

JOSÉ APARECIDO DE OLIVEIRA LEITE

METOLACHLOR E FOMESAFEN APLICADOS COM DIFERENTES
LÂMINAS DE ÁGUA 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 Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2001

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

T

L533m
2001

Leite, José Aparecido de Oliveira, 1965-
Metolachlor e fomesafen aplicados com diferentes
lâminas de água na cultura do feijão, em plantio direto
e convencional / José Aparecido de Oliveira Leite. – Vi-
çosa : UFV, 2001.

113p. : il.

Orientador : Márcio Mota Ramos
Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa.

1. Quimigação. 2. Herbificação – Metolachlor. 3. Herbi-
gação - Fomesafen. 4. Plantas daninhas - Efeito de herbi-
cidas. 4. Feijão – Plantio direto – Irrigação por pivô cen-
tral. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 19.ed. 631.587

CDD 19.ed. 631.587

JOSÉ APARECIDO DE OLIVEIRA LEITE

METOLACHLOR E FOMESAFEN APLICADOS COM DIFERENTES
LÂMINAS DE ÁGUA 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 Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 2 de agosto de 2001.

Dr. Rogério Faria Vieira
(Conselheiro)

Prof. Antônio Alberto da Silva
(Conselheiro)

Prof. Antônio Teixeira de Matos

Prof. Mauri Martins Teixeira

Prof. Márcio Mota Ramos
(Orientador)

DEDICO

À minha esposa, Maria Emília.

Aos meus filhos, Victor Matheus e Gustavo Henrique.

Aos meus pais, Jair e Ana.

Aos meus sogros, Antônio (*In memoriam*) e Conceição.

Aos meus irmãos, cunhados e sobrinhos e às minhas irmãs,
cunhadas e sobrinhas.

AGRADECIMENTO

A Deus Pai, presente em todos os momentos de minha vida.

À Universidade Federal de Viçosa, por intermédio do Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do curso.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Márcio Mota Ramos, pela orientação precisa e oportuna e, principalmente pela compreensão e amizade sincera.

Aos Conselheiros: professores Everardo Chartuni Mantovani, Antônio Alberto da Silva e Paulo Roberto Cecon e doutor Rogério Faria Vieira, pela amizade e oportunas sugestões.

Ao professor Antônio Marciano da Silva (UFLA), pelo incentivo e amizade.

Aos companheiros de experimento José Roberto Antoniol Fontes, Raimundo Sirino Rodrigues Filho e João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha, pela amizade e pelo convívio saudável e sincero.

Aos colegas de turma João Hélio Torres D'Ávila, Raimundo Rodrigues Gomes Filho, Lineu Neiva Rodrigues e Francisca Zenaide de Lima, pela amizade e saudável convívio.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola, do Departamento de Fitotecnia e da Estação Experimental de Coimbra, pelo apoio e bom convívio.

A todos os colegas de curso e amigos, pelo apoio e convivência.

Aos meus pais, irmãos e familiares, pelo estímulo e compreensão.

À minha esposa Maria Emília Barbosa Lages de Oliveira, pelo apoio, pela compreensão e pelo amor nos momentos de dificuldade.

À Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URICER), pela liberação para conclusão deste trabalho.

Enfim, meus sinceros agradecimentos a todos os amigos e colaboradores que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

JOSÉ APARECIDO DE OLIVEIRA LEITE, filho de Jair de Oliveira Costa e Ana Leite de Oliveira, nasceu em Franciscópolis, Minas Gerais, em 25 de agosto de 1965.

De 1974 a 1981 cursou o primeiro grau nas Escolas Estaduais Frei Gaspar de Módica e Madre Serafina de Jesus, em Itambacuri, MG.

Em dezembro de 1985, concluiu o curso de Técnico em Eletrônica, pela Escola Técnica do Instituto de Tecnologia (ETEIT), Governador Valadares, MG.

Em agosto de 1987, iniciou o Curso de Engenharia Agrícola na Escola Superior de Agricultura de Lavras – ESAL, Minas Gerais, onde foi monitor das disciplinas: Cálculo III, Estatística Experimental e Tecnologia de Materiais Ferrosos, diplomando-se em agosto de 1992.

Em março de 1993, iniciou o Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração em Irrigação e Drenagem, na Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, concluindo-o em agosto de 1995.

Em março de 1996, ingressou no Curso de Doutorado em Engenharia Agrícola, área de concentração em Irrigação e Drenagem, na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, defendendo Tese em agosto de 2001.

De agosto de 2000 a janeiro de 2001, lecionou como Professor Substituto no Curso de Tecnologia em Irrigação e Drenagem na Escola Agrotécnica Federal de Urutaí, Goiás.

Em janeiro de 2001, foi contratado pela Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URICER), Erechim, RS, onde exerce a coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Agrícola e docência na área de Engenharia de Água e Solo.

ÍNDICE

	Página
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. Características gerais do feijoeiro.....	5
2.2. A cultura do feijão no cenário agrícola.....	6
2.3. A aplicação de produtos químicos.....	8
2.4. Herbificação.....	11
2.5. Alguns fatores que afetam a eficiência dos herbicidas aplicados em pré-emergência.....	12
2.5.1. Propriedades dos solos e dos herbicidas.....	13
2.5.2. Condições do ambiente.....	14
2.6. Resultados experimentais de controle de plantas daninhas por herbicidas aplicados em pré-emergência via água de irrigação no Brasil e no exterior.....	17
2.6.1. Trifluralin.....	17
2.6.2. Pendimethalin.....	21
2.6.3. Metolachlor.....	22
2.7. Fatores que afetam a eficiência de controle de plantas daninhas por herbicidas aplicados em pós-emergência.....	24

2.8. Resultados de pesquisas de controle de plantas daninhas por herbicidas aplicados em pós-emergência via água de irrigação.....	28
2.8.1. Fomesafen.....	28
2.8.2. Fluazifop-p-butil.....	30
2.8.3. Clethodim.....	32
2.9. Uniformidade de aplicação de água.....	32
2.10. Uniformidade de aplicação de água-produto.....	35
2.11. Sistemas de plantio.....	36
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	41
3.1. O local do experimento.....	41
3.2. O solo.....	42
3.3. O cultivar.....	44
3.4. Características dos herbicidas.....	44
3.4.1. Metolachlor.....	44
3.4.2. Fomesafen.....	45
3.5. Semeadura e adubação.....	46
3.6. Controle de pragas e doenças.....	46
3.7. Sistemas de irrigação e de injeção de fertilizantes e defensivos químicos.....	47
3.7.1. A estação de bombeamento.....	47
3.7.2. O pivô central.....	47
3.7.3. A bomba injetora.....	48
3.7.4. Manejo da irrigação.....	51
3.8. Metodologias utilizadas na avaliação dos experimentos.....	51
3.8.1. Uniformidade de aplicação de água e de água-produto químico e condições ambientais.....	51
3.8.2. Detalhamento dos testes de uniformidade de aplicação de água	53
3.9. Metodologias utilizadas na avaliação dos testes de herbicidas.....	57
3.9.1. Levantamento da infestação da área por plantas daninhas.....	57
3.9.2. Tratamentos e disposição dos experimentos no campo.....	57
3.9.3. Avaliação da eficácia dos herbicidas aplicados.....	67
3.9.4. Tolerância das plantas daninhas aos herbicidas.....	68

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	70
4.1. Testes de avaliação das uniformidades.....	70
4.2. Experimentos para avaliação dos herbicidas.....	81
4.2.1. Experimento com metolachlor.....	82
4.2.2. Experimento com fomesafen.....	90
4.2.3. Experimento com metolachlor e fomesafen.....	97
5. RESUMO E CONCLUSÕES.....	103
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	106

RESUMO

LEITE, José Aparecido de Oliveira, D. S., Universidade Federal de Viçosa, Agosto de 2001. **Metolachlor e fomesafen aplicados com diferentes lâminas de água na cultura do feijão, em plantio direto e convencional.** Orientador: Márcio Mota Ramos. Conselheiros: Everardo Chartuni Mantovani, Rogério Faria Vieira, Antônio Alberto da Silva e Paulo Roberto Cecon.

Com o objetivo de avaliar a eficiência da aplicação de herbicidas via água de irrigação (herbigação) na cultura de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado em dois sistemas de plantio, foi conduzido um estudo (três experimentos) em Coimbra, MG, entre junho e novembro de 1999. Foram estudados os herbicidas metolachlor (pré-emergência) e fomesafen (pós-emergência), aplicados isoladamente ou em seqüência (metolachlor + fomesafen), via água de irrigação por aspersão. Esses tratamentos foram distribuídos ao acaso, com três repetições, nas seguintes lâminas de água: 3 e 5 mm, 6 e 10 mm, 9 e 15 mm. O primeiro número de cada par de lâminas correspondeu à lâmina usada para distribuição do fomesafen, e o segundo para a distribuição do metolachlor. Ademais, dentro de cada par de lâminas, foi incluída uma parcela dos seguintes tratamentos: pulverização convencional com metolachlor, pulverização convencional com fomesafen, pulverização convencional com metolachlor e fomesafen, testemunha capinada, e testemunha sem capina e sem aplicação de herbicida, totalizando 14 parcelas. Cada um dos três pares de lâminas ocupou uma cunha do pivô com um ângulo de 30°. Em cada cunha onde os tratamentos foram aplicados, estruturas metálicas cobertas com plástico foram colocadas sobre parcelas, quando necessário, visto que todas elas estavam sujeitas a receber os dois herbicidas via água de irrigação. Esses

tratamentos foram testados em plantio convencional e em plantio direto, sendo que cada um dos sistemas de preparo do solo ocupou metade do pivô. No plantio convencional, foi realizada uma aração e duas gradagens; no plantio direto sobre palhada de milho, aplicaram-se, em mistura, os herbicidas não-seletivos glifosate e 2,4-D, 15 dias antes do plantio. Foi utilizado um pivô central de baixa pressão, que ocupava área de 2,9 ha. As irrigações foram manejadas, utilizando-se o programa de computador SISDA. Para efetuar as herbigações, utilizou-se uma bomba hidráulica do tipo diafragma. Para as pulverizações convencionais, foi utilizado um pulverizador costal pressurizado a CO₂ e equipado com bicos Teejet 110.03, aplicando-se o equivalente a 200 L ha⁻¹ de calda à pressão de 300 kPa. O metolachlor foi aplicado no dia seguinte ao plantio, e o fomesafen quando as plantas daninhas dicotiledôneas apresentavam-se com 2 a 3 pares de folhas e as gramíneas com 1 a 3 perfilhos. Durante as herbigações, foram feitas avaliações de uniformidade de aplicação de água. Após as aplicações dos herbicidas, a área só voltou a ser irrigada quatro dias depois. Os efeitos dos herbicidas foram avaliados com base na biomassa seca das plantas daninhas cortadas rente ao solo, logo após a colheita do feijão, e na produtividade da leguminosa. As plantas daninhas que ocorreram com maior frequência na área experimental, foram a losna (*Artemisia verlotorum*) e o picão-preto (*Bidens pilosa*). Os CUCs médios ficaram entre 87,1% e 91,8%. O plantio direto, por si só, proporcionou melhor controle da losna e das monocotiledôneas, enquanto o plantio convencional proporcionou melhor controle das outras dicotiledôneas. No plantio direto, o rendimento médio do feijão foi de 2.323 kg ha⁻¹, sendo 25,4% superior ao alcançado no plantio convencional. A aplicação do metolachlor numa lâmina de 15 mm proporcionou melhor controle das plantas daninhas que a aplicação convencional, independentemente do sistema de plantio. No entanto, essa diferença no controle não refletiu-se no rendimento do feijão. Quanto ao fomesafen, a aplicação convencional foi ligeiramente mais eficiente que a herbigação, mas também, não teve reflexo no rendimento. A aplicação seqüencial do fomesafen ao metolachlor, via água de irrigação, foi tão eficiente quanto a aplicação com pulverizador costal, independentemente da lâmina de água e do sistema de plantio.

ABSTRACT

LEITE, José Aparecido de Oliveira, D. S., Universidade Federal de Viçosa, August 2001. **Metolachlor and fomesafen applied at different water depths on beans crop under conventional and no-till planting.** Adviser: Márcio Mota Ramos. Committee members: Everardo Chartuni Mantovani, Rogério Faria Vieira, Antônio Alberto da Silva and Paulo Roberto Cecon.

Aiming at evaluating the efficiency of the herbicide applications through irrigation water (herbigation) in beans crop (*Phaseolus vulgaris* L.) grown under two planting systems, a study consisting of three experiments was carried out from June to November 1999 in Coimbra county, MG. The herbicides metolachlor (pre-emergency) and fomesafen (post-emergency), applied separately or in sequence (metolachlor + fomesafen) together with sprinkler-irrigated water, were studied. These treatments were randomly distributed with three replicates at the following water depths: 3 and 5 mm, 6 and 10 mm, and 9 and 15 mm. The first number of each water depth pair corresponded to the water depth used to distribute the fomesafen, and the second number to the distribution of the metolachlor. Also, within each water depth pair a plot of the following treatments were included: conventional spraying with metolachlor, conventional spraying with fomesafen, conventional spraying with metolachlor and fomesafen, weeded control, and non-weeded control without herbicide application, totalizing 14 plots. Each one of the three water depth pairs occupied an area corresponding to a 30° sector of the wet area under the pivot. In each wet area where treatments were applied, some metallic plastic-covered

structures were placed above the plots when necessary, since all wet areas were subjected to receive both herbicides together with irrigation water. These treatments were tested in both conventional and no-till plantings; each one of the soil preparing systems occupied half pivot. In the conventional planting, one tillage and two harrowing were performed; in the no-till planting on cornstraw, the no-selective herbicides glyphosate and 2,4-D were mixed and applied at 15 days before planting. A central low-pressured pivot occupying an area of 2.9 ha was used. Irrigation were managed, using the computer program SISDA. To perform the herbigations, a hydraulic diaphragm-type pump was used. For the conventional sprayings, a CO₂-pressured backpack sprayer equipped with nozzles Teejet 110.03 was used, by applying 200 L ha⁻¹ of the herbicide solution under a pressure of 300 kPa. The metolachlor was applied to the planting on the next day, while fomesafen was applied when the dicotyledonous weeds showed 2 to 3 leaf pairs and the gramineous showed 1 to 3 tillers. During herbigations, some evaluations for uniformity of the water application were performed. After herbicide applications, the area was irrigated again at four days later. The effects of the herbicides were evaluated, based on dry biomass of the weeds cut close to the soil soon after harvesting the beans, as well as on this leguminous productivity. The weeds occurring at a higher frequency in the experimental area were the wormwood (*Artemisia verlotorum*) and the black beggar-ticks (*Bidens pilosa*). The average CUCs ranged from 87.1% to 91.8%. The proper no-till planting provided a better control of the wormwood and monocotyledonous, whereas the conventional planting provided a better control of the other dicotyledonous. In no-till planting, the average beans productivity were 2,323 kg ha⁻¹, which showed to be 25.4% higher than that attained in the conventional planting. The application of the metolachlor together with a 15mm-water depth provided a better control of the weeds than the conventional application, independently of the planting system. However, this difference in control did not reflected on beans productivity. In relation to fomesafen, the conventional application was lightly more efficient than herbigation, but again this had no reflection on productivity. The sequential application of fomesafen following metolachlor together with irrigation water was as efficient as the application by backpack sprayer, independently of the water depth and the planting system.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e consumidor de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) no mundo, e o Estado de Minas Gerais muito tem contribuído para isso.

A safra brasileira de feijão no ano agrícola de 1999/2000 foi de 3.098,0 mil toneladas enquanto a do ano agrícola 2000/2001 é estimada em 2.909,6 mil toneladas, em áreas cultivadas de 4.266,7 e 3.856,8 mil ha, respectivamente (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2001). Entretanto, o rendimento é baixo, isto é, 684, 644 e 1.709 kg ha⁻¹ respectivamente para a 1^a, 2^a e 3^a safras em 2000, e 637, 697, e 1.746 kg ha⁻¹ respectivamente para a 1^a, 2^a e 3^a safras em 2001 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (I.B.G.E.), 2001).

Uma das maiores limitações à cultura são as perdas ocasionadas pela competição com as plantas daninhas, cujo período crítico de interferência situa-se entre 15 e 30 dias após emergência das plantas (BARROSO et al., 1999). Além de redução quantitativa da produção, o produto pode ser também qualitativamente depreciada pela contaminação com sementes e restos de plantas daninhas, bem como, a presença de plantas daninhas pode dificultar as operações de colheita e beneficiamento dos grãos.

Neste contexto, o controle de plantas daninhas nas áreas de plantio tornou-se uma preocupação constante do agricultor. O uso de defensivos agrícolas vem intensificando-se cada vez mais, com o surgimento de novos

produtos e novas técnicas de aplicação. Aplicações de produtos agroquímicos tornaram-se uma constante no campo, assegurando e aumentando a produção.

Assim, o investimento em agricultura é de vital importância para que o Brasil continue a aumentar sua produção e produtividade, gerando empregos e excedentes exportáveis. A agricultura tecnificada trouxe para a atividade agrícola a filosofia das grandes empresas, cujos segmentos de produção necessitam de controles adequados, prevenindo, assim a frustração de safras. Dentre esses controles, a irrigação é fundamental, associando-se a ela outras práticas agrícolas, tais como adubação e aplicação de defensivos agrícolas.

Dentre as diferentes técnicas de aplicação de defensivos disponíveis, as que se baseiam na pulverização convencional do produto (costal e tratorizada) são as mais difundidas, graças à flexibilidade que oferecem em distintas aplicações. Atualmente, entretanto, uma nova técnica de aplicação de agroquímicos, a quimigação, vem se desenvolvendo bastante. A aplicação de produtos químicos à lavoura, por intermédio da água de irrigação, está sendo intensificada por produtores que dispõem de equipamentos de irrigação, pois, é uma técnica eficiente para muitos produtos, além economicamente viável.

A expansão do uso da quimigação, incluindo vários produtos químicos, gerou novos termos como fertigação (ou fertirrigação), herbigação, fungigação, insetigação, nematigação, dentre outros.

O sucesso na aplicação de produtos químicos via água de irrigação, nos países onde a agricultura irrigada é desenvolvida, tem motivado os agricultores de outros países, como os do Brasil, a utilizarem tal tecnologia, que apresenta vantagens como: economia de mão-de-obra, redução da compactação do solo e de danos mecânicos às culturas, pouco contato do operador com os produtos aplicados, boa uniformidade de distribuição do produto e imediata incorporação e ativação dos herbicidas aplicados em pré-plantio incorporado e em pré-emergência. Segundo OGG JR. (1986), há ainda um potencial de redução das doses dos herbicidas aplicados em pré-plantio incorporado ou em pré-emergência, quando aplicados via água de irrigação, por causa da melhor

eficiência do produto proporcionado por esta técnica. Em virtude dessas vantagens, o uso da herbigação vem ganhando grande impulso.

Para diminuir os custos da aplicação dos herbicidas, alguns produtores começaram a praticar a herbigação, deixando de lado os pulverizadores aéreos ou terrestres. Entretanto, no Brasil o maior entrave à utilização em larga escala desse método de aplicação de herbicidas é a falta de produtos registrados para tal fim. Uma das razões disso é a quase inexistência de dados oficiais sobre a aplicação de herbicidas, utilizando-se pivô central ou outros métodos de irrigação. Mesmo assim, os produtores, por conta própria e riscos, baseados nas próprias observações, geralmente estão praticando a herbigação de maneira empírica, com seus conjuntos de irrigação, sem que haja respaldo da pesquisa e sem que esses produtos químicos estejam registrados para tal uso. Levando em conta que a água se torna-se cada vez mais importante como veículo para transporte e distribuição de herbicidas, há demanda crescente por pesquisas na área de aplicação de herbicidas via água de irrigação. É necessário que essas pesquisas esclareçam as dúvidas dos produtores e forneçam dados para que os herbicidas a serem usados possam ser registrados.

Dentre os sistemas de irrigação adotados, tem aumentado muito o interesse pelo pivô central, por tratar-se de um sistema que apresenta certas vantagens em relação aos demais. Dentre as vantagens desse sistema, a principal é a economia de mão-de-obra (BERNARDO, 1995). Além disso, o sistema de irrigação por aspersão tipo pivô central apresenta alto potencial para a prática da quimigação, visto que pode apresentar uma elevada uniformidade de aplicação superando, em uniformidade, as pulverizações terrestres e aéreas (THREADGILL, 1991a).

A uniformidade de distribuição de água em um sistema de irrigação é de grande importância para o sucesso da aplicação de quaisquer produtos químicos. Como a aplicação de produtos químicos via água de irrigação é feita, principalmente, nos sistemas de irrigação por aspersão convencional e por pivô central, é recomendável a realização de avaliações periódicas da uniformidade de

distribuição de água com uso desses equipamentos de irrigação, prática esta que torna-se ainda mais importante quando se faz a quimigação.

Além de aspectos da uniformidade de distribuição de água e eficiência de aplicação, como complemento às pesquisas, é importante realizar estudos para verificar o efeito da herbigação nos diversos sistemas de cultivo utilizados pelos agricultores brasileiros. Em diversas partes do País, o plantio direto vem substituindo o plantio convencional. No plantio direto, o não revolvimento do solo altera sua composição química e física além de interferir na penetração de luz, na umidade e temperatura, provocando também o esgotamento do banco de sementes, que acaba não sendo renovado com o passar dos anos. A cobertura da palha pode também causar impedimento físico à germinação e, durante a decomposição, produzir substâncias que atuam sobre as sementes das invasoras, provocando o denominado efeito alelopático, ou seja, a liberação de produtos químicos que podem interferir, de maneira positiva ou negativa no desenvolvimento de outras plantas (GAZZIEIRO e SOUZA, 1993).

Com base no exposto, e face à importância e carência de informações sobre a aplicação de defensivos químicos via água de irrigação por pivô central, os objetivos do presente trabalho foram:

1. Avaliar os efeitos dos herbicidas metolachlor, aplicado em pré-emergência e do fomesafen em pós-emergência, via água de irrigação por aspersão, aplicados isoladamente ou em seqüência, sobre o controle de plantas daninhas e cultura do feijão, cultivado em plantio direto e convencional.
2. Avaliar a influência de diferentes lâminas de água sobre a eficiência dos herbicidas.
3. Verificar a uniformidade de distribuição de água, durante as quimigações.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Características gerais do feijoeiro

O feijoeiro é uma planta herbácea, cuja espécie pertence à família *Leguminosae*, podendo apresentar hábitos de crescimento determinado ou indeterminado. Quando determinado, a planta é ereta, com o eixo principal e os secundários sempre terminando numa inflorescência, embora as flores também apareçam nas axilas das folhas; a haste principal apresenta de cinco a oito nós. Quando indeterminado, o eixo principal nunca termina em inflorescência; estas vão aparecendo nas axilas das folhas à medida que o caule se alonga; a planta pode ser ereta, semitrepadora ou trepadora. O Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) classifica os feijoeiros em quatro tipos de plantas: I - de crescimento determinado; II - de crescimento indeterminado, com hastes curtas; III - de crescimento indeterminado, com hastes compridas; e IV - de crescimento indeterminado trepador. O ciclo de vida da maioria das variedades gira em torno de três meses (de 80 a 105 dias) (VIEIRA, 1978).

2.2. A cultura do feijão no cenário agrícola

A cultura do feijão foi considerada, durante anos, uma atividade agrícola secundária. Na maioria das propriedades dedicadas à sua exploração, geralmente as lavouras eram conduzidas, com baixo nível tecnológico. Porém, a partir da década de 90, a cultura do feijão atraiu o interesse dos grandes produtores. Estes, além de utilizarem modernas técnicas de cultivo, passaram a evitar os riscos inerentes ao cultivo dessa leguminosa nas épocas tradicionais, plantando o feijão no outono-inverno, e irrigando.

Em Minas Gerais, há duas épocas tradicionais de plantio. A primeira ocorre no início do período chuvoso, safra das “águas” em que, embora as chuvas sejam abundantes, a temperatura não favorece a obtenção de altos rendimentos. Ademais, nessa época, a colheita muitas vezes coincide com período de muita chuva, o que pode resultar em perda parcial ou mesmo total das lavouras, causando enormes prejuízos aos agricultores. Na segunda época de plantio, a da “seca”, o feijão é plantado entre fevereiro e março, e também ocorrem problemas, sendo o principal a falta de chuvas.

Há uma terceira época de plantio, a do outono-inverno, que tem despertado o interesse dos grandes e médios agricultores. Nessa época, o plantio pode ser feito de abril até julho, utilizando-se irrigação, uma vez que praticamente não chove durante este período (CAIXETA et al., 1981 e VIEIRA et al., 1991).

Estudo comparativo de área, produção e produtividade das safras de 1998/1999 e de 1999/2000 (Quadro 1) mostrou que, nas safras de feijão de 1998/1999 e 1999/2000, as áreas plantadas no outono-inverno, no Estado de Minas Gerais, foram de 44,2 e 33,2 mil hectares, respectivamente, apresentando uma queda em área plantada em torno de 25%. A razão disso é que o feijão vem perdendo espaço para outras culturas com melhores perspectivas de mercado, tais como milho, tomate industrial e café. Na safra de 1998/1999, os agricultores colheram 84 mil toneladas, com produtividade média de 1.900 kg ha^{-1} , e 56,4 mil toneladas em 1999/2000, com produtividade média de 1.700 kg ha^{-1} . Esses

números são bastante expressivos, quer se refiram à área, quer à produtividade, tanto que esta supera em torno de três vezes a média estadual.

Quadro 1. Área, produção e produtividade de feijão nas safras de 1998/1999 e de 1999/2000 em Minas Gerais

SAFRA	Área (10 ³ ha)			Produção (10 ³ t)			Rendimento (kg ha ⁻¹)		
	98/99	99/00	VAR (%)	98/99	99/00	VAR (%)	98/99	99/00	VAR (%)
Águas	238,9	238,9	0,0	172,0	210,2	22,2	720	880	22,2
Seca	173,8	161,6	-7,0	137,3	129,3	-5,8	790	800	1,3
Outono-inverno	44,2	33,2	-25,0	84,0	56,4	-32,8	1.900	1.700	-10,5

Fonte: CONAB (2000)

As seguintes vantagens da terceira época de plantio são apontadas por CAIXETA et al. (1981):

- a produção é garantida e os rendimentos são altos (1,5 a 3,5 t ha⁻¹);
- a cultura torna-se menos dependente dos fatores climáticos, ocorrendo maior estabilidade de produção;
- a cultura pode expandir-se sem concorrer com outras plantações, tais como milho, soja, arroz, etc.
- possibilita o uso mais eficiente da terra com a exploração de mais uma cultura por ano, na mesma área.

Resultados de pesquisa mostram que rendimentos da ordem de 2,5 t ha⁻¹ são facilmente obtidos nessa época de plantio (SANTOS e BRAGA, 1998).

Entretanto, o sucesso do cultivo nessa época do ano depende, principalmente, da produtividade da cultura, do clima da região e da disponibilidade de água (irrigação).

Estudos sobre as épocas de plantio, realizados por VIEIRA et al. (1991) em algumas localidades de Minas Gerais, por mostram que, nas regiões de

temperaturas mais elevadas, nos meses mais frios, o rendimento das variedades utilizadas foi mais alto. O município de Viçosa- MG, cujas temperaturas mínimas médias no outono-inverno são mais baixas que as de Leopoldina, apresentou os menores rendimentos. Por isso, nessa última localidade, o plantio deve ser feito até a segunda quinzena de abril.

2.3. A aplicação de produtos químicos

Dentre as técnicas de aplicação de defensivos agrícolas, a pulverização convencional (costal e tratorizada) é a mais difundida, graças à flexibilidade que oferece em distintas situações, ajustando-se à finura da pulverização e à cobertura, em porcentagem da superfície tratada, ou pelo número de impactos por unidade de área que cada alvo exige. Atualmente, entretanto, a quimigação, vem se desenvolvendo bastante. A quimigação é definida, por diversos autores, como a técnica de aplicação de produtos químicos na lavoura por intermédio da água de irrigação.

No Brasil, somente nos últimos anos é que a quimigação tem-se firmado como técnica, sendo os proprietários dos sistemas de irrigação localizada e pivô central os que fazem uso mais freqüente dessa prática.

Com a evolução dos sistemas de irrigação, a introdução de novos defensivos no mercado, o aumento crescente do custo da mão-de-obra e necessidade de se elevar a eficiência dos insumos agrícolas, criou-se grande expectativa em relação à utilização dessa tecnologia. Em geral, os sistemas de irrigação por aspersão, principalmente o pivô central e os sistemas lineares, são os mais adequados para aplicação dessa técnica, enquanto a irrigação por superfície tem uso mais limitado (THREADGILL, 1991a).

Segundo DOWLER, (1993) e vários outros autores (TRHEADGILL, 1985a e 1991b; e JOHNSON et al. 1986), antes de adotar a quimigação, o agricultor deve considerar cuidadosamente as vantagens e as desvantagens dessa tecnologia. Se um novo sistema de irrigação deve ser adquirido, a este pode se

acrescentado um projeto de quimigação com baixíssimo ou, até mesmo, nenhum custo. Assim, segundo os referidos autores, as principais vantagens da quimigação podem ser, assim, relacionadas:

- Redução do custo de aplicação: constitui-se numa técnica mais econômica do que a aplicação convencional;
- Maior flexibilidade de aplicação: pode ser feita em qualquer época, independentemente da altura e desenvolvimento das plantas;
- Melhor uniformidade de distribuição: em geral, se o equipamento de irrigação estiver operando em perfeitas condições, a distribuição de defensivos na lavoura será mais uniforme que a obtida com a aplicação convencional;
- Facilidade de incorporação e ativação: os produtos que visam ao solo são incorporados e ativados, quando aplicados com grande volume de água. Portanto, essa técnica é compatível com o sistema de plantio direto;
- Redução da compactação de solo e dos danos mecânicos à cultura: o tráfego de máquinas na lavoura pode ser minimizado com a quimigação. Além da economia com combustível e com a manutenção da frota, possibilita reduzir a compactação do solo e dos danos mecânicos às plantas;
- Maior segurança para o operador: devido à menor exposição deste aos defensivos químicos, bem como à menor concentração do produto na água;
- Potencial de redução das doses dos produtos químicos: há evidências, em estudos já conduzidos, de que as doses recomendadas de certos produtos poderiam ser reduzidas, quando aplicados por intermédio dessa técnica;
- Redução da deriva: na irrigação por aspersão há este risco, mas ele é mínimo em relação ao observado, quando se utilizam os métodos convencionais.
- Melhoria da estrutura mineralógica: o plantio direto proporciona, acúmulo de nutrientes, como Ca, Mg, P, Mn, e Zn, na superfície do solo.
- Aumento de matéria orgânica: existe a tendência em aumentar o teor de matéria orgânica, que se acumula na superfície e nas primeiras camadas do perfil solo (0 a 5 cm).

Entretanto, a quimigação traz consigo algumas características inerentes à aplicação de defensivos agrícolas, que devem ser manejadas corretamente, evitando-se risco de inviabilizar o sistema, como (THREADGILL, 1985b):

- Necessidade de equipamento e treinamento do operador: a quimigação pressupõe um manejo eficiente da irrigação para o sucesso da operação;
- Possibilidade de contaminação do ambiente: a quimigação constitui um risco potencial ao meio ambiente, quando manejada de forma inadequada;
- Equipamentos adicionais: há necessidade de adquirir alguns equipamentos adicionais para realizar a aplicação com segurança;
- Elevado tempo de aplicação: o tempo de aplicação de um agroquímico é mais longo na quimigação, sobretudo em relação à aplicação por meio de avião. Por isso, as condições adversas de clima, no decorrer do dia (vento forte ou chuva), podem interferir nas aplicações.

Sem dúvida, atualmente, a aplicação de produtos químicos juntamente com a irrigação constitui uma importante tecnologia na agricultura irrigada. Entretanto, deve ser feita criteriosamente de modo a evitar possíveis danos ambientais e prejuízos econômicos. Um manejo adequado inclui sistemas bem projetados, calibração bem feita e operador bem treinado (OGG e DOWLER, 1988).

As principais exigências para que a quimigação seja eficiente são: sistema de irrigação e injetor-tanque adequadamente dimensionados, instalados e operados; produto químico eficiente quando, aplicado via água de irrigação; e lâmina de água adequada. Em geral, as doses recomendadas para quimigação são as mesmas recomendadas para as aplicações por métodos convencionais (THREADGILL, 1985b).

Os produtos que não requerem incorporação no solo têm sido eficientes, quando aplicados com lâminas de água variando de 2,5 a 19 mm. A lâmina de água adequada para a aplicação de produtos na superfície do solo, ou no seu perfil, depende da umidade do solo antes da aplicação e da profundidade que o produto deve atingir.

Em geral, com os pivôs centrais comercializados no Brasil aplicam-se de

4 a 9 mm de água (40 a 90 mil L ha⁻¹) por volta, na velocidade máxima de operação. Por este motivo, a concentração do agroquímico na água é muito baixa e, quando a aplicação visa à parte aérea das plantas, a maior parte dele pode, na verdade, ser depositada no solo. Esse é o motivo pelo qual muitos defensivos químicos são menos eficientes quando aplicados pela água de irrigação do que pelos métodos convencionais (trator e avião). Outros defensivos que atuam na parte aérea das plantas que, por razões ainda obscuras, são eficazes quando distribuídos com a água de irrigação, superando, em alguns casos, o nível do controle proporcionado pelos métodos convencionais. Quanto aos agroquímicos que visam ao solo, o grande volume de água aplicado pelo pivô é, geralmente, desejável (VIEIRA, 1998).

2.4. Herbificação

Segundo OGG et al. (1983) a herbificação pode reduzir em até 50% os custos de aplicação tratorizada. No Brasil, os dados oficiais sobre a aplicação de herbicidas por meio de pivô central ou outros método de irrigação, são escassos, embora a água de irrigação seja cada vez mais, usada como veículo para transporte e distribuição de herbicidas. No Brasil, os maiores entraves à utilização em larga escala desse método de aplicação de herbicidas são a falta de produtos registrados para esse fim (SILVA et al. 1994) e a falta de uniformidade de distribuição de água pelos pivôs centrais.

2.5. Alguns fatores que afetam a eficiência dos herbicidas aplicados em pré-emergência

Os herbicidas EPTC, trifluralin, pendimethalin, DCPA e metolachlor pertencem ao grupo de herbicidas que podem ser aplicados em pré-emergência e são registrados, ou têm potencial para uso na cultura do feijão quando aplicados pelos métodos convencionais, controlando principalmente as gramíneas.

A maioria das sementes de plantas daninhas germina às profundidades de 1 a 5 cm abaixo da superfície do solo. Por isso, para que o controle das invasoras seja eficaz, o herbicida aplicado deve concentrar-se nessa camada do perfil do solo. A absorção do herbicida, dissolvido na água do solo ou presente na forma de vapor, ocorre nas raízes e nos brotos antes da emergência das plântulas (HESS, 1987).

No caso da herbicidação, o produto é incorporado ao solo com a água de irrigação, geralmente deslocando-se a uma profundidade inferior àquela alcançada pela água. São vários os fatores que influenciam a maior ou menor profundidade de deslocamento do herbicida aplicado por meio da água de irrigação. O conhecimento desses fatores permite ao agricultor estimar a profundidade de deslocamento do defensivo. Quando esses fatores não são considerados, a água pode ser aplicada em excesso ou ser insuficiente para a obtenção de máxima eficiência do herbicida. Se muita água é aplicada, o produto pode deslocar-se para uma faixa do perfil do solo abaixo da qual as sementes das plantas daninhas germinam. Nesse caso, pode ocorrer controle inadequado das invasoras e possível toxidez à cultura. Se, por outro lado, pouca água é aplicada, o herbicida concentra-se na superfície do solo, local onde a chance de perdas por volatilização e, ou por fotodecomposição é maior. Ademais, a exposição à secagem pode proporcionar redução na atividade do herbicida (OGG Jr. et al., 1983).

Os fatores que afetam a eficiência da herbicidação estão relacionados, principalmente, às propriedades dos solos e dos herbicidas (sorção-desorção,

solubilidade, volatilidade e fotossensibilidade) e às condições do ambiente (clima, solo e água), fatores que são descritos a seguir.

2.5.1. Propriedades dos solos e dos herbicidas

- Sorção-desorção: conforme HARPER (1994), este processo 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, para a volatilização e para a lixiviação. A sorção do herbicida é grandemente influenciada pela composição do solo, que inclui textura mineralógica, teor de matéria orgânica, CTC e pH, sendo a matéria orgânica uma característica que apresenta melhor correlação com a sorção de herbicidas não iônicos e básicos em solos brasileiros (OLIVEIRA Jr., 1998). Um herbicida fortemente sorvido aos colóides do solo fica protegido da degradação, da absorção pelas plantas e da lixiviação (OGG Jr. et al., 1983; KOSKINEN e HARPER, 1987; HORNSBY et al. 1996). Por isso, solos argilosos e, principalmente, orgânicos exigem quantidades maiores de herbicida do que os arenosos para o controle eficiente das plantas daninhas. Outros fatores que também influenciam esse processo são: propriedades dos herbicidas, umidade, temperatura e pH do solo. Quanto à umidade do solo, geralmente a adsorção é maior quando o herbicida é aplicado em solo seco, em razão da menor competição promovida pela água pelos sítios de adsorção (HARPER, 1994).

- Solubilidade: a solubilidade do produto químico puro em água pura (geralmente entre 20 e 25°C) é fornecida em mg L⁻¹. Os herbicidas podem ser classificados em sete classes: 1 - praticamente insolúvel (< 1 mg L⁻¹), 2 - solubilidade muito baixa (entre 1 e 10 mg L⁻¹), 3 - solubilidade baixa (entre 11 e 50 mg L⁻¹), 4 - solubilidade média (entre 51 e 150 mg L⁻¹), 5 - solubilidade elevada (entre 151 e 500 mg L⁻¹), 6 - solubilidade muito elevada (entre 501 e 5000 mg L⁻¹) e 7 - solubilidade extremamente elevada (acima de 5000 mg L⁻¹) (DEUBER, 1992). A solubilidade é um dos fatores que influenciam a

profundidade de movimentação do defensivo no perfil do solo. Em geral, os herbicidas com alta solubilidade em água são deslocados a maiores profundidades que os pouco solúveis. Segundo OGG Jr. et al.(1983), a solubilidade em água também afeta a quantidade de herbicida disponível para absorção pelas plantas; quanto mais herbicida houver na solução do solo, maior a sua eficiência no controle das plantas daninhas.

- Volatilidade: segundo OGG Jr. et al. (1983), a pressão de vapor da molécula é o parâmetro que indica o grau de volatilidade de um herbicida. Se um herbicida com alta pressão de vapor é aplicado através da água de irrigação por aspersão, parte do defensivo pode ser perdida na forma de gás antes que ele atinja a superfície do solo. Ademais, o herbicida é sujeito à volatilização depois que atinge o solo, principalmente quando ele não lhe é incorporado de modo adequado. A adsorção aos colóides é responsável pela redução das perdas por volatilização dos herbicidas incorporados ao solo. O grau de perdas por volatilização, no entanto, depende de outros fatores além da pressão de vapor do herbicida. Dentre esses fatores estão a concentração, a umidade do solo, a solubilidade em água, velocidade do vento, temperatura ambiental, umidade do ar e o tamanho das gotas de água-herbicida aplicada (OGG Jr. et al., 1983; KOSKINEN e HARPER, 1987).

- Fotodecomposição: vários herbicidas podem ser degradados pela radiação ultravioleta da luz solar. Por este motivo, é necessário que sejam incorporados ao solo a uma profundidade de até 2 cm para que fiquem protegidos dessa radiação. Logo, se o herbicida aplicado via água de irrigação é pouco móvel no perfil do solo, o potencial de perdas por fotodecomposição, por volatilização e por erosão aumenta (KOSKINEN e HARPER, 1987).

2.5.2. Condições do ambiente

A velocidade do vento é o fator que mais afeta a uniformidade de aplicação da água e, conseqüentemente, dos defensivos químicos nela

dissolvidos. Por essa razão, não é recomendável a herbificação por meio do pivô central quando a velocidade do vento for superior a $5,56 \text{ m s}^{-1}$; no caso da irrigação por aspersão convencional, o limite é inferior, isto é, $2,78 \text{ m s}^{-1}$. As condições climáticas também têm muita influência sobre o grau de volatilização (OGG Jr. et al., 1983). As perdas por volatilização são maiores em condições de alta temperatura, baixa umidade do ar e ventos fortes (WIESE, 1981; OGG Jr., 1986).

Um fator primordial no desempenho de um herbicida aplicado em pós-emergência são as condições ambientais, representadas pela temperatura, luminosidade, velocidade do vento e umidade relativa do ar. A temperatura favorece a evaporação da gotícula de água e, também, a volatilização do herbicida. Outro fator climático importante a ser considerado é a umidade relativa do ar, pois, quanto mais baixa for esta umidade, menor será o tempo gasto para a gotícula de água evaporar e deixar o herbicida concentrado na superfície foliar, sem condições de ser absorvido. Geralmente os fabricantes recomendam aplicar os herbicidas em pós-emergência, somente quando a umidade relativa do ar estiver acima de 60% (RODRIGUES e ALMEIDA, 1998).

No solo, a matéria orgânica e, em menor extensão, a argila podem adsorver o herbicida aplicado, limitando sua movimentação e atividade no perfil do solo. Geralmente, os herbicidas são mais móveis em solos arenosos com baixo teor de matéria orgânica. Por isso, nesses solos, a incorporação de herbicida pode ser feita com uma lâmina de água inferior àquela necessária para incorporá-lo em solos argilosos ou com alto teor de matéria orgânica (OGG Jr., 1986). No caso de plantio direto, o maior teor de matéria orgânica e a maior quantidade de resíduos de plantas presentes na superfície do solo aumentam a sorção dos herbicidas, reduzindo-lhes a eficácia (WEBER e LOWDER, 1985).

A água é necessária para solubilizar e ativar alguns herbicidas, além de transportá-los no perfil do solo, onde sua eficiência é maior (HARPER, 1994). Em geral, a irrigação deve ser manejada de modo a umedecer o solo até à profundidade de 7,5 a 10 cm, para uma adequada incorporação do herbicida. Normalmente, para alcançar esse objetivo, é necessário aplicar uma lâmina de

água de 5 a 20 mm, dependendo do solo (OGG Jr., 1986). No entanto, em áreas que apresentam problemas de excessivo escoamento superficial, pode não ser adequado o uso do pivô central para aplicação de alguns herbicidas que exigem incorporação imediata a certa profundidade do perfil do solo, uma vez que a lâmina de água necessária é relativamente grande.

A umidade do solo, antes da irrigação, influencia a profundidade que a água de irrigação atinge. Em solo seco, a profundidade de penetração da água e, por conseguinte, a movimentação do herbicida carregado pela água é menor do que em solo úmido. A umidade do solo também é um fator importante que influencia a volatilização. Quando os herbicidas voláteis são aplicados em solo úmido, a sorção é reduzida, aumentando-lhes a perda na forma de gás (OGG Jr. et al., 1983).

2.6. Resultados experimentais de controle de plantas daninhas por herbicidas aplicados em pré-emergência via água de irrigação no Brasil e no exterior

2.6.1. Trifluralin

Em solo arenoso de uma região semi-árida do Texas, SMITH et al. (1973) estudaram a aplicação do trifluralin ($0,55 \text{ kg ha}^{-1}$), via água de irrigação por aspersão convencional (10 mm) para o controle de caruru (*Amaranthus* sp.). Houve bom controle inicial do caruru, em comparação com a testemunha que não recebeu o herbicida. No entanto, o efeito residual foi curto, não havendo controle da invasora quatro semanas após a aplicação do defensivo. OGG Jr. (1980) estudou também o desempenho de vários herbicidas, dentre eles o trifluralin ($0,6 \text{ kg ha}^{-1}$), aplicados através da água de irrigação por aspersão convencional, para o controle de plantas daninhas na cultura do feijão. O solo foi irrigado antes da aplicação dos herbicidas. Estes foram diluídos em 1.136 litros de água e aplicados durante 31 minutos numa lâmina de água de 14 mm. O feijão foi plantado três dias após a herbicidação. A avaliação do controle de plantas daninhas foi feita 52 dias após o plantio da leguminosa, comparando-se a biomassa da parte aérea das invasoras nos tratamentos com herbicida com a obtida na testemunha não-tratada. A herbicidação foi ineficiente para o controle do capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*) e da ançarinha-branca (*Chenopodium album*), duas invasoras normalmente controladas pelo trifluralin em aplicações convencionais.

DOWLER et al. (1994) estudaram o efeito de doses de vários herbicidas, abaixo das recomendadas, aplicados via água de irrigação para o controle de plantas daninhas nas culturas de soja e de algodão. Quanto ao trifluralin, verificaram que o controle proporcionado pela herbicidação, com a dose de $0,37 \text{ kg ha}^{-1}$, foi, no mínimo, igual ao observado quando se utilizou a barra de pulverização e a dose de $0,55 \text{ kg ha}^{-1}$. Dentre as plantas daninhas presentes na área experimental, e que foram controladas pelo trifluralin, estavam o capim-tapete (*Mollugo verticillata*) e o capim-colchão (*Digitaria sanguinalis*). As

seguintes informações não estão disponíveis no trabalho: tipo de solo, sistema de irrigação e lâmina de água utilizada para aplicação dos herbicidas. Provavelmente, em razão do estudo ter sido conduzido no sul da Georgia, EUA, o estudo foi realizado em solo arenoso, utilizando-se o pivô central.

Os resultados de alguns dos estudos indicam que o controle de plantas daninhas com o trifluralin, aplicado por intermédio da água de irrigação por aspersão, pode ser inferior ao obtido com o método convencional (aplicação com barra de pulverização e incorporação com grade ou enxada rotativa). Uma das razões do insucesso, ou do desempenho insatisfatório da herbicidação, verificado nos estudos de SMITH et al. (1973) e OGG Jr. (1980) pode ter sido a aplicação do trifluralin em solo úmido. Por ser sujeito à volatilização (Quadro 2), o herbicida teve, possivelmente, suas perdas aumentadas, em razão da competição entre a água e o herbicida pelos mesmos sítios de adsorção no solo. A volatilização do trifluralin, durante o trajeto das gotas de água no ar, também pode ajudar a explicar esses resultados. As perdas por volatilização, durante a aplicação do trifluralin por intermédio da água de irrigação, variam de 47% a 85% (CRUTCHFIELD et al., 1978; 1980).

Quadro 2. Algumas propriedades de herbicidas registrados ou com potencial de uso na cultura do feijão e que já foram testados por via da água de irrigação

Nome técnico	Formulação	Dose (L ha ⁻¹ ou kg ha ⁻¹ do i.a.)	Época de aplicação (métodos convencionais)	Solubilidade em água *	Sorção no solo	Volatilidade*	Sensibilidade à fotodecomposição	Persistência no solo **	Potencial de contaminação do lençol freático ***
DCPA	PM 750 g kg ⁻¹	6,0 - 11,25	PPI ou PRE	Praticamente insolúvel	forte	baixa	baixa	média	não
EPTC metolachlor	CE 720 g L ⁻¹ CE 960 g L ⁻¹	3,6 2,4 - 2,9	PPI PRE	Elevada muito elevada	moderada moderada	alta baixa a moderada	baixa moderada	curta curta	não sim
pendimethalin	CE 500 g L ⁻¹	0,75 - 1,5	PPI ou PRE	Praticamente insolúvel	forte	baixa a moderada	baixa	média	não
trifluralin	CE 445 g L ⁻¹ e CE 480 g L ⁻¹ CE 600 g L ⁻¹	0,53 - 1,1 1,8 - 2,4	PPI PRE	Praticamente insolúvel	forte	moderada	moderada a alta	média	não
bentazon	SA 480 g L ⁻¹ SA 600 g L ⁻¹	0,72 - 0,96	POS	Extremamente elevada	fraca	não	não	curta	sim
clethodim	CE 240 g L ⁻¹	0,096-0,144	POS	muito elevada	fraca	muito baixa	alta	curta	não
diclofop-metil	CE 284 g L ⁻¹	0,71-0,99	POS	Praticamente insolúvel	forte	baixa	-	curta	não
fenoxaprop-p-etil	CE 120 g L ⁻¹ CE 110 g L ⁻¹	0,082	POS	Praticamente insolúvel	forte	muito baixa	baixa	curta	não
fluazifop-p-butil	CE 125 g L ⁻¹	0,09 - 0,25	POS	muito baixa	forte	baixa	baixa	curta	não
fomesafen	SA 250 g/L	0,22 - 0,25	POS	Extremamente elevada	moderada	baixa	moderada	média	sim
sethoxydim	CE 184 g L ⁻¹	0,23 - 0,37	POS	muito elevada	moderada	baixa	alta	curta	não

* Baseada em classificação proposta por Deuber (1992).

** curta = até 60 dias; média = 60 a 120 dias.

*** Baseado no GUS (escore de contaminação do lençol freático) (Gustafson, 1989), em que $GUS = \log MV * (4 - \log K_{oc})$. MV = meia-vida do herbicida no solo (em dias) e K_{oc} = coeficiente de partição carbono orgânico/água (em mL g⁻¹ de carbono orgânico). Valores de MV e K_{oc} foram obtidos em Hornsby et al. (1996).

FONTES: Vários autores citados por VIEIRA e SILVA, 1998.

Outras propriedades do trifluralin são a solubilidade muito baixa em água e forte sorção aos colóides do solo, principalmente à matéria orgânica, razão pela qual ele é pouco móvel no perfil do solo. Segundo CRUTCHFIELD et al. (1980), quando o trifluralin foi aplicado numa lâmina de água de 33 mm, em solo de textura média, ele concentrou-se nos 2,5 cm superficiais do solo. Os resultados insatisfatórios verificados na aplicação do trifluralin juntamente com a água de irrigação, descritos nos trabalhos supracitados, provavelmente são também devidos à alta concentração desse herbicida na camada superficial do solo. Nesta situação, as perdas por volatilização e fotodecomposição podem ser altas, comparativamente ao método convencional, em que o trifluralin é incorporado mecanicamente a uma profundidade de 5 a 7,5 cm (DEUBER, 1997).

No caso específico do plantio direto, uma razão adicional para a redução da atividade do trifluralin pode ser o acúmulo de matéria orgânica na superfície do solo, aumentando a sorção e diminuindo a movimentação do herbicida no perfil do solo. Portanto, para um controle satisfatório das plantas daninhas, são necessárias doses mais elevadas do produto do que as normalmente. O uso de dose acima da recomendável, no entanto, aumenta a chance de toxidez para algumas culturas plantadas em seqüência ao feijão, visto que o trifluralin tem persistência média no solo (Quadro 2).

Resultados positivos da aplicação do trifluralin via água de irrigação foram obtidos por DOWLER et al. (1994). Parece, portanto, que em determinadas condições edafoclimáticas, a aplicação do trifluralin via água de irrigação é eficaz.

Em geral, embora a eficiência da herbicidação seja menor em relação ao método tradicional, nos EUA, o trifluralin é registrado para aplicação em pré-emergência pelo pivô central em culturas como alfafa, batata, soja e algodão, e em pós-emergência da cultura, mas antes da emergência das plantas daninhas, nas culturas de batata, milho e sorgo (VIEIRA e SILVA, 1998).

2.6.2. pendimethalin

O pendimethalin e o trifluralin pertencem ao grupo químico das dinitroanilinas. Ambos são praticamente insolúveis em água e fortemente adsorvidos aos colóides do solo (Quadro 2). Por essa razão, o pendimethalin também é pouco móvel no perfil do solo. Segundo DOWLER et al. (1982), vinte e quatro horas após a herbigação com lâmina de água de 6,3 ou 12,7 mm, o pendimethalin concentrou-se nos primeiros 5 cm superficiais de um solo arenoso. O pendimethalin é, no entanto, menos sujeito às perdas por volatilização e por fotodecomposição que o trifluralin (Quadro 2). Em estudo conduzido em laboratório, WIESE (1981) verificou que as perdas por fotodecomposição do trifluralin atingiram 59% após 20 minutos de exposição ao sol, enquanto apenas 2% do pendimethalin foram perdidos durante esse tempo. CRUTCHFIELD et al. (1980) estudaram as perdas por volatilização de alguns herbicidas. Verificaram que as perdas médias, nas condições em que foram realizados os ensaios, foram 47% e 36%, para o trifluralin e pendimethalin, respectivamente. No entanto, segundo AHRENS (1994), as perdas do pendimethalin por volatilização são pequenas, mesmo quando as condições do ambiente favorecem esse tipo de perda. Por esses motivos, a pouca movimentação do pendimethalin no perfil do solo não implica em perda de eficiência, situação diferente daquela que ocorre com o trifluralin.

Portanto, o pendimethalin possui propriedades mais favoráveis à herbigação que o trifluralin. Alguns estudos confirmam essa hipótese. Excelente controle de invasoras foi obtido com este herbicida aplicado via água de irrigação, nos estudos de ALLEY et al. (1977), DOWLER et al. (1982) e DOWLER et al. (1994). As doses testadas do pendimethalin foram 0,84 kg ha⁻¹ (DOWLER et al., 1994) e 1,12 kg ha⁻¹ (ALLEY et al., 1977; DOWLER et al., 1982). Há indicações de que certas plantas daninhas são melhor controladas pela herbigação, enquanto outras o são pelo método convencional de PPI ou PRE. Nabiça (*Raphanus raphanistrum*), *Panicum texanum*, *Setaria viridis* e *S. guauca* são exemplos de plantas daninhas mais eficientemente

controladas pela herbificação (OGG Jr., 1984; DOWLER et al., 1994). Por outro lado, a aplicação do pendimethalin pelo método tradicional proporciona maior eficiência no controle da *Echinochloa crusgalli* e de algumas espécies de caruru (OGG Jr., 1984).

VIEIRA e SILVA (1998) citam que, nos EUA, o pendimethalin é registrado para aplicação por pivô central nas seguintes culturas: algodão, amendoim, batata, cebola, girassol, milho, soja e sorgo. A lâmina de água recomendada para sua aplicação-incorporação varia de 12,5 a 18,0 mm, dependendo do tipo de solo.

2.6.3. Metolachlor

O metolachlor é muito solúvel em água e moderadamente adsorvido aos colóides do solo (Quadro 3). Por essa razão, ele tem certa mobilidade no perfil do solo. WIESE e TURNER (1978) estudaram a lixiviação do metolachlor ($3,4 \text{ kg ha}^{-1}$) aplicado por pivô central, numa lavoura de milho, com duas lâminas de água: 20 e 33 mm. O experimento foi conduzido em solo com percentagens semelhantes de areia, silte e argila, e com 1,5% de matéria orgânica. No momento da herbificação, havia bastante resíduo da cultura anterior de milho sobre o solo. Duas semanas após a herbificação, o metolachlor aplicado com 20 mm de água foi detectado nos 5 cm superficiais do solo, e atingiu 5-10 cm de profundidade com 33 mm de água. Em outro estudo, BARNES et al. (1992) avaliaram a lixiviação do metolachlor aplicado via água de irrigação (13 mm) ou por pulverizador costal (250 L ha^{-1}), num período de oito semanas, em solo de textura média. O estudo foi realizado em 1986 e em 1988, utilizando doses de 0,84 e $2,8 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente. O método de aplicação teve pouca influência sobre a movimentação do herbicida no perfil do solo, com tendência a maior lixiviação na herbificação. Até uma semana após sua aplicação, o metolachlor concentrou-se nos primeiros 8 cm do perfil do solo. Dois meses após a aplicação, apenas no experimento realizado em 1988, o herbicida foi detectado abaixo de 22 cm. Nesse ano, o metolachlor foi aplicado em solo mais úmido e

ocorreram chuvas durante as cinco primeiras semanas após a instalação do experimento. No Quadro 2, observa-se que dentre os herbicidas recomendados para aplicação PPI e em PRÉ, o metolachlor apresenta o maior potencial de contaminação do lençol freático. No entanto, parece não haver influência significativa do método de aplicação do herbicida sobre a magnitude de contaminação do lençol freático.

O metolachlor é mais móvel no solo que o trifluralin, o pendimethalin e o DCPA. Essa característica é desejável para os herbicidas aplicados em PPI e em PRÉ, quando o objetivo é a aplicação via água de irrigação, pois, ao se movimentarem com a água no perfil do solo, eles ficam protegidos contra as perdas por volatilização, por fotodecomposição e por escoamento. Além disso, há outras características desse herbicida que não comprometem sua aplicação via água de irrigação, ou seja, a sua susceptibilidade à volatilização é baixa a moderada e sua sensibilidade à fotodecomposição é moderada (Quadro 2). Provavelmente por esses motivos, o seu uso na herbicidação é tão ou mais eficiente que a sua aplicação pelo método tradicional (DOWLER et al., 1982; DOWLER, 1984; OGG Jr., 1984; WESLEY e ELMORE, 1987; CAVINESS et al., 1988; BARNES et al., 1992).

Os estudos comparativos da aplicação do metolachlor via água de irrigação pelo método tradicional foram realizados, utilizando mais de 20 tipos de pivô central (DOWLER et al., 1982; WESLEY e ELMORE, 1987) e lâminas de água variando de 6,3 mm (DOWLER et al., 1982; DOWLER, 1984) a 18 mm (WESLEY e ELMORE, 1987). As doses testadas do defensivo variaram de 0,84 kg ha⁻¹ (BARNES et al., 1992) a 6,7 kg ha⁻¹ (CAVINESS et al., 1988). Os solos utilizados nos experimentos variaram de arenoso (94% de areia) (DOWLER et al., 1982) a argiloso (WESLEY e ELMORE, 1987), apresentando um teor de matéria orgânica de 0,6% a 2,2% (DOWLER et al., 1982).

Os excelentes resultados obtidos com o metolachlor aplicado via água de irrigação podem ter a seguinte explicação (OGG Jr. e DOWLER, 1987): quando ele é distribuído sobre o solo pelo método convencional, a solução seca rapidamente, e o herbicida é parcialmente sorvido na superfície do solo onde fica sujeito a perdas por

volatilização, por fotodecomposição e por erosão. A desorção e a movimentação desse herbicida no perfil do solo só ocorre após chuva ou irrigação. Na herbigação, no entanto, ele é aplicado em grande volume de água. Por isso, ele movimenta-se no perfil do solo sem o problema da secagem imediata, tornando-se mais disponível para o controle das plantas daninhas. Além disso, a herbigação permite controlar a profundidade de incorporação do herbicida, criando-se, concomitantemente, condições quase ideais para sua ação.

2.7. Fatores que afetam a eficiência de controle de plantas daninhas por herbicidas aplicados em pós-emergência

O fomesafen e bentazon, utilizados para controle de plantas daninhas dicotiledôneas, e o clethodim, diclofop-metil, fenoxaprop-p-etil, fluazifop-p-butil e sethoxidim para o controle de gramíneas, são os herbicidas recomendados para uso em pós-emergência registrados, ou mais comumente usados na cultura do feijão (VIEIRA e SILVA, 1998).

Segundo esses autores, para o controle eficaz de plantas daninhas pelos herbicidas aplicados em pós-emergência, a retenção foliar da calda é muito importante. Por esta razão, no método convencional (trator e avião), os herbicidas utilizados na cultura do feijão são aplicados em até 400 L ha⁻¹. No caso da herbigação, a lâmina de água mínima aplicável por alguns pivôs é de 2,5 mm (25.000 L ha⁻¹). Portanto, o grande volume de água utilizado nesta técnica é responsável pela redução da retenção foliar. Por outro lado, a menor retenção do produto na folhagem pode ser compensada, em parte, pela absorção radicular.

Ainda de acordo com os mesmos autores, as formulações dos herbicidas para uso em pós-emergência por métodos convencionais, normalmente, não são preparadas visando melhorar sua retenção foliar. Na herbigação, no entanto, a adição de substância à formulação comercial que melhora a retenção do herbicida nas folhas

pode incrementar-lhe a eficiência. Uma das alternativas usadas para alcançar esse objetivo é a diluição do herbicida em óleo não-emulsificante (mineral ou vegetal) antes de sua injeção na água de irrigação.

As folhas e caules são as principais vias de penetração do herbicida de pós-emergência nas plantas. O herbicida retido na parte aérea penetra nas plantas por meios dos estômatos e, principalmente, através da superfície das folhas. Em muitas espécies, os estômatos localizam-se predominantemente na face abaxial (inferior) da superfície das folhas e cobrem aproximadamente 0,1% a 0,5% dessa superfície (DEVINE et al., 1993). Esses são alguns motivos pelos quais os estômatos são considerados porta secundária de entrada dos herbicidas na planta. Na herbicidação, em razão do grande volume de água utilizado, a absorção radicular também pode ser importante (VIEIRA e SILVA, 1998).

Na parte aérea das plantas, a primeira barreira a ser transposta pelos herbicidas é a cutícula, que é uma camada morta. Externamente, ela tem uma película lipofílica. Por outro lado, à medida que se adentra a cutícula, o ambiente torna-se, cada vez mais hidrofílico (WANAMARTA e PENNER, 1989). A absorção radicular é mais facilitada que a absorção foliar, em razão da quantidade insignificante de cutícula nos locais de absorção, ou seja, nos pêlos absorventes.

As propriedades lipofílicas/hidrofílicas dos herbicidas são importantes para o entendimento de sua dinâmica de absorção através da cutícula. Essas propriedades são avaliadas por intermédio da determinação do coeficiente de partição octanol/água (K_{ow}).

Os herbicidas lipofílicos (como os de formulações CE) são capazes de penetrar na cutícula por simples difusão através dos componentes lipofílicos dominantes. A taxa de movimentação do herbicida através da cutícula depende das propriedades de transporte (solubilidade e permeabilidade dentro da cutícula) e do gradiente de concentração (concentração exterior/interior). A difusão do herbicida na camada epicuticular ocorrer, principalmente, através da cera que se encontra na forma amorfa. A cutícula é mais fina em determinados locais da superfície das folhas,

como na base dos tricomas e sobre as células-guarda. Esses locais proporcionam vias preferenciais de penetração das formulações de herbicidas solúveis em óleo (HESS, 1995).

As formulações de herbicidas hidrofílicos (sais, por exemplo) também são capazes de entrar na planta ,através da superfície da cutícula, por simples difusão. No entanto, em razão de sua baixa permeabilidade dentro da cutícula, a taxa de movimentação é significativamente menor que a dos herbicidas lipofílicos. Conseqüentemente, em geral, menos herbicida é absorvido pela planta. A cera epicuticular é a barreira mais significativa para a absorção dos herbicidas hidrofílicos. Após a difusão deles através da camada epicuticular, no entanto, o aumento dos componentes hidrofílicos da cutícula facilita o processo de absorção. Os herbicidas solúveis em água dependem da hidratação da cutícula para serem absorvidos com eficiência (HESS, 1995).

A cutícula possui, em sua superfície, cargas predominantemente negativas e exhibe propriedades de troca catiônica, o que pode influenciar a difusão dos herbicidas. A dissociação de resíduos ácidos na cutina é responsável por essa propriedade da cutícula. Por causa dessa superfície com cargas negativas, a permeabilidade da cutícula a cátions é maior que para ânions (WANAMARTA e PENNER, 1989). A absorção de ácidos fracos aumenta com a diminuição do pH, indicando que compostos não dissociados entram, preferencialmente, na cutícula (DEVINE et al., 1993). O pKa é utilizado para comparar o nível relativo de acidez de compostos. Quanto maior o valor do pKa do herbicida, mais fraco é o ácido, ou seja, menor será sua tendência a dissociar. Logo, herbicidas com baixo pKa são mais dissociáveis (formando cargas negativas) e, por isso, têm menos aderência à cutícula e são absorvidos mais lentamente.

A absorção do herbicida aplicado na folhagem também é influenciada pela morfologia e anatomia das folhas e pelas condições ambientais antes, durante e após a aplicação (WANAMARTA e PENNER, 1989; HESS, 1995).

Por meio de métodos convencionais, o herbicida, altamente concentrado é aplicado na folhagem com um único jato da calda, principalmente sobre a face adaxial (superior) das folhas das plantas daninhas. Neste caso, em geral, o herbicida é aplicado quando a umidade do solo não é alta. Na herbificação com pivô ocorre uma distribuição contínua do produto (em baixa concentração) sobre a folhagem por vários minutos (o tempo de molhamento exato depende, principalmente, da pressão e da velocidade de deslocamento do pivô e da distância da área considerada ao centro do pivô) na cunha da área irrigada. Embora os efeitos dessas particularidades da herbificação, no desempenho dos diferentes produtos, não tenham sido bem esclarecidos, a alta umidade (do ar e do solo) proporcionada pela irrigação e o possível molhamento de ambas as faces das folhas, provavelmente, favorecem à absorção e a translocação de herbicidas nas plantas (VIEIRA e SILVA, 1998). Segundo WANAMARTA e PENNER (1989), a alta umidade relativa retarda a secagem da solução de herbicida nas folhas, aumenta a hidratação da cutícula e estimula a abertura dos estômatos. A absorção do herbicida também é mais intensa, quando a umidade do solo é alta (DEVINE et al., 1993).

Muitos herbicidas formam cristais sobre a superfície das folhas, depois da evaporação do solvente. Em razão do movimento do herbicida através da cutícula da folha ocorrer por difusão, sua absorção pela planta só ocorre quando ele se encontra em solução. Portanto, a formação de cristais sobre as folhas reduz a eficácia do herbicida aplicado (HESS, 1987). Logo, a retardação da secagem da solução, que se consegue quando o herbicida é aplicado via água de irrigação, associada ao maior período que a cutícula é mantida hidratada, deve favorecer a absorção do defensivo. Além disso, a maior superfície de absorção das folhas pode ser outro fator compensatório dessa técnica. Segundo HESS (1987), após a aplicação de herbicida por métodos convencionais, a folha tratada, embora pareça estar completamente molhada, apresenta uma camada desuniforme da solução de herbicida. Na herbificação, todavia, consegue-se um molhamento mais completo e uniforme da

parte aérea das plantas daninhas. Essa condição, segundo DEVINE et al. (1993), favorece a absorção através de outra via de entrada na folha: os estômatos.

Há indicações de que a eficiência de alguns herbicidas aplicados em pós-emergência com a água de irrigação é maior, quando eles são distribuídos em condições de alta luminosidade. Para o fomesafen, aplicado pelo método convencional, essa hipótese já foi confirmada (FERREIRA e MACHADO NETO, 1997). As possíveis razões disso são: tanto os herbicidas que se movimentam pelo xilema (via fluxo transpiratório) como pelo floema (via transporte de fotoassimilados) têm a absorção e a translocação, nas plantas favorecidas pela presença de luz e por temperaturas mais elevadas. A luz também promove a abertura dos estômatos, favorecendo a absorção do herbicida (WANAMARTA e PENNER, 1989; SHANER, 1994). Outro fator importante, segundo HESS (1987), é a influência da intensidade luminosa sobre o ângulo de inserção das folhas em relação ao sol. Muitas plantas daninhas mudam o ângulo das folhas da posição mais horizontal para a mais vertical, durante o período noturno, ou mesmo quando a intensidade luminosa diminui (tempo nublado ou início da noite). Portanto, a aplicação de herbicidas de pós-emergência em condição de baixa luminosidade, ou principalmente durante a noite, pode também ter como conseqüências a redução da interceptação e da retenção da solução nas folhas.

2.8. Resultados de pesquisas de controle de plantas daninhas por herbicidas aplicados em pós-emergência via água de irrigação

2.8.1. Fomesafen

DOWLER (1984) avaliou o desempenho do fomesafen ($0,28 \text{ kg ha}^{-1}$) aplicado por herbificação (2,5 mm de água). Foi utilizado um simulador de irrigação, e sendo o herbicida misturado com óleo de soja antes da sua injeção no sistema de

irrigação. Obteve-se 100% de controle da corda-de-viola (*Ipomoea purpúrea*). O controle do carrapicho-beiço-de-boi ou pega-pega (*Desmodium tortuosum*) e do fedegoso (*Senna obtusifolia*) atingiu 80% e 75%, respectivamente. Em estudo conduzido mais tarde por DOWLER (1987), o fomesafen aplicado em 2,5 ou 6,3 mm de água proporcionou de bom a excelente controle das seguintes espécies de plantas daninhas: *Desmodium tortuosum*, *Senna obtusifolia*, *Ipomoea purpurea*, *Richardia scabra* e *Amaranthus* sp. Nesse estudo, o fomesafen também foi diluído em óleo não-emulsificante mineral ou vegetal, antes de ser introduzido no sistema de irrigação.

Num estudo conduzido em Viçosa, o fomesafen (solução aquosa concentrada, 250 g kg⁻¹) aplicado por um simulador de chuva em três lâminas de água (3, 6 e 9 mm), em avaliação realizada aos 39 dias após a aplicação do herbicida, verificou-se que a herbificação proporcionou bom controle da nabiça (*Raphanus raphanistrum*), à medida em que a lâmina de água era aumentada. Nesse estudo, conduzido em período de chuvas escassas (plantio do feijão em 18/5/98), não foi feita irrigação após a aplicação do herbicida (LEITE et al. 1999).

Também em Viçosa, os herbicidas bentazon (concentração solúvel - CS, 600 g ka⁻¹), fomesafen (solução aquosa concentrada - SA, 250 g kg⁻¹) e imazamox (grânulos dispersíveis em água, 700 g kg⁻¹) foram aplicados nas doses de 0,9 L ha⁻¹, 0,25 L ha⁻¹ e 28 g ha⁻¹, respectivamente, para controlar a nabiça (*R. raphanistrum*) por meio dos métodos convencional e herbificação. Para comparação de controle, foi utilizada uma testemunha que não recebeu herbicida. Na herbificação, empregou-se um simulador de chuva, e no método convencional um pulverizador costal pressurizado com CO₂. Os herbicidas foram aplicados com lâmina de 3 mm. Verificou-se que os herbicidas bentazon e imazamox não foram eficientes, quando aplicados por herbificação. O fomesafen, no entanto, mostrou-se eficiente para o controle dessa planta daninha (FONTES et al., 1999).

No Norte de Minas Gerais, a aplicação do fomesafen (0,20 kg ha⁻¹) misturado ao fluazifop-p-butil (0,10 kg ha⁻¹) na água de irrigação de um pivô central

(9 mm de água) controlou o picão-preto (*Bidens pilosa*) na cultura do feijão de inverno. No entanto, redução significativa da população de *Ipomoea* spp. só foi obtida com a aplicação do fomesafen por meio de um pulverizador costal (400 L ha⁻¹) (VIEIRA e FONTES, 1994). Tem-se observado também, que a aplicação desse herbicida pelo método convencional proporciona controle mais eficiente do amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla*) do que pela herbicidação.

O fomesafen é extremamente solúvel em água ($\log K_{ow} = 2,9$, em pH = 1). Também é um derivado de ácido fraco (pKa = 2,7), como o bentazon, e ambos podem ser absorvidos pelas raízes (AHRENS, 1994). A característica mais lipofílica do fomesafen, em relação ao bentazon, pode ser uma das razões do maior sucesso obtido em sua aplicação via água de irrigação. Outra razão dessa maior eficiência do fomesafen, em relação ao bentazon, está ligada ao efeito residual deles no solo, isto é, ao seu tempo de meia vida. O do fomesafen é de aproximadamente 180 dias bem superior ao do bentazon que é de dois dias aproximadamente.

2.8.2. Fluazifop-p-butil

É um dos herbicidas utilizados em pós-emergência, na cultura do feijão, mais estudado via herbicidação. Os resultados de pesquisas têm revelado que o fluazifop aplicado com a água de irrigação, em doses que variam entre 0,16 e 0,28 kg ha⁻¹, é tão ou mais eficaz do que quando aplicado por meio dos métodos convencionais (DOWLER, 1987; GUY et al., 1989; DOWLER e SUMNER, 1993; HOOK et al., 1993; DOWLER et al., 1994). Bom controle de invasoras tem sido obtido com lâminas de água de até 13 mm, entretanto a eficiência é ligeiramente maior quando se utilizam lâminas pequenas, em torno de 3 mm (GUY et al., 1989). Estes pesquisadores verificaram também que, embora a absorção radicular colabore no controle das plantas daninhas quando o fluazifop é aplicado via água de irrigação, a folhagem é o local mais importante para a absorção do herbicida. No caso da espécie *Digitaria. sanguinalis*, e possivelmente no caso de muitas outras gramíneas,

o grande volume de água da irrigação provoca o escoamento da solução de fluazifop das folhas para o “cartucho”, local da planta que lhe é mais sensível.

A diluição do fluazifop em óleo não-emulsificante, antes da sua injeção na água de irrigação, aumenta sua retenção na superfície das folhas. A quantidade de óleo necessária para diluí-lo parece ser proporcional ao volume de água usado na irrigação, pelo menos para o caso da *D. sanguinalis*. Quando a aplicação foi feita em 3,2 mm de água, 2,3 L ha⁻¹ de óleo não-emulsificante, a retenção do herbicida nas folhas dobrou. No entanto, essa mesma quantidade de óleo aumentou muito pouco a retenção do fluazifop, quando a lâmina de água usada foi de 12,7 mm (GUY et al., 1989).

As seguintes plantas daninhas foram controladas com sucesso pela aplicação do fluazifop-p-butil com a água de irrigação: *P. texanum* (DOWLER, 1984; DOWLER, 1987; DOWLER e SUMNER, 1993; HOOK et al., 1993; DOWLER et al., 1994), *D. sanguinalis* (DOWLER, 1984; HOOK et al., 1993; DOWLER et al., 1994), *E. crusgalli*, mão-de-sapo (*Dactyloctenium aegyptium*) (DOWLER e SUMNER, 1993), grama-seda (*Cynodon dactylon*) (HOOK et al., 1993), marmelada (*Brachiaria plantaginea*) e capim-colonião (*Panicum maximum*) (VIEIRA e FONTES, 1994). Ademais, tem-se observado, na prática, bom controle do milho na cultura do feijão. Algumas vezes, no entanto, por razões ainda pouco conhecidas, a quimigação com esse herbicida não controla o milho (VIEIRA e FONTES, 1994). A aplicação do defensivo com pouca intensidade luminosa ou durante o período noturno pode ser uma das razões desse fato. A qualidade da água utilizada no tanque de pré-mistura pode ser outro fator de influência.

A natureza não-iônica e lipofílica ($\log K_{ow} = 4,5$) do fluazifop-p-butil (AHRENS, 1994; TOMLIN, 1994) são características favoráveis à retenção na superfície das folhas e à sua rápida absorção, o que também ajuda a explicar seu bom desempenho na herbicidação.

2.8.3. Clethodim

DOWLER e SUMNER (1993) aplicaram o clethodim e outros herbicidas em quatro volumes de água: 206, 1.028, 5.142 e 25.710 L ha⁻¹. Os herbicidas foram diluídos em um surfactante (“Slygard”) ou em um óleo não-emulsificante à base de petróleo (“Exxon Orchex 796”), antes da aplicação. Não foi informada a dose do herbicida utilizada. O volume total da mistura aditivo e herbicida foi 5,0 L. Diferentemente do fluazifop-p-butil, do quizalofop e do fenoxaprop, a sua eficiência diminuiu quando o volume de água excedeu 1.028 L ha⁻¹. Os aditivos não melhoraram o desempenho do clethodim aplicado em 25.710 L ha⁻¹ de água. O clethodim tem uma solubilidade em água muito elevada (Quadro 3), e o logaritmo do coeficiente de partição octanol/água é de 4,18. Seu pKa não está disponível (AHRENS, 1994).

2.9. Uniformidade de aplicação de água

A uniformidade de aplicação de água é um dos parâmetros básicos do manejo da irrigação e sua importância aumenta quando se usa a quimigação, pois, a eficiência de distribuição do produto químico é um dos pontos básicos a serem considerados para o sucesso desse método (MANTOVANI e RAMOS, 1994).

Na irrigação por aspersão, a uniformidade depende não só das características do sistema, mas, também das condições climáticas e, principalmente, da velocidade do vento. A interação das lâminas aplicadas em sistemas móveis de aspersão (pivô central, linear e auto-propelido) proporciona melhores uniformidades que os sistemas estacionários (Heermann e Kohl, 1983; citados por MANTOVANI e RAMOS, 1994).

O principal parâmetro, que descreve a uniformidade da irrigação, é o coeficiente de uniformidade de Christiansen - CUC (CHRISTIANSEN, 1942).

BERNARDO (1995) e MERRIAN e KELLER (1978) descrevem a metodologia completa para avaliação da uniformidade dos diversos sistemas de irrigação. Na irrigação por aspersão, o CUC pode ser determinado utilizando-se a equação 1.

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n \cdot \bar{X}} \right) \quad (1)$$

em que

CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen, em %;

x_i = lâmina de água coletada no i – ésimo coletor, em mm;

\bar{x} = lâmina média de água coletada, em mm; e

n = número de coletores.

HEERMANN e HEIN (1968) modificaram a equação 1 para avaliar a uniformidade do pivô central (Eq. 2). Os pluviômetros distribuídos radialmente representam segmentos circulares de áreas crescentes, e esta razão, devem ser ponderados.

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\left| \frac{\sum_{i=1}^n S_i X_i - \frac{\sum_{i=1}^n X_i S_i}{n}}{\sum_{i=1}^n S_i} \right|}{\sum_{i=1}^n S_i X_i} \right) \quad (2)$$

em que S_i é o fator de ponderação que multiplica a lâmina coletada em cada pluviômetro, medida a partir do centro do pivô.

Na literatura, há várias referências sobre a necessidade de otimização do CUC como fator básico de melhoria da distribuição de água na agricultura irrigada (BERNARDO, 1995; HEERMANN et al., 1990; LOSADA et al., 1990; MERRIAM e KELLER, 1978 e SEGNER, 1987). O Quadro 3 apresenta uma referência de valores adequados do CUC, para os principais métodos de irrigação (MANTOVANI e RAMOS, 1994).

Quadro 3. Valores de CUCs adequados aos sistemas de irrigação.

Sistemas de irrigação	CUC (%)
Aspersão convencional	80 - 85
Pivô central	80 - 90
Autopropelido	80 - 85
Gotejamento	90 - 95
Microaspersão	85 - 95
Sulco	60 - 70

Fonte: MANTOVANI e RAMOS (1994)

Para os sistemas de irrigação por aspersão, os autores afirmam também que, mesmo os equipamentos tendo sido dimensionados para trabalhar com valores de CUC acima de 85%, devido ao manejo inadequado, em muitas propriedades esses valores são inferiores ou, no máximo, iguais a 70%.

MANTOVANI e RAMOS (1994) afirmam ainda que existe uma real necessidade de avaliação das áreas irrigadas, como um modo de verificar a uniformidade de aplicação de água em sistemas em funcionamento, tendo em vista os baixos CUCs encontrados na maioria das propriedades avaliadas. SOARES et al. (1993) realizaram testes de avaliação de equipamentos de irrigação do tipo pivô central, no Estado de Minas Gerais, e obtiveram CUCs abaixo do esperado para esse tipo de equipamento. Eles avaliaram um total de onze diferentes pivôs, nas principais

regiões em que esse tipo de equipamento é utilizado. Os valores de CUC encontrados variaram de 63,6% a 86,9%, com um valor médio de 80,1%.

De acordo com MERRIAM et al. (1973), em culturas de alto rendimento econômico, com sistema radicular raso, o CUC deve estar acima de 88%. Em culturas com sistema radicular médio, o CUC pode variar de 82% a 88%. No caso de culturas com sistema radicular profundo, com razoável suplementação pela precipitação pluvial, o CUC pode variar de 70% a 82%.

2.10. Uniformidade de aplicação de água-produto químico

Uma vez que a água é o veículo que conduz o produto, a aplicação deste está diretamente associada à uniformidade de aplicação de água do sistema de irrigação. Portanto, quanto mais uniforme for o sistema, mais eficiente será a quimigação (Rolston et al., 1986, citados por COSTA e BRITO 1994).

Segundo THREADGILL (1991b), diversos valores de CUC são usualmente encontrados em sistemas de aplicação de produtos químicos. O CUC de aplicações feitas por pulverizadores tratorizados varia de 50% a 92%; no caso das aplicações por avião, o CUC é aproximadamente 70%. Já os defensivos químicos aplicados por intermédio do pivô central, podem ser distribuídos com alta uniformidade, apresentando CUCs que variam de 80% a 90% (THREADGILL, 1985a).

MOREIRA e STONE (1994) constatou que a distribuição de inseticidas à base de óleo, por pivô central, apresentou uniformidade de 81%, inferior à da água que foi de 86%.

STONE et al. (1994) apresentaram resultados de uniformidade avaliada em pivô central, durante a quimigação com inseticida formulado com óleo de amendoim. Os resultados indicam diferenças na uniformidade de aplicação, sendo a da água de 93,5%, e a do produto de 83,9%. Os mesmos autores afirmam que tais diferenças são esperadas, principalmente quando o produto é misturado a óleo não-

emulsionável, pois, a menor densidade do óleo promove um acúmulo do produto na parte superior da tubulação, em área mais próxima do aspersor, implicando em distribuição desuniforme, o que irá afetar o coeficiente de uniformidade.

CRUZ e OLIVEIRA (1997), estudando a distribuição horizontal do inseticida chlorpyrifos (sem misturá-lo com óleo), aplicado via pivô central na cultura do milho, concluíram que a uniformidade de distribuição do inseticida (CUC = 87,8%) foi praticamente igual à uniformidade de distribuição da água de irrigação (CUC = 91,1%).

Segundo DOWELANCO INDUSTRIAL (1992), a uniformidade de distribuição do defensivo químico solúvel em água é proporcional à uniformidade de distribuição de água determinada pelo sistema de irrigação. Outros autores também relacionam a uniformidade de distribuição do defensivo à uniformidade de distribuição de água, porém poucos são os estudos que comprovam essa informação.

2.11. Sistemas de plantio

Segundo ADEGAS (1999), a partir da década de 60, com a introdução da mecanização como ponto fundamental do desenvolvimento da produção agrícola no Brasil, consolidou-se um sistema de exploração agropecuária, dito moderno, caracterizado pela movimentação do solo através das operações de preparo, pela monocultura e pela ausência de resíduos na superfície dos solos. Este sistema, denominado convencional, arraigou-se de tal maneira que ainda hoje é utilizado extensivamente em nosso país, nos mais diversos tipos de propriedades.

Segundo o mesmo autor, com o uso do sistema de plantio direto, que vem ganhando cada vez mais adeptos, especialmente nos últimos quinze anos, houve uma mudança radical: a não movimentação do solo, a rotação de culturas e a presença de solo coberto por resíduos vegetais. Cada um desses novos elementos provoca transformações na comunidade de plantas daninhas e podem ser assim relatados:

- Não revolvimento do solo - o processo de revolvimento do solo por um determinado período de tempo, por meio da aração e gradagem, resulta numa distribuição uniforme dos propágulos reprodutivos das plantas daninhas, especialmente as sementes, aproximadamente nos primeiros 30 cm no perfil do solo trabalhado. Existe também um eficiente controle da flora infestante, presente anteriormente ao plantio, em especial das plantas daninhas perenes e que não se reproduzem por parte vegetativa (ADEGAS, 1999).

Quando se deixa de movimentar o solo, grande quantidade de sementes será mantida numa profundidade tal que impede a germinação e a emergência das plântulas. As sementes, introduzidas após a implantação do sistema, ficarão abrigadas na camada superficial do solo e, portanto, mais susceptíveis à ação de predadores como pássaros e roedores. Algumas espécies necessitam que suas sementes permaneçam enterradas no solo, por certo período de tempo, para atingir a maturidade fisiológica ou romper os mecanismos de dormência, o que seria possível com a proteção proporcionada pelo enterrio. Também a maior concentração de sementes na superfície do solo favorece a homogeneidade de emergência das plântulas, proporcionando maior eficiência nas medidas de controle (ADEGAS, 1999).

- Rotação de culturas - a alternância regular e ordenada no cultivo de diferentes espécies vegetais, em seqüência temporal numa determinada área, que é o preceito da rotação de culturas, dificulta sobremaneira a instalação de uma comunidade padrão de infestantes e o risco que isso representa. Acontece em virtude das próprias características das culturas em rotação, tais como rapidez de crescimento, eficiência na ocupação do espaço do solo, sombreamento proporcionado, liberação de substâncias tóxicas para as plantas daninhas, bem como devido aos diferentes herbicidas usados no controle das plantas daninhas.

- Cobertura do solo - ao realizar a incorporação dos resíduos vegetais com o preparo do solo no sistema convencional, o arejamento é favorecido, o que, por sua vez, acelera a atividade microbiana, e conseqüentemente a rápida decomposição

desses resíduos. No plantio direto, em que o solo tende a estar melhor estruturado, com os resíduos deixados na superfície, reduz-se o contato dos restos de cultura com os microorganismos, resultando numa taxa de decomposição menor. Por isso, o teor de matéria orgânica nas áreas de plantio direto é, normalmente, superior ao verificada em áreas com preparo convencional. Muitos microorganismos para sobreviverem e reproduzirem, muitos microorganismos utilizam sementes e plântulas de plantas daninhas, deteriorando-as e, por conseguinte, diminuindo o potencial de infestação nas áreas de plantio direto.

A cobertura morta deixada na superfície do solo funciona como um elemento isolante, reduzindo a amplitude térmica e hídrica no solo e filtrando os feixes de luz de ondas longas. O processo de germinação das plantas daninhas está intimamente ligado a esses fatores. Como consequência, há redução substancial da emergência das plantas daninhas, no plantio direto, quando se mantém grande quantidade de cobertura morta.

A comparação dos sistemas de plantio direto e convencional, a partir desses três fatores de produção, levaria à conclusão de que a infestação de plantas daninhas no plantio direto tende a ser menor que no sistema convencional. Esta é exatamente a conclusão vários trabalhos de pesquisa científica, como ALMEIDA (1981), ALMEIDA (1991) e RUEDELL (1995).

O plantio direto vem demonstrando ser o método de manejo do solo mais eficiente para diminuir a incidência de plantas daninhas, dentre outras vantagens. Vários são os trabalhos que demonstram esse fato como, por exemplo, ENGLER e ENGLER, 1999. Esses autores comparam a influência do preparo do solo sobre a infestação de plantas daninhas; o plantio direto reduziu a infestação de plantas daninhas a 53% do montante correspondente ao preparo convencional.

Em Minas Gerais, as áreas de agricultura irrigada têm sido intensamente manejadas com operações convencionais de preparo de solo, o que vem acarretando sérios problemas, como a erosão, compactação, perdas de nutrientes, etc. (CHAGAS, 1994). Por esse motivo, é necessário criar alternativas, ou mesmo rever o sistema de

manejo tradicional do solo; aqui o plantio direto surge como uma opção recomendável.

No plantio direto, são dispensáveis as operações de aração e de gradagem. Inicialmente, aplica-se um herbicida não-seletivo (sistêmico ou não) sobre as invasoras do local. Esse herbicida penetra rapidamente na folhagem, e, em geral, as plantas daninhas morrem, facilitando o plantio e promovendo cobertura morta do solo (por exemplos, glifosate, sulfosate, paraquat). Esses herbicidas requerem de 3 a 14 dias para matar as plantas daninhas (SILVA et al., 2001).

Segundo Primavesi, citado por CHAGAS (1994), o êxito do plantio direto depende dos seguintes pré-requisitos:

- nivelamento do terreno;
- correção de acidez do solo;
- correção dos níveis de fósforo;
- produção de material orgânico (rotação de cultura)s;
- destruição do encrostamento superficial (com grade); e
- destruição do adensamento subsuperficial (com escarificador).

Segundo RUEDELL (1995), no sistema de plantio direto a cobertura formada pelas invasoras, após o dessecamento, permanece sobre a superfície do terreno, servindo como cobertura morta e proporcionando menos aquecimento do solo, além de favorecer a infiltração da água e reduzir sua perda por evaporação. A erosão é controlada não só pela ação da cobertura morta, mas, principalmente, pelo não revolvimento do solo.

Diversos resultados de pesquisa têm mostrado a eficácia do sistema de plantio direto, em relação a alguns atributos do solo e à produtividade das culturas. Quanto aos aspectos hídricos do solo, no plantio direto tem-se verificado maior disponibilidade de água para as plantas e umidade volumétrica mais elevada na maior parte do ciclo das culturas, em relação à semeadura em solos preparados convencionalmente. Na maioria dos casos, a umidade presente no perfil do solo, proporcionada pelo plantio direto, está associada ao “status” de sua superfície. No

plantio direto, a cobertura morta, dependendo de quanto ela cobre a superfície do solo, pode praticamente eliminar as perdas de umidade pela evaporação direta da superfície durante os estádios iniciais de crescimento das culturas (PEREIRA et al., 1999).

O revolvimento mínimo do solo para a semeadura, propiciado pelo plantio direto, mostra-se eficiente, a médio e longo prazo, na redução das principais plantas daninhas. RUEDELL (1995) constatou que, após nove anos de plantio direto, ocorreu uma redução de 10 vezes na quantidade inicial de latifoliadas, enquanto no plantio convencional ocorreu apenas 2,7 vezes. Já as gramíneas, ocorreram em quantidades menores no plantio direto em relação ao convencional, porém, não apresentando redução significativa ao longo dos anos.

GALVÃO et al. (1981) realizaram um experimento em Viçosa, MG, comparando a cultura de feijão da “seca”, em terreno preparado convencionalmente, com o plantio sem preparo prévio do solo. Verificaram que o rendimento do sistema de plantio direto foi superior ao convencional em 24,8%.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. O local do experimento

O experimento foi conduzido no campo, no período de junho a novembro de 1999, em área da Estação Experimental de Coimbra – município de Coimbra–MG (latitude 20° 51' S, longitude 42° 47' W e altitude 720 m), pertencente à Universidade Federal de Viçosa (UFV).

O solo da área experimental é um Argissolo Vermelho-Amarelo Câmbico, fase terraço e o clima é, segundo Köppen, do tipo Cwa.

Os dados diários de temperatura, de umidade relativa, de insolação, de precipitação pluvial e de velocidade do vento do local do experimento, medidos na estação meteorológica portátil, instalada ao lado do experimento, encontram-se nas Figuras A1 a A5 do Apêndice.

3.2. O solo

Os resultados da análise química e granulométrica, e a classificação do solo, onde foi instalado o experimento, são apresentados no Quadro 4. Essa área vinha sendo cultivada há anos, alternadamente com feijão e milho, e este experimento foi precedido por um cultivo de milho de ciclo normal, que foi colhido no mês de abril do corrente ano, ficando a palhada depositada sobre a superfície do terreno.

O experimento foi conduzido numa área circular de aproximadamente 3,0 ha irrigada por um pivô central. Neste estudo, utilizaram-se dois sistemas de preparo do solo, isto é, preparo convencional e plantio direto. Para tanto, a área foi dividida em duas partes, sendo uma para o sistema de plantio convencional e a outra para o sistema de plantio direto. Na metade da área em que se adotou o sistema de preparo convencional, o solo recebeu uma aração com arado de discos e duas gradagens com grade de arrasto. Na outra metade da área em que foi adotado o plantio direto, para dessecação das plantas daninhas, 15 dias antes do plantio os herbicidas glifosate (1.080 g ha^{-1}) e 2,4-D (720 g ha^{-1}) foram aplicados em mistura no tanque do pulverizador. Para a aplicação, utilizou-se um pulverizador acoplado ao trator, equipado com barras de 5,0 m, contendo cada uma, 10 pontas de pulverização (bicos) TEEJET 110.03 (Spraying Systems Co.). A pressão de trabalho do pulverizador foi de 300 kPa, sendo o volume de calda aplicado de 200 L ha^{-1} .

Quadro 4. Resultado das análises granulométrica e química das amostras de solo coletadas na área de instalação do pivô central da Estação Experimental de Coimbra, retiradas à profundidade de 0-15 cm^{1/}

Características	Plantio Direto	Plantio Convencional	Interpretação ^{5/}
-----Análise Granulométrica-----			
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	-
-----Análise Química-----			
pH em água (1 : 2,5)	5,50	5,60	Médio
Al ³⁺ (cmol _c kg ⁻¹) ^{3/}	0,06	-	Muito baixo
H + Al (cmol _c kg ⁻¹) ^{3/}	3,56	3,41	Médio
Ca ²⁺ (cmol _c kg ⁻¹) ^{3/}	2,34	2,25	Médio
Mg ²⁺ (cmol _c kg ⁻¹) ^{3/}	0,73	0,70	Médio
Matéria Orgânica (dag kg ⁻¹) ^{4/}	2,83	2,57	Médio
K (mg kg ⁻¹) ^{2/}	40,00	28,00	Baixo
P (mg kg ⁻¹) ^{2/}	30,23	16,62	Médio
SB (cmol _c kg ⁻¹) ^{3/}	3,20	3,03	Médio
CTC-Efetiva (cmol _c kg ⁻¹) ^{3/}	3,26	3,03	Médio
CTC-Total (cmol _c kg ⁻¹) ^{3/}	6,76	6,44	Médio
V (%)	47,30	47,10	Médio
m (%)	1,80	-	Muito baixo

^{1/} Análises realizadas no Laboratório de Física e Química do Solo 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.

^{5/} RIBEIRO et al. (1999).

3.3. O cultivar

Utilizou-se o feijão do tipo carioca cultivar Pérola, proveniente de seleção do cultivar Aporé, obtida pelo Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (EMBRAPA-CNPAF), em 1996.

O cultivar Pérola apresenta hábito de crescimento indeterminado (tipo III), porte semi-ereto, flor de cor branca, floração média em torno de 46 dias, ciclo de aproximadamente 90 dias, cor da vagem na maturação verde levemente rosada, cor da vagem na colheita amarelo-areia. Os grãos são de cor bege clara, com rajadas marrom-claras, opacos, e o peso de 100 unidades é de aproximadamente 27 g.

3.4. Características dos herbicidas

3.4.1. Metolachlor

Formulação comercial utilizada: Dual (CE 960 g kg⁻¹).

Nome químico: 2-cloro-N-(2-etil-6-metifenil)-N-(2-metoxi-1-metiletil)-acetamida.

Grupo químico: acetanilidas.

Características principais: utilizou-se a formulação concentrado emulsionável contendo 960 g L⁻¹ do ingrediente ativo (metolachlor). A solubilidade em água é de 488 mg L⁻¹ a 20°C; a massa específica, de 1,117 g cm⁻³ a 20°C; a pressão de vapor, de 1,7 10⁻³ kPa a 20°C; o pKa, zero; o K_{ow}, de 794 a 25°C; e K_{oc} médio, de 200 mL g⁻¹ de solo. Como é moderadamente sorvido pelos colóides do solo, sua lixiviação é fraca, exceto em solos arenosos. Em virtude de certa sensibilidade do metolachlor à fotodegradação e à volatilização, sua eficácia ficará comprometida se aplicado em solo seco e não ocorrer uma chuva de intensidade superior a 10 mm no espaço de cinco dias (RODRIGUES e ALMEIDA, 1998).

No Brasil, o metolachlor é registrado para a cana-de-açúcar, o feijão, o milho e a soja, sendo usado também em outros países para as culturas de

amendoim, batata, girassol, sorgo e plantas ornamentais. Controla, essencialmente, gramíneas anuais e algumas perenes de reprodução seminal, as commelíneas, sendo comumente aplicado em mistura com latifolicidas, como atrazine, cyanazine, metribuzin, etc. Pelo fato de sua absorção foliar ser quase nula, é utilizado apenas em pré-emergência das plantas daninhas. Como sua absorção é quase total pelo coleótilo das gramíneas e pelo epicótilo das dicotiledôneas, é essencial que sua aplicação seja feita antes da emergência das plantas. No caso do feijão, não deve ser utilizado em solos arenosos, por provocar toxidez à cultura. Em milho, é largamente utilizado em misturas com o atrazine (SILVA et al., 2001).

3.4.2. Fomesafen

Formulação comercial utilizada: Flex (SA 250 g L⁻¹).

Nome químico: 5-{2-cloro-4-(trifluorometil) fenóxi}-N-metilsulfonil-2-nitrobenzamida.

Grupo químico: defenil-éteres.

Características principais: utilizou-se a formulação solúvel aquosa concentrada contendo 250 g L⁻¹ do ingrediente ativo (fomesafen). A solubilidade em água é de 600 g L⁻¹ a 25°C (sal de Na); a massa específica, de 1,28 g cm⁻³, a 20°C; a pressão de vapor, de 1,33 10⁻⁸ kPa a 50°C; o pKa, de 2,7 a 20°C; K_{ow}, de 794 a pH 1; e o K_{oc} médio, de 60 mL g⁻¹ de solo. A sorção pelos colóides de argila e pela matéria orgânica é moderada, razão pela qual sua lixiviação é fraca. Tem persistência média no solo, na dose recomendada, com meia vida de dois a seis meses (RODRIGUES e ALMEIDA, 1998). Deve-se observar um intervalo mínimo de 150 dias entre a aplicação de fomesafen e a semeadura de milho e, ou, sorgo. No Brasil, é registrado para aplicação convencional no controle de plantas daninhas dicotiledôneas anuais em pós-emergência precoce, nas culturas de soja e de feijão. Controla grande número de espécies de folhas largas anuais, dentre essas o carrapicho-rasteiro ou carrapichinho (*Acanthospermum australe*), caruru (*Amaranthus hybridus*), leiteiro (*Euphorbia heterophylla*), picão-preto (*Bidens*

pilosa), corda-de-viola (*Ipomoea grandifolia*). É recomendado para uso em pós-emergência das invasoras no estágio de 2 a 4 folhas. Deve ser aplicado com as plantas daninhas em bom estado de vigor vegetativo, evitando-se períodos de estiagem, horas de muito calor e umidade relativa do ar inferior a 60%. Requer uma hora sem ocorrência de chuvas após a aplicação, para assegurar sua absorção pelas plantas daninhas. É comum ser utilizado em misturas com fluazifop-p-butyl nas culturas de soja e feijão, para controle, em pós-emergência, de plantas daninhas dicotiledôneas e gramíneas (SILVA et al., 2001).

3.5. Semeadura e adubação

O feijão foi semeado, na área experimental, em 28 de julho de 1999, utilizando-se uma semeadora-adubadora apropriada para plantio direto, que distribuiu, em média, 15 sementes por metro de sulco.

A adubação de plantio foi realizada concomitantemente com a semeadura, aplicando-se 600 kg ha⁻¹ do formulado 4-14-8 (N-P₂O₅-K₂O). A adubação de cobertura com 100 kg de uréia (45% de N) foi realizada aos 34 dias após o plantio, com 45 kg ha⁻¹ de N, por meio de fertirrigação com uma lâmina média de água de 10 mm.

3.6. Controle de pragas e doenças

Para o controle de pragas, foi feita aplicação do inseticida deltametrina, em 18/9/1999, na dose de 150 mL ha⁻¹, via água de irrigação (insetigação), com uma lâmina média de água de 6 mm.

Para o controle de doenças, aplicou-se o fungicida epoxiconazole (Produto comercial Opus®) na dose de 100 mL ha⁻¹, em 20/9, 4/10 e 18/10/1999, via água de irrigação (fungigação), utilizando-se uma lâmina média de água de 5 mm.

3.7. Sistemas de irrigação e de injeção de fertilizantes e defensivos químicos

3.7.1. A estação de bombeamento

A estação de bombeamento constou de uma bomba radial com rotação de 3500 rpm, diâmetro de rotor de 170 mm, vazão de $3,54 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, pressão de serviço de 450 kPa, acionada por um motor elétrico trifásico de 7,5 cv à tensão de 220 volts e rendimento de 85,2%.

3.7.2. O pivô central

Para a irrigação do feijão, bem como para as práticas de quimigação (herbigação, insetigação, fungigação e fertirrigação), utilizou-se um pivô central de baixa pressão com válvulas reguladoras de pressão de 275,79 kPa, instaladas na base de cada aspersor. Algumas características do equipamento, são apresentadas no Quadro 5.

Quadro 5. Algumas características do pivô central

Item	Características
Tipo de emissor	Aspersor rotativo
Número de torres	01
Número de aspersores	14
Espaçamento médio entre aspersores, em m	5,6
Comprimento lateral, em m	82,6
Comprimento do balanço, em m	24
Comprimento até torre, em m	57,9
Alcance total, em m	95,5
Altura livre do vão, em m	2,7
Área irrigada, em ha	2,9
Lâmina de água aplicada a 100%, em mm/volta	2,1
Velocidade escalar da torre a 100%, em m/h	125,45
Tempo gasto por volta a 100%, em h	2,9

3.7.3. A bomba injetora

A injeção dos produtos químicos na água de irrigação foi feita, utilizando-se uma bomba hidráulica do tipo diafragma, cujas características constam no Quadro 6.

Os dados disponíveis em tabela no catálogo da bomba injetora, referentes à capacidade de injeção de produtos químicos na linha de irrigação, relacionando a taxa de injeção com a duração do intervalo entre pulso de injeção, foram ajustados, obtendo-se a equação 3.

$$T I = 897,8783 P^{-1,0019} \quad (3)$$

em que

$T I$ = taxa de injeção, em $L h^{-1}$; e

P = intervalo entre os pulsos de injeção, em s.

Para melhor compreensão da instalação da bomba injetora junto à base do pivô central, são vistas panorâmicas do sistema apresentadas na Figura 1 (a e b).

Quadro 6. Características da bomba injetora utilizada no experimento

Item	Unidade	Valores
Características		
Diâmetro	cm	27
Altura	cm	62
Peso	kg	12
Capacidade de injeção	$L h^{-1}$	10 - 250
Pressão de trabalho	kPa	180 - 800
Consumo de água por ciclo	cm^3	500
Volume injetado por ciclo	cm^3	250
Conexões	mm	12,7 e 19,0

Fonte: BOMBAS HIDRÁULICAS (1988)



(a)



(b)

Figura 1. Bomba injetora (a) e conjunto bomba injetora/reservatório de mistura (b) no centro do pivô central.

3.7.4. Manejo da irrigação

O manejo das irrigações suplementares, durante todo o período de condução do experimento, foi monitorado pelo Sistema de Suporte à Decisão Agrícola (SISDA), programa computacional desenvolvido pelo Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.

3.8. Metodologias utilizadas na avaliação dos testes de uniformidade

3.8.1. Uniformidade de aplicação de água e de água-produto químico e condições ambientais

Para o cálculo do coeficiente de uniformidade de Christiansen, coletaram-se volumes de água e água-produto químico durante a realização de nove testes de campo, executados durante o estudo. Os testes foram assim designados:

* 1^o Teste: executado em 24/7/99 para verificar, preliminarmente, as condições de funcionamento do pivô;

* 2^o e 3^o Testes: executados em 29 e 30/7/99 para realização da herbicidação com metolachlor;

* 4^o e 5^o Testes: executados em 2 e 3/9/99 para realização da herbicidação com fomesafen;

* 6^o Teste: executado em 18/9/99 para realização de inseticidação com deltrametrina; e

* 7^o, 8^o e 9^o Testes: executados para realização da fungicidação com epoxiconazole, nos dias 20/9, 4/10 e 18/10/99.

Em todos os testes, seguiu-se a metodologia da THE SOCIETY FOR ENGINEERING IN AGRICULTURAL, FOOD, AND BIOLOGICAL SYSTEMS - ASAE em seu STANDARDS S436 (1995) para caracterização de desempenho, que consiste em coletar a água aplicada em coletores, distribuídos

de maneira equidistantes a partir do centro do pivô, e numerados em ordem crescente.

Durante a realização dos testes de uniformidade de distribuição de água e água-produto químico, foram monitoradas as condições climáticas. Para isso, utilizou-se uma estação meteorológica automatizada, instalada ao lado da área experimental, conforme Figura 2. Nela foram medidas a temperatura ambiente, umidade relativa do ar, insolação, precipitação e a velocidade do vento. A água evaporada dos coletores durante o período de cada avaliação foi estimada por meio de três coletores com diferentes volumes de água conhecidos, mantidos próximos à área experimental. Pela diferença das médias aritméticas dos volumes de água coletados no início e no final do teste, estimou-se a evaporação. A água evaporada foi adicionada aos volumes medidos de todos os pluviômetros.

Para averiguação da pressão de operação do sistema, utilizou-se um manômetro tipo metálico, instalado na base do conjunto motobomba, tendo em vista que todos os aspersores da lateral do pivô dispunham de dispositivos reguladores de pressão.

Os diâmetros molhados ao longo da linha lateral foram obtidos em teste de campo na manhã de 25/7/99, pela coleta de água em pluviômetros dispostos em linhas transversais à lateral do pivô. Os pluviômetros foram distribuídos imediatamente abaixo dos aspersores localizados nas posições 2^a, 4^a, 8^a e 12^a. Com o pivô parado, aplicou-se água durante uma hora. As linhas de pluviômetros tinham 20 metros de comprimento. O espaçamento entre os pluviômetros foi 0,5 m. O raio médio de alcance da água de irrigação foi obtido, medindo-se a distância do aspersor considerado até o pluviômetro que captou uma lâmina de até 0,25 mm. Com esse teste, obtiveram-se diâmetros médios de 23; 23, 28 e 32 metros para as posições 2^a, 4^a, 8^a e 12^a, respectivamente.



Figura 2. Estação meteorológica automática instalada perto da área experimental.

3.8.2. Detalhamento dos testes de uniformidade de aplicação de água

O primeiro teste para calcular o coeficiente de uniformidade de Christiansen foi realizado, visando uma avaliação preliminar do pivô central, para então, avaliar as reais condições de funcionamento do equipamento. Esse teste foi realizado com o equipamento movendo-se à velocidade de $125,45 \text{ m h}^{-1}$, com o relé percentual em 100 %, obtendo-se uma lâmina de água média de 2,18 mm. O teste durou três horas, aproximadamente, com início às 5 horas e término em torno de 8 horas, em 24 de julho de 1999.

Os 2º e 3º testes foram realizados para efetuar a herbicidação com o metolachlor, com velocidades percentuais de 14%, 20% e 40%, correspondentes a lâminas de 15, 10 e 5 mm, respectivamente. A duração de cada teste foi de 7 horas e 10 minutos, com o início por volta de 9 e 8 horas e o término às 16:10 e 15:10, respectivamente, para o 2º e 3º testes, que foram realizados em 29 e 30 de julho de 1999.

Os 4º e 5º testes foram realizados durante a herbicidação com o fomesafen, com velocidades percentuais de 68%, 34% e 23 % e lâminas de 3, 6 e 9 mm. A duração dos testes foi de 4 horas e 20 minutos, com início por volta de 10 e 9

horas e encerramento às 14:20 e 13:20, respectivamente para o 4º e 5º testes, executados em 2 e 3 de setembro de 1999.

O 6º teste foi executado durante a insetigação com o deltrametrina, nas velocidades percentuais de 51%, 34% e 26 %, correspondentes às lâminas de 4, 6 e 8 mm. O teste foi realizado em 18/09/1999 e teve duração de 8 horas e 35 minutos, com início por volta de 9 horas e término por volta das 18:00. Os 7º, 8º e 9º testes, realizados em 20/9, 4/10 e 18/10, respectivamente, foram efetuados durante a fungigação com o epoxiconazole. As velocidades percentuais foram de 68%, 41% e 29%, respectivamente, para aplicar as lâminas de 3, 5 e 7 mm. Todos tiveram duração de sete horas e dez minutos, iniciando por volta das 8:00 e terminando por volta das 16:30, tendo em vista que também foi necessário um tempo adicional de aproximadamente 20 minutos para preparar uma nova caixa de solução.

Todos os testes foram realizados conforme as normas da ASAE (1995). Foram locados quatro raios de coletores, isto é, 1, 2, 3 e 4, em dois diâmetros diagonais. Em cada linha radial, foram instalados 38 coletores. Utilizaram-se, portanto, 152 coletores nas quatro linhas, conforme mostra o croqui apresentado na Figura 3 e nas fotos da Figura 4.

Os coletores tinham volume médio de 350 cm^3 e área de captação média de $51,53 \text{ cm}^2$. Foram instalados sobre suportes metálicos, a uma altura média de 60 cm do solo. Em cada linha radial, eles foram numerados em ordem crescente, a partir do centro do pivô.

A distância entre os coletores foi estabelecida de forma a permitir o cálculo dos valores do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) nas quatro linhas radiais de coletores. Os coletores foram dispostos radialmente e espaçados entre si de 2,5 m. O CUC foi calculado, utilizando-se a metodologia proposta por HEERMANN e HEIN (1968).

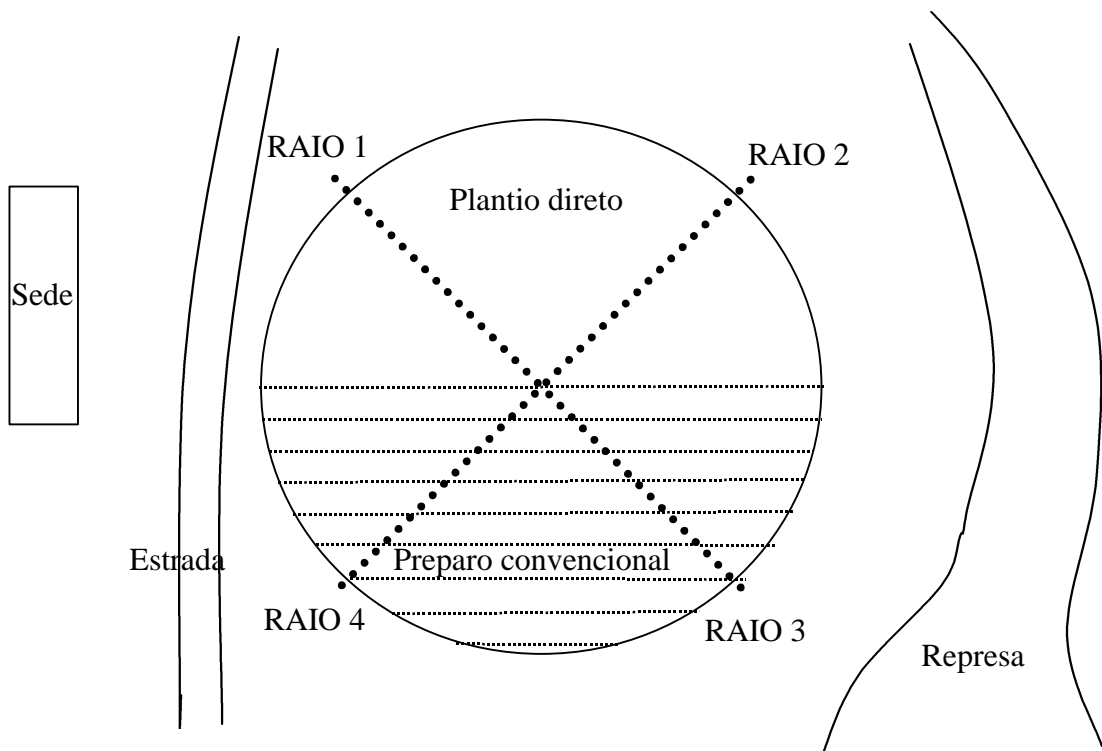


Figura 3. Esquema da área experimental, mostrando a disposição dos coletores nos quatro raios.



(a)



(b)

Figura 4. Distribuição dos pluviômetros ao longo de um raio (a) e durante um teste para coleta de água-herbicida (b).

3.9. Metodologias utilizadas na avaliação dos experimentos

3.9.1. Levantamento da infestação da área por plantas daninhas

Anteriormente à implantação do experimento de campo, realizou-se levantamento das plantas daninhas na área do experimento, objetivando caracterizar a área experimental em relação à composição e distribuição da densidade de plantas daninhas por espécie.

3.9.2. Tratamentos e disposição dos experimentos no campo

O estudo constou de três experimentos realizados, simultaneamente, na mesma área. No primeiro experimento para controle das plantas daninhas, utilizou-se o herbicida metolachlor aplicado via água de irrigação ou com pulverizador costal (convencional), em pós-plantio, antes da emergência da cultura e das plantas daninhas, em 29 e 30 de julho, isto é, um dia após o plantio (DAP) na área cultivada em plantio direto, e dois dias após, na área cultivada em plantio convencional. As Figuras 5 e 6 mostram detalhes do momento de aplicação do metolachlor, em pré-emergência, com a técnica de herbicção.

No segundo experimento, para controle das plantas daninhas, utilizou-se o fomesafen por herbicção ou pelo método convencional, em pós-emergência da cultura e das plantas daninhas. As aplicações foram realizadas em 2 e 3 de setembro, isto é, aos 36 e 37 DAP, respectivamente, nas áreas cultivadas com plantio convencional e direto. Nessa ocasião, o feijoeiro apresentava-se com duas a três folhas trifolioladas, e as plantas daninhas dicotiledôneas apresentavam-se com 2 a 3 pares de folhas, e as gramíneas com um 1 a 2 perfilhos. As Figuras 7 e 8 apresentam o estágio da cultura, por ocasião da aplicação do herbicida fomesafen via água de irrigação.



Figura 5. Detalhes do pivô central e das parcelas cobertas durante a herbificação com o metolachlor.



Figura 6. Detalhes das parcelas que não receberam aplicação do metolachlor por herbificação.



Figura 7. Detalhes do pivô central e das parcelas cobertas no momento da herbificação com o fomesafen.



Figura 8. Detalhes das parcelas que não receberam aplicação do fomesafen via água de irrigação.

No terceiro experimento, para o controle das plantas daninhas, utilizou-se o metolachlor, em pós-plantio e antes da emergência da cultura e das plantas daninhas, nas mesmas datas do primeiro ensaio, seguido do herbicida fomesafen, em pós-emergência da cultura e das plantas daninhas, também nas mesmas datas do segundo ensaio.

A aplicação convencional dos herbicidas nos três experimentos foi realizada imediatamente antes das herbidações, com o uso de pulverizador costal pressurizado com CO₂, equipado com barra de 2,5 m contendo cinco pontas de pulverização (bicos) TEEJET 110.03 (Spraying Systems Co.). A pressão de trabalho do pulverizador foi de 300 kPa, enquanto o volume de calda aplicado foi de 200 L ha⁻¹. A fim de garantir melhor precisão na aplicação, as parcelas foram protegidas lateralmente com uma barreira de lona plástica de 1,0 m de altura por 2,0 m de comprimento, visando evitar possível deriva dos herbicidas.

Vale salientar que a área experimental foi irrigada com uma lâmina de água de 10 mm, quatro dias depois da aplicação dos herbicidas.

Cada experimento constituiu de 12 tratamentos. No primeiro experimento, em que o herbicida metolachlor foi aplicado isoladamente, considerou-se como tratamentos: as três lâminas de água (5, 10 e 15 mm), os dois sistemas de preparo do solo (plantio direto e preparo convencional) (Figura 9), as duas aplicações convencionais com pulverizador costal (uma no plantio direto e outra no preparo convencional) e as quatro testemunhas (duas no plantio direto e duas no preparo convencional). Com relação às testemunhas, uma delas foi capinada com enxada e a outra mantida infestada com plantas daninhas e sem aplicação de herbicidas durante todo o período de condução do experimento. Vale salientar que os tratamentos testemunhas capinadas e testemunhas sem capina, bem como as pulverizações convencionais, tanto na área cultivada em plantio direto quanto na cultivada em plantio convencional, por independender das lâminas de irrigação, tiveram apenas uma parcela locada em cada um dos setores das três diferentes lâminas, prevalecendo dessa maneira as três repetições. É importante também relatar que as testemunhas (capinada e sem capina) foram comuns aos três experimentos.

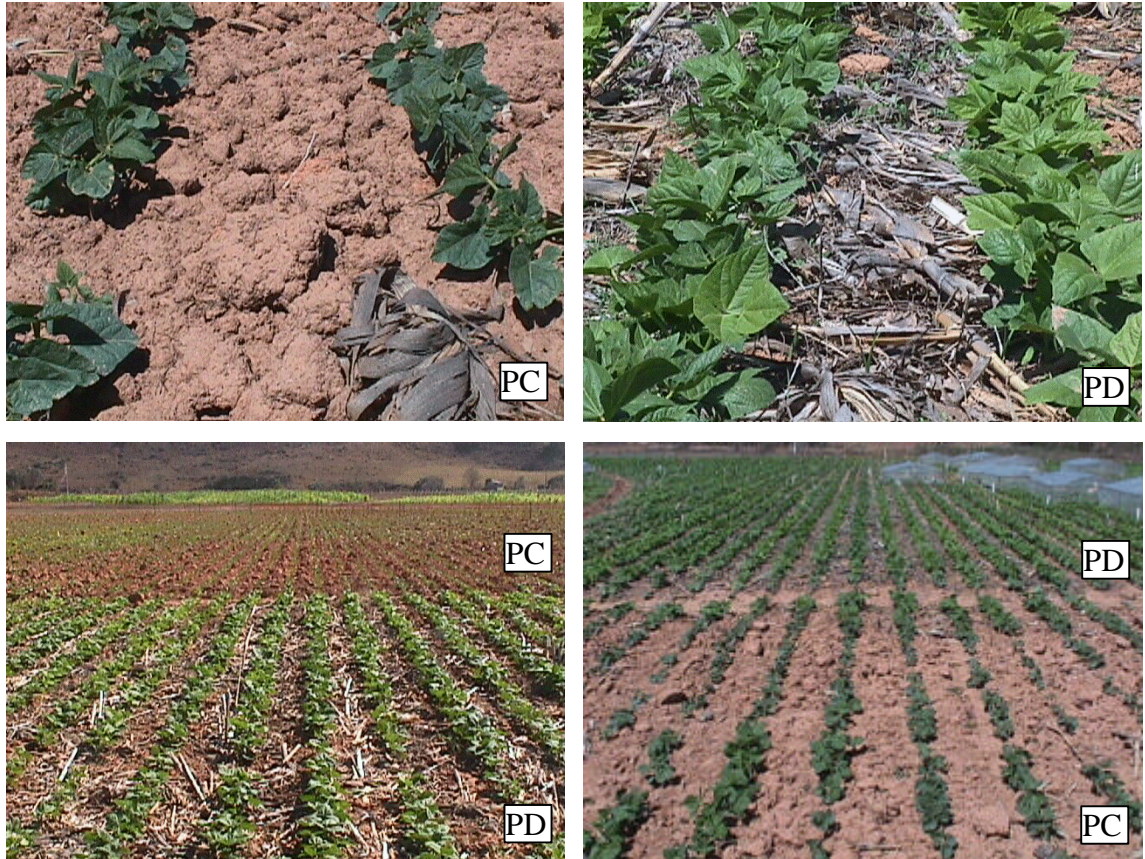


Figura 9. Detalhes da área cultivada com os dois sistemas de preparo do solo, preparo convencional (PC) e plantio direto (PD).

No segundo experimento, em que o fomesafen foi aplicado isoladamente, foram considerados os mesmos tratamentos do primeiro ensaio, diferenciando-se daquele apenas em relação às lâminas de água utilizadas isto é, 3, 6 e 9 mm.

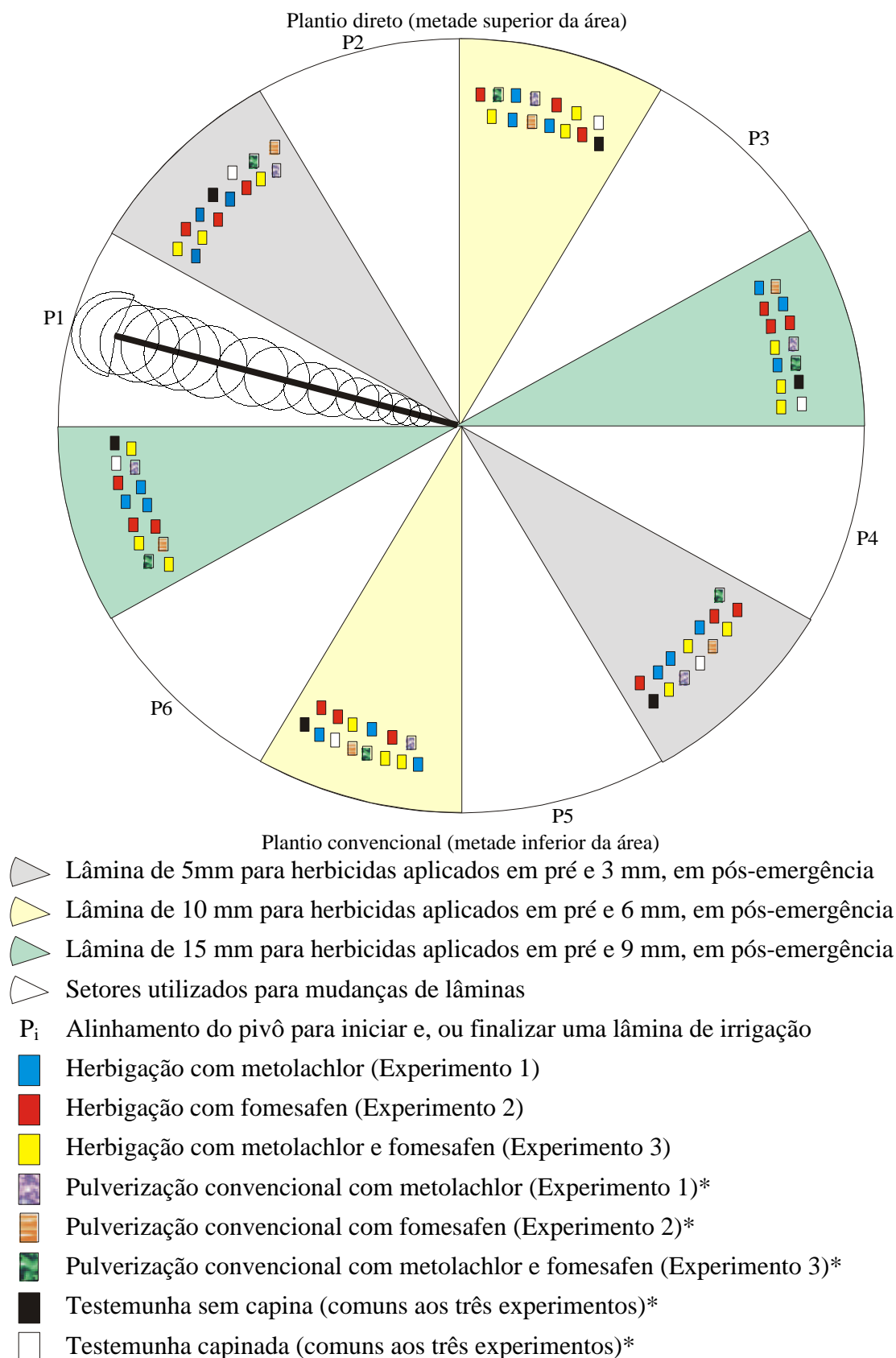
O terceiro experimento foi realizado, empregando-se aplicação sequencial do fomesafen ao metolachlor, com as mesmas lâminas já citadas nos experimentos 1 e 2, isto é, 5, 10 e 15 mm e 3, 6 e 9 mm, respectivamente, para os herbicidas metolachlor e fomesafen. Deve-se salientar que as pulverizações convencionais foram realizadas nas mesmas datas das herbigações, e que as capinas manuais foram realizadas duas vezes, isto é, em 11 e 25 de agosto. Os tratamentos testemunhas que não receberam herbicidas via água de irrigação, e os que receberam aplicação de herbicidas por meio de método convencional, foram cobertos na ocasião dos testes com estrutura metálica revestida de lona plástica,

conforme a Figura 10. Cada parcela experimental tinha as dimensões de 3,0 x 1,8 m, sendo constituída por quatro fileiras de feijão espaçadas de 0,45 m. A área útil de cada parcela foi de 1,8 m², formada pelas duas fileiras centrais, com largura de 0,9 m e comprimento de 2,0 m. Portanto, as duas fileiras laterais e 0,5 m nas cabeceiras das duas linhas, em cada parcela, foram consideradas como bordaduras.



Figura 10. Estrutura utilizada para cobrir as parcelas que não receberam herbicção durante a realizaço dos testes.

A Figura 11 e os Quadros 7, 8 e 9 apresentam todos os tratamentos empregados em cada experimento. A Figura 11 mostra detalhes da distribuo dos experimentos e das parcelas na rea experimental. Para aplicao das diferentes lâminas empregadas nos experimentos, a rea experimental foi dividida em doze setores, em formato de cunha, cada uma com um ngulo de 30, o que correspondia a um arco com comprimento de 30,32 m no rastro da torre do piv. As parcelas foram locadas em duas fileiras, numa faixa dos 70 aos 80 m em relao ao ponto piv. As diferentes lâminas foram dispostas alternadamente em seis dos doze setores, de forma que entre dois setores teis (ponto P_i) podia-se posicionar o piv central para o iniciar e, ou finalizar a aplicao de uma determinada lâmina de gua (Figura 11).



* Os tratamentos testemunhas e os tratamentos com aplicações convencionais tiveram cada uma de suas três parcelas (repetições) localizadas 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 11. Distribuição na área experimental das diferentes lâminas de água e das parcelas distintas e, ou comuns aos três experimentos.

Quadro 7. Tratamentos avaliados com o metolachlor (Experimento 1) e suas respectivas lâminas de água-herbicida. Coimbra - MG, 1999

Tratamentos	Método de Controle	Sistema de Cultivo	Lâminas ou Volume de Calda*
1	Herbificação	Convencional	5 mm
2	Herbificação	Convencional	10 mm
3	Herbificação	Convencional	15 mm
4	Herbificação	Direto	5 mm
5	Herbificação	Direto	10 mm
6	Herbificação	Direto	15 mm
7	Pulverização	Convencional	200 L ha ⁻¹
8	Pulverização	Direto	200 L ha ⁻¹
9	Test. capinada	Convencional	-
10	Test. capinada	Direto	-
11	Test. sem capina	Convencional	-
12	Test. sem capina	Direto	-

*Dose de 2,5 L ha⁻¹ de Dual (CE 960 g kg⁻¹) ou seja, dose de 2.400 g ha⁻¹ do ingrediente ativo metolachlor

Quadro 8. Tratamentos avaliados com o fomesafen (Experimento 2) e suas respectivas lâminas de água-herbicida. Coimbra - MG, 1999

Tratamentos	Método de Controle	Sistema de Cultivo	Lâminas ou Volume de Calda*
1	Herbificação	Convencional	3 mm
2	Herbificação	Convencional	6 mm
3	Herbificação	Convencional	9 mm
4	Herbificação	Direto	3 mm
5	Herbificação	Direto	6 mm
6	Herbificação	Direto	9 mm
7	Pulverização	Convencional	200 L ha ⁻¹
8	Pulverização	Direto	200 L ha ⁻¹
9	Test. capinada	Convencional	-
10	Test. capinada	Direto	-
11	Test. sem capina	Convencional	-
12	Test. sem capina	Direto	-

* Dose de 1,0 L ha⁻¹ de Flex (SA 250 g L⁻¹) ou seja, dose de 250 g ha⁻¹ do ingrediente ativo fomesafen

Quadro 9. Tratamentos avaliados no Experimento 3 (metolachlor em pré e fomesafen em pós-emergência) e suas respectivas lâminas de água-herbicida. Coimbra - MG, 1999

Tratamentos	Método de Controle	Sistema de Cultivo	Lâminas ou Volume de Calda*
1	Herbificação	Convencional	5 e 3 mm
2	Herbificação	Convencional	10 e 6 mm
3	Herbificação	Convencional	15 e 9 mm
4	Herbificação	Direto	5 e 3 mm
5	Herbificação	Direto	10 e 6 mm
6	Herbificação	Direto	15 e 9 mm
7	Pulverização	Convencional	200 L ha ⁻¹
8	Pulverização	Direto	200 L ha ⁻¹
9	Test. capinada	Convencional	-
10	Test. capinada	Direto	-
11	Test. sem capina	Convencional	-
12	Test. sem capina	Direto	-

*Dose de 2,5 L ha⁻¹ de Dual (CE 960 g kg⁻¹) ou seja, dose de 2.400 g ha⁻¹ do ingrediente ativo metolachlor e dose de 1,0 L ha⁻¹ de Flex (SA 250 g L⁻¹) ou seja, dose de 250 g ha⁻¹ do ingrediente ativo fomesafen.

3.9.3. Avaliação da eficácia dos herbicidas aplicados

A avaliação da eficácia dos herbicidas, além de basear-se nos resultados de produção da cultura do feijão, foi estimada por amostragem de plantas daninhas. Os seguintes procedimentos foram utilizados para avaliar a eficiência dos herbicidas:

a) Colheram-se os grãos na área útil de cada parcela experimental, e determinou-se seu peso a 13% de umidade. O valor obtido foi transformado para kg ha^{-1} .

b) Na ocasião da colheita (25 de novembro de 1999), as plantas daninhas de cada parcela experimental foram coletadas em duas áreas de $0,09 \text{ m}^2$, delimitadas por um gabarito de ferro com dimensões de 0,3 por 0,3 m, jogado aleatoriamente em duas posições na parcela. As plantas daninhas foram cortadas rente ao solo, identificadas e contadas. Em seguida, foram colocadas em sacos de papel e levadas para estufa com circulação forçada de ar, a 72°C , até atingirem peso constante. Finalmente, foi estimada a biomassa seca, por espécie de planta daninha em cada parcela.

As avaliações dos tratamentos foram feitas, utilizando-se as percentagens de plantas daninhas sobreviventes nas parcelas tratadas na data da colheita, isto é, aos 118 e 119 dias após a aplicação do herbicida (DAAH) metolachlor (experimento 1), aos 83 e 84 dias após a aplicação do herbicida fomesafen (experimento 2) e após a aplicação dos herbicidas metolachlor e fomesafen (experimento 3). Calculou-se a variação porcentual das biomassas secas das plantas daninhas dos tratamentos, em relação à testemunha sem capina. As avaliações basearam-se nos procedimentos adotados pela Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas (SBCPD, 1995) (Quadro 10).

Quadro 10. Descrição dos conceitos aplicados nas avaliações de controle das plantas daninhas

Conceito	Controle (%)	Descrição
A	90 – 100	Controle excelente ou total da espécie
B	80 – 90	Controle bom, aceitável para a infestação da área
C	70 – 80	Controle moderado, insuficiente para a infestação da área
D	50 – 70	Controle deficiente ou inexpressivo
E	0 – 50	Ausência de controle

Fonte: Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas (SBCPD,1995).

Foram calculadas as médias e os desvios padrão das médias dos rendimentos do feijão. No caso das herbigações, as médias foram calculadas com base nos resultados das três repetições dentro da lâmina, para cada sistema de plantio. No caso dos outros tratamentos (aplicação convencional e testemunhas), utilizaram-se, para os cálculos, os rendimentos alcançados nas três parcelas distribuídas em cada sistema de plantio (uma parcela em cada lâmina de água).

3.9.4. Tolerância das plantas daninhas aos herbicidas

As plantas daninhas são divididas em dois grupos. As monocotiledôneas, conhecidas como plantas de “folhas estreitas” (gramíneas e ciperáceas), e as dicotiledôneas, conhecidas como plantas de “folhas largas”. As espécies de plantas daninhas que ocorreram na área experimental, separadas por esse critério e suas respectivas tolerâncias aos herbicidas metolachlor e fomesafen, são apresentadas no Quadro 11.

Quadro 11. Susceptibilidade de algumas plantas daninhas aos herbicidas metolachlor e fomesafen^{1/}

Nome comum	Nome científico	metolachlor	fomesafen	
		pré	Pós (I)	Pós (T)
Capim-colchão	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	A	P	T
Capim-marmelada	<i>Brachiaria plantaginea</i> (Link) Hitch.	S	T	T
Capim-pé-de-galinha	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	A	T	T
Gramma-seda	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	A	P	T
Milho	<i>Zea mays</i> (L.)	-	-	-
Tiririca	<i>Cyperus rotundus</i> (L.)	S	P	P
Botão-de-ouro	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	S	A	T
Corda-de-viola	<i>Ipomoea</i> spp.	P	S	M
Falsa-serralha	<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC.	S	A	S
Leiteira	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	P	S	M
Losna	<i>Artemísia verlotorum</i> Lamotte	P	SI	M
Mastruz	<i>Coronopus didymus</i> (L.) Sm.	S	A	S
Mastruz	<i>Lepidium virginicum</i> L.	M	S	M
Mentrasto	<i>Ageratum conyzoides</i> L.	M	A	M
Picão-preto	<i>Bidens pilosa</i> L.	P	S	M
Quebra-pedra	<i>Phyllanthus tenellus</i> Roxb	A	S	S
Serralha	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	P	S	M
Trevo-grande	<i>Oxalis latifolia</i> Kunth	SI	M	P
Trevo-azedo	<i>Oxalis corniculata</i> L.	P	SI	SI

^{1/} A: altamente susceptível (acima de 95% de controle); S: susceptível (de 85% a 95% de controle); M: medianamente susceptível (de 50% a 85% de controle); P: pouco susceptível (menos de 50% de controle); T: tolerante (0% de controle); SI: sem informação; (I) pós-emergência inicial: até o perfilho para gramíneas e de 2 a 4 folhas para folhas largas; (T) pós-emergência tardia: 1 a 4 perfilhos para gramíneas e 4 a 8 folhas para folhas largas.

Fonte: LORENZI, 2000.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Testes de avaliação das uniformidades

O Quadro 12 apresenta os valores de umidade relativa, da velocidade do vento, dos coeficientes de uniformidade de Christiansen e dos coeficientes de variação de lâminas. O Quadro 13 apresenta os valores das lâminas médias coletadas e dos desvios padrão de lâminas coletadas para os raios 1 e 2 e para a médias dos dois raios, da velocidade do vento, da umidade relativa do ar e da duração dos testes observados, durante a realização dos nove testes executados durante a condução do experimento. Os dados completos, incluindo temperatura do ar e insolação, são apresentados no Apêndice.

Os coeficientes de uniformidade de Christiansen ficaram todos acima do valor mínimo recomendado para irrigação pelo método tipo pivô central, que é de 80%, indicando que o sistema estava funcionando com boa uniformidade de distribuição de água, conforme MANTOVANI e RAMOS (1994). Esses valores de uniformidade também ficaram dentro da faixa ideal (80% a 90%) de aplicação de defensivos químicos via pivô central, preconizado por THREADGRILL (1985).

Quadro 12. Coeficiente de uniformidade de Christiansen, coeficiente de variação de lâmina coletada, calculados para cada raio e para a média dos raios, em função da velocidade do vento, da umidade relativa do ar e do tempo de duração dos nove testes realizados durante a condução do experimento

Número	Data	Teste			Umidade	Velocidade	Coeficiente de Uniformidade			Coeficiente de Variação de		
		Função	Período	Duração	Relativa (%)	do Vento (m.s ⁻¹)	Raio 1	Raio 2	Médio	Raio 1	Raio 2	Médio
1	24/07/99	Averiguação	05:00 - 08:00	03:00	89,57	0,15	87,33	85,99	90,34	15,08	21,90	13,00
2	29/07/99	Herbigação	09:00 - 16:10	07:10	67,71	1,54	92,17	89,87	91,53	9,52	12,88	10,39
3	30/07/99	Herbigação	08:00 - 15:10	07:10	67,26	0,89	92,76	90,04	91,87	13,39	16,79	14,26
4	02/09/99	Herbigação	10:00 - 14:20	04:20	49,57	2,65	89,36	80,89	87,11	15,66	25,22	18,14
5	03/09/99	Herbigação	09:00 - 13:20	04:20	49,51	2,17	92,74	88,17	90,12	10,01	15,07	12,83
6	18/09/99	Insetigação	09:00 - 13:17	04:20	68,97	1,62	87,34	80,72	84,58	16,25	25,14	19,35
7	20/09/99	Fungigação	08:00 - 11:57	03:35	66,11	1,50	86,56	86,01	86,48	17,06	17,44	16,92
8	04/10/99	Fungigação	08:00 - 11:57	03:35	82,12	2,20	85,02	84,44	85,61	19,02	19,41	16,93
9	18/10/99	Fungigação	08:00 - 11:57	03:35	70,67	1,23	87,54	86,90	87,73	11,53	12,99	11,40

Quadro 13. Lâminas médias coletadas e respectivos desvios padrão obtidos para cada raio e para a média dos raios, em função da velocidade do vento, da umidade relativa do ar e do tempo de duração dos nove testes realizados durante a condução do experimento

Número	Data	Teste			Umidade	Velocidade	Lâmina Média Coletada			Desvio Padrão de Lâminas		
		Função	Período	Duração	Relativa (%)	do Vento (m.s ⁻¹)	Raio 1	Raio 2	Média	Raio 1	Raio 2	Médio
1	24/07/99	Averiguação	05:00 - 08:00	03:00	89,57	0,15	2,37	1,99	2,18	0,36	0,44	0,29
2	29/07/99	Herbigação	09:00 - 16:10	07:10	67,71	1,54	7,25	11,13	9,19	0,69	1,43	0,95
3	30/07/99	Herbigação	08:00 - 15:10	07:10	67,26	0,89	6,92	9,13	8,03	0,93	1,53	1,14
4	02/09/99	Herbigação	10:00 - 14:20	04:20	49,57	2,65	4,30	5,58	4,94	0,67	1,41	0,90
5	03/09/99	Herbigação	09:00 - 13:20	04:20	49,51	2,17	3,87	7,80	5,84	0,39	1,17	0,75
6	18/09/99	Insetigação	09:00 - 13:17	04:20	68,97	1,62	3,96	6,06	5,01	0,64	1,52	0,97
7	20/09/99	Fungigação	08:00 - 11:57	03:35	66,11	1,50	5,41	8,03	6,72	0,92	1,40	1,14
8	04/10/99	Fungigação	08:00 - 11:57	03:35	82,12	2,20	6,04	6,81	6,43	1,15	1,32	1,09
9	18/10/99	Fungigação	08:00 - 11:57	03:35	70,67	1,23	6,62	6,94	6,78	0,76	0,90	0,77

Verifica-se, também, que as velocidades médias do vento ficaram todas abaixo da velocidade máxima recomendada por OGG Jr. et al. (1983) para a realização de quimigação com pivô central, que é de 20 km h^{-1} ($5,56 \text{ m s}^{-1}$). Já a umidade relativa, em sete dos nove testes, apresentou-se acima de 60%, valor mínimo recomendado para aplicação de herbicidas pelos métodos convencionais (RODRIGUES e ALMEIDA, 1988). Entretanto, nos teste 4 e 5, em que o herbicida fomesafen foi aplicado em pós-emergência, essa condição de umidade relativa mínima, não foi satisfeita devido à ocorrência de um período de estiagem, que pode ser verificado na Figura A4 do Apêndice. Nesses testes, as umidades relativas estavam, respectivamente em 49,6% e 49,5%, condição esta que não recomendada para a realização dos testes, mas, mesmo assim, os CUCs médios foram altos, isto é, 87,1% e 90,1%, respectivamente.

Para uma melhor visualização da uniformidade da lâmina aplicada ao longo da lateral e da intensidade do desvio, foram traçados gráficos das lâminas coletadas, em relação à distância do centro do pivô, conforme apresentado nas Figuras 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, e 20, respectivamente, para os testes de avaliação de uniformidade 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9.

Tomando-se os resultados dos CUCs dos testes 1, 2, 3 e 5, notam-se valores bem próximos entre si, ou seja, 90,4%, 91,5%; 91,9% e 90,1%. Nas Figuras 12, 13, 14 e 16, observa-se que as lâminas foram mais uniformemente distribuídas ao longo da linha lateral (Quadro 12), visto que os coeficientes de variação das lâminas de água coletadas (CVL médio) ficaram numa faixa de 10,4% a 14, 3%, embora tenham ocorrido picos na faixa dos 70 aos 80 metros a partir do ponto pivô. No teste 1, em que o pivô movimentou-se à velocidade constante de $125,45 \text{ m h}^{-1}$, com o percentímetro em 100%, para aplicar uma lâmina média de 2,18 mm, o CUC foi inferior aos CUCs dos testes 2 e 3. A principal razão disso foi a influência da variabilidade das lâminas coletadas no raio 2, tendo em vista que o coeficiente de variação das lâminas coletadas nesse raio foi de 21,9%. Isso ocorreu, possivelmente, pelo fato desse raio ter ficado posicionado na direção do vento, o que pode ter causado a deriva da água

aspergida do centro para a extremidade lateral da área irrigada, mesmo com baixa velocidade do vento. Uma análise do perfil de distribuição das lâminas do referido raio (Figura 12), permite detectar que houve a tendência de aplicar lâminas inferiores à média até a metade da linha lateral e um pouco superior à média na metade final da lateral. Verifica-se ainda, no Quadro 13, que a lâmina média nesse raio foi de 1,99 mm, inferior à lâmina média obtida pela média dos dois raios, que foi de 2,18 mm, valor que foi influenciado pelo raio 2, no qual se obteve uma lâmina média de 2,37 mm. Também, em geral, verifica-se que os menores coeficientes de uniformidade não foram obtidos na condição de maiores velocidades do vento. Segundo Jensen, citado por FURUKAWA (1991)¹, o efeito do vento em sistemas do tipo pivô central é reduzido pela constante variação em sua intensidade e direção e pelo contínuo movimento da linha lateral, que permite um número infinito de posições ao longo de sua trajetória.

Analisando os coeficientes de uniformidade dos nove testes, esperava-se que os de menor duração fornecessem os maiores valores, o que não aconteceu. Por outro lado, verificou-se o fato inverso, tendo em vista que os maiores coeficiente de uniformidade de Christiansen ocorreram justamente nos testes 2 e 3 que tiveram os maiores períodos de realização. Isso ocorreu provavelmente porque o maior tempo de exposição dos pluviômetros propiciou a coleta de lâminas mais homogêneas, o que deve ter sido influenciado pelas variações climáticas médias, principalmente pelas infinitas variações na intensidade e na direção da velocidade do vento.

Nos testes 4 e 5, em que o herbicida fomesafen foi aplicado em pós-emergência nas áreas de preparo convencional e plantio direto, os coeficientes de uniformidade de Christiansen médios foram 87,1% e 90,1%, respectivamente. Verificou-se que o coeficiente do teste 4 foi 3,0% inferior ao valor do coeficiente do teste 5, e que essa diferença foi causada pelas baixas lâminas coletadas no final da linha lateral do raio 2 do teste 4, devido, provavelmente, à influência do

¹ FURUKAWA, C. Avaliação da irrigação por pivô central na região de Rio Verde – GO. Viçosa: UFV, 1991. (Dissertação de mestrado)

vento que soprava na mesma direção de disposição dos pluviômetros ao longo do raio, mas no sentido da extremidade da área para o centro do pivô, como se pode observar na Figura 15. Já no teste 5, os valores das lâminas coletadas nos dois raios, e também os valores das lâminas obtidos na média, apresentaram-se mais uniformemente distribuídos ao longo da lateral, mas sempre mostrando uma tendência para crescer ao longo da lateral, o que se pode verificar na Figura 16.

No teste 6, em que se efetuou a insetigação com deltametrina, com lâminas de 4, 6 e 8 mm, uma análise comparativa com os demais testes mostra a ocorrência do menor valor médio de coeficiente de uniformidade de Christiansen, isto é, 84,6% (Quadro 12), valor ainda apropriado para a aplicação de defensivos químicos via pivô central, conforme MANTOVANI e RAMOS (1994). Pode-se Na Figura 17, observa-se que o raio 2 contribuiu bastante para o decréscimo desse valor, tendo em vista a maior variabilidade das lâminas, o que também pode ser comprovado no Quadro 12 pelo coeficiente de variação de lâmina desse raio, que foi de 25,1%. Como no teste 5, esse teste também apresentou a tendência de aumento no valor da lâmina, ao longo da linha lateral (Figura 17).

Nos testes 7, 8 e 9, em que se aplicou o fungicida epoxiconazole, respectivamente, nas lâminas de 3, 5 e 7 mm, em 20 de setembro e 4 e 18 de outubro de 1999, verifica-se, pela comparação conjunta das Figuras 17, 18 e 19, que houve tendência das lâminas dos raios 1 e 2 se aproximarem, ficando com os valores de suas lâminas cada vez mais próximos dos valores das lâminas médias à medida que os teste foram realizados, o que pode ser comprovado pela diminuição dos desvios padrão (Quadro 13).

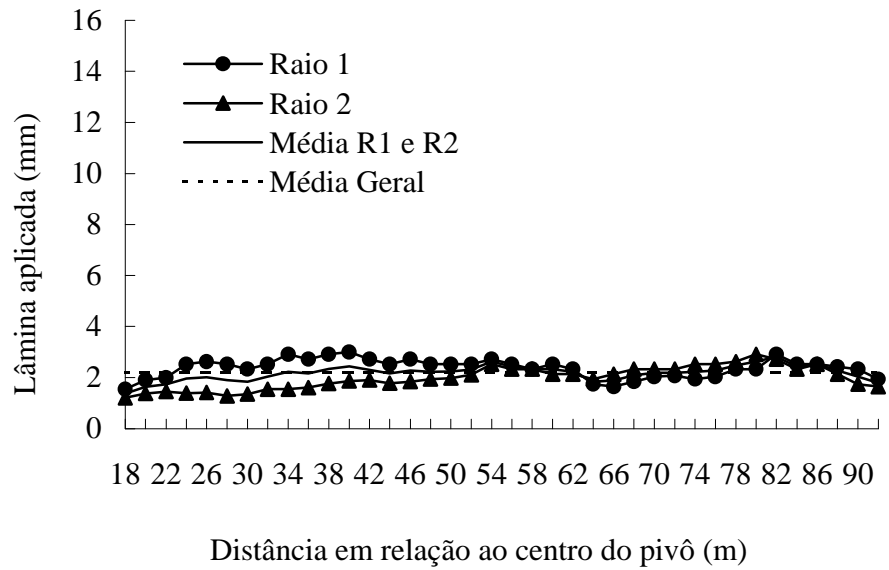


Figura 12. Perfil de distribuição das lâminas de irrigação ao longo da linha lateral, raios 1 e 2 e média dos raios para o teste número 1 – teste preliminar (24/7/1999).

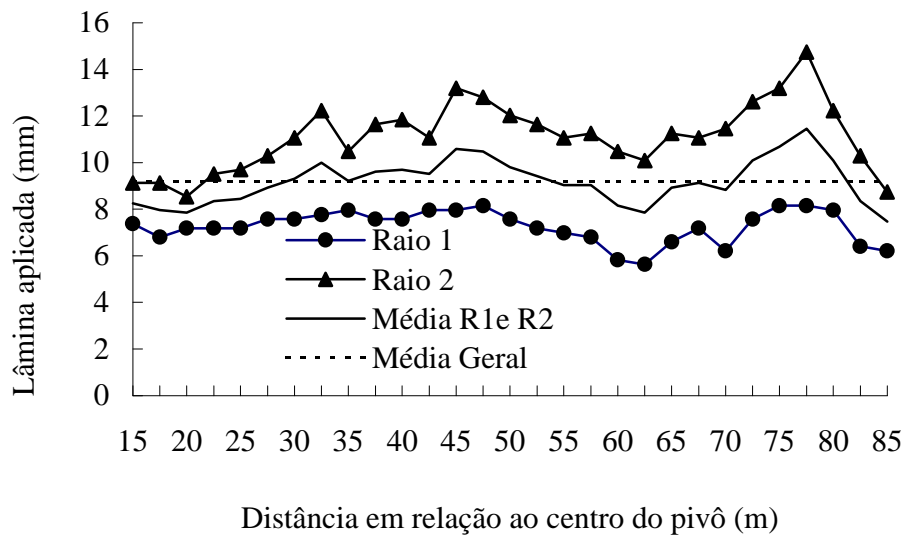


Figura 13. Perfil de distribuição das lâminas de irrigação ao longo da linha lateral, raios 1 e 2 e média dos raios para o teste número 2 - herbificação (29/7/1999).

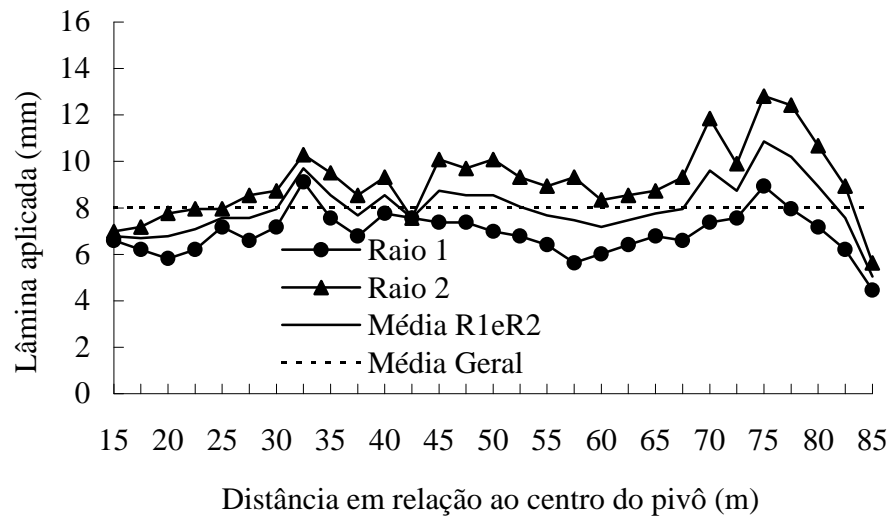


Figura 14. Perfil de distribuição das lâminas de irrigação ao longo da linha lateral, raios 1 e 2 e média dos raios para o teste número 3 - herbificação (30/7/1999).

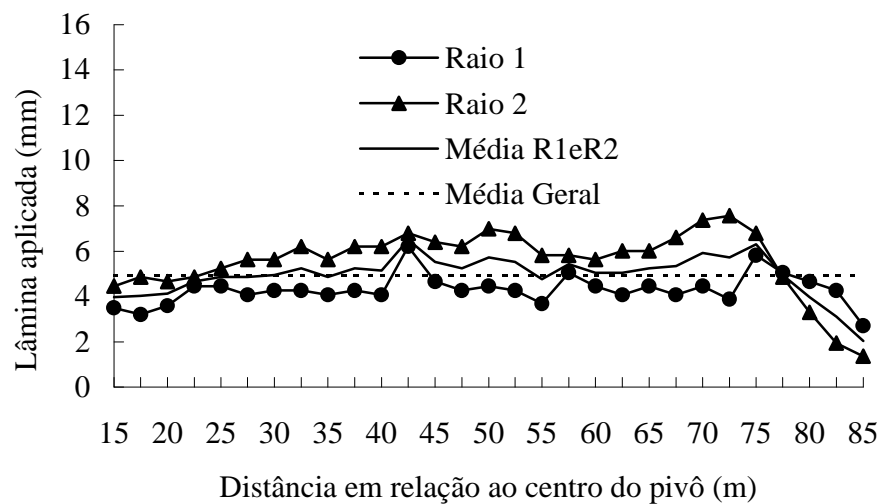


Figura 15. Perfil de distribuição das lâminas de irrigação ao longo da linha lateral, raios 1 e 2 e média dos raios para o teste número 4 - herbificação (2/9/1999).

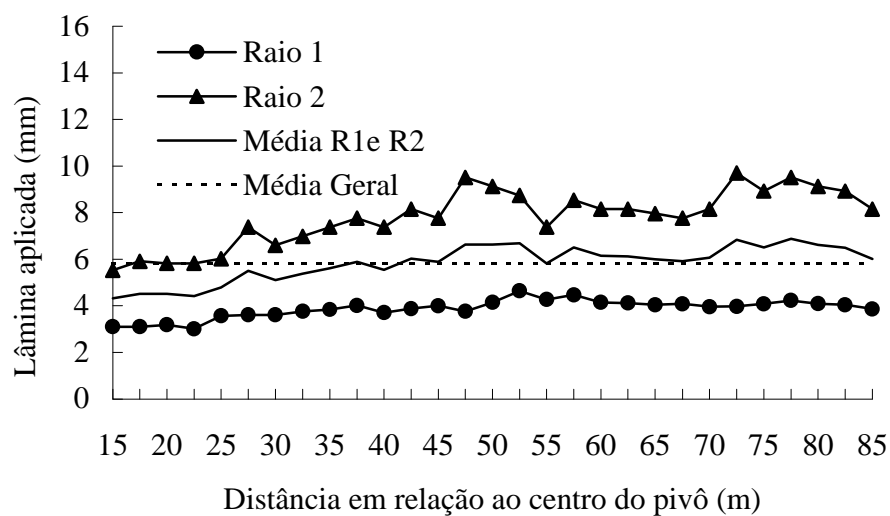


Figura 16. Perfil de distribuição das lâminas de irrigação ao longo da linha lateral, raios 1 e 2 e média dos raios para o teste número 5 - herbificação (3/9/1999).

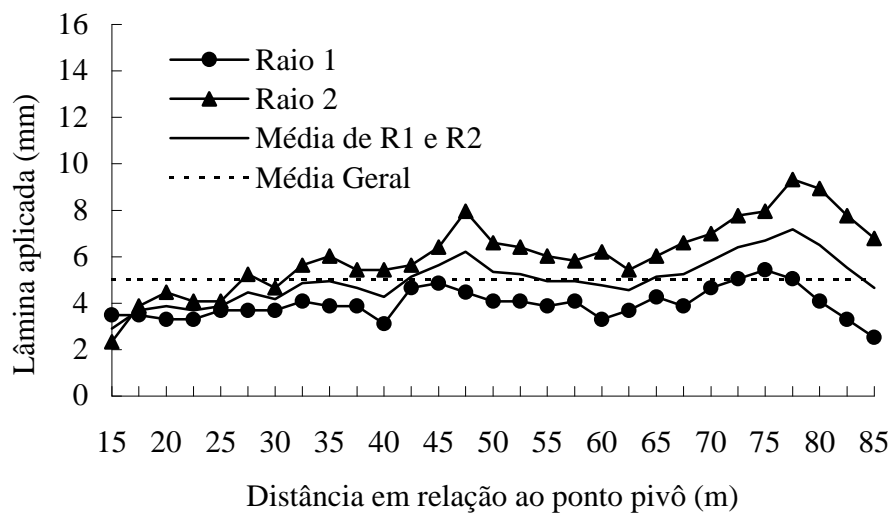


Figura 17. Perfil de distribuição das lâminas de irrigação ao longo da linha lateral, raios 1 e 2 e média dos raios para o teste número 6 - insetigação (18/9/1999).

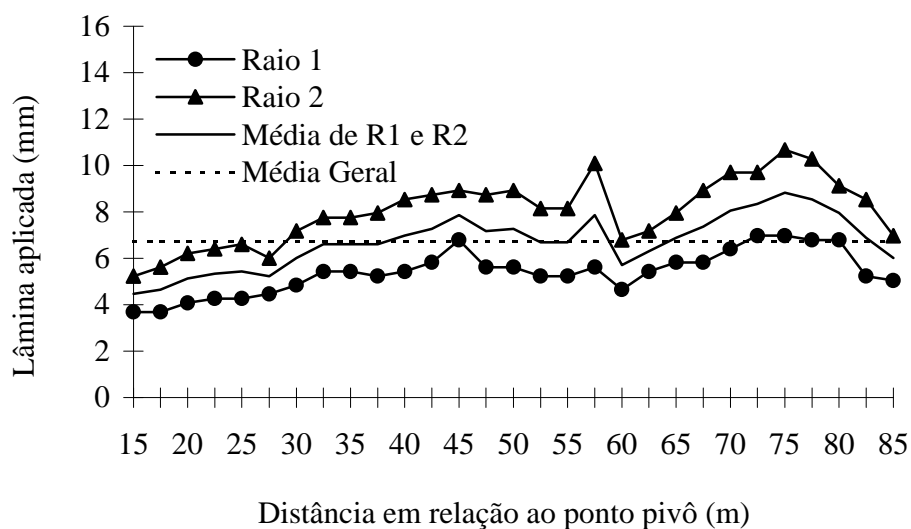


Figura 18. Perfil de distribuição das lâminas de irrigação ao longo da linha lateral, raios 1 e 2 e média dos raios para o teste número 7 - fungigação (20/9/1999).

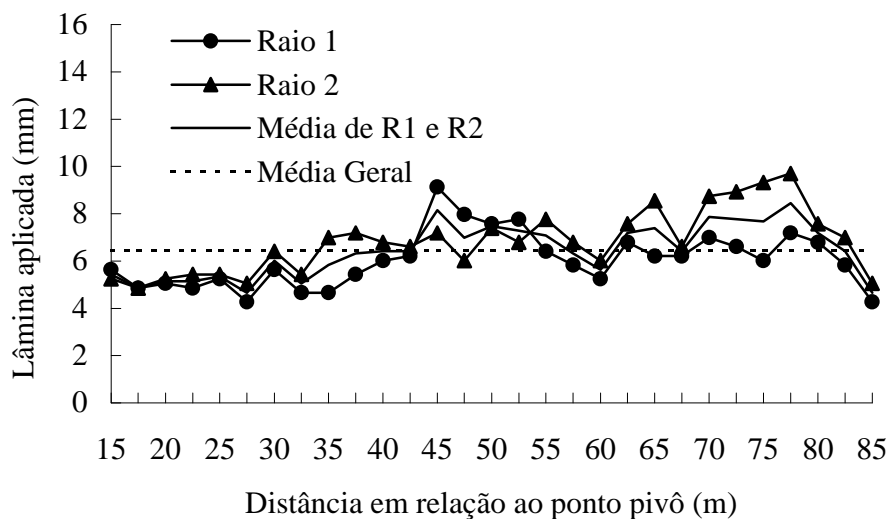


Figura 19. Representação gráfica da distribuição das lâminas de irrigação ao longo da linha lateral, raios 1 e 2 e média dos raios para o teste número 8 - fungigação (4/10/1999).

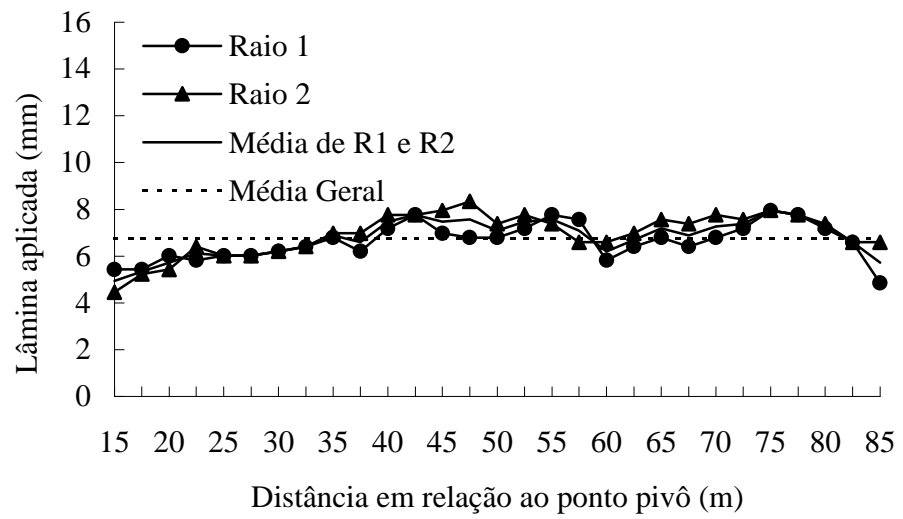


Figura 19. Perfil de distribuição das lâminas de irrigação ao longo da linha lateral, raios 1 e 2 e média dos raios para o teste número 9 - fungigação (18/10/1999).

4.2. Experimentos para avaliação dos herbicidas

As plantas daninhas encontradas na área experimental, na época da colheita do feijão (25/11/1999), foram as seguintes:

a) De folhas estreitas (monocotiledôneas)

- Capim-colchão (*Digitaria horizontalis*)
- Capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*)
- Capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*)
- Grama-seda (*Cynodon dactylon*)
- Milho (*Zea mays*)
- Tiririca (*Cyperus rotundus*)

b) De folhas largas (dicotiledôneas)

- Botão-de-ouro (*Galinsoga parviflora*)
- Corda-de-viola (*Ipomoea*)
- Falsa-serralha (*Emilia sonchifolia*)
- Leiteiro (*Euphorbia heterophylla*)
- Losna (*Artemisia verlotorum*)
- Mastruz (*Coronopus didymus*)
- Mastruz (*Lepidium virginicum*)
- Mentrasto (*Ageratum conyzoides*)
- Picão-preto (*Bidens pilosa*)
- Quebra-pedra (*Phyllanthus tenellus*)
- Serralha (*Sonchus oleraceus*)
- Trevo-grande (*Oxalis latifolia*)
- Trevo-azedo (*Oxalis corniculata*)

Em razão da época de condução do experimento ter ocorrido no inverno-primavera (junho a novembro), houve predominância de plantas daninhas dicotiledôneas na área experimental.

Em geral, neste estudo, observou-se que, entre as espécies de plantas daninhas mais freqüentes, a losna foi predominante no sistema de plantio convencional; essa espécie apresentou expressiva ocorrência, também no sistema de plantio direto, no qual predominou o picão-preto. As outras latifoliadas e as gramíneas ocorreram em menor freqüência. Por essa razão, a losna e o picão-preto foram analisados isoladamente, enquanto as demais folhas largas foram analisadas em conjunto sob a denominação de, “Outras Dicotiledôneas”. Da mesma forma, as plantas daninhas de folhas estreitas, por apresentarem menor ocorrência, foram analisadas em conjunto com a denominação de, “Monocotiledôneas”. Ademais, com o intuito de realizar uma análise global do controle das plantas daninhas, foi analisado também um grupo que continha o total das plantas daninhas, ao qual se deu o nome de “Total de Plantas Daninhas”.

4.2.1. Experimento com metolachlor

Os valores médios dos coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC), determinados neste ensaio durante as operações de herbificação, foram 91,5% e 91,9% (Quadro 12), respectivamente, nas áreas em que foram adotados o plantio direto e o preparo convencional do solo. Esses valores estão dentro dos padrões aceitáveis para sistemas de irrigação do tipo pivô central, estando o equipamento adequado para a realização de irrigações periódicas e de aplicação de defensivos químicos (THREADGRILL, 1985 e MANTOVANI e RAMOS, 1994).

Os resultados referentes à biomassa seca da parte aérea das principais plantas daninhas e à percentagem de controle das mesmas são apresentados, respectivamente, nos Quadros 14 e 15.

Analisando a biomassa seca das plantas daninhas (Quadro 14), verifica-se que no sistema de plantio direto, quando comparado com o convencional, houve diminuição considerável na infestação da losna, fato este comprovado pela biomassa seca das plantas daninhas das testemunhas sem capina, ou seja, 12,78g e 82,89g, respectivamente. Isso aconteceu, no plantio direto, porque antes da semeadura do feijão essas invasoras foram controladas, usando-se uma mistura dos herbicidas glifosate + 2,4-D aplicados para dessecação da vegetação. Por outro lado, no preparo convencional, a infestação da losna foi elevada devido ao revolvimento do solo nas operações de cultivo (aração e gradagens), fato que possibilitou melhores condições para a losna disseminar por meio de suas partes vegetativas. Por esta razão, houve maior potencial para infestação dessa planta daninha no preparo convencional, tendo em vista que suas partes vegetativas são de difícil controle químico.

Considerando as percentagens de controle da losna descritas no Quadro 15, e baseando nos procedimentos da SBCPD (1995) (Quadro 10), observa-se que, no plantio direto, o controle foi inversamente proporcional ao aumento das lâminas de herbigação, decaindo de 100% para 62,7%. O melhor controle foi obtido com a aplicação da lâmina de 5 mm (50.000 L ha⁻¹), que controlou totalmente a losna. As lâminas de 10 mm (100.000 L ha⁻¹) e 15 mm (150.000 L ha⁻¹) proporcionaram controles moderado e deficiente, respectivamente. Nas parcelas que receberam aplicações convencionais (200 L ha⁻¹), ocorreu um controle excelente dessa planta daninha. A menor lâmina (5 mm), com maior concentração do produto, foi mais eficiente que as demais, provavelmente, porque o produto movimentou pouco no solo, acumulando-se próximo à superfície do terreno, onde a maioria das sementes de losna estavam localizadas devido ao não revolvimento do solo.

Quadro 14. Efeito do metolachlor aplicado por pivô central ou por pulverizador costal sobre a biomassa seca (g m^{-2}) das principais espécies de plantas daninhas, por ocasião da colheita do feijão cultivado em plantio direto (P.D.) e convencional (P.C.)

Métodos de Controle	Losna		Picão-preto		Outras Dicotiledôneas ¹		Monocotiledôneas ²		Total de Plantas Daninhas	
	P. D.	P. C.	P. D.	P. C.	P. D.	P. C.	P. D.	P. C.	P. D.	P. C.
Herbificação (5 mm)	0,00	82,89	80,22	0,00	18,56	0,00	0,11	10,00	98,89	92,89
Herbificação (10 mm)	3,11	65,22	0,00	2,44	3,56	0,00	1,89	0,00	8,56	67,67
Herbificação (15 mm)	4,78	0,00	1,67	0,00	3,56	0,00	0,22	1,44	10,22	1,44
Aplicação convencional	1,22	46,00	10,56	0,00	3,22	0,44	1,33	4,00	16,44	50,44
Testemunha capinada	1,11	5,89	0,00	0,33	1,44	0,11	0,56	2,89	3,00	9,33
Testemunha sem capina	12,78	82,89	101,89	3,44	18,56	1,78	17,00	107,67	150,11	195,67

¹ mentrasto, corda-de-violão, mastruz, falsa-serralha, trevo-grande, trevo-azedo, leiteira, botão-de-ouro e quebra-pedra.

² capim-marmelada, capim-colchão, capim-pé-de-galinha, grama-seda, milho e tiririca.

Quadro 15. Percentagem de controle* em relação à testemunha sem capina das principais plantas daninhas verificadas na cultura do feijão cultivado em plantio direto (P.D.) e convencional (P.C.), por ação do herbicida metolachlor aplicado via pivô central ou via pulverizador costal

Métodos de Controle	Losna		Picão-preto		Outras Dicotiledôneas ¹		Monocotiledôneas ²		Total de Plantas Daninhas	
	P. D.	P. C.	P. D.	P. C.	P. D.	P. C.	P. D.	P. C.	P. D.	P. C.
Herbigeação (5 mm)	100,0 A	0,0 E	21,3 E	100,0 A	0,00 E	100,0 A	99,1 A	90,7 A	34,1 E	52,5 D
Herbigeação (10 mm)	75,5 C	21,3 E	100,0 E	29,0 E	80,7 B	100,0 A	88,8 B	100,0 A	94,3 A	65,4 B
Herbigeação (15 mm)	62,6 D	100,0 A	98,4 A	100,0 A	80,6 B	100,0 A	98,6 A	98,6 A	93,2 A	99,2 A
Aplicação convencional	90,2 A	44,5 E	89,6 B	100,0 A	82,4 B	75,0 C	92,1 A	96,3 A	89,1 B	74,2 C
Testemunha capinada	91,2 A	92,9 A	100,0 A	90,2 A	92,5 A	93,6 A	96,8 A	97,3 A	98,0 A	95,3 A

¹ mentrasto, corda-de-viola, mastruz, falsa-serralha, trevo-grande, trevo-azedo, leiteira, botão-de-ouro e quebra-pedra.

² capim-marmelada, capim-colchão, capim-pé-de-galinha, grama-seda, milho e tiririca.

* As letras após as porcentagens têm os seguintes significados: A = controle total ou excelente; B = controle bom; C = controle moderado; D = controle deficiente; e E = ausência de controle (SBCPD, 1985).

No sistema de preparo convencional do solo, o controle da losna foi diretamente proporcional ao aumento das lâminas usadas na herbificação, variando de 0% a 100%, ou seja, verificou-se ausência de controle da losna quando foi utilizada a lâmina de 5 mm. A lâmina de 10 mm também não proporcionou controle dessa planta daninha. Assim como nas duas menores lâminas de herbificação, também houve ausência de controle quando o produto foi aplicado por pulverizador costal. Uma possível explicação para isso foi a demora de quatro dias para efetuar a irrigação, após a aplicação dos herbicidas. Isso implica em perdas por volatilização e fotodecomposição do metolachlor que não foi incorporado (método convencional) ou foi incorporado muito superficialmente (lâminas de 5 e 10 mm). Ou seja, a lâmina de 15 mm pode ter deslocado o herbicida a uma maior profundidade, permitindo que o produto atuasse melhor sobre as sementes de losna que estavam distribuídas uniformemente no perfil do solo, sem perdas significativas por volatilização e fotodecomposição.

Portanto, no plantio convencional, e quando não se irrigou nos quatro primeiros dias após a aplicação do herbicida, o metolachlor só foi eficiente quando aplicado junto a uma lâmina de água de 15 mm. Por outro lado, no plantio direto, em que as sementes de losna ficaram na superfície do solo, a aplicação convencional e a lâmina de 5 mm foram eficientes, ao contrário das lâminas de 10 e 15 mm.

Com relação ao picão-preto, o preparo convencional proporcionou bom controle dessa planta daninha. No plantio direto, em razão do não revolvimento do solo, a infestação foi alta. Analisando os efeitos dos métodos de aplicação de herbicida neste último sistema de plantio, verifica-se que a herbificação com 15 mm de água foi mais eficiente (controle total) que a aplicação convencional (controle bom) (Quadro 15). Esse bom resultado com o uso do metolachlor não era esperado, visto que o picão-preto é pouco suscetível a esse herbicida (LORENZI, 2000). A melhor eficiência da maior lâmina de água, provavelmente, esteja relacionada ao maior deslocamento do herbicida no perfil do solo, considerando-se que a irrigação só foi realizada quatro dias após a aplicação do defensivo.

As “Outras Plantas Dicotiledôneas” apresentaram frequência de ocorrência bem menor do que a da losna e do picão-preto (Quadro 14). Semelhantemente ao observado para o picão-preto, o preparo convencional proporcionou bom controle das invasoras, principalmente nos tratamentos de herbigação. No plantio direto, em que a infestação foi 10 vezes maior que no plantio convencional, a herbigação com as lâminas de 10 e 15 mm foi tão eficiente quanto a aplicação convencional, mas o nível de controle da testemunha capinada não foi alcançado com esses tratamentos (Quadro 15).

A infestação de monocotiledôneas foi relativamente alta no plantio convencional (Quadro 15), resultado devido, principalmente, à maior infestação da tiririca nesse sistema de plantio. O metolachlor foi eficiente no controle das monocotiledôneas, independentemente dos métodos de aplicação e do sistema de plantio.

Quando se considera o total de plantas daninhas, fica clara a superioridade da herbigação com a lâmina de 15 mm, tanto em relação à aplicação convencional quanto em relação às outras lâminas de água testadas. No entanto, na literatura há relatos de ótimos resultados com lâminas de água que variam de 6,3 a 18 mm (VIEIRA e SILVA, 1999). Acredita-se que, neste estudo, se a irrigação fosse realizada em seguida à aplicação do metolachlor, os resultados, em geral, seriam mais favoráveis para as lâminas de 5 e 10 mm, e mesmo para a aplicação convencional.

Os dados médios de rendimento de grãos e número de plantas de feijão, por parcela, são apresentados no Quadro 16.

Quadro 16. Controle de plantas daninhas com metolachlor aplicado via pivô central ou por pulverizador costal sobre a população final de plantas de feijão e sobre o rendimento de grãos de feijão cultivado em plantio direto (P.D.) e convencional (P.C.). Valores médios de três repetições

Métodos de Controle	População Final de Plantas de Feijão (m ²)		Rendimento (kg ha ⁻¹)	
	P. D.	P. C.	P. D.	P. C.
Herbificação (5 mm)	22,6	20,4	2.566 ± 141	2.334 ± 56
Herbificação (10 mm)	22,4	23,1	2.601 ± 59	2.322 ± 42
Herbificação (15 mm)	23,3	21,5	2.641 ± 50	2.399 ± 166
Aplicação convencional	23,3	21,7	2.567 ± 59	2.221 ± 56
Testemunha capinada	24,3	22,8	2.652 ± 42	2.096 ± 48
Testemunha sem capina	24,4	24,3	569 ± 147	503 ± 182
Média	23,4	22,3	2.266 ± 83	1.979 ± 92

A população de plantas de feijão variou de 204 a 244 mil por hectare, faixa que atende à recomendação para o cultivo dessa leguminosa (VIEIRA, 1983).

Os maiores rendimentos de feijão (Quadro 16) foram alcançados no plantio direto, considerando-se que este sistema apresenta certas vantagens em relação ao sistema de plantio convencional, como por exemplo: melhor conservação de umidade do solo, em razão da cobertura morta e do não revolvimento do solo, menor variação diurna/noturna da temperatura do solo, maior rapidez e uniformidade na emergência da cultura. Os resultados de rendimento comprovam que os tratamentos com herbicidas, mesmo os menos eficientes (herbigeação com 5 mm de água), proporcionaram um controle das plantas daninhas suficiente para alcançar um rendimento semelhante ao obtido com a testemunha capinada.

Os resultados deste estudo mostram que a aplicação do metolachlor via água de irrigação é eficiente e que a sua movimentação no perfil do solo, em razão da não ocorrência da secagem quase imediata — o que acontece quando aplicado pelo método convencional — torna-o mais disponível para o controle de plantas daninhas. Além disso, conforme relatam VEIRA e SILVA (1999), a herbigeação permite controlar a profundidade de incorporação do metolachlor, criando-se concomitantemente, condições quase ideais para sua ação. Bons resultados com a aplicação do metolachlor via água de irrigação devem-se às suas características físico-químicas, ou seja, solubilidade muito elevada em água, sorção moderada aos colóides do solo, volatilidade baixa a moderada e fotossensibilidade moderada (VEIRA e SILVA, 1999). Ou seja, como o produto tem certa mobilidade no perfil do solo, o uso de uma lâmina de água adequada incorpora-o na faixa do solo onde se concentram as sementes das plantas daninhas. Conseqüentemente, as perdas por volatilização e decomposição pela luz serão reduzidas.

4.2.2. Experimento com fomesafen

Os coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC), determinados durante as operações de herbicção, foram 87,1% e 90,1% (Quadro 12), respectivamente, nas áreas em que se efetuou o preparo convencional e o plantio direto do solo.

A biomassa seca da parte aérea das principais espécies de plantas daninhas e a percentagem de controle dessas invasoras, são apresentadas, nos Quadros 17 e 18, respectivamente.

Houve ausência de controle da losna no plantio convencional, independentemente do método usado na aplicação do fomesafen (Quadro 18). No plantio direto, por outro lado, verificou-se bom controle com a aplicação convencional e com a lâmina de 9 mm. As lâminas de 3 e 6 mm proporcionaram controle deficiente.

No plantio convencional, a ineficiência do herbicida deveu-se, provavelmente, à não-ação do defensivo sobre os rizomas da losna. Por outro lado, no plantio direto, em que a losna originou-se principalmente de sementes, o controle chegou a ser bom.

No plantio direto, o melhor controle da losna com a maior lâmina de água (9 mm) parece indicar que a absorção radicular foi um fator importante, quando o fomesafen foi aplicado em grande volume de água. Resultado semelhante foi verificado por LEITE et al. (1999), no controle da nabiça (*Raphanus raphanistrum* L.) com o fomesafen aplicado com as lâminas de 3, 6 e 9 mm. Nesse ensaio, conduzido em período de chuvas escassas (plantio do feijão em 18/5/98), não foi feita irrigação após a aplicação do herbicida. Em outros estudos, no entanto, o fomesafen proporcionou bom controle de plantas daninhas, mesmo com lâmina de 2,5 mm (DOWLER, 1984; 1987).

O picão-preto foi controlado eficientemente com o fomesafen, independentemente do método de aplicação (Quadros 17 e 18), resultado que concorda com os obtidos por VIEIRA e FONTES (1994) no Norte de Minas Gerais.

Quadro 17. Biomassa seca (g m^{-2}) das principais plantas daninhas por ocasião da colheita do feijão cultivado em plantio direto (P.D.) e convencional (P.C.), por ação do herbicida fomesafen aplicado por pivô central ou por pulverizador costal

Métodos de Controle	Losna		Picão-preto		Outras Dicotiledôneas ^{1/}		Monocotiledôneas ^{2/}		Total de Plantas Daninhas	
	P. D.	P. C.	P. D.	P. C.	P. D.	P. C.	P. D.	P. C.	P. D.	P. C.
Herbigeação (3 mm)	5,33	42,56	9,44	0,00	3,00	0,00	2,78	56,11	20,56	98,67
Herbigeação (6 mm)	4,22	75,67	10,11	0,00	0,44	0,00	5,89	45,78	20,67	121,44
Herbigeação (9 mm)	1,56	49,33	2,44	0,00	2,11	0,33	2,89	107,67	9,00	157,33
Aplicação Convencional	1,44	61,56	0,00	0,00	1,78	0,00	2,56	20,00	5,78	81,56
Testemunha capinada	1,11	5,89	0,00	0,33	1,44	0,11	0,56	2,89	3,11	9,22
Testemunha sem capina	12,78	82,89	101,89	3,44	18,56	1,78	5,89	107,67	139,11	195,78

^{1/} mentrasto, corda-de-viola, mastruz, falsa-serralha, trevo-grande, trevo-azedo, leiteira, botão-de-ouro e quebra-pedra.

^{2/} capim-marmelada, capim-colchão, capim-pé-de-galinha, grama-seda, milho e tiririca.

Quadro 18. Percentagem de controle de plantas daninhas*, em relação à testemunha sem capina, na cultura do feijão cultivado em plantio direto (P.D.) e convencional (P.C.), por ação do herbicida fomesafen aplicado via pivô central ou por pulverizador costal

Métodos de Controle	Losna		Picão-preto		Outras Dicotiledôneas ^{1/}		Monocotiledôneas ^{2/}		Total de Plantas Daninhas	
	P. D.	P. C.	P. D.	P. C.	P. D.	P. C.	P. D.	P. C.	P. D.	P. C.
Herbificação (3 mm)	58,3 D	48,7 E	90,7 A	100,0 A	83,8 B	100,0 A	52,8 D	47,9 E	85,2 B	49,6 E
Herbificação (6 mm)	67,0 D	8,7 E	90,1 A	100,0 A	97,6 A	100,0 A	0,0 E	57,5 D	85,1 B	38,0 E
Herbificação (9 mm)	87,8 B	40,5 E	97,6 A	100,0 A	88,6 B	81,3 B	50,9 E	0,0 E	93,5 A	19,6 E
Aplicação convencional	88,7 B	25,7 E	100,0 A	100,0 A	90,4 A	100,0 A	56,6 D	81,4 B	95,9 A	58,3 D
Testemunha capinada	91,3 A	92,9 A	100,0 A	90,3 A	92,2 A	93,8 A	90,6 A	97,3 A	97,8 A	95,3 A

^{1/} mentrasto, corda-de-violão, mastruz, falsa-serralha, trevo-grande, trevo-azedo, leiteira, botão-de-ouro e quebra-pedra.

^{2/} capim-marmelada, capim-colchão, capim-pé-de-galinha, grama-seda, milho e tiririca.

* As letras após as porcentagens têm os seguintes significados: A = controle total ou excedente; B = controle bom; C = controle moderado; D = controle deficiente; e E = ausência total de controle (SBCP, 1985)

Analisando apenas os resultados de “Outras Dicotiledôneas” no plantio direto, em que a infestação foi significativa, verifica-se que, em geral, a herbigação e a aplicação convencional proporcionaram controles de bom a total dessas invasoras.

Quanto às monocotiledôneas, no plantio convencional, onde a infestação foi alta, a aplicação com pulverizador proporcionou bom controle das plantas daninhas, situação diferente daquela observada na herbigação (ausência de controle ou controle deficiente). Uma possível explicação para isso é que o fomesafen, em alta concentração (aplicação convencional), proporcionou controle regular a bom de algumas monocotiledôneas, que têm alguma suscetibilidade a esse herbicida (LORENZI, 2000). Devido ao grande volume de água, a herbigação não controlaria essas monocotiledôneas pouco sensíveis ao fomesafen. Parece, portanto, que nesse caso o alvo (parte aérea) deveria ser atingido pelo produto em alta concentração, para que ocorresse certo controle de plantas daninhas.

O controle total de plantas daninhas foi eficiente no plantio direto, diferentemente do observado no plantio convencional (controle ausente ou deficiente). A principal razão disso foi o melhor controle que se conseguiu da losna proveniente de semente no plantio direto. Não ficou clara a influência das lâminas de água sobre o controle das plantas daninhas e, em geral, o controle pelo método convencional foi um pouco superior ao obtido com a herbigação. VEIRA e SILVA (1999) relataram que algumas invasoras de folhas largas são melhor controladas pelos métodos convencionais que pela herbigação. Neste estudo, isso parece ter ocorrido em relação a algumas gramíneas, que só foram controladas eficientemente com a aplicação via pulverizador costal.

O Quadro 19 estão apresenta os resultados médios de rendimento de grãos e de população final de plantas de feijão, por metro quadrado.

Quadro 19. Controle de plantas daninhas com fomesafen aplicado via pivô central ou por pulverizador costal sobre a população final de plantas de feijão e sobre o rendimento de grãos de feijão cultivado em plantio direto (P.D.) e convencional (P.C.). Valores médios de três repetições

Métodos de controle	População Final de Plantas de Feijão(m ²)		Rendimento (kg ha ⁻¹)	
	P. D.	P. C.	P. D.	P.C.
Herbificação (3 mm)	24,4	22,2	2.736 ± 59	1.742 ± 99
Herbificação (6 mm)	23,9	22,6	2.603 ± 157	2.429 ± 253
Herbificação (9 mm)	22,8	23,9	2.763 ± 54	1.746 ± 428
Aplicação convencional	22,4	22,9	2.710 ± 178	2.214 ± 99
Testemunha capinada	23,3	23,5	2.652 ± 42	2.096 ± 48
Testemunha sem capina	24,3	24,1	569 ± 147	503 ± 182
Média	23,5	23,2	2.339 ± 106	1.788 ± 185

A população de plantas ficou dentro da faixa considerada ideal para a cultura do feijão (Quadro 19). Os rendimentos do feijão em plantio direto foram, novamente, mais altos que no plantio convencional. No plantio direto, semelhantemente ao que ocorreu no ensaio com o metolachlor, os diferentes tratamentos de aplicação do herbicida não comprometeram os rendimentos. No plantio convencional, os rendimentos com os tratamentos de herbicida foram tão altos quanto a testemunha capinada e muito superiores aos da testemunha que não recebeu capina e herbicida. Esse resultado não era esperado, porquanto o controle das plantas daninhas com o fomesafen foi, em geral, ausente ou deficiente. Isso pode ser explicado pelo fato deste ser um herbicida de contato que, ao agir, promove necrose nas folhas das plantas daninhas, que podem morrer, ou rebrotar dependendo da intensidade. O fato da avaliação ter sido realizada tardiamente possibilitou que as plantas daninhas rebrotassem e, assim, o controle promovido pelo metolachlor foi insuficiente. O fomesafen é extremamente solúvel em água e tem moderada sorção aos colóides do solo. Em geral, defensivos que visam à parte aérea das plantas e que são muito solúveis em água não são eficientes, quando aplicados via água de irrigação. A característica mais lipofílica do fomesafen, em relação ao bentazon, isto é, longa ação residual no solo e absorção pelas raízes, poderia ajudar a explicar o seu desempenho relativamente bom via água de irrigação, visto que ambos os herbicidas podem ser absorvidos pelas raízes VIEIRA e SILVA (1998).

As propriedades lipofílicas/hidrofílicas dos herbicidas são importantes para o entendimento de sua dinâmica de absorção através da cutícula. Essas propriedades são determinadas pelo coeficiente de partição octanol/água (K_{ow}) do produto. Os herbicidas lipofílicos (como os de formulações CE) são capazes de penetrar na cutícula por simples difusão, através dos componentes lipofílicos dominantes. (VIEIRA e SILVA, 1998).

A seguinte explicação é dada por VIEIRA e SILVA (1998) para a eficiência de alguns herbicidas aplicados em pós-emergência: “Pelos métodos convencionais, o herbicida em concentração relativamente alta, é aplicado sobre a folhagem num único jato de calda, principalmente sobre a face adaxial (superior) das folhas das plantas daninhas. Nesse caso, em geral, o herbicida é

aplicado quando o teor de umidade do solo não é alto. Na herbificação pelo pivô ocorre uma distribuição contínua do produto (em baixa concentração) sobre a folhagem por vários minutos. O tempo exato de molhamento depende, principalmente, da pressão e da velocidade de deslocamento do pivô e da distância da área considerada ao ponto pivô. Embora os efeitos dessas particularidades da herbificação no desempenho dos diferentes produtos não tenham sido bem esclarecidos, a alta umidade (do ar e do solo) proporcionada pela irrigação e o possível molhamento de ambas as faces das folhas provavelmente favoreceram a absorção e a translocação de herbicidas nas plantas. Segundo WANARMARTA e PENTER (1989), a alta umidade relativa retarda a secagem da solução de herbicida sobre as folhas, aumenta a hidratação da cutícula e estimula a abertura dos estômatos. A absorção do herbicida também é maior quando a umidade do solo é alta (DEVINE et al., 1993). Muitos herbicidas formam cristais sobre a superfície das folhas depois da evaporação do solvente. Em razão de o movimento do herbicida através da cutícula da folha ser por difusão, a absorção dele pela planta só ocorre quando ele se encontra na forma de solução. Portanto, a formação de cristais sobre as folhas reduz a eficácia do herbicida aplicado (HESS, 1987). Logo, a retardação da secagem da solução que se consegue quando o herbicida é aplicado via água de irrigação, associada ao maior período que a cutícula é mantida hidratada, deve favorecer a absorção de defensivos. Além disso, a maior superfície da planta que é coberta pela solução, favorecendo a absorção do produto, pode ser outro fator que compensa o efeito indesejado do grande volume de água aplicado por essa técnica. Segundo HESS (1987), após a aplicação do herbicida pelos métodos convencionais, a folha tratada, embora pareça completamente molhada, apresenta, na verdade, uma camada desuniforme de solução de herbicida. Na herbificação, todavia, consegue-se um molhamento mais completo e uniforme da parte aérea das plantas daninhas. Essa, condição, segundo DEVINE et al. (1993), favorece a absorção por uma via rápida de entrada do herbicida na folha, os estômatos”.

4.2.3. Experimento com metolachlor e fomesafen

Os valores médios dos coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC), determinados durante as operações das herbigações, já foram citados nos ensaios anteriores. Conforme comentado, eles ficaram dentro dos padrões aceitáveis para sistemas de irrigação do tipo pivô central, estando o sistema adequado para a realização de irrigações e de aplicações de defensivos químicos.

Nos Quadros 20 e 21 são apresentados os valores médios da biomassa seca da parte aérea das plantas daninhas e os de percentagem de controle de plantas daninhas.

Diferentemente do que ocorreu nos ensaios, em que os herbicidas metolachlor e fomesafen foram aplicados isoladamente (Quadros 15 e 18), a aplicação sequencial desses herbicidas proporcionou bom controle da losna quando aplicados via água de irrigação (Quadros 20 e 21). Os resultados indicam que não houve efeito das lâminas de água sobre a eficiência da herbificação. Por razões desconhecidas, o controle alcançado com a aplicação convencional no plantio direto (Quadros 21) foi inferior àquele verificado quando os herbicidas foram aplicados isoladamente (Quadros 15 e 18). No entanto, no plantio convencional, a aplicação dos dois herbicidas melhorou o controle da losna na aplicação com pulverizador, comparativamente à aplicação isolada de cada um deles.

O controle do picão-preto foi total, independentemente do método de aplicação e da lâmina de água (Quadros 20 e 21). O nível de controle dessa planta daninha já havia sido alcançado com a aplicação isolada do fomesafen (Quadro 18), mas o controle foi inconsistente com a aplicação isolada do metolachlor (Quadro 15). Em parte, pode ser explicado, porquanto o fomesafen é mais eficiente no controle do picão-preto que o metolachlor (LORENZI, 2000).

Quadro 20. Biomassa seca (g m^{-2}) das plantas daninhas por ocasião da colheita do feijão cultivado em plantio direto (P.D.) e convencional (P.C.), por ação dos herbicidas metolachlor e fomesafen aplicados via pivô central ou por pulverizador costal

Métodos de Controle	Losna		Picão-preto		Outras Dicotiledôneas ¹		Monocotiledôneas ²		Total de Plantas Daninhas	
	P. D.	P. C.	P. D.	P. C.	P. D.	P. C.	P. D.	P. C.	P. D.	P. C.
Herbigeação (5 e 3 mm)	1,22	7,89	4,78	0,22	1,00	0,00	0,00	1,11	7,00	9,22
Herbigeação (10 e 6 mm)	1,44	17,33	3,67	0,00	1,11	0,00	3,00	1,22	9,22	18,56
Herbigeação (15 e 9 mm)	4,22	1,44	2,44	0,11	0,00	0,33	6,89	3,22	13,56	5,11
Aplicação convencional	11,44	21,00	0,00	0,00	0,00	0,33	2,33	2,56	13,78	13,00
Testemunha capinada	1,11	5,89	0,00	0,33	1,44	0,11	0,56	2,89	3,11	9,22
Testemunha sem capina	46,11	82,89	101,89	3,44	18,56	1,78	17,00	107,67	183,56	195,67

¹ mentrasto, corda-de-viola, mastruz, falsa-serralha, trevo-grande, trevo-azedo, leiteira, botão-de-ouro e quebra-pedra.

² capim-marmelada, capim-colchão, capim-pé-de-galinha, grama-seda, milho e tiririca.

* As lâminas de 5, 10 e 15 mm correspondem as herbigeação com o metolachlor e as de 3, 6 e 9 mm, às herbigeações com o fomesafen.

Quadro 21. Percentagem de controle de plantas daninhas em relação à testemunha sem capina, obtida na cultura do feijão cultivado em plantio direto (P.D.) e convencional (P.C.), em função dos herbicidas metolachlor e fomesafen aplicados via pivô central ou por pulverizador costal

Métodos e Controle	Losna		Picão-preto		Outras Dicotiledôneas		Monocotiledôneas		Total de Plantas Daninhas	
	P. D.	P. C.	P. D.	P. C.	P. D.	P. C.	P. D.	P. C.	P. D.	P. C.
Herbificação (5 mm)	97,3 A	90,5 A	95,3 A	93,5 A	94,6 A	100,0 A	100,0 A	99,0 A	96,2 A	95,3 A
Herbificação (10 mm)	96,9 A	79,1 C	96,4 A	100,0 A	94,0 A	100,0 A	82,4 B	98,9 A	95,0 A	90,5 A
Herbificação (15 mm)	90,8 A	98,3 A	97,6 A	96,1 A	100,0 A	81,3 B	59,5 D	97,0 A	92,6 A	97,2 A
Aplicação convencional	75,2 C	79,8 C	100,0 A	100,0 A	100,0 A	81,3 B	86,3 B	97,6 A	92,5 A	90,0 A
Testemunha capinada	97,6 A	92,9 A	100,0 A	90,3 A	92,2 A	93,8 A	96,7 A	97,3 A	98,0 A	95,2 A

* As lâminas de 5, 10 e 15 mm correspondem as herbificação com o metolachlor e as de 3, 6 e 9 mm, as herbificações com o fomesafen.

Quanto às “Outras Dicotiledôneas” (Quadros 20 e 21), o controle alcançado com os dois herbicidas variou de bom a excelente, nos diferentes tratamentos, resultado ligeiramente melhor que o alcançado com o fomesafen sozinho (Quadro 18), e bem mais eficiente que o obtido com o metolachlor (Quadro 15).

No plantio direto, o controle das monocotiledôneas diminuiu com o aumento da lâmina de água usada para distribuir os dois herbicidas (Quadros 20 e 21). Esse resultado, no entanto, não encontra amparo nos resultados obtidos com os herbicidas aplicados separadamente. Provavelmente, esse fato ocorreu devido à distribuição desuniforme de uma baixa população de monocotiledôneas na área experimental (Quadro 20). No plantio convencional, o controle foi total (Quadro 21), como no ensaio em que se aplicou o metolachlor isoladamente (Quadro 15).

Em geral, o controle das plantas daninhas foi excelente com a aplicação seqüencial dos dois herbicidas, independentemente do método de aplicação e da lâmina de água (Quadros 20 e 21). Esse nível de controle não havia sido obtido, quando os dois herbicidas foram aplicados isoladamente (Quadros 15 e 18).

Diferentemente dos ensaios em que os herbicidas foram aplicados isoladamente, a aplicação seqüencial deles proporcionou controle mais consistente das diferentes plantas daninhas, independentemente da lâmina de água empregada. Conclui-se, conseqüentemente, que os resultados da herbicidação foram mais consistentes com a aplicação seqüencial dos herbicidas.

VIEIRA e SILVA (1998) chamam a atenção para as condições de luminosidade durante a aplicação de herbicidas em pós-emergência. Em geral, eles recomendam a aplicação em condições de boa luminosidade, justificando que os herbicidas que se movimentam pelo xilema, ou pelo floema têm a absorção e a translocação nas plantas favorecidas pela presença de luz e temperaturas mais altas, dentre outros motivos.

No Quadro 22 são apresentados os resultados médios de rendimento de grãos e de população final de plantas, por metro quadrado.

Quadro 22. Controle de plantas daninhas com aplicação seqüencial dos herbicidas metolachlor e fomesafen, aplicados via pivô central ou por pulverizador costal, sobre o número de plantas de feijão e sobre o rendimento de grãos de feijão cultivado em plantio direto (P.D.) e convencional (P.C.). Valores médios de três repetições

Métodos de Controle	População Final de Plantas de Feijão (m ²)		Rendimento (kg ha ⁻¹)	
	P. D.	P. C.	P. D.	P. C.
Herbigeação (5 e 3 mm)*	24,1	20,7	2.728 ± 118	1.946 ± 87
Herbigeação (10 e 6 mm)	22,8	23,2	2.668 ± 65	1.837 ± 371
Herbigeação (15 e 9 mm)	22,9	23,2	2.506 ± 56	2.041 ± 66
Aplicação convencional	23,3	23,7	2.706 ± 89	2.327 ± 32
Testemunha capinada	24,6	24,4	2.652 ± 42	2.096 ± 48
Testemunha sem capina	25,2	25,7	569 ± 147	503 ± 182
Média	23,8	23,5	2.305 ± 86	1.792 ± 31

* As lâminas de 5, 10 e 15 mm correspondem as herbigeação com o metolachlor e as de 3, 6 e 9 mm, as herbigeações com o fomesafen.

As populações de plantas foram semelhantes às verificadas nos ensaios anteriores. O rendimento do feijão em plantio direto foi cerca de 500 kg ha⁻¹, superior ao alcançado no sistema convencional.

O melhor controle de plantas daninhas alcançado com os dois herbicidas não resultou em produtividades maiores que as alcançadas nos experimentos anteriores. Isso indica que, embora o controle de plantas daninhas tenha sido menor com a aplicação isolada de cada herbicida, esta foi suficiente para reduzir a competição exercida pelas plantas daninhas a níveis aceitáveis, sendo, portanto, suficiente aplicar um herbicida em pré-emergência (metolachlor) ou em pós-emergência (fomesafem). Resultados comprovam, também, que a aplicação desses herbicidas pode ser realizada com eficiência tanto pelo método convencional quanto via pivô central.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

O controle químico de plantas daninhas tem despertado grande interesse nos produtores devido à sua rapidez, eficiência e baixo custo em relação ao controle mecânico. A procura de novas técnicas de aplicação de herbicidas, bem como de novos produtos e equipamentos, tem sido uma constante cujos objetivos são sempre aumentar a eficiência dos produtos, diminuir os efeitos danosos ao ambiente e reduzir os custos.

Com o objetivo de avaliar a eficiência da aplicação de herbicidas via água de irrigação (herbigação) na cultura de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado em dois sistemas de plantio, foi conduzido um estudo (três experimentos) em Coimbra, MG, entre junho e novembro de 1999. Foram estudados os herbicidas metolachlor (pré-emergência) e fomesafen (pós-emergência), aplicados isoladamente ou em seqüência (metolachlor + fomesafen), via água de irrigação por aspersão. Esses tratamentos foram distribuídos ao acaso, com três repetições, nas seguintes lâminas de água: 3 e 5 mm, 6 e 10 mm, 9 e 15 mm. O primeiro número de cada par de lâminas correspondeu à lâmina usada para distribuição do fomesafen, e o segundo para a distribuição do metolachlor. Ademais, dentro de cada par de lâminas, foi incluída uma parcela dos seguintes tratamentos: pulverização convencional com metolachlor, pulverização convencional com fomesafen, pulverização convencional com metolachlor e fomesafen, testemunha capinada, e testemunha

sem capina e sem aplicação de herbicida, totalizando 14 parcelas. Cada um dos três pares de lâminas ocupou uma cunha do pivô com um ângulo de 30°. Em cada cunha onde os tratamentos foram aplicados, estruturas metálicas cobertas com plástico foram colocadas sobre parcelas, quando necessário, visto que todas elas estavam sujeitas a receber os dois herbicidas via água de irrigação. Esses tratamentos foram testados em plantio convencional e em plantio direto, sendo que cada um dos sistemas de preparo do solo ocupou metade do pivô. No plantio convencional, foi realizada uma aração e duas gradagens; no plantio direto sobre palhada de milho, aplicaram-se, em mistura, os herbicidas não-seletivos glifosate e 2,4-D, 15 dias antes do plantio. Foi utilizado um pivô central de baixa pressão, que ocupava área de 2,9 ha. As irrigações foram manejadas, utilizando-se o programa de computador SISDA. Para efetuar as herbigações, utilizou-se uma bomba hidráulica do tipo diafragma. Para as pulverizações convencionais, foi utilizado um pulverizador costal pressurizado a CO₂ e equipado com bicos Teejet 110.03, aplicando-se o equivalente a 200 L ha⁻¹ de calda à pressão de 300 kPa. O metolachlor foi aplicado no dia seguinte ao plantio, e o fomesafen quando as plantas daninhas dicotiledôneas apresentavam-se com 2 a 3 pares de folhas e as gramíneas com 1 a 3 perfilhos. Durante as herbigações, foram feitas avaliações de uniformidade de aplicação de água. Após as aplicações dos herbicidas, a área só voltou a ser irrigada quatro dias depois. Os efeitos dos herbicidas foram avaliados com base na biomassa seca das plantas daninhas cortadas rente ao solo, logo após a colheita do feijão, e na produtividade da leguminosa. As plantas daninhas que ocorreram com maior frequência na área experimental, foram a losna (*Artemisia verlotorum*) e o picão-preto (*Bidens pilosa*). Os CUCs médios ficaram entre 87,1% e 91,8%. O plantio direto, por si só, proporcionou melhor controle da losna e das monocotiledôneas, enquanto o plantio convencional proporcionou melhor controle das outras dicotiledôneas. No plantio direto, o rendimento médio do feijão foi de 2.323 kg ha⁻¹, sendo 25,4% superior ao alcançado no plantio convencional. A aplicação do metolachlor numa lâmina de 15 mm proporcionou melhor controle das plantas daninhas que a aplicação convencional, independentemente do sistema de plantio. No entanto, essa diferença no controle não refletiu-se no rendimento do feijão. Quanto ao

fomesafen, a aplicação convencional foi ligeiramente mais eficiente que a herbicidação, mas também, não teve reflexo no rendimento. A aplicação seqüencial do fomesafen ao metolachlor, via água de irrigação, foi tão eficiente quanto a aplicação com pulverizador costal, independentemente da lâmina de água e do sistema de plantio.

Nas condições em que os ensaios foram conduzidos, os resultados encontrados possibilitaram as seguintes conclusões:

- O rendimento do feijão em plantio direto (2.323 kg ha^{-1}) foi 25,4% superior ao obtido no plantio convencional (1.853 kg ha^{-1}).

- O plantio direto proporcionou, por si só, melhor controle da losna e das monocotiledôneas. Por outro lado, o plantio convencional proporcionou melhor controle das outras dicotiledôneas.

- A herbicidação com o metolachlor na maior lâmina (15 mm) foi mais eficiente no controle das plantas daninhas que a aplicação convencional, porém esse fato não refletiu no rendimento de grãos.

- A aplicação convencional do fomesafen foi ligeiramente mais eficiente que a herbicidação no controle das plantas daninhas, O fomesafen teve um desempenho semelhante para o controle das plantas daninhas nas diferentes lâminas de água (3, 6 e 9 mm), sendo mais eficiente no plantio direto.

- A aplicação seqüencial do fomesafen ao metolachlor via água de irrigação foi tão eficiente quanto a aplicação convencional, independentemente da lâmina de água e do sistema de plantio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEGAS, F. S. Manejo integrado de plantas daninhas em plantio direto na pequena propriedade. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE MANEJO E CONTROLE DE PLANTS DANINHAS EM PLANTIO DIRETO, 2, 1999, Pato Branco, PR. **Resumos...** Editora Aldeia Norte, Passo fundo. 1999. 7-14.
- AHRENS, W. H. (Ed.). **Herbicide handbook**. 7.ed. Champaign: WSSA, 1994. 352p.
- ALLEY, H. P.; HUMBURG, N. E.; GALE, A. F. Sprinkler-applied preemergence herbicide for weed control in corn. In: WESTERN SOC. WEED SCI., 30, 1977, Sacramento, CA, **Proceedings** Logan, Utah: WSSWS, 1977. p.124-125.
- ALMEIDA, F. S. Controle de ervas In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Plantio direto no Estado do Paraná**. 1981, Londrina: Circular IAPAR, 23. 1981. p.101-138.
- ALMEIDA, F. S. **Controle de plantas daninhas em plantio direto**. Londrina: IAPAR 1991. 34p. (Circular Técnica, 67).
- BARNES, C. J.; LAVY, T. L.; TALBERT, R. E. Leaching, dissipation, and efficacy of metolachlor applied by chemigation or conventional methods. **J. Environmental Quality**. v.21, p.232-236, 1992.
- BARROSO, A. L. de L.; BRÁS, A. J. B. P.; MOURA, E.; GUSMÃO, E. C. Efeito de herbicidas em pós-emergência na cultura do feijoeiro no controle de *Euphorbia heterophylla*. In: VI REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6, 1999. Salvador, **Anais...** Salvador: v.1, 1999. p.473-476.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6.ed. Viçosa: Imprensa. Universitária da UFV 1995. 596p.

- BOMBAS HIDRÁULICAS T.M.B. “WP-60” **injectora de fertilizante: modelo 1988; instruções para su instalacion, funcionamento y mantenimiento.** s.l.: s.n., 1988. 11p.
- CAIXETA, T. J. VIEIRA, C.; BARTHOLO, G. F. **A terceira época de plantio do feijão.** Viçosa: UFV, 4p. 1981. (UFV. Informe Técnico, 15).
- CAVINESS, D. M.; TALBERT, R. E.; KLINGAMAN, G. L. Chemigation and spray application of herbicides on container-grown ornamentals. **Weed Technology.** v.2, p.418-422, 1988.
- CHAGAS, J. M. Considerações sobre a cultura do feijão de inverno em minas gerais. **Informe Agropecuário.** Belo Horizonte: EPAMIG, v.17, n.178, 1994. p.6-8.
- CHAGAS, J. M.; VIEIRA, C.; BARTHOLO, G. F. Comportamento da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) no outono-inverno. **Revista Ceres.** Viçosa: Revista Ceres, v.30, n.169, p.224-231, 1983.
- CHRISTIANSEN, J. P. **Irrigation by Sprinkler.** Berkeley: California Agricultural Station, 1942. 124p. (Bulletin 670).
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO-CONAB. **Comparativo de área, produção e produtividade das safras de 1998/1999 e de 1999/2000 em Minas Gerais,** (http://www.conab.gov.br/politica_agricola/safra/avalia.cfm_jul/00) jul/2000.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO-CONAB. **Comparativo de área, produção e produtividade das safras 1999/2000 e 2000/2001,** (http://www.conab.gov.br/politica_agricola/safra/quadro1.xls) jul/2001.
- COSTA, E. F. da.; BRITO, R. A. Métodos de aplicação de produtos químicos e biológicos na irrigação pressurizada. In: COSTA, E. F. da; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. (Eds.) **Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via água de irrigação.** Brasília: EMBRAPA-SPI. 1994. p.85-109.
- CRUTCHFIELD, D. A.; CLARK, R. N.; WIESE, A. P. Deposition of atrazine and trifluralin with sprinkler irrigation. In: SOUTHERN WEED SCI. SOC., 30, 1978., Dallas, Texas, **Proceedings...** Raleigh: SWSS, 1977. p. 428.
- CRUTCHFIELD, D. A.; WIESE, A. F.; THOMASON, R. C. Sprinkler application of some dinitroaniline herbicides. In: NORTH CENTRAL WEED CONTROL CONF., 35, 1980, Omaha, Nebraska, **Proceedings...** Champaign: NCWCC, 1980. p.65-66.
- CRUZ, I.; OLIVEIRA, A. C. Flutuação populacional do predador *Doru luteipes* Scuder em plantas de milho. Sete Lagoas: **Pesquisa Agropecuária Brasileira.** v.32, n.4, p. 363-368, 1997.

- DEUBER, R. **Ciência das plantas daninhas. Fundamentos.** v.1Jaboticabal: FUNEP, 1992. 431p.
- DEUBER, R. **Ciência das plantas infestantes. Manejo.** v. 2. Campinas: IAC, 1997. 285p.
- DEVINE, M.; DUKE, S. O.; FEDTKE, C. **Physiology of herbicide action.** PTR Prentice Hall: Englewood, New Jersey, 1993. 441p.
- DOWELANCO INDUSTRIAL. **No sistema pivô central.** São Paulo: 1992. 17p.
- DOWLER, C. C.; Efficacy of some recently developed herbicides applied through irrigation. In: SOUTHERN WEED SCI, SOC. 46, 1987. Charlotte,. **Proceedings...** Champaign: SWSS, 1993. p.332.
- DOWLER, C. C.; ROHDE, W. A.; FETZER, L. E.; SCOTT Sr., D. E.; SKLANY, T. E.; SWANN, C. W. **The effect of sprinkler irrigation on herbicide efficacy, distribution, and penetration in some Coastal Plain soils.** Athens: Univ. of Georgia, 1982. 27p. (Bull. 281).
- DOWLER, C. C.; SUMNER, H. R. Effect of irrigation volumes and additives on activity of grass herbicides, In: SOUTHERN WEED SCI, SOC. 40, 1993. Orlando, **Proceedings...** Champaign: SWSS, 1987. p.372.
- DOWLER, C. C.; SUMNER, H. R.; CHANDLER, L. D. Conventional and irrigation application of reduced herbicide rates on cotton, soybeans, and peanuts. In: ANNUAL MEETING OF SOUTHERN WEED SCI. SOC., 47, 1994. Dallas, Texas, **Proceedings...** Champaign: SWSS, 1994. p.188-189.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA / CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ E FEIJÃO. **Pérola: tipo carioca, alta produtividade e ampla adaptação.** Goiânia: EMBRAPA/CNPAF, 1996. 5p.
- ENGLER, O. F.; ENGLER, M. O. Manejo e controle de plantas daninhas em em lavouras no Oeste do Paraná. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE MANEJO E CONTROLE DE PLANTS DANINHAS EM PLANTIO DIRETO, 2, 1999, Pato Branco, **Resumos...** Passo fundo: Editora Aldeia Norte, 1999. 15-34.
- FERREIRA, M. C.; MACHADO NETO, J. G. Efeito de aplicações noturnas na redução do volume de calda e dosagem de herbicidas latifoliadidas na cultura da soja (*Glycine max* L. Merrill). In: CONG. BRAS. DE CIENCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21, 1997. Caxambu, **Resumos...** Viçosa: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1997. p.411.
- FONTES, J. R. A.; SILVA, A. A.; LEITE, J. A. O.; VIERA, R. F.; RAMOS, M. M. Aplicação de herbicidas em pós-emergência via água de irrigação na

- cultura do feijão. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6, 1999. Salvador, **Anais...** Salvador: v.1, 1999. p.459-461.
- GALVÃO, J. D.; RODRIGUES, J. J. V.; PURÍSSIMO, C. Sistema de plantio direto e convencional, na cultura do feijão da “seca”, em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Ceres**. Viçosa: Revista Ceres, v.28, n.158, p.412-416, 1981.
- GRAZZIEIRO, D. L. P.; SOUZA, J. F. Manejo integrado de plantas daninhas. In: **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.183-208.
- GUY, C. B.; TALBERT, R.E.; FERGURSON, J. A.; JOHNSON, D. H.; McCLELLAND, M. R. Application of fluazifop-P, haloxyfop, and quizalofop by sprinkler irrigation. **Weed Science**. v.37, p.585-590, 1989.
- HARPER, S. S. Sorption-desorption and herbicide behavior in soil. **Weed Science**. v.6, p.207-225. 1994.
- HEERMANN, D. F.; HEIN, P. R. Performance characteristics of selfpropelled center-pivot sprinkler irrigation system. **Transactions of the ASAE**. v.1, n.1, p.12-15, 1968.
- HEERMANN, D. F.; WALLENDER, W. W.; BOS, M. G. Irrigation efficiency and uniformity. In: HOFFMAN et al. (Eds.) **Management of farm irrigation systems**, 1990. p.125-149.
- HESS, F. D. Relationship of plant morphology to herbicide application and absorption. In: McWHORTER, C. G.; GEBHARDT, M. R. (Eds.). **Methods of applying herbicides**. Champaign: WSSA, p.19-35, 1987. (Monograph, n.4).
- HOOKE, J. E.; DAVIS, J. G.; DOWLER, C. C.; GASCHO, G. J. Chemigation as an alternative for weed and nutrient management in reduced tillage cotton. In: **Georgia Cotton Research - Extension Service**. Tifton: University of Georgia Cooperative Extension Service/Rural Development Center, 1993. p.78-82.
- HORNSBY, A. G.; WAUCHOPE, R. D.; HERNER, A. E. **Pesticide properties in the environment**. New York: Springer, 1996. 227p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (I.B.G.E.). **Levantamento sistemático da produção agrícola** (<http://www1.ibge.gov.br/ibge/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.shtm>). jun/2001.
- JOHNSON, A. W.; YOUNG, J. R.; THREADGILL, E. D.; DOWLER, C. C.; SUMNER, D. R. Chemigation for crop production management. **Plant Disease**, v.70, n.11, p.998-1002, 1986.

- KOSKINEN, W. C.; HARPER, S. S. Herbicide properties and processes affecting application. In: McWHORTER, C. G.; GEBHARDT, M. R. (Eds.). **Methods of applying herbicides**. Champaign: WSSA, 1987. p.9-18.
- LEITE, J. A. O.; RAMOS, M. M.; FONTES, J. R. A.; VIERA, R. F.; SILVA, A. A.da. Aplicação do herbicida fomesafen, com e sem óleo, em três lâminas de água na cultura do feijão. In: VI REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6, 1999. Salvador, **Anais...** Salvador: v.1, 1999. p.462-464.
- LORENZI, H. (Coord.) **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. Nova Odessa: Plantarum, 2000. 339p.
- LOSADA, A.; JUANA, L.; ROLDÁN, J. Operational diagrams for irrigation management. **Agricultural water management**, v.18, p.289-300, 1990.
- MANTOVANI, E. C.; RAMOS, M. M. Manejo da irrigação. In: COSTA, E. F. da.; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. (Eds.) **Quimigação – aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação**. Brasília: EMBRAPA/SPI, 1994. p.129-158.
- MERRIAN, J. L. KELLER, J.; ALFARO, J. **Irrigation: system evaluation and improvement**. Logan: Utah State University, 1973. 271p.
- MERRIAN, J. L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan: Utah State University, 1978. 270p.
- MOREIRA, J. A. A.; STONE, L. F. Calibração. In: COSTA, E. F. da.; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. (Eds.) **Quimigação – aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação**. Brasília: EMBRAPA/SPI, 1994. p.159-181.
- OGG Jr., A. G. A sprinkler system for research on applying herbicides in irrigation water. **Weed Science**. v.28, p.201-203, 1980.
- OGG Jr., A. G. Application of herbicides through irrigation systems in vegetable crops. In: CALIFORNIA WEED CONF.,36, 1994. **Proceedings...** San Jose: 1994. p.95-97.
- OGG Jr., A. G. Applying herbicides in irrigation water - a review. **Crop protection**, v.5, n.1, p.53-65, 1986.
- OGG Jr., A. G.; DOWLER, C. C. ; MARTIN, A. R.; LANGE, A. H.; HEIKES, P. E. **Application of herbicides through irrigation systems**. Washington: U.S. Department of Agriculture, 1983. 8p.
- OGG Jr., A. G.; DOWLER, C. C. Applying herbicides through irrigation systems. In: McWHORTER, C. G.; GEBHARDT, M. R. (Eds.). **Methods of applying herbicides**. Champaign: Weed Science Society of America, 1988. p.145-164. (Monograph, n.4).

- OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. **Relação entre propriedades químicas e físicas do solo e sorção, dessorção e potencial de lixiviação de herbicidas.** Viçosa, MG: UFV, 1998. 83p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1998.
- PEREIRA, A. L.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Manejo da irrigação em plantio direto: cobertura do solo. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6, 1999. Salvador, **Anais...** Salvador: v.1, 1999. p.451-454.
- RIBEIRO, A. C.; QUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Eds.) Comissão de fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação.** Viçosa, MG: Imprensa Universitária da UFV, 1999. 359p.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. L. S. **Guia de herbicidas.** 4.ed. Londrina, Edição dos Autores, 1998. 648p.
- RUEDELL, J. **Plantio direto na região de Cruz alta.** Cruz Alta: FUNDACEP/Basf, 1995. 134p.
- SANTOS, M. L. dos.; BRAGA, M. J. In: VIEIRA, C.; DE PAULA JR., T. J.; BORÉM, A. (Ed.) **Feijão – Aspectos gerais e cultura no Estado de Minas Gerais..** Viçosa: Editora UFV, 1998. p.19-53.
- SENIKER, I. Spatial water distribution in sprinkler irrigation. **Advances in irrigation**, v.4, p.119-168, 1987.
- SHANER, D. L. Effect of environment on persistence and movement of herbicides in plants. In: COMPARING GLASSHOUSE AND FIELD PESTICIDE PERFORMANCE. 2, 1994. Canterbury, Univ. of Kent, **Proceedings...** Farmhand: British Crop Protection Council, 1994. p.129-138. (BCPC Monograph, 59).
- SILVA, A. A. da.; SILVA, J. F. da.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R. (Tutores). Controle de plantas daninhas - Herbicidas: Classificação e mecanismo de ação. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO AGRÍCOLA SUPERIOR. **Curso de proteção de plantas.** Brasília: ABEAS; Viçosa: UFV, 2001. Módulo 3, p. 59-126.
- SILVA, J. S.; KARAM, D.; COSTA, E. F. Herbificação. In: COSTA, E. F.; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. (Ed.). **Quimificação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação.** Brasília: EMBRAPA/SPI, 1994. cap. 12, p.281-308.
- SMITH, D. T.; BERNER, R. C.; WALTER, J. P. Nitratin and trifluralin incorporation by rainfall and irrigation. **Weed Res.** v. 13, p. 359-366, 1973.
- SOARES, A. A.; RAMOS, M. M.; LUCATTO JÚNIOR, J. Uso racional de energia elétrica em sistemas de irrigação tipo pivô central no Estado de Minas

- Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22, 1993. Ilhéus, **Anais...** Ilhéus: 1993. p.2688-2702.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas.** Londrina: SPCPD, 1995. 42p.
- SOLOMON, K. H. Yield related interpretations of irrigation uniformity and efficiency measures. **Irrigation Science**, v.5, n.3, p.161-172, July 1984.
- STONE, K. C.; STASENLL, J. R.; YOUNG, J. R. Insecticide distribution through an irrigated canopy. **Transactions of the ASAE**. v.37, n.1, p.135-138, 1994.
- SUMNER, H. R. Effect of irrigation volumes and additives on activity of grass herbicides. In: SOUTHERN WEED SCI. SOC., 46, 1993. Charlotte, North Carolina, **Proceedings...** Champaign: SWSS, 1993. p.332.
- THE SOCIETY FOR ENGINEERING IN AGRICULTURAL, FOOD, AND BIOLOGICAL SYSTEMS – ASAE. **Test procedure for determining the uniformity of water distribution of center pivot, corner pivot, and moving lateral irrigation machines equipped with spray or sprinkler nozzles** Standards S436. St. Joseph-MI, Dec. 1995.
- THREADGILL, E. D. Advances in irrigation, fertigation and chemigation. In: EXPERT CONSULTATION ON FERTIGATION/CHEMIGATION, 1991. Cairo, **Proceedings...** Rome: FAO, 1991b. p.136-155.
- THREADGILL, E. D. Chemigation and plant protection. In: EXPERT CONSULTATION ON FERTIGATION/CHEMIGATION, 1991. Cairo, **Proceedings...** Rome: FAO, 1991a. p.30-44.
- THREADGILL, E. D. Chemigation via sprinklers irrigation: current status and future development. **Applied Engineering in Agriculture**. v.1, n.1, p.16-23, 1985a.
- THREADGILL, E. D. Current status and future of chemigation. In: NACIONAL SYMPOSIUM ON CHEMIGATION, 3, 1985, Tifton. **Proceedings...** Tifton: Rural Development Center, 1985b. p.1-12.
- TOMLIN, C. (Ed.). **The pesticide manual**. 10.ed. Cambridge: The Royal Soc. of Chemistry, 1994. 1341p.
- VIEIRA, C. **A cultura do feijão**. Viçosa: UFV, 1983. 146p.
- VIEIRA, C. ARAÚJO, G. A.; CHAGAS, J. M. Efeitos das datas de plantio sobre o feijão cultivado no outono-inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília: PAB, v.26, n.6, p.863-873, 1991.

- VIEIRA, R. F. In: VIEIRA, C.; DE PAULA JR., T. J.; BORÉM, A. (Eds.) **Feijão – Aspectos gerais e cultura no Estado de Minas Gerais**. Viçosa: Editora UFV, 1998. p.221-266.
- 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: CONG. BRAS. DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 14, 1994. Viçosa, **Palestras...** Viçosa, UFV, 1994. p.176.
- 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 Gerais**. Viçosa: UFV, 1998. Cap. 10, p. 267-323.
- WANAMARTA, G.; PENNER, D. Foliar absorption of herbicides. **Review Weed Science**. v.4, p. 215-231, 1989.
- WEBER, J. B.; LOWDER, S. W. Soil factors affecting herbicide behavior in reduced-tillage systems. In: WIESE, A. F. (Ed.). **Weed control in limited-tillage systems**. Champaign: WSSA, 1985. 297p.
- WESLEY, R. A.; ELMORE, C. D. Soybean production systems with chemigation in the Mississippi Valley area: preliminary results. In: SOUTHERN WEED SCI. SOC., 40, 1987. Orlando, **Proceedings...** Champaign: SWSS, 1987. p.43.
- WIESE, A. F. Research and experience with herbigation in west Texas. In: NAT. SYMP. ON CHEMIGATION, 1, 1981. Tifton, Georgia, **Proceedings...** Tifton: Rural Development Center, 1981. p.26-31.
- WIESE, A. F.; TURNER, W. E. Herbicide application with sprinkler irrigation. In: SOUTHERN WEED SCI. SOC., 31, 1978. New Orleans, Louisiana, **Proceedings...** Auburn: SWSS, 1992. p.100.

APÉNDICE

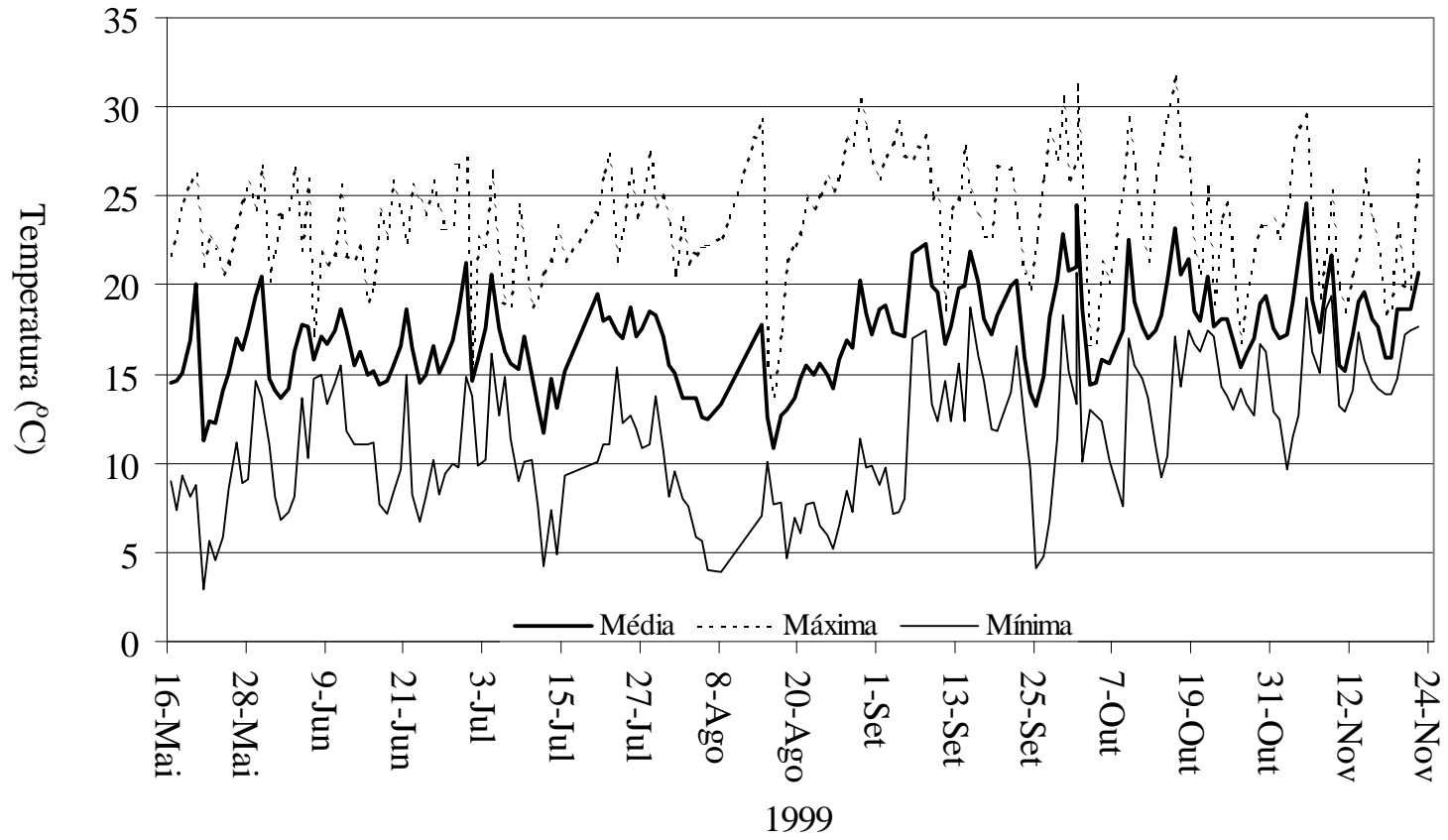


Figura A1. Temperaturas médias, máximas e mínimas observadas durante a realização dos experimentos.

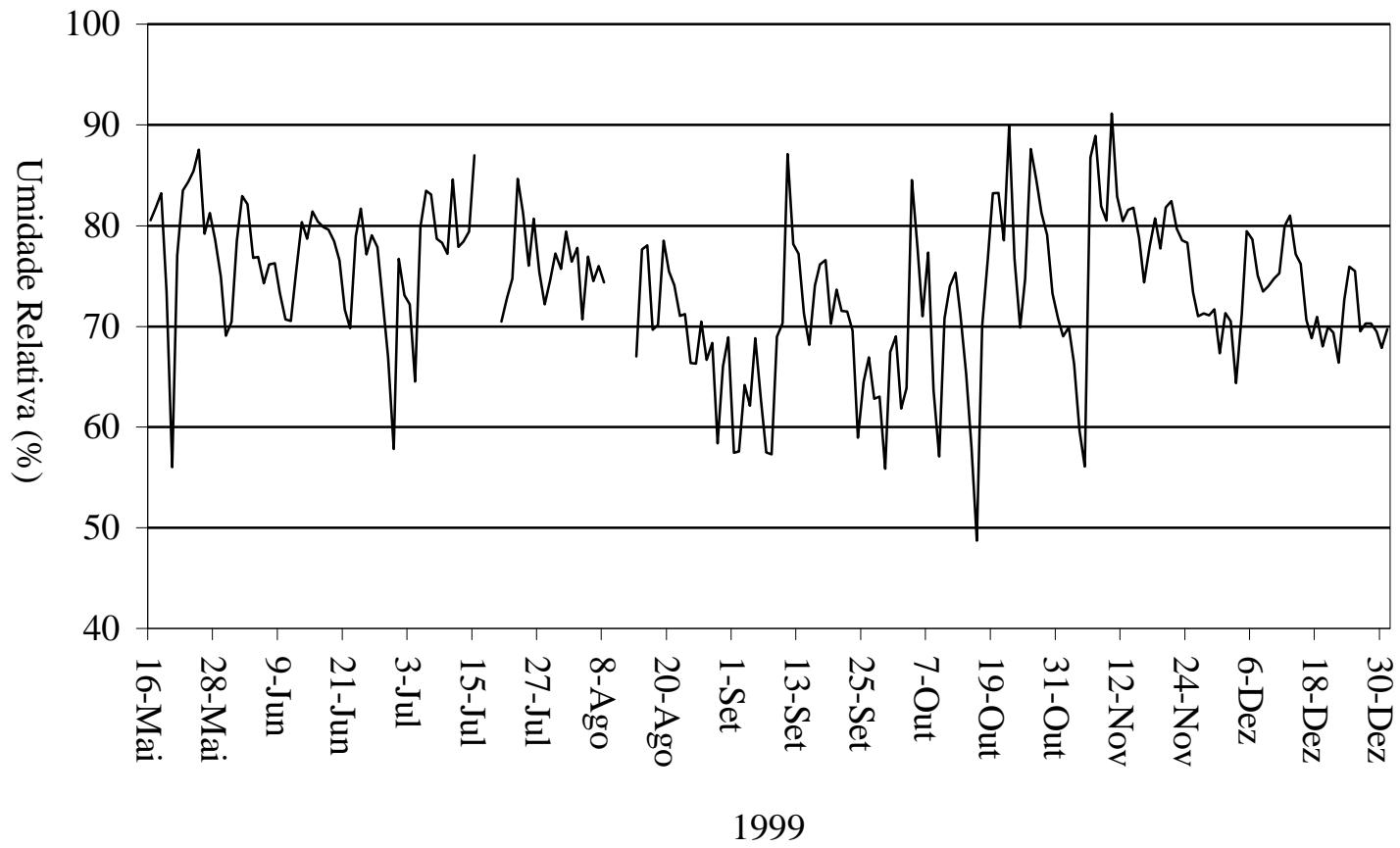


Figura A2. Umidade relativa do ar observada durante a realização dos experimentos.

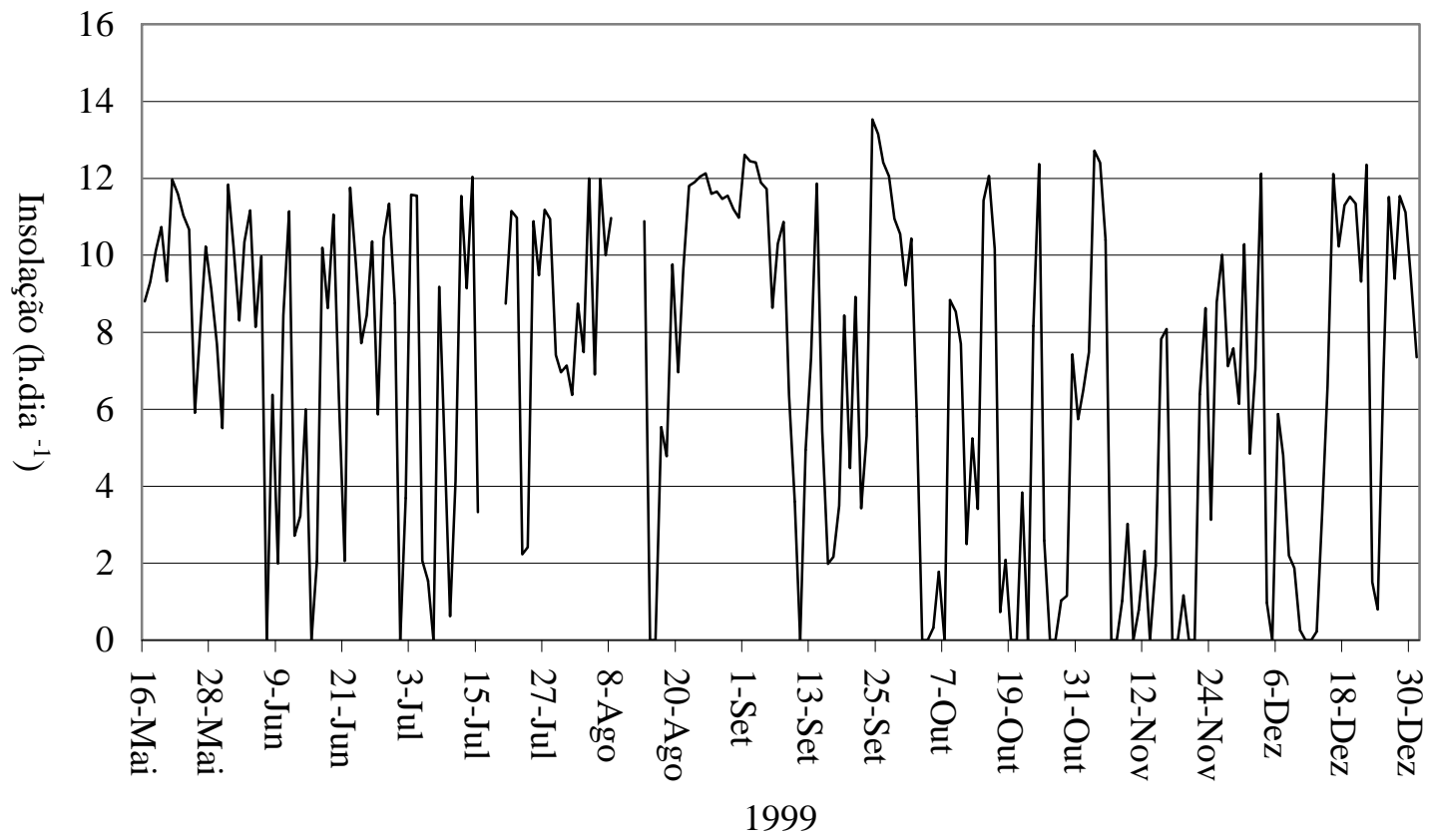


Figura A3. Insolação observada durante a realização dos experimentos.

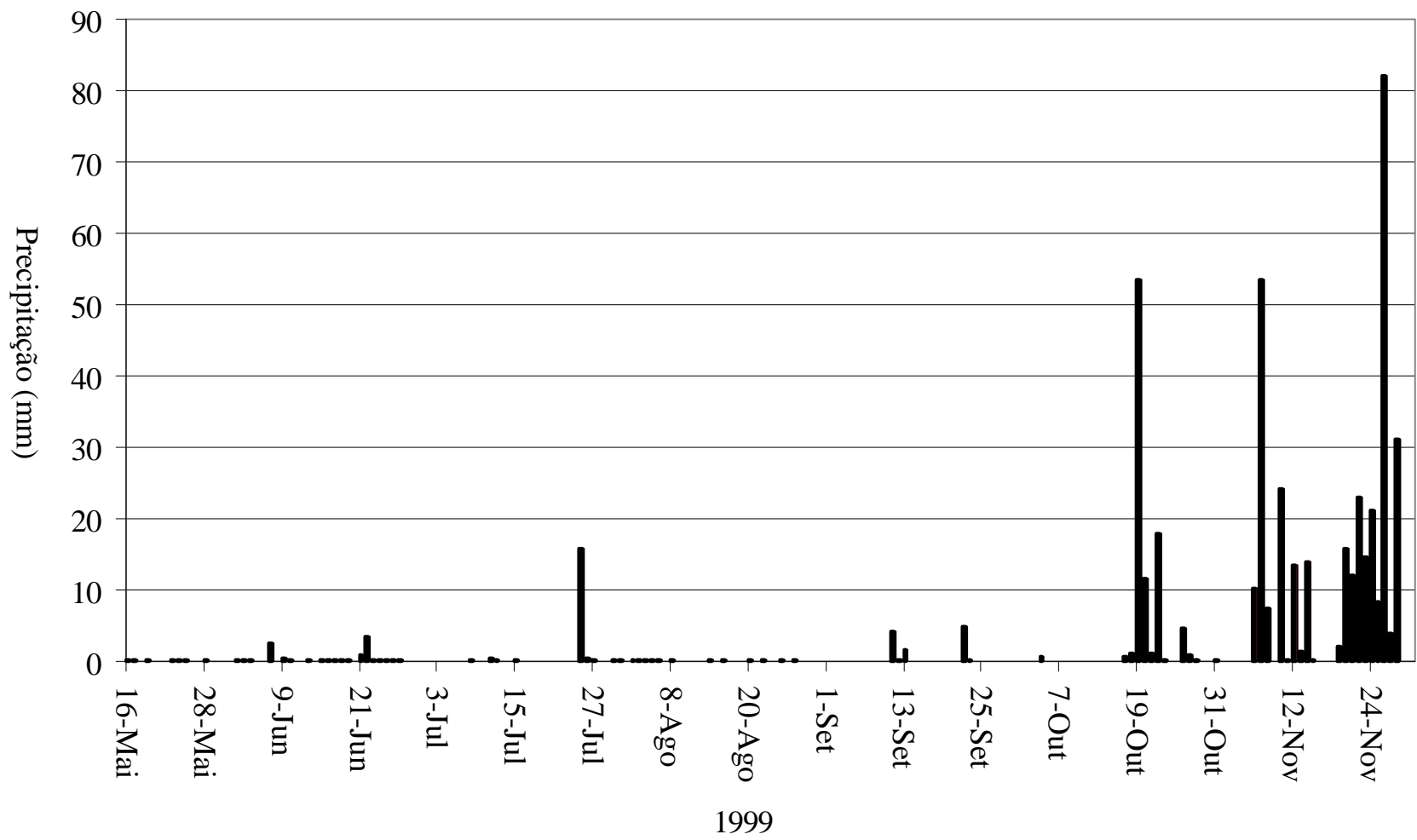


Figura A4. Precipitação observada durante a realização dos experimentos.

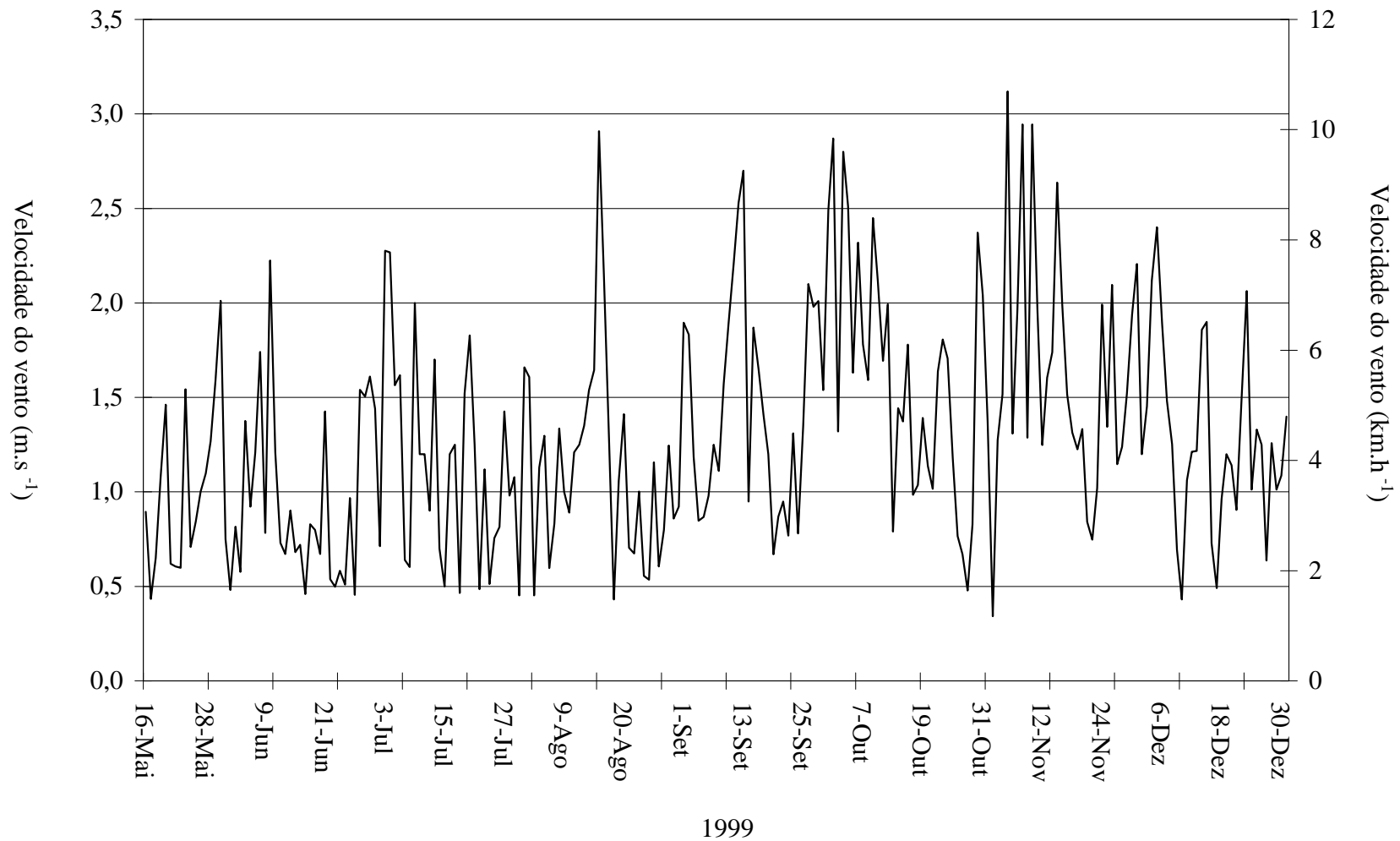


Figura A5. Velocidade do vento observada durante a realização dos experimentos.