

JOSÉ ROBERTO ANTONIOL FONTES

**EFICÁCIA DE HERBICIDAS APLICADOS VIA PIVÔ-CENTRAL NA
CULTURA DO FEIJÃO EM PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2002

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

F683e
2002

Fontes, José Roberto Antonioli, 1968-

Eficácia de herbicidas aplicados via pivô-central na cultura do feijão em plantio direto e convencional / José Roberto Antonioli Fontes. – Viçosa : UFV, 2002.
64p. : il.

Orientador: Antonio Alberto da Silva

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Viçosa

1. Feijão – Irrigação – Efeito da aplicação de herbicidas.
2. Erva daninha – Controle. 3. Herbicidas – Lixiviação no solo. 4. Feijão – Plantio direto. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 19.ed. 635.65287

CDD 20.ed. 635.65287

JOSÉ ROBERTO ANTONIOL FONTES

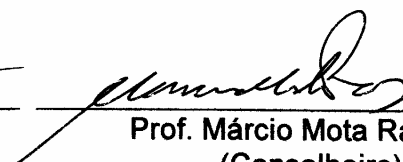
**EFICÁCIA DE HERBICIDAS APLICADOS VIA PIVÔ-CENTRAL NA
CULTURA DO FEIJÃO EM PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL**

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Fitotecnia, para
obtenção do título de *Doctor
Scientiae*.

APROVADA: 18 de abril de 2002.




Dr. Rogério Faria Vieira
(Conselheiro)



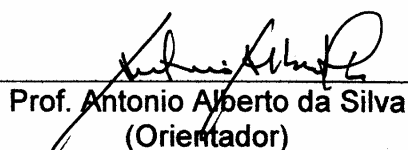
Prof. Márcio Mota Ramos
(Conselheiro)



Prof. Tocio Sedyama



Prof. Lino Roberto Ferreira



Prof. Antonio Alberto da Silva
(Orientador)

*Aos que sempre me acompanham, desde há muito tempo, desde há pouco
tempo, para sempre...*

Minha Mãe, Juraci.

Meu Pai, Roberto.

Meu Irmão, Marcelo.

Minha Mulher, Darciley.

Minha Filha, Carolina.

Minha Filha, Roberta.

Obrigado, por tudo!

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Fitotecnia, pelos ensinamentos acadêmicos e de vida.

Ao povo brasileiro, por meio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa de estudo.

Ao professor Antonio Alberto da Silva, antes de tudo pela sinceridade de suas palavras, pela orientação, pela amizade, sobretudo fora das quatro pilastras, e pelas boas tardes no Bonsucesso.

Ao Dr. Rogério Faria Vieira, pela grande ajuda, pelo grande exemplo e pela grande amizade.

Ao professor Márcio Mota Ramos, pelo aconselhamento e pela inestimável ajuda.

Aos professores Tocio Sediya e Lino Roberto Ferreira, que aceitaram prontamente participar da banca de defesa de tese, contribuindo significativamente com críticas e sugestões.

Ao professor Ernani Luiz Agnes, pela valiosa ajuda na fase de campo e pelas sugestões no exame de qualificação.

Ao José Aparecido e ao Raimundo Sirino, pelas longas conversas, pela amizade e pelas risadas enquanto o pivô central dava suas voltas.

Ao amigo Luís Henrique, pela ajuda na condução do trabalho.

Aos amigos de Universidade, representados pelo Adriano Jakelaitis, neto de Manoel Honório dos Santos, contador de casos e amigo de Lampeão.

Aos amigos Vicente Madaleno dos Santos e Mara Rodrigues, importantes para a transposição do caminho.

Aos amigos do Bonsucesso, em especial a D. Terezinha, pelas sempre agradáveis horas de convívio, “esporte e cultura”.

Aos amigos da vida comum, dos quais senti e sinto saudades. Para o Fabiano, especial e principalmente pelo sorriso, dedico um grande abraço. Viver não é fácil e você nos ensina essa lição com alegria. Precisando é só dizer, que chego num pé-de-vento.

Ao tio Dennis, que sempre demonstrou carinho e preocupação.

A Dalmizinho, Neusinha, Tulinho e Mariana, simplesmente por gostarem de mim. Sempre no meu coração.

AS MINAS DO REI SALOMÃO
(Raul Seixas e Paulo Coelho)

*Entre e vem correndo para mim,
Meu princípio já chegou ao fim,
O que me resta agora é o seu amor.
Traga sua bola de cristal
E aquele incenso do Nepal
Que você comprou num camelô.
E me empresta o seu colar
Que um dia eu fui buscar
Na tumba de um sábio faraó.
Veja quanto livro na estante,
Don Quixote, o Cavaleiro Andante,
Luta a vida inteira contra o rei.
Jogue as cartas, leia a minha sorte,
Tanto faz a vida quanto a morte,
O pior de tudo eu já passei.
Do passado me esqueci,
No presente me perdi,
Se chamarem diga que eu saí!*

BIOGRAFIA

JOSÉ ROBERTO ANTONIOL FONTES, filho de José Roberto Fontes e Juraci Antoniol Fontes, nasceu em Viçosa-MG, no dia 7 de outubro de 1968, onde sempre realizou seus estudos.

Em fevereiro de 1995 obteve seu diploma de Engenheiro-Agrônomo e, em agosto de 1997, o de mestre em Fitotecnia, ambos pela Universidade Federal de Viçosa. Na mesma instituição, sua tese de doutorado em Fitotecnia foi aprovada em abril de 2002.

CONTEÚDO

	Página
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xi
INTRODUÇÃO.....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	8
HERBIGAÇÃO E PULVERIZAÇÃO DO METOLACHLOR E DO FOMESAFEN NA EFICIÊNCIA DE CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DO FEIJÃO EM PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL	11
RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	12
1. INTRODUÇÃO.....	12
2. MATERIAL E MÉTODOS	15
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
3.1. Experimento com metolachlor.....	23
3.2. Experimento com fomesafen.....	28
3.3. Experimento com metolachlor e fomesafen	33
4. RESUMO E CONCLUSÕES.....	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

	Página
INFLUÊNCIA DA HERGIGAÇÃO NA LIXIVIAÇÃO DO METOLACHLOR E DO FOMESAFEN NA CULTURA DO FEIJÃO EM PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL.....	41
RESUMO.....	41
ABSTRACT.....	42
1. INTRODUÇÃO.....	42
2. MATERIAL E MÉTODOS	47
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
3.1. EXPERIMENTO COM METOLACHLOR.....	48
3.2. EXPERIMENTO COM FOMESAFEN.....	51
4. RESUMO E CONCLUSÕES.....	54
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
APÊNDICE	58

RESUMO

FONTES, José Roberto Antoniol, D.S., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2002. **Eficácia de herbicidas aplicados via pivô central na cultura do feijão em plantio direto e convencional.** Orientador: Antonio Alberto da Silva. Conselheiros: Rogério Faria Vieira e Márcio Mota Ramos.

Comparou-se a herbicção com a pulverização do metolachlor e do fomesafen na eficiência de controle de plantas daninhas na cultura do feijão e na lixiviação desses compostos no solo, em plantio direto e convencional. Foram conduzidos experimentos de campo e bioensaios em casa de vegetação. Em campo, no experimento 1, aplicou-se em pré-emergência o metolachlor ($2,4 \text{ kg ha}^{-1}$) com lâminas de água de 5, 10 e 15 mm; no experimento 2, o fomesafen ($0,225 \text{ kg ha}^{-1}$), em pós-emergência, com 3, 6 e 9 mm; e no experimento 3, os dois herbicidas (metolachlor em pré seguido do fomesafen em pós-emergência) com as mesmas lâminas já citadas. Os herbicidas foram também aplicados com pulverizador costal (200 L ha^{-1} de calda). Foram incluídas duas testemunhas: com e sem capina. A comparação da lixiviação dos herbicidas foi feita por meio de bioensaios. Amostras de solo foram coletadas em três profundidades, 0-5, 5-10 e 10-15 cm, aos 15, 30, 45 e 60 dias após a aplicação dos herbicidas. Como planta-teste utilizou-se

Sorghum bicolor (híbrido BR 304). Quinze dias após a semeadura, as plantas foram coletadas e secas em estufa com circulação forçada de ar a 72 °C. Comparou-se a massa da planta-teste seca com a da testemunha, cultivada em amostras de solo coletadas em área na qual não foram aplicados os herbicidas. Os experimentos de campo e os bioensaios em casa de vegetação foram conduzidos com três repetições. Para interpretação dos resultados utilizou-se a estatística descritiva, com apresentação das médias dos tratamentos e seus respectivos erros-padrão da média. Quatro dias antes e depois da aplicação dos herbicidas foi aplicada lâmina de água de 10 mm em toda a área experimental. No plantio convencional predominaram *Artemisia verlotorum* e as monocotiledôneas, e no plantio direto, *Bidens pilosa* e outras dicotiledôneas. O metolachlor, quando aplicado com lâmina de água de 15 mm, proporcionou excelente controle das invasoras, superior ao obtido com a pulverização, independentemente do sistema de plantio. O fomesafen proporcionou de bom a excelente controle das dicotiledôneas com todas as lâminas de água em ambos os sistemas de plantio. Quando foram empregados os dois herbicidas, o controle de monocotiledôneas e dicotiledôneas foi excelente, independentemente da lâmina de água e do sistema de plantio. As produtividades alcançadas no plantio direto foram maiores, em relação ao plantio convencional. Apesar de melhor controle das plantas daninhas com os dois herbicidas, a aplicação de apenas um deles não comprometeu a produtividade do feijão, independentemente do sistema de plantio e da lâmina de água utilizada na herbicidação. A lixiviação no solo do metolachlor e do fomesafen não foi influenciada pela aplicação dos herbicidas com água de irrigação, independentemente da lâmina de água utilizada, assim como o sistema de plantio adotado.

ABSTRACT

FONTES, José Roberto Antoniol, D.S., Universidade Federal de Viçosa, April 2002. **Effectiveness of the herbicides applied by central pivot on beans cropping under non-till and conventional planting.** Adviser: Antonio Alberto da Silva. Committee members: Rogério Faria Vieira and Márcio Mota Ramos.

A comparison between herbigation and the conventional application of the metolachlor and fomesafen was performed for their efficiency in controlling the weeds in beans cropping, as well as the leaching of these compounds in soil profile, under no-till and conventional planting. The experiments were carried out in the field, whereas the bioassays were performed under greenhouse conditions. In experiment 1, conducted under field conditions, the metolachlor was applied (2.4 kg ha^{-1}) at pre-emergence with water depths of 5, 10 and 15 mm. In experiment 2, the fomesafen was applied (0.225 kg ha^{-1}) at post-emergence with water depths of 3, 6 and 9 mm. In experiment 3, the metolachlor was applied at pre-emergence, followed by fomesafen at post-emergence; for both herbicides these same water depths were used. The herbicides were also applied by knapsack sprayer (200 L ha^{-1} syrup). Two controls were included, that is, weeded and without weeding. The leaching of these herbicides in the soil profile were compared by bioassays. A number of soil samples were collected at three depths, that is, 0-5, 5-10, and 10-15 cm,

and at 15, 30, 45, and 60 days after applying the herbicides. The *Sorghum bicolor* (hybrid BR 304) was used as test-plant. Fifteen days after sowing, the plants were collected and dried in an air-forced circulation oven at 72 °C. The dry mass of the test-plant was compared to that of the control growing in soil samples taken from the area where no herbicides were applied. The field experiments and the bioassays conducted under greenhouse conditions were carried out with three replications. For interpretation of the results, the descriptive statistics was used, presenting the averages of the treatments and their respective standard deviations of the average. Four days before and after application of the herbicides, a water depth of 10 mm was applied throughout the experimental area. In the conventional planting, the *Artemisia verlotorum* and the monocotyledonous prevailed, whereas *Bidens pilosa* and other dicotyledonous prevailed in no-till planting. When applied with a water depth of 15 mm, the metolachlor provided an excellent control upon invaders, which was superior to the one obtained by using the knapsack sprayer, independently from the used planting system. Fomesafen provided a good to excellent control upon the dicotyledonous for all water depths used in both planting systems. The application of both herbicides provided an excellent control upon the monocotyledonous and dicotyledonous, independent from the used water depth and planting system. In no-till planting, the productivities were higher than the ones obtained in the conventional planting. Although the application of both herbicides provided a better control of the weeds, the application of just one of them did not commit the beans productivity, independent from the planting system and the water depth used in herbigation. The leaching of the metolachlor and fomesafen in soil profile was not affected by application of these herbicides with irrigation water, independent from the used water depth and the adopted planting system as well.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial de feijão (*Phaseolus vulgaris*). A cultura tem grande importância socioeconômica, pois é cultivada em pequenas e grandes propriedades, onde é empregado grande contingente de mão-de-obra (Borém & Carneiro, 1998). A produção nacional no ano agrícola de 1999/2000 foi de 3.098.000 toneladas, obtida em 4.267.000 ha (COMPANHIA... - CONAB, 2001).

Grande parte da produção de feijão advém de áreas em monocultivo. A semeadura pode ser feita em quatro épocas de plantio: primavera (ou feijão das “águas”), verão (ou feijão da “seca”), outono e inverno. Nas duas últimas empregam-se níveis elevados de tecnologia, principalmente no que diz respeito a defensivos agrícolas e irrigação. Segundo Silveira et al. (2001), a área plantada com feijão irrigado é de aproximadamente 160.000 ha, destacando-se a aspersão como o sistema de irrigação mais utilizado. O feijão destaca-se como a principal cultura granífera cultivada com irrigação no outono-inverno e inverno-primavera no Sudeste, no Centro-Oeste e em algumas áreas da Região Nordeste.

Como acontece com toda cultura, o feijão também é prejudicado pela interferência das plantas daninhas (competição e alelopatia), as quais além de provocarem redução na quantidade e na qualidade do produto colhido, podem inviabilizar a colheita e os outros tratamentos culturais. Por isso, é necessário o seu

manejo e controle para reduzir e, ou, eliminar tais efeitos. O período crítico de competição das plantas daninhas com o feijoeiro situa-se entre 15 e 30 dias após a emergência das plântulas (Ferreira et al., 1998). As técnicas para o manejo das plantas daninhas são variadas. Uma das principais é o uso de herbicidas. Esses produtos são empregados em pequenas ou grandes áreas de cultivo, garantindo eficiência e economia de tempo e mão-de-obra. Como consequência, o uso de herbicidas vem crescendo, existindo diversos produtos registrados para aplicação em pré-plantio incorporado (PPI), em pré-emergência (PRÉ) e em pós-emergência (PÓS).

Dentre os métodos de aplicação de herbicidas, a pulverização é o mais utilizado. Ademais, uma nova modalidade de aplicação vem ganhando destaque em áreas irrigadas: a herbificação, termo adotado para designar a aplicação de herbicidas com a água de irrigação. O primeiro relato do uso dessa técnica foi feito por Bruns et al. (1955). Esses autores utilizaram solventes aromáticos para controle de plantas aquáticas em canais de irrigação. A herbificação é possível de ser realizada com todos os métodos de irrigação, mas é mais comum na aspersão, em que a água é aplicada em área total. Por isso, podem ser aplicados por essa técnica herbicidas em PPI, em PRÉ e em PÓS (Vieira, 1994). Vieira & Silva (1998) citam as seguintes vantagens da herbificação: redução do custo de aplicação; redução de gastos com energia (óleo diesel); redução do emprego de mão-de-obra; redução do uso de equipamentos; redução da compactação do solo, devido ao menor tráfego de veículos e implementos na área cultivada; redução do perigo de contaminação do operador (alta diluição do produto); redução do impacto ambiental (redução de deriva); aumento da atividade do herbicida (incorporação no perfil do solo e redução de perdas por volatilização e, ou, fotodecomposição); aumento de uniformidade de aplicação e distribuição; maior compatibilidade com o sistema plantio direto (incorporação de herbicidas aplicados em PPI sem revolvimento do solo); e redução de injúrias mecânicas às culturas, por não haver trânsito de veículos e implementos na área cultivada. Esses autores citam como desvantagens: exigência de maior conhecimento do manejo e controle de plantas daninhas e do manejo de

irrigação; uso de equipamentos adicionais, como tanques de diluição, bombas injetoras, válvulas de segurança; aumento do risco de contaminação ambiental, se medidas de segurança não forem adotadas; aumento do tempo de aplicação; e realização de irrigação desnecessária, quando o herbicida tem de ser aplicado com o solo já úmido.

Para Aon et al. (2001), a adoção de sistemas de manejo conservacionistas de solo tem sido apresentada como opção para garantir a sustentabilidade do uso agrícola dos solos. De acordo com Balbino et al. (1996) e Silva et al. (1996), o plantio direto é um sistema para implantação de cultura sem o revolvimento do solo desde a colheita da cultura anterior, mantendo sobre a superfície do solo vegetação seca e palha. Conseqüentemente, há redução significativa da erosão e da degradação física, química e biológica do solo, tornando-o um sistema de plantio ambientalmente sustentável em qualquer região agrícola. Atualmente ele pode ser encontrado nas mais diferentes regiões edafoclimáticas, com as mais variadas culturas. Os aspectos favoráveis dessa técnica despertaram o interesse de agricultores e pesquisadores, razão pela qual a área cultivada e o volume de pesquisas relacionadas a esse sistema de cultivo vêm aumentando rapidamente. Segundo Kluthcouski et al. (2000), além da redução de erosão e da degradação do solo, há redução de tempo no plantio, economia de combustível, melhor estabelecimento da cultura, maior retenção de água no solo e economia de mão-de-obra e de máquinas e implementos.

Algumas considerações são importantes em relação ao manejo e controle de plantas daninhas no plantio direto. Segundo Ball (1992) e Yenish et al. (1992), nesse sistema as sementes de plantas daninhas concentram-se próximo à superfície do solo. Por isso, pode-se reduzir o banco de sementes e a infestação da gleba por invasoras por indução da germinação. Carmona & Villas Bôas (2001) verificaram que a germinação da maioria das sementes de *Bidens pilosa* ocorre após a sua maturação, e ela é acelerada na superfície do solo, em razão da maior incidência de luz e maior variação de temperatura. Em conseqüência, a adoção do sistema plantio direto pode acelerar o decréscimo do número de sementes dessa espécie, pois elas se concentram

próximo à superfície do solo. A cobertura morta do solo promove impedimento físico à germinação de várias espécies de plantas daninhas e também pode produzir substâncias alelopáticas que atuam sobre as sementes, impedindo-lhes a germinação. Ruedell (1990), citado por Cobucci et al. (1996), verificou que, em geral, no sistema plantio direto houve redução do número de plantas daninhas em relação ao preparo convencional. Theisen et al. (2000) constataram que a densidade de *Brachiaria plantaginea* diminuiu de 829 para 86 plantas m² com a elevação da quantidade de palha de *Avena strigosa* sobre o solo de 0 para 10,5 t ha⁻¹.

O metolachlor é um herbicida que pertence ao grupo químico das acetanilidas, com registro para uso em pré-emergência na cultura do feijão, para controle de espécies daninhas monocotiledôneas e algumas dicotiledôneas. De acordo com Rodrigues & Almeida (1998), esse herbicida apresenta baixa pressão de vapor ($1,3 \times 10^{-5}$ mm de Hg, a 20° C) e solubilidade em água de 488 mg L⁻¹, a 20 °C. Para que apresente boa eficiência no controle de plantas daninhas, é necessário que seja aplicado em solo úmido (Barnes et al., 1992). A sua absorção ocorre principalmente pelo coleóptilo (em monocotiledôneas) ou pelo hipocótilo (em dicotiledôneas), quando essas partes das plântulas atravessam a camada de solo tratada com o herbicida. A absorção foliar e radical é desprezível, com translocação predominantemente xilemática (Rodrigues & Almeida, 1998). Entretanto, segundo Fuerst (1987), a absorção radicular também pode ser importante em gramíneas. Nas espécies sensíveis, o herbicida inibe a síntese de lipídios, possivelmente por interferir na ação da acetil-coenzima A, atuando nas regiões meristemáticas dos pontos de crescimento. Verifica-se rompimento de membranas celulares e inibição da divisão e alongação celular, paralisando o crescimento da plântula (Vidal, 1997; Rodrigues & Almeida, 1998).

O metolachlor apresenta sorção moderada aos colóides minerais e orgânicos do solo (Ahrens, 1994). Tem coeficiente de partição octanol-carbono orgânico (Koc) de 200 mL g⁻¹ e sua persistência no solo é de 15 a 50 dias (Rodrigues & Almeida, 1998).

Segundo O'Connel et al. (1998), o metolachlor tem sido usado há mais de 20 anos para controle seletivo de plantas daninhas em mais de 70 culturas em todo o mundo. A moderada movimentação e persistência no solo e o baixo risco de desenvolvimento de espécies daninhas resistentes dão a esse herbicida condição de integrar práticas sustentáveis de manejo de plantas daninhas, como o uso em diferentes sistemas de plantio.

Barnes et al. (1992) avaliaram a lixiviação, a persistência no solo e a eficiência no controle de plantas daninhas do metolachlor (2,8 kg ha⁻¹) aplicado via herbigação, em comparação com a pulverização. Esses autores constataram que o método de aplicação não teve influência na lixiviação e persistência do metolachlor no solo. Verificaram, também, alto nível de controle de *Amaranthus hybridus*, *Digitaria sanguinalis* e *Eleusine indica* na herbigação.

Quando aplicado em solo seco, é necessária a ocorrência de chuva ou o uso de irrigação para proporcionar a movimentação e a ativação do metolachlor. Keller et al. (1998) verificaram que 41% do metolachlor aplicado por pulverização foi perdido por volatilização, quando se irrigou 18 horas após a aplicação do herbicida. Na herbigação, com aplicação de grande volume de água ocorrem a distribuição e a incorporação do herbicida no solo, evitando-se perdas por volatilização e tornando-o imediatamente ativo.

O fomesafen é um herbicida pertencente ao grupo químico dos difeniléteres, registrado no Brasil para uso em pós-emergência na cultura do feijão, para controle de espécies daninhas dicotiledôneas anuais (Rodrigues & Almeida, 1998). Ele é mais eficiente em plantas daninhas em plena atividade metabólica e em condições de temperatura amena, elevada umidade relativa do ar e boa disponibilidade de água no solo (Bolaños Espinoza et al., 1992). Apresenta alta solubilidade em água (600.000 mg L⁻¹ a 25 °C, formulação salina de sódio) e baixa pressão de vapor (10⁻⁷ mm de Hg a 50 °C). A absorção é predominantemente foliar, ocorrendo também pequena absorção radical, com translocação xilemática (Rodrigues & Almeida, 1998). O mecanismo de ação é a inibição da enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), o que leva à formação excessiva de protofirinogênio IX e,

conseqüentemente, geração de oxigênio singleto na presença de luz. O oxigênio singleto provoca peroxidação de lipídios e destruição de membranas celulares (Vidal, 1997; Rodrigues & Almeida, 1998). O fomesafen tem K_{oc} de 60 mL g^{-1} e apresenta longa persistência no solo, com meia-vida de 60 a 180 dias, devendo-se observar intervalo de 150 dias entre a aplicação do fomesafen e a semeadura do milho ou do sorgo (Cobucci et al., 1996; Rodrigues & Almeida, 1998). Bolaños Espinoza et al. (1992) verificaram que a aplicação de doses de 0,125 a $2,2 \text{ kg ha}^{-1}$ não causou efeito tóxico ao trigo semeado 180 dias após a aplicação do fomesafen, provocando, porém, injúrias no milho e no sorgo com a aplicação de $0,5 \text{ kg.ha}^{-1}$ nesse mesmo período.

Em alguns estudos, foi avaliada a eficiência do fomesafen aplicado via herbigação. Dowler (1984) aplicou o herbicida misturado com óleo de soja, em lâmina de água de 2,5 mm, e verificou controle total de *Ipomoea purpurea* e *Jacquemontia tamnifolia*. Observou, ainda, controle moderado de *Desmodium tortuosum* e *Senna obtusifolia*. Dowler (1987), também avaliando a mistura de fomesafen com óleo de soja, aplicada com lâminas de água de 2,5 e 6,3 mm, verificou bom a excelente controle de *D. tortuosum*, *S. obtusifolia*, *I. purpurea*, *Richardia scabra* e *Amaranthus* spp. Todavia, Vieira & Fontes (1994), avaliando a aplicação do fomesafen com lâmina de água de 9 mm em lavoura de feijão de outono-inverno, verificaram controle eficiente de *B. pilosa*, mas ineficiente de *Ipomoea* spp. Esta espécie só foi adequadamente controlada com a pulverização convencional do fomesafen. Fontes et al. (1999) aplicaram o fomesafen com lâmina de água de 3 mm na cultura de feijão de outono-inverno e constataram ótimo controle de *Raphanus raphanistrum*, semelhante ao proporcionado pela pulverização. Leite et al. (1999) aplicaram o fomesafen com lâminas de água de 3, 6 e 9 mm e constataram que a eficiência de controle de *R. raphanistrum* aumentou com o aumento da lâmina de água, sugerindo que a absorção radical foi importante. Nesse estudo, não foi realizada irrigação e tampouco choveu entre a aplicação do herbicida e a avaliação do controle.

Em face da carência de informações sobre o metolachlor e o fomesafen aplicados com água de irrigação no controle de plantas daninhas, em sistema plantio direto e convencional, foi realizado este trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHRENS, W.H. (ed.). **Herbicide Handbook**. 7.ed. Champaign: WSSA, 1994. 352 p.
- AON, M.A.; SARENA, D.E.; BURGOS, J.L.; CORTASSA, S. (Micro)biological, chemical and physical properties of soils subjected to conventional or no-till management: assessment of their quality status. **Soil and Tillage Research**, v.60, n.3-4, p.173-186, 2001.
- BALBINO, L.C.; MOREIRA, J.A.A.; SILVA, J.G. da; OLIVEIRA, E.F. de; OLIVEIRA, I.P. de. Plantio direto. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J. de O. (ed.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 301-352.
- BALL, D.A. Weed seed bank response to tillage, herbicides, and crop rotation sequence. **Weed Science**, v.40, n.4, p.654-659, 1992.
- BARNES, C.J.; LAVY, T.L.; TALBERT, R.E. Leaching, dissipation, and efficacy of metolachlor applied by chemigation or conventional methods. **Journal of Environmental Quality**, v.21, n.2, p.232-236, 1992.
- BOLAÑOS ESPINOZA, A., MEDINA PITALÚA, J.L.; ÚRZUA SORIA, F. Actividad biológica del herbicida fomesafen en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y su residualidad en rotacion com maiz (*Zea mays* L.). **Chapingo**, v.16, n.77, p.96-100, 1992.
- BORÉM, A.; CARNEIRO, J.E.S. A cultura. In: VIEIRA, C.; PAULA JR., T.J. de; BORÉM, A. (ed.) **Feijão - aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa: Editora UFV, 1998. p.13-17.
- BRUNS, V.F.; HODGSON, J.M.; ARLE, H.F.; TIMMONS, F.L. **The use of aromatic solvents for control of submersed aquatic weeds in irrigation channels**. Washington-DC: United States Department of Agriculture, 1955. 33p. (USDA.Circular, 971).

- CARMONA, R.; VILLAS BÔAS, H.D. da C. Dinâmica de sementes de *Bidens pilosa* no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.3, 2001.
- COBUCCI, T.; FERREIRA, F.A.; SILVA, A.A. da. Controle de plantas daninhas. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J. de O. (ed.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 433-464.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Comparativo de área, produção e produtividade da safra 1999/2000 (http://www.conab.gov.br/politica_agricola/safra/quadro1.xls)
- DOWLER, C.C. Present herbicide application technology with sprinkler irrigation. **Soil Crop Science Society of Florida**, [S.l.], n.3, p.6-9, 1984.
- DOWLER, C.C. Efficacy of some recently developed herbicides applied through irrigation. In: Southern Weed Science Society, 40, Orlando, 1987. **Proceedings...**, Champaign: SWSS, p.372.
- FERREIRA, F.A.; SILVA, A.A. da; COBUCCI, T.; FERREIRA, L.R. Manejo de plantas daninhas. In: VIEIRA, C.; PAULA JR., T.J. de; BORÉM, A. (ed.) **Feijão - aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa: Editora UFV, 1998. p. 325-355.
- FONTES, J.R.A.; SILVA, A.A. da; LEITE, J.A. de O.; VIEIRA, R.F.; RAMOS, M.M. Aplicação de herbicidas em pós-emergência via água de irrigação na cultura do feijão. In: RENAFE, 6, 1999. Salvador: Embrapa. **Resumos...** Salvador: Embrapa, 1999.
- FUERST, E.P. Understanding the mode of action of the chloroacetamide and thiocarbamate herbicides. **Weed Technology**, v.1, n.4, p.270-277, 1987.
- KELLER, K.E.; WEBER, J.B.; CASSEL, D.K.; WOLLUM, A.C.; MILLER, C.T. Temporal distribution of ¹⁴C in soil water from field lysimeters treated with ¹⁴C-metolachlor. **Soil Science**, v.163, n.11, p.872-882, 1998.
- KLUTHCOUSKI, J.; FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D.; RIBEIRO, C.M.; FERRARO, L.A. Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. **Scientia Agricola**, v.57, n.1, 2000.
- LEITE, J.A. de O.; RAMOS, M.M.; FONTES, J.R.A.; VIEIRA, R.F.; SILVA, A.A. da. Aplicação do herbicida fomesafen, com e sem óleo, em três lâminas de água na cultura do feijão. In: RENAFE, 6, 1999. Salvador: Embrapa. **Resumos...** Salvador: Embrapa, 1999.
- O'CONNELL, P.J.; HARRIS, C.T.; ALLEN, J.R.F. Metolachlor, S-metolachlor and their role within sustainable weed-management. **Crop Protection**, v.17, n.3, p.207-212, 1998.
- RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.R. de. **Guia de herbicidas**. 4.ed. Londrina: Edição dos autores, 1998. 648p.
- SILVA, J.G.; SILVEIRA, P.M.; BALBINO, L.C. Preparo do solo. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (ed.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos. 1996. p. 275-300.

- SILVEIRA, P.M.; SILVA, O.F.; STONE, L.F.; SILVA, J.G.. Efeitos do preparo de solo, plantio direto e de rotação de culturas sobre o rendimento e a economicidade do feijoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.1, p.257-263, 2001.
- THEISEN, G.; VIDAL, R.A.; FLECK, N.G. Redução da infestação de *Brachiaria plantaginea* em soja pela cobertura do solo com palha de aveia preta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.4, 2000.
- VIDAL, R.A. **Herbicidas: mecanismos de ação e resistência de plantas**. Porto Alegre: edição do autor, 1997. 165p.
- VIEIRA, R.F. Introdução à quimigação. In: COSTA, E.F. da; VIEIRA, R.F.; VIANA, P.A. (ed.) **Quimigação - aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação**. Brasília: Embrapa, 1994. p. 13-39.
- VIEIRA, R.F.; FONTES, J.R.A. Aplicação da mistura dos herbicidas fomesafen e fluazifop-p-butil por intermédio da água de irrigação de pivô central, na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 14, 1994, Viçosa. **Resumos....** Viçosa. 1994.
- VIEIRA, R.F.; SILVA, A.A. Aplicação de defensivos via água de irrigação por aspersão. In: VIEIRA, C.; PAULA JR., T.J.; BORÉM, A. (ed.) **Feijão - aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa: Editora UFV. 1998. p. 13-17.
- YENISH, J.P.; DOLL, J.D.; BUHLER, D.D. Effects of tillage on vertical distribution and viability of weed seed in the soil. **Weed Science**, v.40, n.3, p.429-433, 1992.

HERBIGAÇÃO E PULVERIZAÇÃO DO METOLACHLOR E DO FOMESAFEN NA EFICIÊNCIA DE CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DO FEIJÃO EM PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência do metolachlor e do fomesafen via herbigação no controle de plantas daninhas na cultura do feijão, em plantio direto e convencional. O plantio direto foi implantado sobre palha de milho e de plantas daninhas. No plantio convencional, o preparo de solo foi feito com uma aração e duas gradagens. A variedade de feijão utilizada foi a Pérola, plantada no inverno. O metolachlor e o fomesafen foram aplicados em pré-emergência e pós-emergência, respectivamente, utilizando um pivô central. O metolachlor ($2,4 \text{ kg ha}^{-1}$) foi aplicado com lâminas de água de 5, 10 e 15 mm, e o fomesafen ($0,225 \text{ kg ha}^{-1}$), com 3, 6 e 9 mm. Os herbicidas também foram aplicados com pulverizador costal, pressurizado com CO_2 (200 L ha^{-1}). Foram incluídas duas testemunhas: com e sem capina. Foram conduzidos três experimentos: 1 - aplicação isolada de metolachlor; 2 - aplicação isolada de fomesafen; e 3 - aplicação do metolachlor, em pré-emergência, seguida da aplicação do fomesafen em pós-emergência, nas mesmas parcelas. Quatro dias antes e quatro dias após a aplicação do metolachlor foi aplicada lâmina de água de 10 mm em toda a área experimental. A eficiência dos tratamentos no controle das plantas daninhas foi avaliada visualmente e pela massa de plantas daninhas secas. A espécie daninha predominante no plantio direto foi *Bidens pilosa* e, no plantio convencional, *Artemisia verlotorum*. Outras espécies de plantas daninhas que ocorreram na área experimental foram agrupadas em outras dicotiledôneas e monocotiledôneas. No plantio convencional, as plantas daninhas mais importantes foram *A. verlotorum* e monocotiledôneas; no plantio direto, *B. pilosa* e outras dicotiledôneas. O metolachlor aplicado com lâmina de água de 15 mm proporcionou excelente controle das invasoras, superior ao obtido com a pulverização (controle moderado a bom), independentemente do sistema de plantio. O fomesafen proporcionou de bom a excelente controle das

dicotiledôneas com todas as lâminas de água e em ambos os sistemas de plantio. Quando se empregaram os dois herbicidas, o controle de monocotiledôneas e de dicotiledôneas foi excelente, independentemente da lâmina de água e do sistema de plantio. As produtividades alcançadas no plantio direto foram maiores, em relação ao plantio convencional. Apesar de melhor controle das plantas daninhas com a aplicação seqüencial dos dois herbicidas, a aplicação de apenas um dos herbicidas não comprometeu a produtividade do feijão.

INFLUENCE FROM HERBIGATION AND SPRAYING OF THE METOLACHLOR AND FOMESAFEN ON WEED CONTROL IN BEANS CROPPING UNDER NO-TILL AND CONVENTIONAL PLANTING SYSTEMS

SUMMARY

This study aimed to evaluate the efficiency of the metolachlor and fomesafen applied by herbigation in controlling the weeds in beans cropping under no-till and conventional planting systems. The no-till planting was setup on straw of corn and weeds. In the conventional planting, the soil was prepared by tillage and two harrowings. The beans cultivar 'Pérola' planted on winter was used. The metolachlor and the fomesafen were applied at pre-emergency and post-emergency, respectively, by using a central pivot. The metolachlor (2.4 kg ha^{-1}) was applied with water depths of 5, 10 and 15 mm, and the fomesafen (0.225 kg ha^{-1}) with 3, 6 and 9 mm. The herbicides were also applied by knapsack sprayer pressurized with CO_2 (200 L ha^{-1}). Two controls were included, that is, weeded and without weeding. Three experiments were carried out: 1 – the isolated application of metolachlor; 2 – the isolated application of fomesafen; and 3 - application of the metolachlor at pre-emergence, followed by application of the fomesafen at post-emergence, on the same plots. Four days before and four days after application of the metolachlor, a water depth of 10 mm was applied throughout the experimental area. The efficiency of the treatments in controlling the weeds was visually evaluated, as well as by the mass of the dried weeds. In no-till planting, the predominant weed species was *Bidens pilosa*, while in the conventional one was *Artemisia verlotorum*. Other

species of weeds occurring in the experimental area were grouped into other dicotyledonous and monocotyledonous. In the conventional planting, the most important weeds were *A. verlotorum* and monocotyledonous, whereas in no-till planting were *B. pilosa* and other dicotyledonous. The metolachlor applied with a water depth of 15 mm provided an excellent control upon invaders, that was superior to the one obtained with the spraying system (moderate to good control), independent from the planting system. The fomesafen provided a good to an excellent control on dicotyledonous for all water depths and both planting systems used. When using the sequential application of the herbicides, the control of the monocotyledonous and dicotyledoneous was excellent, independent from water depth and the planting system as well. The productivities attained in no-till planting were higher, relative to the conventional planting. Despite the better control upon weeds by sequentially applying the herbicides, the application of just one of the herbicides did not commit the productivity of the beans.

1. INTRODUÇÃO

O controle químico de plantas daninhas na cultura do feijão é prática comum entre os agricultores, devido à alta eficiência e seletividade dos herbicidas, à rapidez da operação e ao baixo custo. O metolachlor e o fomesafen são herbicidas muito utilizados na cultura do feijão para aplicação em pré-emergência e em pós-emergência, respectivamente. Segundo Mbuya et al. (2001), as áreas tratadas com herbicidas vêm aumentando e o maior desafio é o desenvolvimento de técnicas de manejo que proporcionem controle eficiente das plantas daninhas e reduzam o dano ao ambiente.

Uma dessas técnicas é a aplicação de herbicidas via água de irrigação, conhecida como herbigação. Essa modalidade de aplicação oferece como vantagens a distribuição uniforme dos herbicidas, o aproveitamento econômico do equipamento de irrigação, a redução da compactação do solo e a melhor incorporação e ativação dos herbicidas recomendados para uso em pré-plantio incorporado ou em pré-emergência (Barnes et al., 1992).

Estudos demonstraram que o metolachlor aplicado via herbificação apresentou eficiência no controle de plantas daninhas semelhante à obtida com a sua aplicação por métodos convencionais (Barnes et al., 1992). Quando aplicado com a água de irrigação, sua incorporação no perfil do solo é rápida, o que também acarreta menores perdas por fotodecomposição e, ou, volatilização. Ademais, segundo Vieira & Silva (1998), em solos mais úmidos o metolachlor fica mais disponível em solução, possibilitando maior absorção pela plântula e melhor eficiência de controle.

Experimentos conduzidos por Dowler (1984) e Dowler (1987) mostraram que a mistura do fomesafen com óleo de soja ou óleo mineral não-emulsificante, feita antes da herbificação, proporcionou excelente controle de *Ipomoea purpurea*, *Jacquemontia tamnifolia*, *Desmodium tortuosum*, *Senna obtusifolia*, *Richardia scabra* e *Amaranthus spp.* Vieira & Fontes (1994) constataram excelente controle de *B. pilosa*, mas não de espécies do gênero *Ipomoea*. Fontes et al. (1999) verificaram controle de 95% de *Raphanus raphanistrum* com a aplicação do fomesafen com lâmina de água de 3 mm. Leite et al. (1999) avaliaram a eficiência do fomesafen aplicado em mistura com óleo de soja ou água, com lâminas de água de 3, 6, e 9 mm, e observaram ausência de toxicidade na cultura do feijoeiro, independentemente da mistura utilizada. Verificaram também que o aumento da lâmina de água melhorou o controle de *R. raphanistrum*. É importante ressaltar que não ocorreu chuva nem foi realizada irrigação na cultura durante a condução do experimento. Isso pareceu indicar que a absorção radicular do fomesafen foi importante, contribuindo para aumentar o nível de controle.

Com frequência, no plantio direto a eficiência de herbicidas aplicados em pré-plantio incorporado e em pré-emergência é reduzida com o aumento da quantidade de palha na superfície do solo, pois ela pode reter parte do produto aplicado, impedindo-o de atingir o alvo. Ou seja, a sorção desses herbicidas aos restos culturais pode reduzir-lhes a bioatividade ou mesmo impedir que atinjam o solo. Banks & Robinson (1986) verificaram que a palhada de trigo reduziu a eficiência dos herbicidas acetochlor, alachlor e metolachlor. Segundo Helling et al. (1988) e Mills e Witt (1989), os restos

culturais sobre a superfície do solo interceptam herbicidas, tornando-os mais expostos a raios solares, altas temperaturas e ventos, o que pode favorecer a fotodecomposição e a volatilização.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência dos herbicidas metolachlor e fomesafen aplicados com diferentes lâminas de água na cultura do feijão, nos sistemas plantio direto e convencional.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi conduzido na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Viçosa, no município de Coimbra, MG, em solo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo câmbico, fase terraço, cujas características físico-químicas são apresentadas no Quadro 1. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima local é do tipo Cwa, mesotérmico, com inverno seco e verão chuvoso. Os dados climáticos verificados durante a condução dos experimentos são apresentados nas Figuras 1A a 6A.

Quadro 1 – Análise textural e química de amostras do solo coletadas na área experimental, na camada de 0-15 cm de profundidade. Coimbra-MG, 1999^{1/}

Características	Plantio Direto	Plantio Convencional
Areia grossa (dag kg ⁻¹)	26	33
Areia fina (dag kg ⁻¹)	14	14
Silte (dag kg ⁻¹)	11	10
Argila (dag kg ⁻¹)	49	43
Classificação textural	Argila	Argila-arenosa
pH em água (1:2,5)	5,50	5,60
Al trocável (cmol _c dm ⁻³) ^{3/}	0,06	0,00
H + Al (cmol _c dm ⁻³) ^{3/}	3,56	3,41
P (mg kg ⁻¹) ^{2/}	30,23	11,62
Ca (cmol _c dm ⁻³) ^{3/}	2,34	2,25
Mg (cmol _c dm ⁻³) ^{3/}	0,73	0,70
K (cmol _c dm ⁻³) ^{2/}	42,00	28,00
Matéria orgânica (dag kg ⁻¹) ^{4/}	2,83	2,57
Soma de bases (cmol _c dm ⁻³) ^{3/}	3,20	3,03
CTC efetiva (cmol _c dm ⁻³) ^{3/}	3,26	3,03
CTC total (cmol _c dm ⁻³) ^{3/}	6,76	6,44
Saturação de bases (%)	47,30	47,10
Saturação de alumínio (%)	1,80	0,00

^{1/} Análises realizadas nos Laboratórios de Física do Solo e de Rotina do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa.

^{2/} Extrator Mehlich-1.

^{3/} Extrator KCl, 1 mol L⁻¹.

^{4/} Método de Walkley e Black.

O estudo constou de três experimentos: metolachlor (2,4 kg ha⁻¹) aplicado em pré-emergência; fomesafen (0,225 kg ha⁻¹) aplicado em pós-emergência; e metolachlor aplicado em pré-emergência e fomesafen em pós-emergência, nas mesmas doses já citadas. O estudo foi conduzido em área irrigada por pivô central, metade da qual foi cultivada no sistema plantio direto e metade em plantio convencional. Em cada sistema de plantio, os herbicidas foram aplicados via água de irrigação (herbigação) e pelo método convencional. Além disso, foram utilizadas duas testemunhas, com capina (realizada com enxada) e sem capina. Na herbigação foram testadas três lâminas de água para a aplicação do metolachlor (5, 10 e 15 mm) e do fomesafen (3, 6 e 9 mm). Na pulverização, os herbicidas foram aplicados com pulverizador costal pressurizado com CO₂, com barra de 2,0 m de comprimento e com quatro pontas de pulverização TT 110.02, mantendo-se constante a pressão em 3 kgf cm⁻² e aplicando-se o equivalente a 200 L de calda ha⁻¹. Portanto, cada experimento consistiu de 12 tratamentos (Quadros 2, 3 e 4).

Quadro 2 – Tratamentos do experimento com metolachlor. Coimbra-MG, 1999^{1/}

Método de Controle	Sistema de Plantio	Lâmina de Água ou Volume de Calda
Herbigação	Convencional	5 mm
Herbigação	Convencional	10 mm
Herbigação	Convencional	15 mm
Herbigação	Plantio direto	5 mm
Herbigação	Plantio direto	10 mm
Herbigação	Plantio direto	15 mm
Pulverização	Convencional	200 L ha ⁻¹
Pulverização	Plantio direto	200 L ha ⁻¹
Testemunha capinada	Convencional	-
Testemunha capinada	Plantio direto	-
Testemunha sem capina	Convencional	-
Testemunha sem capina	Plantio direto	-

^{1/} O metolachlor (2,4 kg ha⁻¹) foi aplicado um dia após a semeadura do feijão, em ambos os sistemas de plantio.

Quadro 3 – Tratamentos do experimento com fomesafen. Coimbra-MG, 1999^{1/}

Método de Controle	Sistema de Plantio	Lâmina de Água ou Volume de Calda
Herbigeação	Convencional	3 mm
Herbigeação	Convencional	6 mm
Herbigeação	Convencional	9 mm
Herbigeação	Plantio direto	3 mm
Herbigeação	Plantio direto	6 mm
Herbigeação	Plantio direto	9 mm
Pulverização	Convencional	200 L ha ⁻¹
Pulverização	Plantio direto	200 L ha ⁻¹
Testemunha capinada	Convencional	-
Testemunha capinada	Plantio direto	-
Testemunha sem capina	Convencional	-
Testemunha sem capina	Plantio direto	-

^{1/} O fomesafen (0,225 kg ha⁻¹) foi aplicado 25 dias após a emergência do feijão, quando as plantas daninhas apresentavam de um a dois pares de folhas, em ambos os sistemas de plantio.

Quadro 4 – Tratamentos do experimento com metolachlor, aplicado em pré-emergência, e com fomesafen, em pós-emergência. Coimbra, MG, 1999^{1/}

Método de Controle	Sistema de Plantio	Lâmina de Água ou Volume de Calda (metolachlor)	Lâmina de Água ou Volume de Calda (fomesafen)
Herbigeação	Convencional	5 mm	3 mm
Herbigeação	Convencional	10 mm	6 mm
Herbigeação	Convencional	15 mm	9 mm
Herbigeação	Plantio direto	5 mm	3 mm
Herbigeação	Plantio direto	10 mm	6 mm
Herbigeação	Plantio direto	15 mm	9 mm
Pulverização	Convencional	200 L ha ⁻¹	200 L ha ⁻¹
Pulverização	Plantio direto	200 L ha ⁻¹	200 L ha ⁻¹
Testemunha capinada	Convencional	-	-
Testemunha capinada	Plantio direto	-	-
Testemunha sem capina	Convencional	-	-
Testemunha sem capina	Plantio direto	-	-

^{1/} O metolachlor (2,4 kg ha⁻¹) foi aplicado um dia após a semeadura do feijão, e o fomesafen (0,225 kg ha⁻¹), aos 25 dias após a emergência do feijão quando as plantas daninhas apresentavam de um a dois pares de folhas, em ambos os sistemas de plantio.

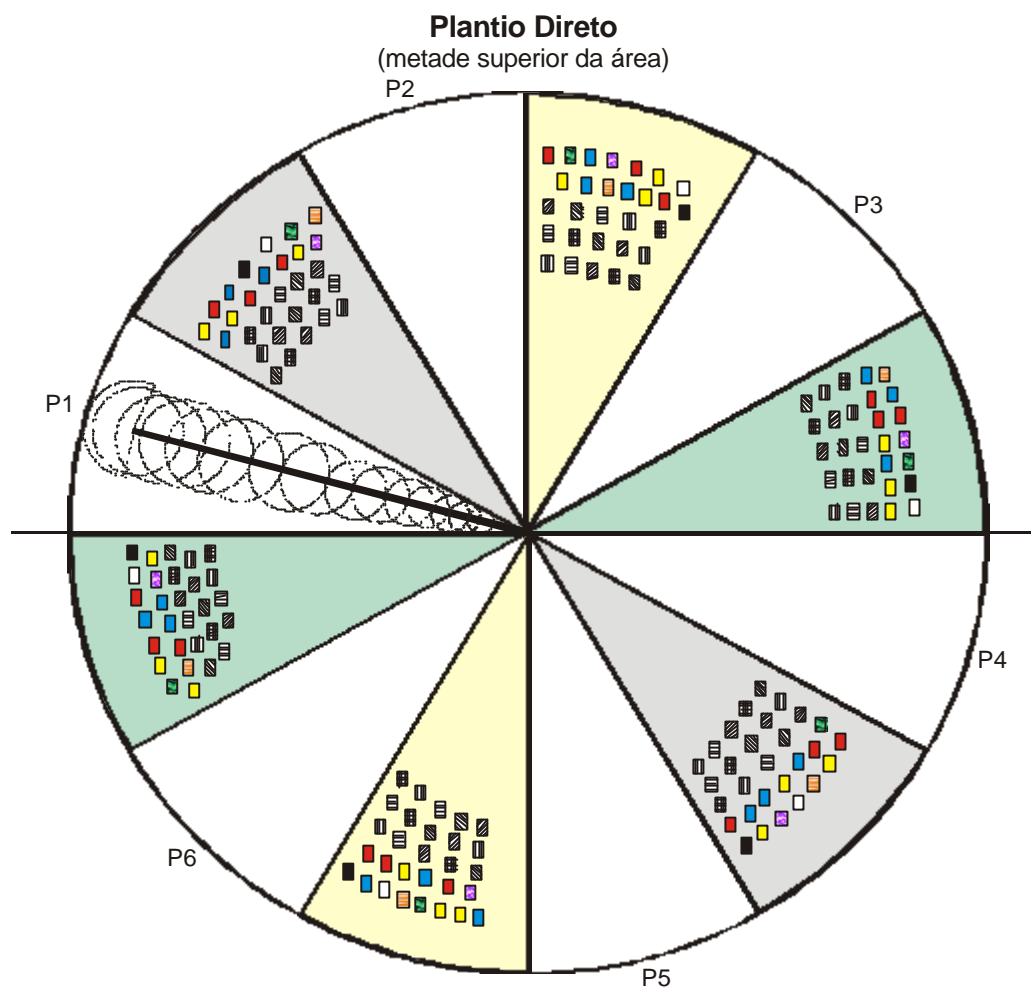
Para a aplicação das diferentes lâminas de água, a área experimental foi dividida em 12 setores com forma de cunha, cada uma com ângulo de 30°. As lâminas foram dispostas alternadamente em seis dos 12 setores, de modo que entre dois setores úteis posicionava-se o pivô central para iniciar e, ou, finalizar a aplicação de determinada lâmina. As parcelas foram locadas entre 70 e 80 m em relação ao centro do pivô. Os tratamentos testemunhas (com e sem capina) e os de pulverização, por independerm das lâminas de água aplicadas, tiveram apenas uma parcela locada em cada um dos setores. As testemunhas foram comuns aos três experimentos (Figura 1).

A área do plantio direto foi formada sobre palhada de milho e vegetação daninha. Esta foi dessecada com a aplicação da mistura de tanque dos herbicidas glyphosate e 2,4-D (1,08 e 0,72 kg ha⁻¹, respectivamente). No plantio convencional, o preparo de solo foi realizado com uma aração e duas gradagens, um dia antes do plantio. A semeadura da variedade de feijão Pérola (grupo comercial carioca) foi realizada 15 dias após a aplicação dos herbicidas dessecantes, em 28/7/1999, com semeadora tratorizada, com ajustes para ambos os sistemas de plantio.

O espaçamento entre fileiras foi de 0,45 m, sendo distribuídas 15 sementes por metro de sulco. A adubação de plantio constou de 600 kg ha⁻¹ da formulação comercial 4-14-8 (N-P₂O₅-K₂O). A adubação em cobertura foi feita 32 dias após a semeadura, por fertirrigação. Foram distribuídos 45 kg de N ha⁻¹ na forma de uréia. O controle de pragas foi realizado com a aplicação do inseticida deltamethrine (3,75 g ha⁻¹) via água de irrigação (insetigação), a qual foi realizada em 18/9/1999 com lâmina de água média de 6 mm. Para controle preventivo de doenças, aplicou-se o fungicida epoxiconazole via água de irrigação (fungigação), na dose de 12,5 g ha⁻¹, com lâmina de água média de 5 mm, em 20/9, 4/10 e 18/10/1999.

Utilizou-se um pivô central de média pressão, cujas características estão descritas no Quadro 5.

Os coeficientes de uniformidade de distribuição de água do sistema foram determinados segundo a metodologia da ASSOCIAÇÃO...-ABNT (1985). Durante a herbicidação com o metolachlor, os coeficientes de



- Lâmina de 5 mm para herbicidas aplicados em pré e 3 mm em pós-emergência
- Lâmina de 10 mm para herbicidas aplicados em pré e 6 mm em pós-emergência
- Lâmina de 15 mm para herbicidas aplicados em pré e 9 mm em pós-emergência
- Setores utilizados para mudanças de lâminas
- P_i Alinhamento do pivô para iniciar e, ou, finalizar uma lâmina de irrigação
- Herbigeação com metolachlor - Avaliação da eficiência de controle
- Herbigeação com fomesafen - Avaliação da eficiência de controle
- Herbigeação com metolachlor e fomesafen - Avaliação da eficiência de controle
- Pulverização convencional com metolachlor* - Avaliação da eficiência de controle
- Pulverização convencional com fomesafen* - Avaliação da eficiência de controle
- Pulverização convencional com metolachlor e fomesafen* - Avaliação da eficiência de controle
- Testemunha sem capina (comuns aos três experimentos)*
- Testemunha capinada (comuns aos três experimentos)*
- Herbigeação com metolachlor - Avaliação da lixiviação
- Herbigeação com fomesafen - Avaliação da lixiviação
- Pulverização com metolachlor - Avaliação da lixiviação
- Pulverização com fomesafen - Avaliação da lixiviação
- Testemunha para avaliação da lixiviação

* Os tratamentos testemunhas e os tratamentos com aplicações tiveram cada uma de suas três parcelas (repetições) locadas individualmente em cada um dos setores que receberam as três diferentes lâminas, tanto no plantio direto quanto no convencional, tendo em vista que nelas os tratamentos independiam das lâminas de água.

Figura 1 – Distribuição das lâminas de água e das parcelas na área experimental.

Quadro 5 – Características do pivô central utilizado para a aplicação de defensivos e fertilizante na cultura do feijão. Coimbra-MG, 1999

Item	Características
Tipo de emissor	Aspersor rotativo
Número de torres	01
Número de aspersores	14
Espaçamento médio entre aspersores (m)	5,60
Comprimento lateral (m)	82,60
Comprimento até a torre (m)	57,90
Comprimento do balanço (m)	24
Raio molhado (m)	95,50
Altura livre do vão (m)	2,70
Área irrigada (ha)	2,86
Lâmina de água aplicada (mm volta^{-1} a 100%)	2,10
Velocidade de rotação a 100% (m h^{-1})	125,45
Tempo gasto por volta a 100% (h)	2,90

uniformidade de Christiansen (CUC) foram de 91,5 e 91,9% no plantio direto e no convencional, respectivamente, e durante a herbificação do fomesafen, de 87,1 e 90,1%, no sistema plantio direto e convencional, respectivamente. De acordo com Mantovani & Ramos (1994), esses valores são ótimos para pivô central, indicando boa uniformidade de distribuição de água. Além disso, segundo Threadgill (1985), esses valores são adequados para aplicação de defensivos químicos via pivô central.

Para injeção da solução herbicida na água de irrigação utilizou-se uma bomba hidráulica de diafragma, cujas características são apresentadas no Quadro 6.

Quadro 6 – Características da bomba utilizada para a injeção de defensivos e fertilizante na água de irrigação. Coimbra-MG, 1999

Item	Características
Diâmetro (m)	0,27
Altura (m)	0,62
Peso (kg)	12
Capacidade de injeção (L h^{-1})	10 – 250
Pressão de trabalho (kPa)	180 – 800
Consumo de água por ciclo (L)	0,5
Volume injetado por ciclo (L)	0,25

A herbificação do metolachlor foi feita um dia após a semeadura do feijão, e a do fomesafen, aos 25 dias após a emergência do feijão, quando as plantas daninhas apresentavam um ou dois pares de folhas. As pulverizações foram realizadas nos mesmos dias das herbificações, entre 6 e 6h30 da manhã. As capinas foram realizadas aos 14 e 28 dias após a emergência das plântulas.

Durante as herbificações, foram colocadas sobre as parcelas, que posteriormente receberam os herbicidas pelo método convencional, armações de metal revestidas com filme de polietileno transparente. Essas armações tinham 3,0 m de comprimento e 1,8 m de largura. Logo após a aplicação dos tratamentos, as armações foram retiradas da área experimental. Portanto, a parcela experimental foi constituída por quatro fileiras com 3,0 m de comprimento e 1,8 m de largura. A área útil foi formada por duas fileiras centrais, descontando-se 0,5 m em cada extremidade, ou seja, teve área útil de 1,8 m².

Para avaliação da eficiência de controle de plantas daninhas foram adotados dois procedimentos, ambos implementados por ocasião da colheita do feijão. O primeiro constou da avaliação visual, sendo atribuídos níveis de controle com base na orientação da Sociedade Brasileira das Plantas Daninhas (SBCPD, 1995), como descrito no Quadro 7. O segundo consistiu da coleta de plantas daninhas, por espécie, das parcelas experimentais. As plantas daninhas foram cortadas rente ao solo, num total de duas amostragens, ao acaso, por parcela experimental. Para isso, foi utilizado quadrado de ferro de 0,3 m de lado (0,09 m²). Após a coleta, as plantas foram acondicionadas em sacos de papel e levadas a laboratório para serem separadas por espécie, contadas e colocadas em estufa com circulação forçada de ar a 72° C, até atingirem peso constante, para determinação da massa seca.

A colheita foi realizada em 25/11/1999. Durante essa operação foi feita a avaliação do estande final (número de plantas m⁻¹). Após a secagem dos

grãos até atingirem 13% de água, foi estimada a produtividade de grãos por hectare.

Quadro 7 – Níveis de controle de plantas daninhas utilizados para avaliação dos três experimentos. Coimbra-MG, 1999

Porcentagem de Controle	Descrição do Controle
(A) 90-100	Excelente ou total
(B) 80-89	Bom, aceitável para infestação da área
(C) 70-79	Moderado, insuficiente para infestação da área
(D) 50-69	Deficiente ou inexpressivo
(E) 0-50	Ausência de controle

FONTE: SBCPD (1995).

Para interpretação dos resultados utilizou-se a estatística descritiva com apresentação das médias de tratamentos, com seus respectivos erros-padrão da média. No caso da herbicagem, as médias foram calculadas com base nos resultados das três repetições dentro de cada lâmina de água, para cada sistema de plantio. No caso das pulverizações e das testemunhas, utilizaram-se, para os cálculos, os dados obtidos nas três parcelas distribuídas em cada sistema de plantio (uma parcela em cada setor).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se, na área de plantio direto, a predominância de *Bidens pilosa*, e na área de plantio convencional, a de *Artemisia verlotorum*. Além dessas espécies, as que ocorreram em menor frequência foram agrupadas em: a) outras dicotiledôneas e b) monocotiledôneas. Entre as dicotiledôneas, verificou-se a presença das seguintes espécies: *Ageratum conyzoides*, *Ipomoea grandifolia*, *Ipomoea purpurea*, *Lepidium virginicum*, *Emilia sonchifolia*, *Oxalis corniculata*, *Euphorbia heterophylla*, *Galinsoga parviflora* e *Phyllanthus tenellus*. Entre as monocotiledôneas foram verificadas: *Brachiaria plantaginea*, *Digitaria horizontalis*, *Eleusine indica*, *Cynodon dactylum* e *Cyperus rotundus*.

3.1. Experimento com metolachlor

A aplicação dos herbicidas dessecantes antes da semeadura da cultura contribuiu significativamente para a redução da infestação proveniente da propagação vegetativa, comparando-se a massa da planta daninha seca no plantio direto com a do plantio convencional, na testemunha sem capina.

Quanto ao efeito do metolachlor no controle de *A. verlotorum* no plantio direto, vê-se, no Quadro 8, que houve redução na eficiência de controle com o aumento das lâminas de água. A maior quantidade de água empregada para aplicação do herbicida pode ter provocado o seu deslocamento para uma região no solo além daquela onde se situava a maioria das sementes da planta daninha. Vale ressaltar que nesse sistema de plantio não ocorreu o seccionamento das estruturas aéreas da *Artemisia verlotorum*, impedindo a sua reprodução vegetativa, importante forma de disseminação dessa espécie.

Quadro 8 – Eficiência do metolachlor (2,4 kg ha⁻¹) aplicado via herbificação e por pulverização no controle de *Artemisia verlotorum*, em plantio direto (PD) e convencional (PC). Coimbra-MG, 1999

Tratamentos Avaliados	Massa Seca (g m ⁻²)		Controle (%) ^{1/}		
	PD	PC	PD	PC	
Herbificação	5 mm	0,0	82,9 ± 2,5	100 A	0 E
	10 mm	3,1 ± 0,8	65,2 ± 3,1	76 C	21 E
	15 mm	4,8 ± 0,20	0,0	62 D	100 A
Pulverização (200 L ha ⁻¹)	1,2 ± 0,02	46,0 ± 3,2	91 A	45 E	
Testemunha com capina	1,1 ± 0,12	5,9 ± 1,1	92 A	93 A	
Testemunha sem capina	12,8 ± 0,7	82,9 ± 3,5	-	-	

^{1/} As letras nas colunas significam: A - controle excelente, C - controle moderado, D - controle deficiente, E - ausência de controle.

No plantio convencional, o metolachlor aplicado com lâminas de água de 5 e 10 mm e por pulverização foi ineficiente no controle da planta daninha. A razão disso pode ter sido a não-incorporação ou a incorporação superficial do metolachlor, o que facilitou perdas por fotodecomposição e, ou, volatilização. Vale salientar que houve intervalo de quatro dias entre a

aplicação do herbicida e a realização da irrigação. A aplicação-incorporação com lâmina de água de 15 mm parece ter sido suficiente para evitar essas perdas. De acordo com Vieira & Silva (1998), o metolachlor é altamente solúvel em água e apresenta certa mobilidade no solo. Por isso, a aplicação do metolachlor via herbificação é uma maneira de proteger o herbicida contra as perdas supracitadas acima. Segundo Dowler (1984) e Caviness (1988), a eficiência de herbicidas pré-emergentes aplicados via água de irrigação pode ser melhor do que quando aplicado por pulverização.

Segundo Lorenzi (1994), o nível de controle de *A. verlotorum* proporcionado pelo metolachlor com o método convencional fica em torno de 50%.

O metolachlor foi ineficiente no controle de *B. pilosa* quando aplicado por pulverização, em ambos os sistemas de plantio, e com a menor lâmina de água no plantio direto (Quadro 9). De acordo com Lorenzi (1994), essa espécie é pouco suscetível a esse herbicida quando aplicado por pulverização. No entanto, quando o metolachlor foi aplicado com 10 e 15 mm de água, ele proporcionou excelente controle de *B. pilosa*. Não se encontrou explicação para esse fato. Entretanto, acredita-se que o deslocamento do herbicida para abaixo da superfície do solo com lâminas de água de 10 e 15 mm pode ter ajudado a reduzir as perdas por fotodecomposição e, ou, volatilização do metolachlor e permitido contato mais prolongado das plântulas das invasoras com o herbicida em maior concentração.

Quadro 9 – Eficiência do metolachlor (2,4 kg ha⁻¹) aplicado via herbificação e por pulverização no controle de *Bidens pilosa* em plantio direto (PD) e convencional (PC). Coimbra-MG, 1999

Tratamentos Avaliados		Massa Seca (g m ⁻²)		Controle (%) ^{1/}	
		PD	PC	PD	PC
Herbificação	5 mm	80,2 ± 8,7	0,0	21 E	100 A
	10 mm	0,0	0,2 ± 0,002	100 A	95 A
	15 mm	1,7 ± 0,45	0,0	98 A	100 A
Pulverização (200 L ha ⁻¹)		91,2 ± 6,1	2,1 ± 0,2	11 E	39 E
Testemunha com capina		0,0	0,3 ± 0,01	100 A	91 A
Testemunha sem capina		101,9 ± 13,03	3,4 ± 0,23	-	-

^{1/} As letras nas colunas significam: A - controle excelente, E - ausência de controle.

Verificou-se também que, no plantio convencional, houve redução de 96,7% na infestação de *B. pilosa* em relação ao plantio direto. Segundo Carmona & Villas Bôas (2001), a germinação da maioria das sementes de *Bidens pilosa* ocorre após a sua maturação, e ela é acelerada quando se encontram na superfície do solo, onde há incidência de luz e maior variação de temperatura.

Vê-se, no Quadro 10, que, no plantio direto, o metolachlor aplicado com a menor lâmina de água foi ineficiente no controle das outras dicotiledôneas.

Quadro 10 – Eficiência do metolachlor (2,4 kg ha⁻¹) aplicado via herbificação e por pulverização no controle de outras dicotiledôneas* em plantio direto (PD) e convencional (PC). Coimbra-MG, 1999

Tratamentos Avaliados	Massa Seca (g m ⁻²)		Controle (%) ^{1/}	
	PD	PC	PD	PC
Herbificação	5 mm	18,6 ± 4,2	0,0	0 E
	10 mm	3,3 ± 1,1	0,0	81 B
	15 mm	3,56 ± 0,2	0,0	80 B
Pulverização (200 L ha ⁻¹)	3,2 ± 1,05	0,4 ± 0,03	82 B	78 C
Testemunha com capina	1,4 ± 0,01	0,1 ± 0,02	93 A	95 A
Testemunha sem capina	17,5 ± 1,85	1,8 ± 0,75	-	-

^{1/} As letras nas colunas significam: A - controle excelente, B - controle bom, C - controle moderado, E - ausência de controle.

* *Ageratum conyzoides*, *Ipomoea grandifolia*, *Ipomoea purpurea*, *Lepidium virginicum*, *Emilia sonchifolia*, *Oxalis corniculata*, *Euphorbia heterophylla*, *Galinsoga parviflora* e *Phyllanthus tenellus*.

Diferentemente do que ocorreu com *B. pilosa*, houve bom controle das invasoras com a pulverização (82%). Esse controle foi semelhante ao obtido com as lâminas de água de 10 e 15 mm. Não se encontrou explicação para esse fato. De acordo com Lorenzi (1994), *P. tenellus* é altamente suscetível ao metolachlor (controle acima de 95%); *E. sonchifolia* e *G. parviflora* são suscetíveis (entre 85 e 95% de controle); *A. conyzoides* e *L. virginicum* são medianamente suscetíveis (entre 50 e 85% de controle); e *I. grandifolia*, *I. purpurea*, *E. heterophylla* e *O. latifolia* são pouco suscetíveis (controle inferior a 50%).

No plantio convencional, a infestação de outras dicotiledôneas foi 90% menor, em relação ao plantio direto (testemunha sem capina). Apenas a pulverização do metolachlor não proporcionou controle eficiente de dicotiledôneas no plantio convencional.

A infestação de monocotiledôneas na área de plantio direto foi 94,2% menor do que a verificada no plantio convencional (Quadro 11), em razão da forma de reprodução e dispersão dos propágulos de *C. rotundus*, espécie predominante entre as monocotiledôneas, que é favorecida pela aração e pelas gradagens. Jakelaitis et al. (2001), trabalhando com feijão, verificaram redução de até 95% no número de plantas de *C. rotundus* por metro quadrado de solo em área de plantio direto, em relação ao plantio convencional.

Quadro 11 – Eficiência do metolachlor (2,4 kg ha⁻¹) aplicado via herbificação e por pulverização no controle de monocotiledôneas* em plantio direto (PD) e convencional (PC). Coimbra-MG, 1999

Tratamentos Avaliados	Massa Seca (g m ⁻²)		Controle (%) ^{1/}	
	PD	PC	PD	PC
Herbificação	5 mm	0,1 ± 0,03	10,0 ± 2,7	98 A
	10 mm	0,2 ± 0,08	0,0	97 A
	15 mm	0,2 ± 0,02	1,4 ± 0,3	97 A
Pulverização (200 L ha ⁻¹)	1,3 ± 0,25	4,0 ± 1,04	78 C	96 A
Testemunha com capina	0,6 ± 0,02	2,9 ± 1,65	90 A	97 A
Testemunha sem capina	5,9 ± 2,4	100,9 ± 8,4	-	-

^{1/} As letras nas colunas, de acordo com SBCPD (1995), significam: A - controle excelente, C - controle moderado.

* *Brachiaria plantaginea*, *Digitaria horizontalis*, *Eleusine indica*, *Cynodon dactylum* e *Cyperus rotundus*.

Quanto à eficiência do metolachlor no controle das monocotiledôneas, verificou-se melhor efeito quando ele foi aplicado via água de irrigação no plantio direto. O controle apenas moderado proporcionado pelo metolachlor quando aplicado por pulverização no plantio direto pode ser atribuído à retenção de parte do herbicida na palhada, o que pode ter reduzido a sua eficiência sobre as sementes das plantas daninhas localizadas na camada superficial do solo. Ademais, essa situação pode ter favorecido perdas por fotodecomposição e, ou, volatilização. No plantio convencional, o método de aplicação do metolachlor não teve muita influência na eficiência do herbicida no controle das monocotiledôneas.

Em ambos os sistemas de plantio, o metolachlor, quando aplicado com 5 mm de água, apresentou baixa eficiência no controle do total de plantas daninhas (Quadro 12). No entanto, quando esse herbicida foi aplicado com 15 mm de água, ele proporcionou controle eficiente das espécies infestantes, superior ao obtido com a aplicação convencional. É possível que essa diferença entre os sistemas não ocorresse, ou fosse menor, se a irrigação tivesse sido feita logo após a pulverização.

Quadro 12 – Eficiência do metolachlor (2,4 kg ha⁻¹) aplicado via herbificação e por pulverização no controle do total de plantas daninhas em plantio direto (PD) e convencional (PC). Coimbra-MG, 1999

Tratamentos Avaliados	Massa Seca (g m ⁻²)		Controle (%) ^{1/}		
	PD	PC	PD	PC	
Herbificação	5 mm	98,9 ± 21,0	92,9 ± 12,35	29 E	51 D
	10 mm	6,6 ± 1,26	67,7 ± 5,1	95 A	65 D
	15 mm	10,2 ± 3,0	1,4 ± 0,15	93 A	99 A
Pulverização (200 L ha ⁻¹)		96,9 ± 3,98	50,9 ± 3,56	30 E	73 C
Testemunha com capina		3,1 ± 0,06	9,2 ± 2,05	98 A	95 A
Testemunha sem capina		138,1 ± 9,12	189,0 ± 23,68	-	-

^{1/} As letras nas colunas significam: A - controle excelente, C - controle moderado, D - controle deficiente, E - ausência de controle.

Verifica-se, no Quadro 13, que o estande final do feijoeiro foi pouco afetado pelos métodos de aplicação do metolachlor e pelo sistema de plantio. A população final de plantas (213.000 a 246.000 plantas.ha⁻¹) ficou dentro do recomendado para essa cultura (Vieira, 1983).

As produtividades praticamente não foram influenciadas pelos métodos de aplicação do metolachlor. Todavia, as produtividades foram consistentemente maiores na área de plantio direto, que rendeu, em média, 330 kg ha⁻¹ a mais que no plantio convencional. Nesse cálculo foram desconsideradas as produtividades obtidas nas testemunhas sem capina. Entre os possíveis fatores que concorreram para esse fato estão a menor variação térmica e a maior reserva de água no solo, bem como a maior fertilidade do solo na área de plantio direto (Quadro 1).

Quadro 13 – Efeito da aplicação do metolachlor (2,4 kg ha⁻¹) via herbificação e por pulverização sobre o estande final e a produtividade do feijoeiro cultivado em plantio direto (PD) e convencional (PC). Coimbra- MG, 1999

Tratamentos Avaliados	Estande final (plantas m ⁻²)		Produtividade (kg ha ⁻¹)		
	PD	PC	PD	PC	
Herbificação	5 mm	21,3 ± 3,2	22,4 ± 2,3	2.566 ± 141	2.334 ± 56
	10 mm	22,2 ± 1,3	24,7 ± 1,8	2.601 ± 59	2.322 ± 42
	15 mm	21,9 ± 0,7	22,8 ± 1,1	2.641 ± 50	2.399 ± 166
Pulverização (200 L ha ⁻¹)	23,3 ± 1,1	21,6 ± 2,0	2.567 ± 59	2.221 ± 56	
Testemunha com capina	24,6 ± 0,6	24,6 ± 3,1	2.652 ± 42	2.096 ± 48	
Testemunha sem capina	23,5 ± 2,2	23,5 ± 2,3	569 ± 147	503 ± 182	
Média	22,4 ± 2,12	22,3 ± 1,74	2.266 ± 83	1979 ± 92	

Quando não se realizou o controle de plantas daninhas, a produtividade foi reduzida em 74,9 e 74,6%, em relação à testemunha capinada, no plantio direto e convencional, respectivamente.

3.2. Experimento com fomesafen

Em geral, o controle de *A. verlotorum* foi melhor no plantio direto que no convencional. Provavelmente essa espécie apresenta maior tolerância ao herbicida quando a reprodução ocorre por via vegetativa, principal modo de reprodução e disseminação dessa espécie quando há revolvimento do solo. Comparando a infestação dessa invasora nas testemunhas sem capina do plantio convencional com o plantio direto, verifica-se que, no plantio convencional, a aração e as gradagens estimularam a propagação vegetativa de *A. verlotorum*. Observou-se que o fomesafen provocou apenas alguma injúria nas folhas da planta daninha no plantio convencional.

No plantio direto, a espécie *A. verlotorum* foi bem controlada apenas quando o fomesafen foi aplicado com a maior lâmina de água e por pulverização (Quadro 14).

Quadro 14 – Eficiência do fomesafen (0,225 kg ha⁻¹) aplicado via herbificação e por pulverização no controle de *Artemisia verlotorum* em plantio direto (PD) e convencional (PC). Coimbra, MG, 1999

Tratamentos Avaliados	Massa Seca (g m ⁻²)		Controle (%) ^{1/}		
	PD	PC	PD	PC	
Herbificação	3 mm	5,3 ± 1,01	42,6 ± 3,49	59 D	49 E
	6 mm	4,2 ± 0,23	75,7 ± 9,85	67 D	9 E
	9 mm	1,6 ± 0,44	49,3 ± 10,05	88 B	41 E
Pulverização (200 L ha ⁻¹)		1,2 ± 0,6	61,5 ± 4,92	91 A	36 E
Testemunha com capina		1,1 ± 0,12	5,9 ± 1,1	91 A	93 A
Testemunha sem capina		12,8 ± 0,7	82,9 ± 3,5	-	-

^{1/} As letras nas colunas significam: A - controle excelente, B - controle bom, D - controle deficiente, E - ausência de controle.

O controle de *B. pilosa* obtido com a aplicação do fomesafen foi excelente, independentemente do método de aplicação e do sistema de plantio (Quadro 15). Esses resultados foram semelhantes aos verificados por Vieira & Fontes (1994), que obtiveram excelente controle (acima de 90%) dessa espécie com o fomesafen (0,2 kg ha⁻¹) aplicado em mistura com o fluazifop-p-butil (0,1 kg ha⁻¹) com lâmina de água de 9 mm, na cultura do feijão cultivado no verão-outono, no Norte de Minas Gerais.

Quadro 15 – Eficiência do fomesafen (0,225 kg ha⁻¹) aplicado via herbificação e por pulverização no controle de *Bidens pilosa* em plantio direto (PD) e convencional (PC). Coimbra-MG, 1999

Tratamentos Avaliados	Massa Seca (g m ⁻²)		Controle (%) ^{1/}		
	PD	PC	PD	PC	
Herbificação	3 mm	9,4 ± 1,66	0,0	91 A	100 A
	6 mm	10,1 ± 2,04	0,0	90 A	100 A
	9 mm	2,4 ± 0,75	0,0	98 A	100 A
Pulverização (200 L ha ⁻¹)		0,0	0,0	100 A	100 A
Testemunha com capina		0,0	0,3 ± 0,01	100 A	92 A
Testemunha sem capina		101,9 ± 13,03	3,4 ± 0,23	-	-

^{1/} As letras nas colunas significam: A - controle excelente.

A infestação dessa espécie na área de plantio direto foi 96,7% superior em relação à verificada na área de plantio convencional, quando se

compararam as testemunhas sem capina nos dois sistemas de plantio. De acordo com Carmona & Villas Bôas (2001), a germinação de sementes de *B. pilosa* no plantio direto é mais rápida e intensa do que no plantio convencional, pois elas ficam concentradas próximo à superfície do solo. Segundo esses autores, a maior incidência de luz e a maior variação de temperatura na superfície do solo, no plantio direto, também ajudam na germinação das sementes. No plantio convencional, as sementes dessa espécie ficam localizadas em profundidade variável no solo, não recebendo condições ideais para que ocorra a germinação de forma mais uniforme.

Quanto à eficiência no controle de outras dicotiledôneas, observou-se que o fomesafen, aplicado por ambos os métodos, proporcionou de bom a excelente controle dessas espécies (Quadro 16) nos dois sistemas de plantio.

Quadro 16 – Eficiência do fomesafen (0,225 kg ha⁻¹) aplicado via herbificação e por pulverização no controle de outras dicotiledôneas* em plantio direto (PD) e convencional (PC). Coimbra-MG, 1999

Tratamentos Avaliados		Massa Seca (g m ⁻²)		Controle (%) ^{1/}	
		PD	PC	PD	PC
Herbificação	3 mm	3,0 ± 0,7	0,0	83 B	100 A
	6 mm	0,4 ± 1,0	0,0	97 A	100 A
	9 mm	2,1 ± 0,57	0,0	88 B	100 A
Pulverização (200 L ha ⁻¹)		1,8 ± 0,24	0,0	90 A	100 A
Testemunha com capina		1,4 ± 0,01	0,1 ± 0,02	92 A	94 A
Testemunha sem capina		17,5 ± 1,85	1,8 ± 0,75	-	-

^{1/} As letras nas colunas significam: A - controle excelente, B - controle bom.

* *Ageratum conyzoides*, *Ipomoea grandifolia*, *Ipomoea purpurea*, *Lepidium virginicum*, *Emilia sonchifolia*, *Oxalis corniculata*, *Euphorbia heterophylla*, *Galinsoga parviflora* e *Phyllanthus tenellus*.

Vieira & Fontes (1994) não obtiveram controle satisfatório de espécies do gênero *Ipomoea* com a aplicação do fomesafen (0,2 kg ha⁻¹) por pivô central com lâmina de água de 9 mm. Fontes et al. (1999) verificaram excelente controle de *R. raphanistrum* com herbificação (lâmina de água de 3 mm) e pulverização com fomesafen (0,25 kg ha⁻¹). Leite et al. (1999) obtiveram excelente controle de *R. raphanistrum* com herbificação do fomesafen com lâminas de água de 3, 6 e 9 mm, misturado ou não com óleo de soja, comparável ao obtido com pulverização (200 L ha⁻¹).

Houve maior infestação de monocotiledôneas na área de plantio convencional, em relação à área de plantio direto (Quadro 17). Isso pode ter ocorrido por causa da predominância de *C. rotundus*, cujo modo de reprodução e disseminação é favorecido por aração e gradagens.

Quadro 17 – Eficiência do fomesafen (0,225 kg ha⁻¹) aplicado via herbificação e por pulverização no controle de monocotiledôneas* em plantio direto (PD) e convencional (PC). Coimbra-MG, 1999

Tratamentos Avaliados	Massa Seca (g m ⁻²)		Controle (%) ^{1/}		
	PD	PC	PD	PC	
Herbificação	3 mm	6,8 ± 0,09	106,1 ± 6,6	0 E	0 E
	6 mm	7,9 ± 1,06	98,8 ± 10,1	0 E	0 E
	9 mm	8,0 ± 0,3	107,7 ± 9,8	0 E	0 E
Pulverização (200 L ha ⁻¹)		5,6 ± 0,9	120,0 ± 3,4	0 E	0 E
Testemunha com capina		0,6 ± 0,02	2,9 ± 1,65	90 A	97 A
Testemunha sem capina		5,9 ± 2,4	100,9 ± 8,4	-	-

^{1/} As letras nas colunas significam: A - controle excelente, E - ausência de controle.

* *Brachiaria plantaginea*, *Digitaria horizontalis*, *Eleusine indica*, *Cynodon dactylum* e *Cyperus rotundus*.

O fomesafen foi ineficiente no controle de monocotiledôneas em ambos os sistemas de plantio, independentemente do método de aplicação. Isso era esperado, pois esse herbicida atua apenas sobre espécies dicotiledôneas (Rodrigues & Almeida, 1998).

Vê-se, no Quadro 18, que o fomesafen apresentou maior eficiência no controle das plantas daninhas na área de plantio direto, em razão de esse herbicida ter controlado eficientemente as espécies dicotiledôneas, que predominaram nesse sistema (Quadros 15 e 16). No plantio convencional, por outro lado, predominaram as monocotiledôneas (Quadro 17), que não são suscetíveis ao fomesafen.

Verifica-se, no Quadro 19, de modo semelhante ao observado no experimento com o metolachlor (Quadro 13), que o método de aplicação do fomesafen e o sistema de plantio tiveram pouca influência sobre o estande final do feijoeiro.

Por causa do melhor controle de plantas daninhas no plantio direto, neste sistema foram obtidas as maiores produtividades. Estas, provavelmente,

Quadro 18 – Eficiência do fomesafen (0,225 kg ha⁻¹) aplicado via herbificação e por pulverização no controle do total de plantas daninhas em plantio direto (PD) e convencional (PC). Coimbra-MG, 1999

Tratamentos Avaliados	Massa Seca (g m ⁻²)		Controle (%) ^{1/}	
	PD	PC	PD	PC
Herbificação 3 mm	24,5 ± 6,22	148,6 ± 12,4	82 B	21 E
Herbificação 6 mm	22,6 ± 3,02	174,5 ± 15,85	84 B	8 E
Herbificação 9 mm	14,1 ± 2,41	157,0 ± 11,9	90 A	17 E
Pulverização (200 L ha ⁻¹)	8,6 ± 1,74	181,5 ± 4,44	94 A	4 E
Testemunha com capina	3,1 ± 0,06	9,2 ± 2,05	98 A	95 A
Testemunha sem capina	138,1 ± 13,12	189,0 ± 23,68	-	-

^{1/} As letras nas colunas significam: A - controle excelente, B - controle bom, C - controle moderado, E - ausência de controle.

Quadro 19 – Efeito da aplicação do fomesafen (0,225 kg ha⁻¹) via herbificação e por pulverização sobre o estande final e a produtividade do feijoeiro cultivado em plantio direto (PD) e convencional (PC). Coimbra-MG, 1999

Tratamentos Avaliados	Estande Final (plantas m ⁻²)		Produtividade (kg ha ⁻¹)	
	PD	PC	PD	PC
Herbificação 3 mm	23,4 ± 1,0	26,8 ± 2,7	2.736 ± 59	1.742 ± 99
Herbificação 6 mm	22,8 ± 1,0	26,0 ± 1,5	2.603 ± 157	2.429 ± 253
Herbificação 9 mm	24,5 ± 0,8	22,6 ± 1,1	2.763 ± 54	1.746 ± 428
Pulverização (200 L ha ⁻¹)	22,4 ± 0,3	24,8 ± 0,8	2.710 ± 178	2.214 ± 99
Testemunha com capina	24,6 ± 0,6	24,6 ± 3,1	2.652 ± 42	2.096 ± 48
Testemunha sem capina	23,5 ± 2,2	23,5 ± 2,3	569 ± 147	503 ± 182
Média	23,5 ± 1,9	24,7 ± 3,8	2.339 ± 106	1.788 ± 185

também foram beneficiadas pelo sistema de plantio (menor variação térmica e maior reserva de água no solo) e pela maior fertilidade do solo (Quadro 1)

O não-controle das plantas daninhas reduziu a produtividade do feijoeiro em 76 e 72% no plantio direto e no plantio convencional, respectivamente, em relação à testemunha capinada.

3.3. Experimento com metolachlor e fomesafen

O grau de controle de *A. verlotorum* obtido com os tratamentos é apresentado no Quadro 20.

Quadro 20 – Efeitos da aplicação do metolachlor (2,4 kg ha⁻¹) e do fomesafen (0,225 kg ha⁻¹) via herbigeação e por pulverização no controle de *Artemisia verlotorum* em plantio direto (PD) e convencional (PC). Coimbra-MG, 1999

Tratamentos Avaliados	Massa Seca (g m ⁻²)		Controle (%) ^{1/}	
	PD	PC	PD	PC
Herbigeação*	5 e 3 mm	1,2 ± 0,6	7,9 ± 2,45	91 A
	10 e 6 mm	1,4 ± 0,08	6,3 ± 1,05	90 A
	15 e 9 mm	1,5 ± 0,7	1,4 ± 0,03	88 B
Pulverização (200 L ha ⁻¹)	11,4 ± 2,33	21,0 ± 1,55	11 E	75 C
Testemunha com capina	1,1 ± 0,12	5,9 ± 1,1	92 A	93 A
Testemunha sem capina	12,8 ± 0,7	82,9 ± 3,5	-	-

^{1/}As letras nas colunas significam: A - controle excelente, B - controle bom, C - controle moderado, D - controle deficiente, E - ausência de controle.

* 5, 10 e 15 mm para o metolachlor e 3, 6, 9 mm para o fomesafen.

As aplicações do metolachlor, em pré-emergência, e do fomesafen, em pós-emergência, com água de irrigação, proporcionaram excelente controle de *A. verlotorum* em ambos os sistemas de plantio. Possivelmente tenha ocorrido efeito aditivo da ação dos herbicidas, já que as aplicações isoladas propiciaram graus de controle inferiores (Quadros 8 e 14).

O controle da planta daninha obtido com as pulverizações dos herbicidas foi moderado (plantio direto) ou não houve controle (plantio convencional). Convém ressaltar que, no plantio direto, a eficiência de controle de *A. verlotorum* obtido com a pulverização isolada do metolachlor ou do fomesafen (ambas de 91%) foi superior à verificada com aplicação dos dois herbicidas. Não se encontrou explicação para esse fato. No plantio convencional, a pulverização dos herbicidas proporcionou melhor controle que no plantio direto, ainda que moderado.

Verifica-se, no Quadro 21, que a aplicação dos herbicidas com todas as lâminas de água proporcionou controle excelente de *B. pilosa* em

Quadro 21 – Efeitos da aplicação do metolachlor (2,4 kg ha⁻¹) e do fomesafen (0,225 kg ha⁻¹) via herbificação e por pulverização no controle de *Bidens pilosa* em plantio direto (PD) e convencional (PC). Coimbra- MG, 1999

Tratamentos Avaliados	Massa Seca (g m ⁻²)		Controle (%) ^{1/}		
	PD	PC	PD	PC	
Herbificação*	5 e 3 mm	4,8 ± 0,48	0,2 ± 0,06	95 A	94 A
	10 e 6 mm	3,7 ± 1,3	0,0	96 A	100 A
	15 e 9 mm	0,1 ± 0,04	0,0	97 A	100 A
Pulverização (200 L ha ⁻¹)	0,0	0,0	99 A	100 A	
Testemunha com capina	0,0	0,3 ± 0,01	100 A	91 A	
Testemunha sem capina	101,9 ± 13,03	3,4 ± 0,23	-	-	

^{1/} As letras nas colunas significam: A - controle excelente.

* 5, 10 e 15 mm para o metolachlor e 3, 6 e 9 mm para o fomesafen.

ambos os sistemas de plantio. Esse ótimo controle de *B. pilosa* pode ser atribuído ao fomesafen, conforme pode ser verificado no Quadro 15. De acordo com Lorenzi (1994), esse herbicida é eficiente no controle dessa espécie (85 a 95%).

No plantio convencional, o controle de outras dicotiledôneas obtido com os herbicidas aplicados tanto por herbificação quanto por pulverização (Quadro 22) foi semelhante ao obtido com as suas aplicações isoladas (Quadros 10 e 16). Entretanto, no caso do plantio direto, tanto a herbificação quanto a pulverização dos dois herbicidas proporcionaram maior eficiência de controle que as aplicações isoladas desses herbicidas. Provavelmente, nesse caso, a ação isolada de cada herbicida sobre as espécies daninhas propiciou efeito aditivo no controle, em razão da maior ou menor tolerância de cada espécie a cada um dos herbicidas. Isso pode ser ilustrado para o caso de *A. conyzoides*. Segundo Lorenzi (1994), o fomesafen controla com alta eficiência (acima de 95% de controle) *A. conyzoides*, que é apenas medianamente suscetível ao metolachlor (50 a 85% de controle).

De maneira geral, a aplicação dos herbicidas, por ambos os métodos de aplicação, proporcionou excelente controle das espécies monocotiledôneas, tanto na área de plantio direto quanto na de plantio convencional (Quadro 23). Esse controle foi semelhante ao verificado com a aplicação do metolachlor

Quadro 22 – Efeitos da aplicação do metolachlor (2,4 kg ha⁻¹) e do fomesafen (0,225 kg ha⁻¹) via herbificação e por pulverização em três lâminas de água no controle de outras dicotiledôneas* em plantio direto (PD) e convencional (PC). Coimbra-MG, 1999

Tratamentos Avaliados		Massa Seca (g m ⁻²)		Controle (%) ^{1/}	
		PD	PC	PD	PC
Herbificação**	5 e 3 mm	1,0 ± 0,02	0,0	94 A	100 A
	10 e 6 mm	1,2 ± 0,6	0,0	93 A	100 A
	15 e 9 mm	0,0	0,3 ± 0,02	100 A	83 B
Pulverização (200 L ha ⁻¹)		0,0	0,3 ± 0,006	100 A	83 B
Testemunha com capina		1,4 ± 0,01	0,1 ± 0,02	92 A	94 A
Testemunha sem capina		17,5 ± 1,85	1,8 ± 0,75	-	-

^{1/} As letras nas colunas significam: A - controle excelente, B - controle bom.

* *Ageratum conyzoides*, *Ipomoea grandifolia*, *Ipomoea purpurea*, *Lepidium virginicum*, *Emilia sonchifolia*, *Oxalis corniculata*, *Euphorbia heterophylla*, *Galinsoga parviflora* e *Phyllanthus tenellus*.

** 5, 10 e 15 mm para o metolachlor e 3, 6 e 9 mm para o fomesafen.

Quadro 23 – Efeitos da aplicação seqüencial do metolachlor (2,4 kg ha⁻¹) e do fomesafen (0,225 kg ha⁻¹) via herbificação e por pulverização no controle de monocotiledôneas* em plantio direto (PD) e convencional (PC). Coimbra-MG, 1999

Tratamentos Avaliados		Massa Seca (g m ⁻²)		Controle (%) ^{1/}	
		PD	PC	PD	PC
Herbificação**	5 e 3 mm	0,0	0,0	100 A	100 A
	10 e 6 mm	0,0	3,0 ± 0,95	100 A	97 A
	15 e 9 mm	0,3 ± 0,03	6,9 ± 1,26	95 A	93 A
Pulverização (200 L ha ⁻¹)		0,3 ± 0,09	2,3 ± 0,85	95 A	98 A
Testemunha com capina		0,6 ± 0,02	2,9 ± 1,65	90 A	97 A
Testemunha sem capina		5,9 ± 2,4	100,9 ± 8,4	-	-

^{1/} As letras nas colunas, de acordo com a SBPCPD (1995), significam: A - controle excelente.

* *Brachiaria plantaginea*, *Digitaria horizontalis*, *Eleusine indica*, *Cynodon dactylum* e *Cyperus rotundus*.

** 5, 10 e 15 mm para o metolachlor e 3, 6 e 9 mm para o fomesafen.

isoladamente (Quadro 11), pois o fomesafen não tem efeito sobre monocotiledôneas.

Os efeitos da aplicação do metolachlor e do fomesafen no controle do total de plantas daninhas podem ser verificados no Quadro 24. Independentemente do método de aplicação e do sistema de plantio, a associação dos herbicidas metolachlor e fomesafen proporcionou excelente controle total das plantas daninhas, superior aos obtidos com as herbigações de cada herbicida isolado (Quadros 12 e 18). No plantio convencional, apenas a herbigação isolada do metolachlor com a maior lâmina de água (15 mm) havia proporcionado controle excelente (Quadro 12).

Quadro 24 – Efeitos da aplicação seqüencial do metolachlor ($2,4 \text{ kg ha}^{-1}$) e do fomesafen ($0,225 \text{ kg ha}^{-1}$) via herbigação e por pulverização no controle do total de plantas daninhas em plantio direto (PD) e convencional (PC). Coimbra-MG, 1999

Tratamentos Avaliados	Massa Seca (g m^{-2})		Controle (%) ^{1/}		
	PD	PC	PD	PC	
Herbificação*	5 e 3 mm	7,0 ± 0,99	8,1 ± 2,22	99 A	96 A
	10 e 6 mm	6,3 ± 1,06	20,3 ± 2,01	95 A	90 A
	15 e 9 mm	4,6 ± 2,34	8,6 ± 1,55	97 A	95 A
Pulverização (200 L ha ¹)	11,7 ± 1,85	20,6 ± 3,3	92 A	90 A	
Testemunha com capina	3,1 ± 0,06	9,2 ± 2,05	98 A	95 A	
Testemunha sem capina	138,1 ± 13,12	189,0 ± 23,68	-	-	

^{1/} As letras nas colunas significam: A - controle excelente.

* 5, 10 e 15 mm para o metolachlor e 3, 6 e 9 mm para o fomesafen.

A aplicação do metolachlor, em pré-emergência, e do fomesafen, em pós-emergência, independentemente do método de aplicação e do sistema de plantio, pouco afetou o estande final (Quadro 25). As produtividades não foram muito influenciadas pelos métodos de aplicação dos herbicidas. Verificou-se, porém, efeito do sistema de plantio sobre a produtividade. Em média, a produtividade do feijoeiro alcançada no sistema plantio direto foi 23% superior à obtida no plantio convencional, possivelmente em razão da menor variação térmica e da maior reserva de água no solo e da maior fertilidade do solo na área de plantio direto (Quadro 1).

Quadro 25 – Efeitos da aplicação do metolachlor (2,4 kg ha⁻¹) e do fomesafen (0,225 kg ha⁻¹) via herbificação e por pulverização sobre o estande final e a produtividade do feijoeiro cultivado em plantio direto (PD) e convencional (PC). Coimbra-MG, 1999

Tratamentos Avaliados	Estande Final (plantas m ⁻²)		Produtividade (kg ha ⁻¹)		
	PD	PC	PD	PC	
Herbificação*	5 e 3 mm	23,4 ± 2,1	22,1 ± 1,7	2.728 ± 118	1.946 ± 87
	10 e 6 mm	23,1 ± 0,5	22,4 ± 1,1	2.668 ± 65	1.837 ± 371
	15 e 9 mm	22,9 ± 0,9	22,7 ± 0,1	2.506 ± 56	2.041 ± 66
Pulverização (200 L ha ⁻¹)	23,3 ± 2,2	23,7 ± 1,8	2.706 ± 89	2.327 ± 32	
Testemunha com capina	24,6 ± 0,6	24,6 ± 3,1	2.652 ± 42	2.096 ± 48	
Testemunha sem capina	23,5 ± 2,2	23,5 ± 2,3	569 ± 147	503 ± 182	
Média	23,5 ± 1,4	23,1 ± 1,6	2.305 ± 86	1.792 ± 31	

* 5, 10 e 15 mm para o metolachlor e 3, 6 e 9 mm para o fomesafen.

O não-controle das plantas daninhas reduziu a produtividade do feijoeiro em 75 e 72%, no sistema plantio direto e no convencional, respectivamente.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência dos herbicidas metolachlor e fomesafen aplicados via pivô central (herbificação) no controle de plantas daninhas na cultura do feijão cultivado em plantio direto e convencional. Quatro dias antes e quatro dias após a aplicação do metolachlor foi aplicada lâmina de água de 10 mm em toda a área experimental. Foram conduzidos três experimentos: a) metolachlor (2,4 kg ha⁻¹) aplicado em pré-emergência com lâminas de água de 5, 10 e 15 mm; b) fomesafen (0,225 kg ha⁻¹) aplicado em pós-emergência com lâminas de água de 3, 6 e 9 mm; e c) aplicação do metolachlor, em pré-emergência, seguido do fomesafen, em pós-emergência, nas mesmas parcelas, com as mesmas lâminas citadas anteriormente. Os herbicidas nas mesmas doses em todos os experimentos também foram aplicados com pulverizador costal (200 L ha⁻¹). Foram incluídas duas testemunhas, com e sem capina. Os experimentos foram conduzidos com três repetições, e os resultados foram interpretados utilizando a estatística descritiva, com apresentação das médias de tratamentos com os respectivos

erros-padrão da média. O total de plantas daninhas foi maior no plantio convencional que no plantio direto. No plantio convencional predominaram *A. verlotorum* e as monocotiledôneas; e no plantio direto, *B. pilosa* e outras dicotiledôneas. O metolachlor, quando aplicado com lâmina de água de 15 mm, proporcionou excelente controle das invasoras, especialmente de *Bidens pilosa*, superior ao obtido com a pulverização (controle moderado a bom), independentemente do sistema de plantio. O fomesafen proporcionou de bom a excelente controle das dicotiledôneas com todas as lâminas de água, em ambos os sistemas de plantio. Quando se aplicou os dois herbicidas (metolachlor em pré, seguido de fomesafen em pós-emergência), o controle de monocotiledôneas e dicotiledôneas foi excelente, independentemente da lâmina de água, do método de aplicação e do sistema de plantio. As produtividades alcançadas no plantio direto foram maiores, em relação ao plantio convencional. Apesar de melhor controle das plantas daninhas com a aplicação seqüencial dos dois herbicidas, a aplicação de apenas um deles não comprometeu a produtividade do feijão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Sistema de irrigação por aspersão pivô central: caracterização de desempenho/método de ensaio**. Rio de Janeiro, 1985. 22p. (Projeto de norma, 12:02.08-005).
- BANKS, P.A.; ROBINSON, E.L. Soil reception and activity of acetochlor, alachlor, and metolachlor as affected by wheat (*Triticum aestivum*) straw and irrigation. **Weed Science**, v.34, n.4, p.607-611, 1986.
- BARNES, C.J.; LAVY, T.L.; TALBERT, R.E. Leaching, dissipation, and efficacy of metolachlor applied by chemigation or conventional methods. **Journal of Environmental Quality**, v.21, n.2, p.232-236, 1992.
- CARMONA, R.; VILLAS BÔAS, H.D.C. Dinâmica de sementes de *Bidens pilosa* no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.3, 2001.
- CAVINESS, D.M.; TALBERT, R.E.; KLINGAMAN, G.L. Chemigation and spray application of herbicides on container-grown ornamentals. **Weed Technology**, v.2, n.4, p.418-422, 1988.
- DOWLER, C.C. **Present herbicide application technology with sprinkler irrigation**. Soil Crop Science Society of Florida, [S.I.], n.3, p.6-9, 1984.

- DOWLER, C.C. Efficacy of some recently developed herbicides applied through irrigation. In: Southern Weed Science Society, 40, Orlando, 1987. **Proceedings...**, Champaign, SWSS, p.372.
- FONTES, J.R.A.; SILVA, A.A.; LEITE, J.A.O.; VIEIRA, R.F.; RAMOS. M.M. Aplicação de herbicidas em pós-emergência via água de irrigação na cultura do feijão. In: RENAFE, 6, Salvador: Embrapa, 1999. **Resumos...** Salvador: Embrapa, 1999.
- HELLING, C.S.; ZHUANG, W.; GISH, T.J.; COFFMAN, C.B.; ISENSEE, A.R.; KEARNEY, P.C.; HOAGLAND, D.R.; WOODWARD, M.D. Persistence and leaching of atrazine, alachlor, and cyanazine under no-tillage practices. **Chemosphere**, v.17, n.1, p.175-187, 1988.
- JAKELAITIS, A.; FERREIRA, L.R.; SILVA, A.A. Manejo integrado de tiririca (*Cyperus rotundus* L.) em culturas de milho e feijão em sistema de plantio concencional e direto. In: Zambolin, L. (ed.). **Manejo integrado - fitossanidade - cultivo protegido, pivô central e plantio direto**. Viçosa, 2001, p.655-682.
- LEITE, J.A.O.; RAMOS. M.M.; FONTES, J.R.A.; VIEIRA, R.F.; SILVA, A.A. da. Aplicação do herbicida fomesafen, com e sem óleo, em três lâminas de água na cultura do feijão. In: RENAFE, 6, Salvador: Embrapa, 2000. **Resumos...** Salvador: Embrapa, 1999.
- LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas - plantio direto e convencional**. 4.ed. Nova Odessa: Editora Plantarum Ltda., 1994. 299p.
- MANTOVANI, E.C.; RAMOS, M.M. Manejo da irrigação. In: COSTA, E.F.; VIEIRA, R.F.; VIANA, P.A. **Quimigação - aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação**. Brasília: Embrapa/SPI, 1994, p.129-158.
- MBUYA, O.S.; NKEDIKIZZA, P.; BOOTE, K.J. Fate of atrazine in sandy soil cropped with sorghum. **Journal of Environmental Quality**, v.30, p.71-77, 2001.
- MILLS, J.A.; WITT, W.W. Effect of tillage systems on the efficacy and phytotoxicity of imazaquin and imazethapyr in soybean (*Glycine max*). **Weed Science**, v.37, n.2, p.233-238, 1989.
- RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.R. **Guia de herbicidas**. 4.ed. Londrina: Edição dos autores. 1998. 648p.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS - SBCPD. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina-PR, 1995. 42p.
- THREADGILL, E.D. Current status and future of chemigation. In: NATIONAL SYMPOSIUM ON CHEMIGATION, 3, 1985, Tifton. **Proceedings...** Rural Development Center, 1985. p.1-12.
- VIEIRA, C. **A cultura do feijão**. Viçosa-MG:UFV, 1983.146p.

VIEIRA, R.F.; FONTES, J.R.A. Aplicação da mistura dos herbicidas fomesafen e fluazifop-p-butil por intermédio da água de irrigação de pivô central, na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 14, Viçosa, 1994. **Resumos....** Viçosa. 1994.

VIEIRA, R.F.; SILVA, A.A. Aplicação de defensivos via água de irrigação por aspersão. In: VIEIRA, C.; PAULA JR., T.J.; BORÉM, A. (Ed.) **Feijão - aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa: Editora UFV, 1998. p.13-17.

INFLUÊNCIA DA HERBIGAÇÃO NA LIXIVIAÇÃO DO METOLACHLOR E DO FOMESAFEN NA CULTURA DO FEIJÃO EM PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL

RESUMO

Com o objetivo de avaliar a lixiviação no solo do metolachlor e do fomesafen aplicados via água de irrigação em plantio direto e convencional, desenvolveu-se este trabalho. Foram conduzidos bioensaios em casa de vegetação com solos provenientes dos experimentos de campo relatados na primeira parte da tese. Amostras de solo foram retiradas, quinzenalmente, nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-15 cm de profundidade para condução dos bioensaios, com um total de três repetições. A primeira amostra, de um total de quatro, foi retirada 15 dias após a aplicação dos herbicidas. Essas amostras foram colocadas em vasos plásticos de 300 cm³ de capacidade, que, em seguida, foram semeados com *Sorghum bicolor*, híbrido BR 304, utilizado como planta-teste. Quinze dias após a semeadura, as plantas foram coletadas inteiras (parte aérea e raízes) e secas em estufa com circulação forçada de ar a 72°C, até atingirem peso constante, para determinação da massa seca. Na interpretação dos resultados utilizou-se a estatística descritiva, com a apresentação das médias de tratamentos e os respectivos erros-padrão da média. No plantio direto, o metolachlor, independentemente do método de aplicação, não sofreu lixiviação nem apresentou atividade no solo aos 15 dias após a aplicação. No plantio convencional, a herbigação do metolachlor só afetou o crescimento da planta-teste cultivada na camada de solo mais superficial (0-5 cm de profundidade). O fomesafen, independentemente do método de aplicação e do sistema de plantio, apresentou lixiviação até 10 cm de profundidade e foi detectado até na última data de amostragem (60 dias após a aplicação). A aplicação do metolachlor e do fomesafen com água de irrigação apresentou-se segura em relação à movimentação no solo, podendo ser realizada com lâminas de água relativamente altas.

INFLUENCE OF THE HERBIGATION ON LEACHING OF THE METOLACHLOR AND FOMESAFEN IN BEANS CROPPING UNDER NO-TILL AND CONVENTIONAL PLANTING SYSTEMS

SUMMARY

A study was conducted to evaluate the leaching in soil profile of the metolachlor and fomesafen applied through irrigation water in beans cropping under no-till and conventional planting systems. Bioassays were carried out under greenhouse conditions, by using the soils proceeding from field experiments already reported in the first part of this thesis. Soil samples were taken each fifteen days, at the layers of 0-5, 5-10 and 10-15 cm depth in order to conduct the bioassays, so totalizing three replications. The first sample from a total of four ones was removed at 15 days after applying the herbicides. All samples were placed into plastic pots with 300 cm³ capacity. Then, these pots were sowed with *Sorghum bicolor*, hybrid BR 304, which was used as test-plant. Fifteen days after sowing, the whole plants (aerial part and roots) were collected and oven-dried in an air-forced circulation oven at 72°C until reaching a constant weight for determination of the dry mass. In interpretation of the results, the descriptive statistics was used, by presenting the averages of the treatments and the respective standard error of the average. In no-till planting, the metolachlor did not leach nor presented any activity in the soil at 15 days after its application, independent from the application method. In the conventional planting, the herbigation of the metolachlor affected only the growth of the test-plant cropped at the more superficial soil layer (0-5 cm depth). The fomesafen was leached down to 10 cm depth, besides to be detected until the last sampling date (60 days after application), independent from the application method used. The application of the metolachlor and fomesafen through irrigation water showed to be a reliable one in relation to the movement in soil, and it may be accomplished with water depths relatively high.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, é prática comum realizar o controle de plantas daninhas na cultura do feijão utilizando-se herbicidas. Além de ser eficiente, o controle químico é rápido e tem, geralmente, apresentado menor custo que o controle

mecânico. Os herbicidas podem ser aplicados sobre o solo, em pré-plantio incorporado e em pré-emergência, ou sobre a parte aérea de plantas daninhas e culturas, em pós-emergência. Segundo Mbuya et al. (2001), deve-se evitar o uso excessivo desses produtos procurando sempre obter o equilíbrio entre máxima produção e proteção ao ambiente. Segundo Oliveira Jr. (1998), os herbicidas são os defensivos agrícolas detectados com maior frequência fora das áreas de aplicação.

Os herbicidas são geralmente aplicados por pulverização; entretanto, a aplicação de herbicidas junto com água de irrigação vem sendo utilizada com frequência por produtores de feijão que utilizam bom nível tecnológico. Normalmente, esses agricultores utilizam o pivô central para essas aplicações. Vieira & Silva (1998) citam como vantagens da herbicidação em relação à pulverização: redução do custo de aplicação, de gastos com energia (óleo diesel), do emprego de mão-de-obra, da compactação do solo, de injúrias mecânicas às culturas, do perigo de contaminação do operador (alta diluição do produto) e do impacto ambiental (menor deriva); melhor atividade do herbicida (incorporação no perfil do solo e redução de perdas por volatilização e, ou, fotodecomposição); melhor uniformidade de aplicação; e maior compatibilidade com o sistema plantio direto (incorporação de produtos sem revolvimento do solo). Os mesmos autores apresentam como desvantagens: exigência de maior conhecimento do manejo e controle de plantas daninhas e manejo de irrigação; necessidade de equipamentos adicionais, como tanques de diluição, bombas injetoras, válvulas de segurança; aumento do risco de contaminação ambiental, se medidas de segurança não forem adotadas; aumento do tempo de aplicação, no caso do uso de pivô central; e realização de irrigação desnecessária, quando o herbicida tem de ser aplicado com o solo já úmido.

Keller & Weber (1997) definem lixiviação como o processo em que o herbicida em solução é carregado para baixo, no perfil do solo, por meio de força gravitacional, principalmente. Os autores consideram que outros fatores, como o gradiente de pressão de vapor ou difusão, também exercem influência nesse processo. Para Lee & Weber (1993) e Oliveira Jr. (1998), o movimento de herbicidas no solo depende ainda das características físico-químicas dos

produtos e dos solos e das condições climáticas. Segundo alguns autores, a sorção dos herbicidas aos colóides orgânicos e minerais do solo é o principal fator que determina a lixiviação daqueles no solo. A sorção também determina a concentração do herbicida na solução do solo, a qual, por sua vez, afeta a quantidade absorvida pelas plantas e a disponível para a degradação química e biológica e para a volatilização (Harper, 1994; Kim & Feagley, 1998; Oliveira Jr., 1998). De acordo com Weber et al. (1993), a mobilidade e persistência de um herbicida no solo são importantes indicadores de seu potencial para contaminação de cursos de água e do lençol freático.

Quanto aos efeitos de sistema de plantio sobre a movimentação dos herbicidas no solo, os resultados não são consistentes. Ritter et al. (1994) avaliaram a movimentação de herbicidas em solo franco-arenoso. Não verificaram diferenças na movimentação no solo dos herbicidas atrazine, simazine, cianazine e metolachlor, comparando o sistema plantio direto com o plantio convencional, em trabalho conduzido durante três anos. Resultados semelhantes, em solo franco-siltoso, foram observados por Starr & Glotfelty (1990), que não detectaram diferença no grau de lixiviação de atrazine no solo, quando foram comparados os dois sistemas de plantio.

No entanto, de acordo com Dao (1995), o aumento da biomassa de resíduos culturais sobre o solo pode inibir a lixiviação de herbicidas pela interceptação e sorção desses produtos e verificaram maior movimentação de atrazine em áreas de plantio convencional que em plantio direto. Estudos têm mostrado que os resíduos vegetais têm maior capacidade de sorção que o solo (Dao, 1991; Locke et al., 1994; Reddy et al., 1995). Segundo Zablotowicz et al. (2000), a adoção do plantio direto pode afetar o destino de herbicidas por meio de interações com a matéria orgânica do solo, degradação microbiana e sorção desses produtos e seus metabólitos. A sorção de herbicida aos solos afeta, em maior ou menor grau, o destino, a atividade e a persistência dele no solo. Para a maioria dos herbicidas aniônicos e básicos existe correlação direta entre sorção do herbicida e conteúdo de matéria orgânica e colóides orgânicos e minerais (Isensee et al., 1990; Oliveira Jr., 1998). Esses compostos têm alta afinidade por matéria orgânica que se

acumula na superfície do solo. Suba & Essington (1999) afirmam que a maior sorção de herbicidas no solo em área de plantio direto é atribuída, primeiramente, ao maior teor de carbono orgânico dissolvido (COS) na superfície do solo, em relação a áreas com plantio convencional. O manejo de palhada e o mínimo revolvimento do solo em plantio direto aumentam o COS na superfície. Considerando que a retenção de compostos orgânicos no solo está altamente relacionada ao conteúdo de COS e à movimentação e atividade desses compostos no solo, pode-se concluir que menor lixiviação de herbicidas ocorre em área de plantio direto.

Entretanto, parece que esses conceitos nem sempre são verdadeiros, pois tem-se verificado, em alguns casos, maior mobilidade de herbicidas nos solos de área de plantio direto. Sigua et al. (1993) e Isensee & Sadeghi (1995) atribuem esse fato ao menor escoamento superficial e à maior infiltração de água nesse sistema de plantio. Isensee et al. (1990) verificaram maior lixiviação de herbicidas em sistema plantio direto, em relação ao plantio convencional, quando ocorreu três horas de chuva logo após a aplicação. Resultados semelhantes foram observados por Hall et al. (1989) e Isensee & Sadeghi (1994), que recuperaram maiores quantidades de herbicidas na superfície de solos do plantio convencional que na do plantio direto. Keller & Weber (1997) observaram menor movimento do metolachlor em solo cultivado com soja do que em não cultivado. Segundo Wilson et al. (1998), no sistema plantio direto é maior o conteúdo de matéria orgânica na superfície do solo. Por isso, há aumento da estabilidade de agregados e da quantidade de macroporos, aumentando o potencial de lixiviação de herbicidas, principalmente em condição de saturação de água. Como nesses solos há alto conteúdo de carbono orgânico dissolvido (COD), a ligação de herbicidas ao COD aumenta-lhes a solubilidade em água, elevando seu transporte no solo. De acordo com Heatwole et al. (1997), além da maior quantidade de macroporos no solo, há considerável volume de canais formados por minhocas, artrópodes e raízes decompostas, favorecendo a lixiviação dos herbicidas. Masse et al. (1996) avaliaram a influência de sistemas de plantio sobre a lixiviação de atrazine e de metolachlor. Verificaram maior lixiviação de

atrazine em plantio direto do que em solo preparado convencionalmente. Todavia, não encontraram efeito de sistema de plantio na lixiviação do metolachlor.

Segundo Burgard et al. (1993) e Keller et al. (1998), a sorção do metolachlor no solo correlaciona-se positivamente com o conteúdo de ácidos húmicos, matéria orgânica e argilas, apresentando moderado potencial de lixiviação para o lençol freático. Conforme Bowman (1988), a realização de irrigação ou a ocorrência de chuva antes ou após a aplicação do metolachlor tem muita influência na sua movimentação no solo. O autor verificou que, em solo arenoso cultivado com batata, o metolachlor aplicado por pulverização movimentou-se até 40 cm de profundidade. Durante a fase de coleta de amostras de solo para a determinação da profundidade de lixiviação (até 60 dias após a aplicação do metolachlor) foram aplicados 380 mm de água. Burgard et al. (1993) observaram a presença do metolachlor, aplicado por pulverização, até 15 cm de profundidade em solo arenoso cultivado com batata, com aplicação de lâmina de água de 400 mm até 55 dias após a aplicação do herbicida. Procópio et al. (2001) avaliaram a influência da irrigação (lâmina de água de 20 mm) antes e após a aplicação do metolachlor pelo método convencional em cinco diferentes tipos de solos e constataram que, mesmo após a irrigação, grande parte do metolachlor ficou concentrado na camada de 0-5 cm de profundidade nos seguintes solos: Podzólico Vermelho-Amarelo (35 dag kg⁻¹ de argila), Latossolo Roxo (34 dag kg⁻¹ de argila), Vermelho-Escuro (22 dag kg⁻¹ de argila) e Areia Quartzosa - turfosa (16 dag kg⁻¹ de argila). O metolachlor foi lixiviado até 20 cm de profundidade apenas em areia quartzosa (14 dag kg⁻¹ de argila). Neste solo, esses autores verificaram, também, maior efeito fitotóxico do metolachlor quando se realizou irrigação logo após a aplicação desse herbicida.

Wiese e Turner (1977) aplicaram o metolachlor com lâminas de água de 20 e 33 mm com pivô central na cultura do milho e avaliaram a sua movimentação em solo franco-argiloso (33 e 1,5 dag kg⁻¹ de argila e matéria orgânica, respectivamente). Aos 15 dias após a aplicação, o metolachlor aplicado com 20 mm não se movimentou além dos 5 cm no solo; com 33 mm ele atingiu a profundidade de 10 cm. Barnes et al. (1992) avaliaram a

movimentação no solo do metolachlor aplicado via herbificação, com lâmina de água de 13 mm, e também por pulverização (250 L ha⁻¹), em solo franco-siltoso (7,3 e 0,94 dag kg⁻¹ de argila e matéria orgânica, respectivamente) até 56 dias após a aplicação do herbicida. Verificaram que não houve influência do método de aplicação na movimentação do herbicida no solo, que se deslocou até 30 cm de profundidade. No período de condução do experimento, as irrigações e as chuvas somaram 213 mm. Em outro trabalho, Abdel-Rahman et al. (1999) aplicaram o herbicida alachlor via herbificação (aspersão convencional), com lâmina de água de 6,4 mm, e por pulverização (187 L ha⁻¹), em solo franco-arenoso, com 6 e 0,8 dag kg⁻¹ de argila e matéria orgânica, respectivamente. Verificaram que, após a aplicação de chuva simulada de 47 mm, o alachlor movimentou-se no solo até 10 cm de profundidade quando se utilizou a herbificação. No caso de sua aplicação por pulverização, ele se deslocou até 5 cm de profundidade.

Weber et al. (1993) avaliaram a movimentação do fomesafen em colunas de solo (Latosolo Vermelho-Escuro, 66 dag kg⁻¹ de argila) e Observaram que ele apresentou baixa mobilidade, com 94% da quantidade aplicada concentrando-se na profundidade de até 17,5 cm, após aplicação de lâmina de água de 500 mm (12,5 mm dia⁻¹). Cobucci (1996) avaliou a lixiviação em campo do fomesafen em um Latossolo Vermelho-Escuro (71 dag kg⁻¹ de argila) e verificou que o fomesafen aplicado por pulverização (0,125 a 0,50 kg ha⁻¹) ficou concentrado na camada de solo de 0-10 cm de profundidade. Segundo Weber (1993), Weber et al. (1993) e Cobucci (1996) a baixa mobilidade do fomesafen nos solos brasileiros pode ser atribuída à sua sorção aos colóides orgânicos e minerais do solo e aos óxidos de ferro e alumínio.

O objetivo deste trabalho foi verificar o efeito de métodos de aplicação de herbicidas (herbificação e pulverização) na lixiviação dos herbicidas metolachlor e fomesafen no solo, em sistema plantio direto e convencional.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A avaliação da lixiviação no solo do metolachlor e do fomesafen foi feita por meio de bioensaios. Para isso, amostras de solo foram retiradas,

quinzenalmente, nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-15 cm de profundidade, nas parcelas que receberam a aplicação dos herbicidas, como descrito na primeira parte desta tese. Também foi feita coleta de amostra de solo em área que não recebeu a aplicação dos herbicidas (testemunha). A primeira amostragem, num total de quatro, foi feita 15 dias após a aplicação dos herbicidas. As amostras, uma por parcela, foram retiradas com uso de enxada, pá reta e faca. Para evitar contaminação das amostras, utilizou-se éter metílico para se proceder à descontaminação das ferramentas entre uma e outra amostragem. As amostras foram colocadas em sacos plásticos e levadas no mesmo dia para a casa de vegetação. Em seguida, elas foram colocadas em vasos plásticos de 300 cm³ de capacidade, sendo, então, efetuada a semeadura do *Sorghum bicolor* (híbrido BR 304), utilizado como planta-teste. Foram utilizadas oito sementes por vaso. Quinze dias após a semeadura, as plantas foram coletadas inteiras (parte aérea e raízes) e secas em estufa com circulação forçada de ar, a 72°C, até atingirem peso constante, para determinação da massa seca. Considerou-se como 100% a produção de massa seca do tratamento testemunha. Esta foi utilizada para comparação com os demais tratamentos. Os bioensaios foram conduzidos com três repetições. Na interpretação dos resultados utilizou-se a estatística descritiva, com apresentação das médias de tratamentos com os respectivos erros-padrão da média.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Experimento com metolachlor

Vê-se, no Quadro 1, que, 15 dias após a aplicação, o metolachlor só foi detectado, de modo significativo, na camada de solo de 0-5 cm na área do plantio convencional, quando se utilizou a herbicidação. Na pulverização, a não-detecção do herbicida na camada de 0-5 cm se deveu, provavelmente, às maiores perdas do produto por fotodecomposição e, ou, volatilização, em relação às herbicidações. Aplicado via água de irrigação, mesmo com lâminas de água de 5 mm, o herbicida parece ter sido suficientemente incorporado ao solo para reduzir essas perdas.

Quadro 1 – Massa de plantas secas de *Sorghum bicolor* cultivadas em amostras de solo coletadas em diferentes profundidades, 15 dias após a herbicidação ou a pulverização do metolachlor (2,4 kg ha⁻¹). Coimbra-MG, 1999

Tratamentos Avaliados		Porcentagem da Massa de Plantas Secas ^{1/}					
		Plantio Direto			Convencional		
		0-5 cm	5-10 cm	10-15 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-15 cm
Herbidação	5 mm	99 ± 1,1	99 ± 1,7	98 ± 1,7	65 ± 5,1	100	94 ± 1,1
	10 mm	97 ± 2,5	97 ± 4,0	98 ± 2,3	70 ± 3,4	96 ± 1,1	96 ± 1,7
	15 mm	97 ± 2,6	96 ± 0,5	99 ± 1,1	69 ± 3,0	98 ± 2,1	98 ± 2,5
Pulverização (200 L ha ⁻¹)		98 ± 2,8	94 ± 3,0	100	97 ± 2,1	99 ± 1,1	97 ± 2,8
Testemunha		100	100	100	100	100	100

^{1/} Em relação à testemunha, considerada como 100%.

Vale ressaltar que a lavoura só começou a ser irrigada quatro dias após a aplicação do metolachlor. Até a data da primeira amostragem (15 dias após a aplicação) foram aplicados na área 53 mm de lâminas de água. Segundo Ahrens (1994), as perdas do metolachlor por volatilização são geralmente baixas. A fotodecomposição, no entanto, é a principal causa de dissipação do produto, principalmente em condições secas e quando o metolachlor permanece na superfície do solo.

Nas avaliações feitas aos 30, 45 e 60 dias após a aplicação do metolachlor (Quadros 2, 3 e 4), a planta-teste praticamente não acusou a presença do herbicida. Esses resultados confirmam a meia-vida relativamente curta desse herbicida no solo. De acordo com Rodrigues & Almeida (1998), o metolachlor tem persistência média no solo de 15 a 50 dias, dependendo do tipo de solo, do conteúdo de matéria orgânica e das condições edafoclimáticas.

Segundo Ahrens (1994), a lixiviação do metolachlor geralmente é insignificante quando o conteúdo de matéria orgânica do solo é maior que 2 dag kg⁻¹. O solo utilizado neste estudo continha mais de 2 dag kg⁻¹ de matéria orgânica, além de 49 e 43 dag kg⁻¹ de argila no plantio direto e convencional, respectivamente, na camada de solo de 0-15 cm. Isso explica a presença do herbicida apenas na camada de solo de 0-5 cm, no plantio convencional. Em estudo conduzido por Wiese & Turner (1977), em solo

Quadro 2 – Massa de plantas secas de *Sorghum bicolor* cultivadas em amostras de solo coletadas em diferentes profundidades, 30 dias após a herbicção ou a pulverização do metolachlor (2,4 kg ha⁻¹). Coimbra-MG, 1999

Tratamentos Avaliados		Porcentagem da Massa de Plantas Secas ^{1/}					
		Plantio Direto			Convencional		
		0-5 cm	5-10 cm	10-15 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-15 cm
Herbicção	5 mm	94 ± 2,3	96 ± 2,4	96 ± 2,6	94 ± 4,7	96 ± 4,0	98 ± 2,8
	10 mm	94 ± 3,2	97 ± 3,0	99 ± 1,0	96 ± 3,2	98 ± 3,4	96 ± 4,0
	15 mm	94 ± 4,7	98 ± 2,0	97 ± 2,0	96 ± 3,6	97 ± 2,0	95 ± 1,5
Pulverização (200 L ha ⁻¹)		97 ± 3,7	99 ± 0,5	97 ± 1,1	96 ± 3,7	98 ± 3,4	95 ± 4,5
Testemunha		100	100	100	100	100	100

^{1/} Em relação à testemunha, considerada como 100%.

Quadro 3 – Massa de plantas secas de *Sorghum bicolor* cultivadas em amostras de solo coletadas em diferentes profundidades, 45 dias após a herbicção ou a pulverização do metolachlor (2,4 kg ha⁻¹). Coimbra-MG, 1999

Tratamentos Avaliados		Porcentagem da Massa de Plantas Secas ^{1/}					
		Plantio Direto			Convencional		
		0-5 cm	5-10 cm	10-15 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-15 cm
Herbicção	5 mm	96 ± 2,0	96 ± 4,0	98 ± 1,7	93 ± 2,3	92 ± 8,4	93 ± 7,2
	10 mm	96 ± 3,4	95 ± 2,0	95 ± 6,0	95 ± 4,8	96 ± 3,4	95 ± 7,2
	15 mm	96 ± 6,2	97 ± 5,1	97 ± 5,2	93 ± 4,3	92 ± 4,8	95 ± 5,4
Pulverização (200 L ha ⁻¹)		99 ± 1,7	96 ± 4,5	94 ± 6,5	95 ± 5,5	92 ± 2,0	93 ± 5,6
Testemunha		100	100	100	100	100	100

^{1/} Em relação à testemunha, considerada como 100%.

Quadro 4 – Massa de plantas secas de *Sorghum bicolor* cultivadas em amostras de solo coletadas em diferentes profundidades, 60 dias após a herbicção ou a pulverização do metolachlor (2,4 kg ha⁻¹). Coimbra-MG, 1999

Tratamentos Avaliados		Porcentagem da Massa de Plantas Secas ^{1/}					
		Plantio Direto			Convencional		
		0-5 cm	5-10 cm	10-15 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-15 cm
Herbicção	5 mm	94 ± 3,6	94 ± 4,7	98 ± 2,8	95 ± 4,5	92 ± 3,0	96 ± 3,5
	10 mm	94 ± 3,2	96 ± 8,9	93 ± 7,5	95 ± 2,8	95 ± 4,5	97 ± 4,0
	15 mm	95 ± 4,5	97 ± 5,1	95 ± 4,5	95 ± 3,2	96 ± 3,5	92 ± 6,0
Pulverização (200 L ha ⁻¹)		92 ± 5,1	96 ± 5,5	94 ± 3,6	99 ± 0,5	95 ± 4,5	96 ± 0,5
Testemunha		100	100	100	100	100	100

^{1/} Em relação à testemunha, considerada como 100%.

com 1,5 dag kg⁻¹ de matéria orgânica e 33 dag kg⁻¹ de argila, o metolachlor se movimentou até 10 cm de profundidade quando aplicado com lâminas de água de 33 mm, mas ele não se movimentou além de 5 cm quando aplicado com 20 mm de água. Em solo franco-siltoso (0,94 dag kg⁻¹ de matéria orgânica e 7,3 dag kg⁻¹ de argila), o metolachlor aplicado com lâmina de água de 13 mm atingiu 30 cm de profundidade (Barnes et al., 1992).

No plantio direto, diferentemente do plantio convencional, o herbicida não foi detectado 15 dias após a sua aplicação em nenhuma das camadas de solo testadas (Quadro 1). Uma das explicações para esse fato foi a provável retenção de parte do metolachlor na palhada depositada sobre a superfície do solo. Os resíduos vegetais têm grande capacidade de sorção, às vezes maior que a do solo (Dao, 1991; Locke et al., 1994; Dao, 1995; Green et al., 1995; Reddy et al., 1995); conseqüentemente, o produto ficou mais sujeito a perdas por fotodecomposição e, ou, volatilização. Além disso, é possível que o metolachlor que atingiu o solo em plantio direto tenha sido mais rapidamente degradado que no solo do plantio convencional. A razão disso é o maior conteúdo relativo de matéria orgânica na superfície do solo em plantio direto. De acordo com Bouchard et al. (1982) e Braverman et al. (1986), a atividade microbiana está diretamente relacionada com o conteúdo de matéria orgânica do solo, e ela é o principal fator que controla a persistência do metolachlor no solo.

3.2. Experimento com fomesafen

Vê-se, nos Quadros 5, 6, 7 e 8, que o método de aplicação do herbicida e o sistema de plantio não influenciaram a lixiviação do fomesafen no solo, que se concentrou na camada de solo de 0-10 cm de profundidade. Resultado semelhante foi obtido por Cobucci (1996) em área com preparo convencional. Esse autor verificou que grande parte do fomesafen aplicado na cultura do feijão, em um Latossolo Vermelho-Escuro com 71 dag kg⁻¹ de argila e 3,92 dag kg⁻¹ de matéria orgânica, nas doses de 0,125; 0,25; 0,375; e 0,5 kg ha⁻¹, ficou concentrado na camada de solo de 0-10 cm de

Quadro 5 – Massa de plantas secas de *Sorghum bicolor* cultivadas em amostras de solo coletadas em diferentes profundidades, 15 dias após a herbicção e a pulverização do fomesafen (0,225 kg ha⁻¹). Coimbra-MG, 1999

Tratamentos Avaliados		Porcentagem da Massa de Plantas Secas ^{1/}					
		Plantio Direto			Convencional		
		0-5 cm	5-10 cm	10-15 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-15 cm
Herbicção	3 mm	30 ± 10,5	63 ± 9,2	94 ± 6,8	28 ± 9,5	61 ± 8,2	95 ± 3,3
	6 mm	36 ± 9,7	60 ± 9,5	92 ± 2,0	29 ± 2,1	63 ± 5,7	95 ± 4,5
	9 mm	30 ± 13,6	65 ± 9,7	95 ± 2,0	32 ± 8,7	62 ± 9,5	93 ± 7,1
Pulverização (200 L ha ⁻¹)		33 ± 6,0	66 ± 4,0	95 ± 2,6	33 ± 9,9	58 ± 4,1	94 ± 4,7
Testemunha		100	100	100	100	100	100

^{1/} Em relação à testemunha, considerada como 100%.

Quadro 6 – Massa de plantas secas de *Sorghum bicolor* cultivadas em amostras de solo coletadas em diferentes profundidades, 30 dias após a herbicção e a pulverização do fomesafen (0,225 kg ha⁻¹). Coimbra-MG, 1999

Tratamentos Avaliados		Porcentagem da Massa de Plantas Secas ^{1/}					
		Plantio Direto			Convencional		
		0-5 cm	5-10 cm	10-15 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-15 cm
Herbicção	3 mm	34 ± 5,5	60 ± 4,0	95 ± 4,1	34 ± 4,1	65 ± 4,5	96 ± 3,5
	6 mm	37 ± 6,8	62 ± 8,5	97 ± 2,1	36 ± 9,0	61 ± 5,5	96 ± 4,0
	9 mm	34 ± 7,5	63 ± 9,1	97 ± 4,6	40 ± 5,5	62 ± 7,6	94 ± 3,8
Pulverização (200 L ha ⁻¹)		36 ± 5,7	65 ± 8,0	92 ± 4,7	38 ± 3,5	61 ± 9,6	98 ± 3,4
Testemunha		100	100	100	100	100	100

^{1/} Em relação à testemunha, considerada como 100%.

Quadro 7 – Massa de plantas secas de *Sorghum bicolor* cultivadas em amostras de solo coletadas em diferentes profundidades, 45 dias após a herbicção e a pulverização do fomesafen (0,225 kg ha⁻¹). Coimbra-MG, 1999

Tratamentos Avaliados		Porcentagem da Massa de Plantas Secas ^{1/}					
		Plantio Direto			Convencional		
		0-5 cm	5-10 cm	10-15 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-15 cm
Herbicção	3 mm	33 ± 6,4	64 ± 6,2	94 ± 5,1	36 ± 7,1	56 ± 7,1	93 ± 5,0
	6 mm	36 ± 4,9	61 ± 4,1	95 ± 2,6	40 ± 5,2	56 ± 9,9	96 ± 4,7
	9 mm	38 ± 9,7	65 ± 9,3	93 ± 4,7	32 ± 8,1	64 ± 10,0	97 ± 4,0
Pulverização (200 L ha ⁻¹)		38 ± 7,5	65 ± 8,3	98 ± 2,8	42 ± 3,0	68 ± 9,1	96 ± 1,0
Testemunha		100	100	100	100	100	100

^{1/} Em relação à testemunha, considerada como 100%.

Quadro 8 – Massa de plantas secas de *Sorghum bicolor* cultivadas em amostras de solo coletadas em diferentes profundidades, 60 dias após a herbificação e a pulverização do fomesafen (2,4 kg ha⁻¹). Coimbra-MG, 1999

Tratamentos Avaliados		Porcentagem da Massa de Plantas Secas ^{1/}					
		Plantio Direto			Convencional		
		0-5 cm	5-10 cm	10-15 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-15 cm
Herbificação	3 mm	35 ± 9,5	64 ± 9,1	96 ± 2,8	28 ± 4,0	52 ± 7,0	93 ± 3,4
	6 mm	33 ± 9,1	61 ± 1,5	94 ± 4,1	31 ± 6,6	58 ± 14,0	92 ± 7,5
	9 mm	32 ± 5,5	58 ± 8,9	95 ± 4,3	24 ± 6,6	57 ± 9,4	93 ± 3,5
Pulverização (200 L ha ⁻¹)		35 ± 4,1	58 ± 3,1	95 ± 2,6	34 ± 5,2	63 ± 4,5	95 ± 3,8
Testemunha		100	100	100	100	100	100

^{1/} Em relação à testemunha, considerada como 100%.

profundidade. As parcelas receberam um total de água (chuva e irrigação) de, aproximadamente, 680 mm no período de condução do experimento (212 dias). Apenas uma pequena parte do herbicida deslocou-se além da camada de 0-10 cm de profundidade. Segundo Weber (1993), Weber et al. (1993) e Cobucci (1996), a baixa mobilidade do fomesafen nos solos brasileiros pode ser atribuída à sua sorção aos colóides orgânicos e minerais do solo e aos óxidos de ferro e alumínio. Esse herbicida tem elevadíssima solubilidade em água (600.000 mg L⁻¹, formulação salina de sódio) e K_{oc} relativamente baixo (60 mL g⁻¹, Rodrigues & Almeida, 1998).

Era de se esperar que o fomesafen pudesse se movimentar a maiores profundidades que no solo testado por Cobucci (1996), em razão dos menores conteúdos de argila e de matéria orgânica nas áreas de plantio direto (49 e 2,83 dag kg⁻¹ de argila e matéria orgânica, respectivamente) e convencional (43 e 2,57 dag kg⁻¹ de argila e matéria orgânica, respectivamente). Possivelmente, o fomesafen não tenha se deslocado além da camada de 0-10 cm devido ao menor volume de água (chuva e irrigação) recebido na lavoura, que totalizou 264 mm. Esse volume de água foi aproximadamente três vezes menor ao verificado no trabalho conduzido por Cobucci (1996).

Os resultados obtidos também mostraram que a persistência no solo do fomesafen foi de 60 dias, no mínimo. Segundo Rodrigues & Almeida (1998), a sua persistência no solo varia de 60 a 180 dias.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da herbigação sobre a lixiviação no solo dos herbicidas metolachlor e fomesafen, em comparação com a pulverização, na cultura do feijão, em sistema plantio direto e convencional. Foram conduzidos bioensaios em casa de vegetação utilizando amostras de solo coletadas em três profundidades (0-5, 5-10 e 10-15 cm) na área onde foram aplicados os seguintes tratamentos: metolachlor ($2,4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) aplicado por pivô central com lâminas de água de 5, 10 e 15 mm, e fomesafen ($0,225 \text{ kg ha}^{-1}$), com lâminas de água de 3, 6 e 9 mm. Os herbicidas também foram aplicados por pulverização. As amostras de solo foram retiradas em intervalos de 15 dias, num total de quatro amostragens. A primeira amostragem foi realizada 15 dias após a aplicação dos herbicidas. As amostras de solo foram colocadas em vasos de 300 cm^3 de capacidade, nos quais foi semeado *Sorghum bicolor*, utilizado como planta-teste. Quinze dias após a semeadura realizou-se a coleta das plantas (parte aérea e raízes), para determinação da sua massa seca. Os experimentos e os bioensaios foram conduzidos com três repetições. Para interpretação dos resultados utilizou-se a estatística descritiva, com apresentação das médias de tratamentos e respectivos erros-padrão da média. No plantio direto, o metolachlor, independentemente do método de aplicação, não sofreu lixiviação nem apresentou atividade no solo aos 15 dias após a aplicação. No plantio convencional, a herbigação do metolachlor só afetou o crescimento da planta-teste cultivada na camada de solo mais superficial (0-5 cm de profundidade). O fomesafen, independentemente do método de aplicação e do sistema de plantio, foi detectado até 10 cm de profundidade em todas as datas de amostragem. A aplicação do metolachlor e do fomesafen com a água de irrigação apresentou-se segura em relação à movimentação no solo, podendo ser realizada com lâminas de água relativamente altas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL-RAHMAN, G.A.; WAUCHOPE, R.D.; TRUMAN, C.C.; DOWLER, C.C. Runoff and leaching of atrazine and alachlor on a sandy soil as affected by application in sprinkler irrigation. **Journal of Environmental and Science Health**, v.B34, n.3, p.381-396, 1999.
- AHRENS, W.H. (ed.). **Herbicide Handbook**. 7.ed. Champaign: WSSA, 1994. 352 p.
- BARNES, C.J.; LAVY, T.L.; TALBERT, R.E. Leaching, dissipation, and efficacy of metolachlor applied by chemigation or conventional methods. **Journal of Environmental Quality**, v.21, n.2, p.232-236, 1992.
- BOUCHARD, D.C.; LAVY, T.L.; MARX, D.B. Fate of metribuzin, metolachlor, and fluometurom in the soil. **Weed Science**, v.30, n.6, p.629-632, 1982.
- BOWMAN, B.T. Mobility and persistence of metolachlor and aldicarb in field lysimeters. **Journal of Environmental Quality**, v.17, n.4, p.689-694, 1988.
- BRAVERMAN, M.P.; LAVY, T.L.; BARNES, C.J. Degradation and bioactivity of metolachlor in the soil. **Weed Science**, v.34, n.3, p.479-484, 1986.
- BURGARD, D.J.; KOSKINEN, W.C.; DOWDY, R.H.; CHENG, H.H. Metolachlor distribution in a sandy soil under irrigated potato production. **Weed Science**, v.41, n.4, p.648-655, 1993.
- COBUCCI, T. **Avaliação agrônômica dos herbicidas fomesafen e bentazon e efeito de seus resíduos no ambiente, no sistema irrigado feijão-milho**. Viçosa-MG: UVF, 1996. 106p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1996.
- DAO, T.H. Field decay of wheat straw and its effects on metribuzin and s-ethyl metribuzin sorption and elution from crop residues. **Journal of Environmental Quality**, v.20, n.1, p.203-208, 1991.
- DAO, T.H. Subsurface mobility of metribuzin as affected by crop residue placement and tillage method. **Journal of Environmental Quality**, v.24, n.6, p.1193-1198, 1995.
- GREEN, J.D; HORTON, R.; BAKER, J.L. Crop residue effects on the leaching of surface applied chemicals. **Journal of Environmental Quality**, v.24, n.2, p.343-351, 1995.
- HALL, J.K.; MURRAY, M.R.; HARTWIG, N.L. Herbicide leaching and distribution in tilled and untilled soil. **Journal of Environmental Quality**, v.18, p.439-445, 1989.
- HARPER, S.S. Sorption-desorption and herbicide behavior in soil. **Review of Weed Science**, 6, p. 207-225, 1994.

- HEATWOLE, C.D.; ZACHARIAS, S.; MOTAGHIMI, S.; DILLAHA, T.A. Movement of field-applied atrazine, metolachlor, and bromide in a sandy loam soil. **Transactions of the ASAE**, v.40, n.5, p.1267-1276, 1997.
- ISENSEE, A.R.; NASH, R.G.; HELLING, C.S. Effect of conventional vs. no-tillage on pesticide leaching to shallow groundwater. **Journal of Environmental Quality**, v.19, n.3, p.434-440, 1990.
- ISENSEE, A.R.; SADEGHI, A.M. Effects of tillage and rainfall on atrazine residue levels in soil. **Journal of Environmental Quality**, v.42, p.462-467, 1994.
- ISENSEE, A.R.; SADEGHI, A.M. Long-term effect of tillage and rainfall on herbicide leaching to shallow groundwater. **Chemosphere**, v.30, n.4, p.671-685, 1995.
- KELLER, K.E.; WEBER, J.B. Soybean (*Glycine max*) influences metolachlor mobility in soil. **Weed Science**, v.45, n.6, p.833-841, 1997.
- KELLER, K.E.; WEBER, J.B.; CASSEL, D.K.; WOLLUM, A.C.; MILLER, C.T. Temporal distribution of ^{14}C in soil water from field lysimeters treated with ^{14}C -metolachlor. **Soil Science**, v.163, n.11, p.872-882, 1998.
- KIM, J.; FEAGLEY, S.E. Adsorption and of trifluralin, metolachlor, and metribuzin in a commerce soil. **Journal of Environmental Science and Health**, v.B33, n.5, p.529-546, 1998.
- LEE, R.F.; WEBER, J.B. Influence of polymers on the mobility, loss, and bioactivity of ^{14}C from ^{14}C -labeled atrazine, metolachlor, and primisulfuron. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.41, n.6, p.988-995, 1993.
- LOCKE, M.A.; ZABLOTOWICZ, R.M.; GASTON, L.A.; SMEDA, R.J. Sorption of herbicides to cover crops residues. **Agronomy Abstracts**. Madison: ASA, p. 50. 1994.
- MASSE, L.; PATNI, N.K.; JUI, P.Y., CLEGG, B.S. Tille effluent quality and chemical losses under conventional and no-tillage – Part 2: atrazine e metolachlor. **Transactions of the ASAE**, v.39, n.5, p.1673-1679, 1996.
- MBUYA, O.S.; NKEDHIZZA, P.; BOOTE, K.J. Fate of atrazine in sandy soil cropped with sorghum. **Journal of Environmental Quality**, v.30, p.71-77, 2001.
- OLIVEIRA JR., R.S. **Relação entre propriedades químicas e físicas do solo e sorção, dessorção e potencial de lixiviação de herbicidas**. Viçosa-MG: UVF, 1998. 83p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1998.
- PROCÓPIO, S.O.; SILVA, A.A.; SANTOS, J.B.; FERREIRA, L.R.; MIRANDA, G.V.; SIQUEIRA, J.G. Efeito da irrigação inicial na profundidade de lixiviação do herbicida S-metolachlor em diferentes tipos de solos. **Planta Daninha**, v.19, p.409-417, 2001.

- REDDY, K.N.; LOCKE, M.A.; WAGNER, S.C.; ZABLOTOWICZ, R.M.; GASTON, L.A.; SMEDA, R.J. Chlorimuron ethyl sorption and desorption kinetics in soils and herbicide-desiccated cover crop 3. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.43, n.10, p.2752-2757, 1995.
- RITTER, W.F.; SCARBOROUGH, R.W.; CHIRNSIDE, A.E.M. Herbicide leaching in coastal plain soil. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.120, n.3, p.634-649, 1994.
- RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.R. de. **Guia de herbicidas**. 4.ed. Londrina: Edição dos autores, 1998. 648p.
- SIGUA, G.C.; ISENSEE, A.R.; SADEGHI, A.M. Influence of rainfall intensity and crop residue on leaching of atrazine through intact no-till soil cores. **Soil Science**, v.156, n.4, p.225-232, 1993.
- STARR, J.L.; GLOTFELTY, D.E. Atrazine and bromide movement through a silt loam soil. **Journal of Environmental Quality**, v.19, n.3, p.552-558, 1990.
- SUBA, J.D.; ESSINGTON, M.E. Adsorption of fluometuron and norflurazon: effect of tillage and dissolved organic carbon. **Soil Science**, v.164, n.3, p.145-155, 1999.
- VIEIRA, R.F.; SILVA, A.A. da. Aplicação de defensivos via água de irrigação por aspersão. In: VIEIRA, C.; PAULA JR., T.J. de; BORÉM, A. (Eds.) **Feijão - aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa: Editora UFV, 1998. p.267-323.
- WEBER, J.B. Ionization and sorption of fomesafen and atrazine by soils and soil constituents. **Pesticide Science**, v.39, n.1, p.31-38, 1993.
- WEBER, J.B.; STREK, H.J.; SARTORI, J.L. Mobility of fomesafen and atrazine in soil columns under saturated- and unsaturated flow conditions. **Pesticide Science**, v.39, n.1, p.39-46, 1993.
- WIESE, A.F.; TURNER, W.E. Herbicide application with sprinkler irrigation. Southern Weed Science Society, n.31, p.100. 1977. **Proceedings...** New Orleans: SWSPBE, Auburn: SWSS, 1977.
- WILSON, G.V.; YUNSHENG, L.; SELIM, H.M.; ESSINGTON, M.E.; TYLER, D.D. Tillage and cover crop effects on saturated and unsaturated transport of fluometuron. **Soil Science Society of America Journal**, v.62, n.1, p.46-55, 1998.
- ZABLOTOWICZ, R.M.; LOCKE, M.A.; GASTON, L.A.; BRYSON, C.T. Interactions of tillage and soil depth on fluometuron degradation in a Dundee silt loam soil. **Soil and Tillage Research**, v.57, n.1-2, p.61-68, 2000.

APÊNDICE

APÊNDICE A

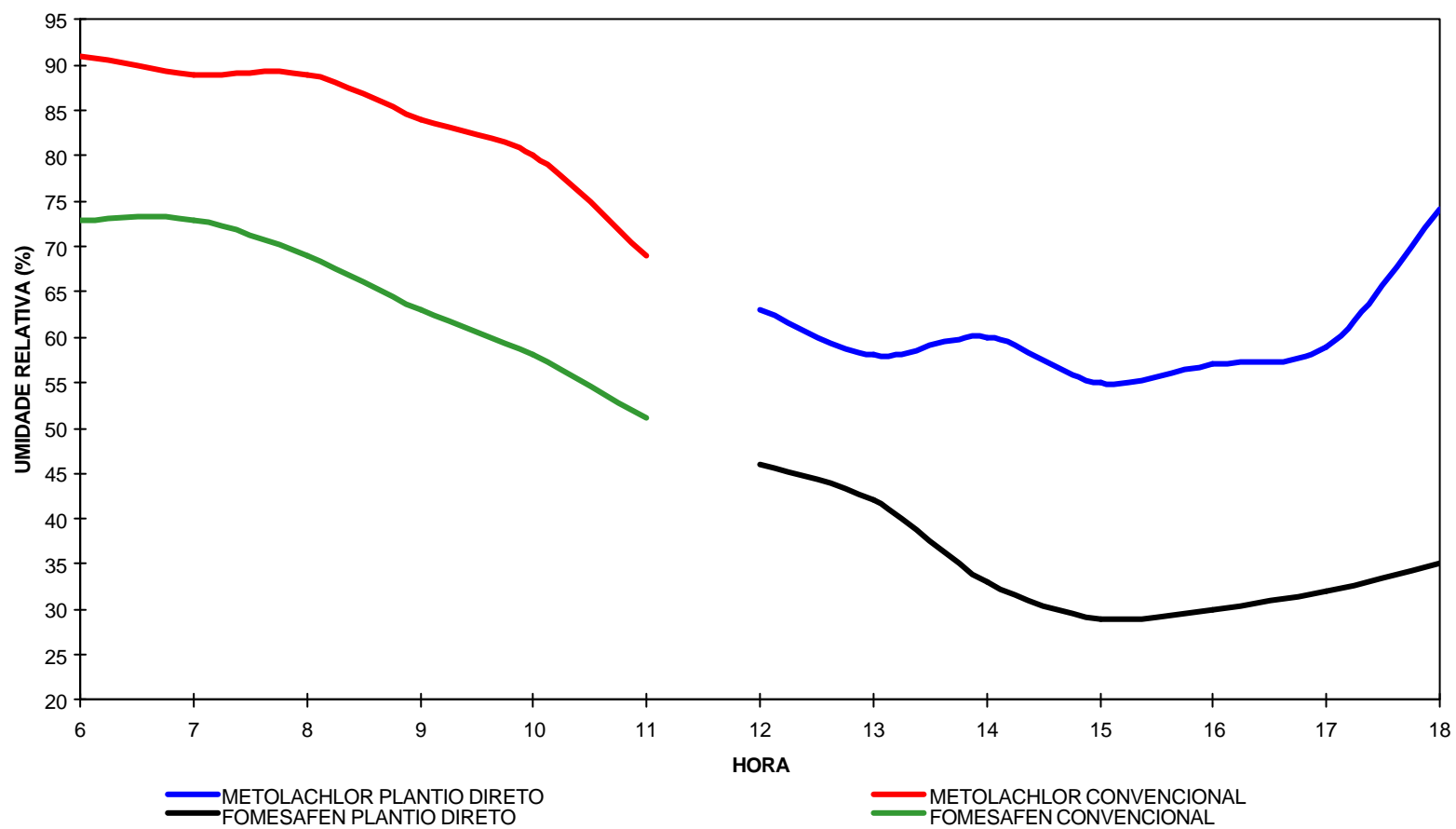


Figura 1A – Umidade relativa do ar (%) durante as herbigações nos dois sistemas de plantio.

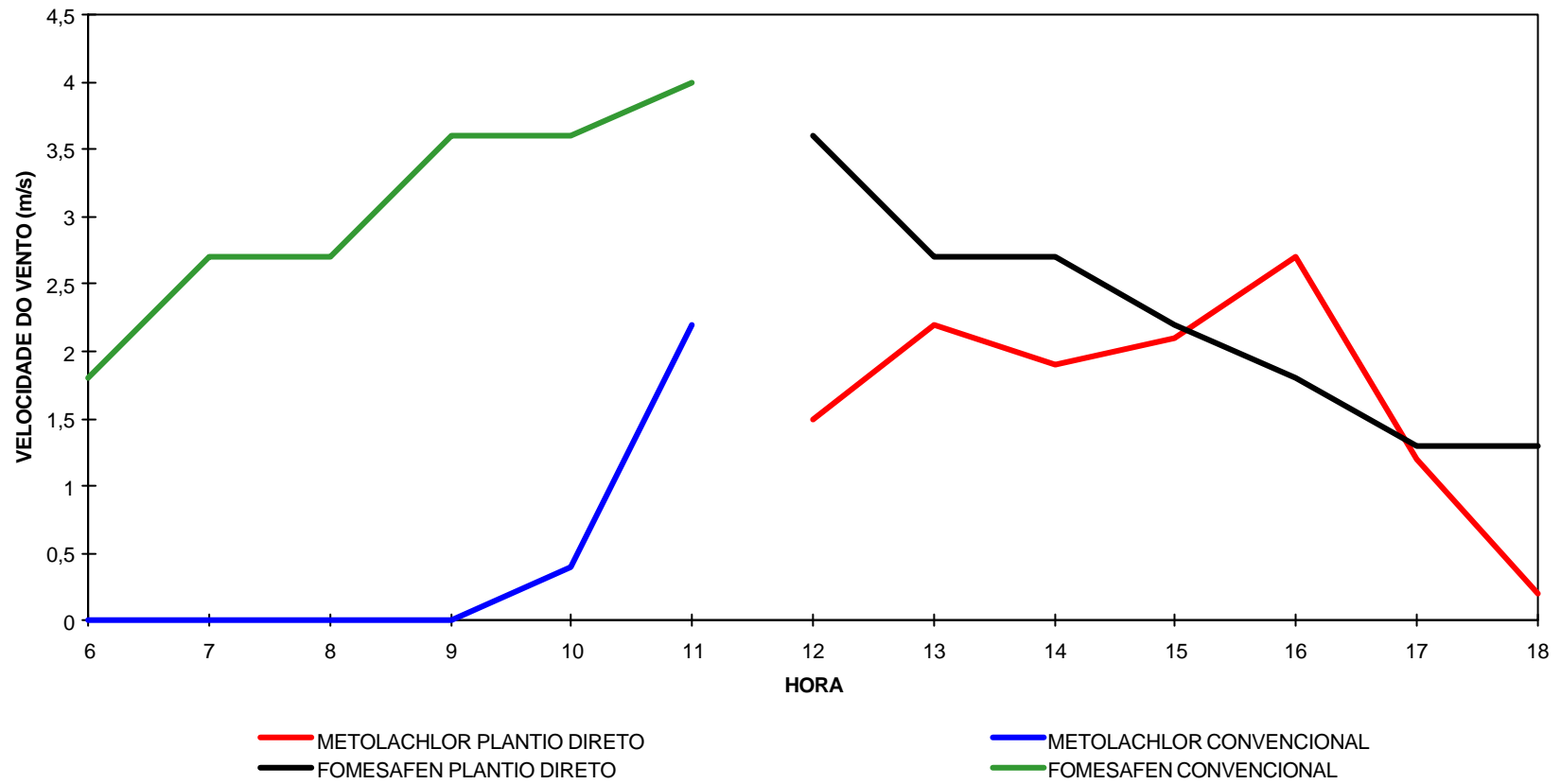


Figura 2A – Velocidade do vento ($m.s^{-1}$) ocorrido durante as herbigações nos dois sistemas de plantio.

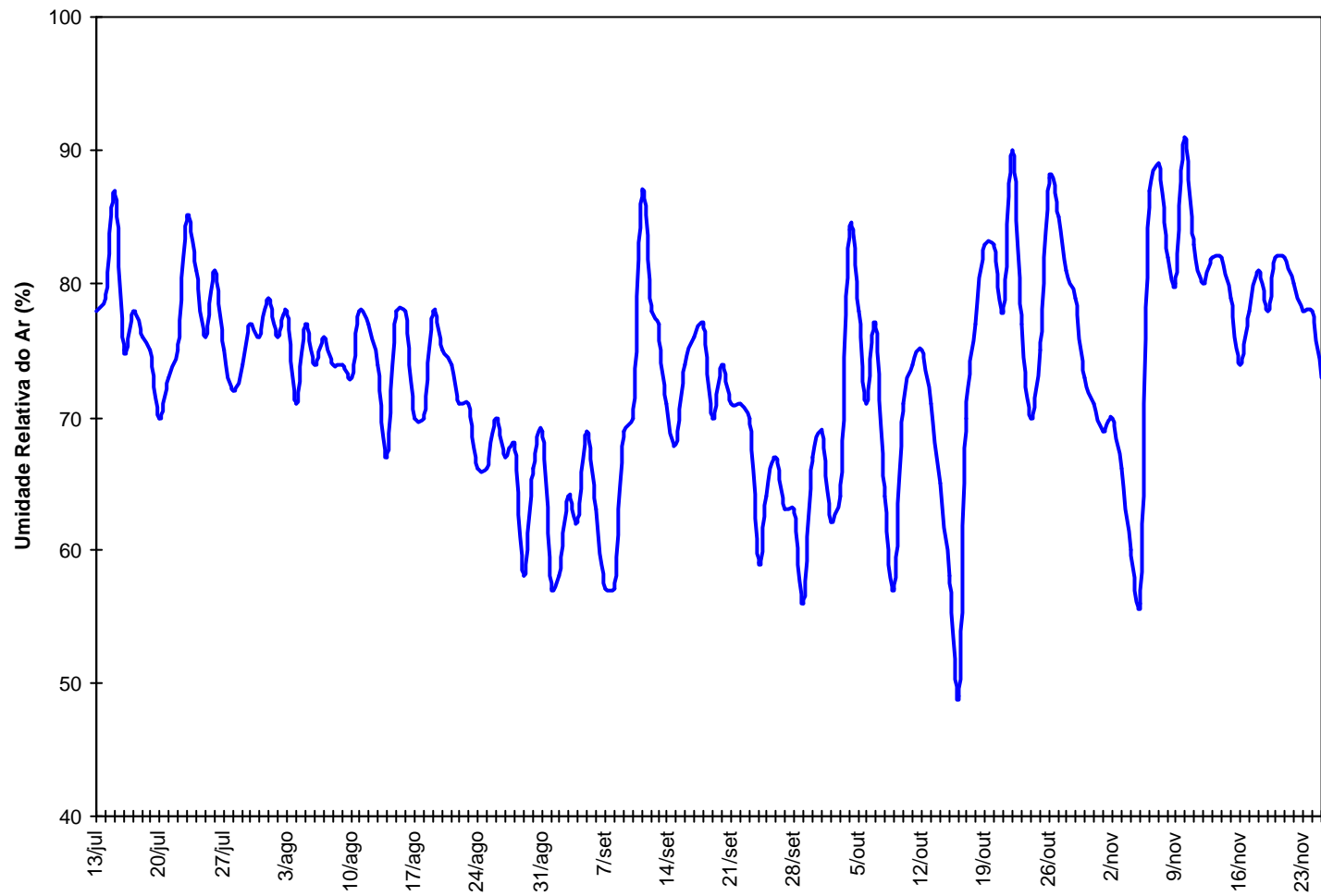


Figura 3A - Umidade relativa do ar (%) ocorrida durante a condução dos experimentos de campo. Coimbra-MG, 1999.

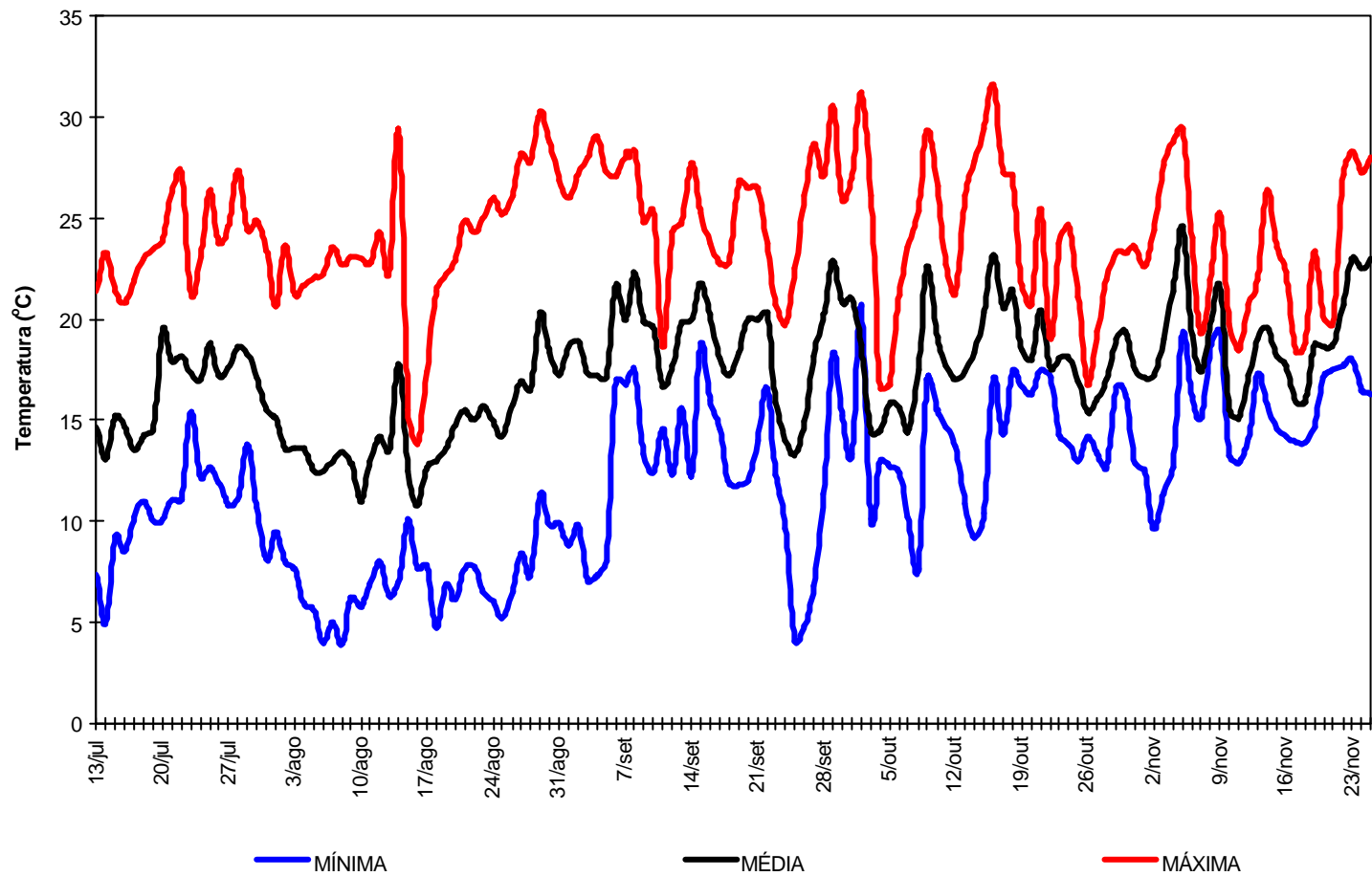


Figura 4A - Temperaturas mínima, média e máxima (°C) ocorridas durante a condução dos experimentos de campo. Coimbra-MG, 1999.

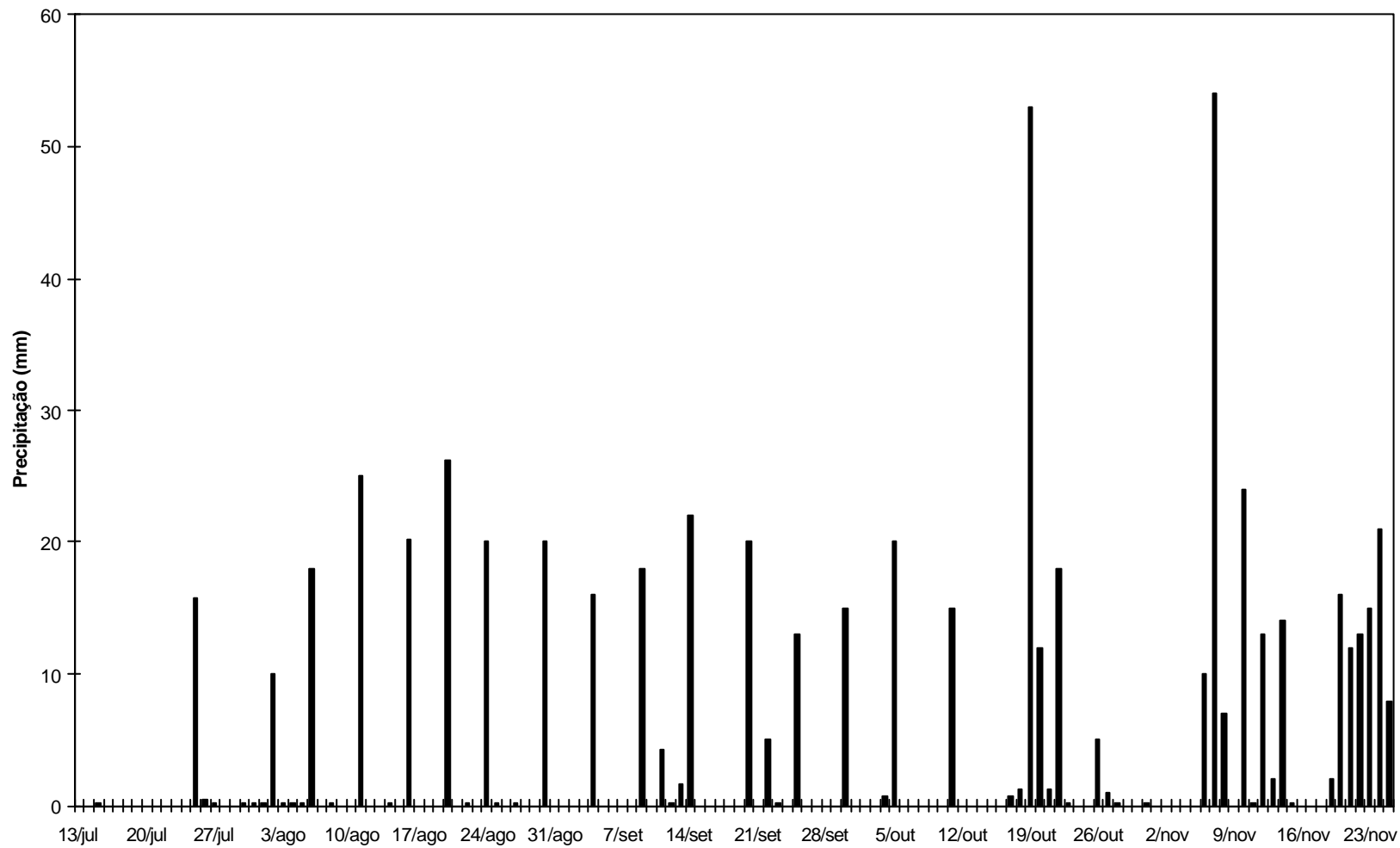


Figura 5A - Irrigação e chuvas (mm) ocorrida durante a condução dos experimentos de campo. Coimbra-MG, 1999.

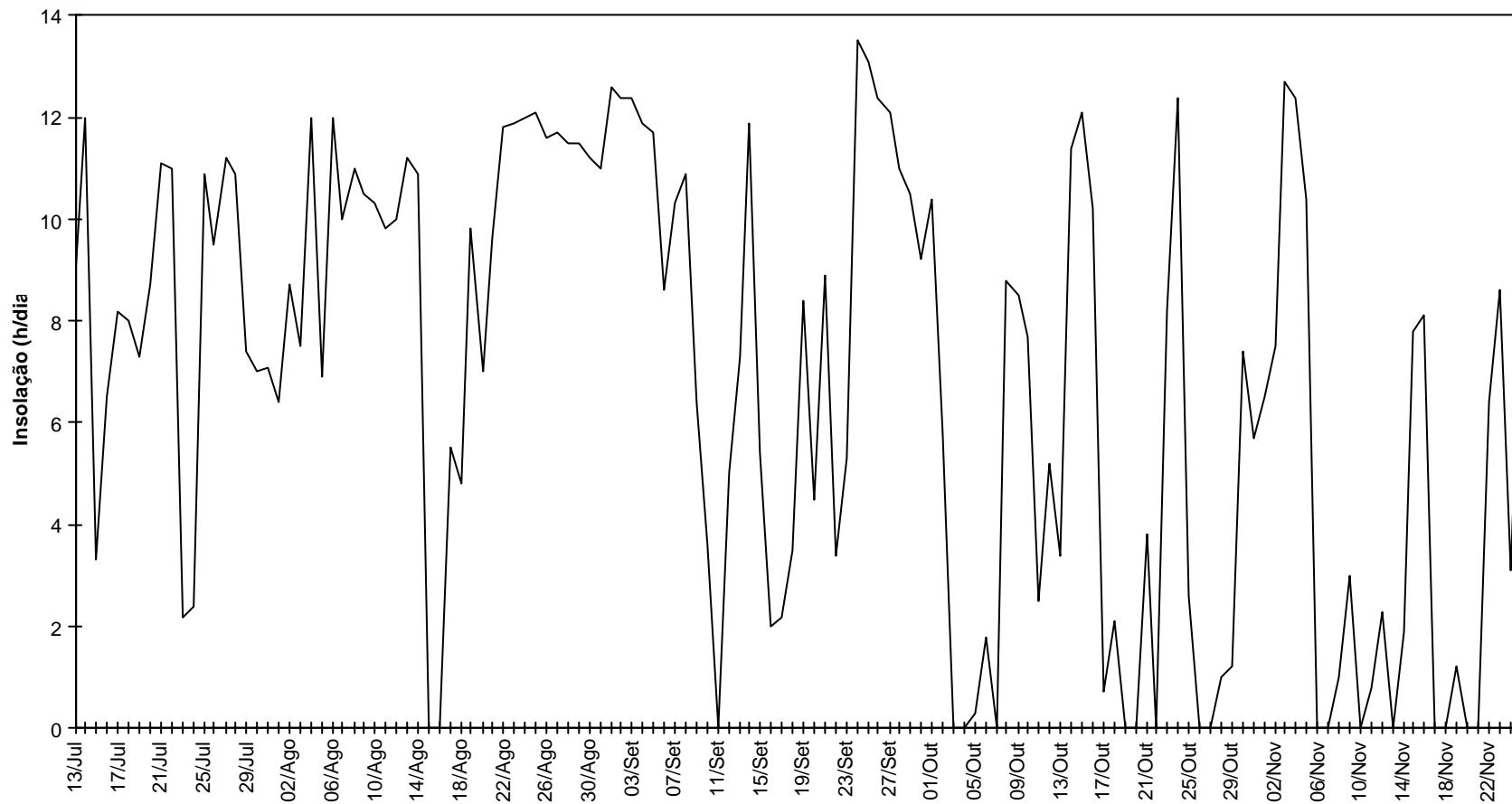


Figura 6A - insolação (h dia⁻¹) ocorrida durante a condução dos experimentos de campo. Coimbra-MG, 1999.