN, T. E.; KING, C. A.; OLIVER, L. R. Effect of application rate, weed species, and stage of growth on imazethapyr activity. **Weed Sci.**, v. 40, n. 2, p. 227-232, 1992.
- KOZLOWSKI, L. A. et al. Período crítico de interferência das plantas daninhas na cultura do feijoeiro comum em sistema de semeadura direta. **Planta Daninha**, v. 20, n. 2, p. 213-220, 2002.
- MALIK, V. S.; SWANTON, C. J.; MICHAELS, T. E. Interaction of white bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars, row spacing and seedling density with annual weeds. **Weed Sci.**, v. 41, n. 1, p. 62-68, 1993.
- NEARY, P. E.; MAJEK, B. A. Common cocklebur (*Xanthium strumarium*) interference in snap beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Weed Technol.**, v. 4, n. 4, p. 743-748, 1990.
- NIEKAMP, J. W.; JOHNSON, W. G. Weed management with sulfentrazone and flumioxazin in no-tillage soybean (*Glycine max*). **Crop Protec.**, v. 20, n. 2, p. 215-220, 2001.
- PROSTKO, E. P.; MEADE, J. A. Reduced rates postemergence herbicides in conventional soybean (*Glycine max*). **Weed Technol.**, v. 7, n. 2, p. 365-369, 1993.
- SANTOS, J. G. M. **Controle químico de plantas daninhas na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), no inverno.** 1991. 86 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1991.
- STECKEL, L. E.; DEFELICE, M. S.; SIMS, B. D. Integrating reduced rates of postemergence herbicides and cultivation for broadleaf weed control in soybean (*Glycine max*). **Weed Sci.**, v. 38, n. 6, p. 541-545, 1990.
- WILLIAM, R. D. Competição entre a tiririca (*Cyperus rotundus*) e o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). **R. Ceres**, v. 20, n. 112, p. 424-432, 1973.
- ZOLLINGER, R. K.; KELLS, J. J. Perennial sowthistle (*Sonchus arvensis*) interference in soybean (*Glycine max* L.) and dry edible bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Weed Technol.**, v. 7, n. 1, p. 52-57, 1993.

