

JOSÉ ALBERTO ALVES DE SOUZA

DESEMPENHO DE SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO E  
EFICIÊNCIA DA INSETIGAÇÃO COM IMIDACLOPRID NO CONTROLE  
DO BICHO-MINEIRO (*Perileucoptera coffeella*) NO CAFEEIRO

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

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2002

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

T

S729d  
2002

Souza, José Alberto Alves, 1963-

Desempenho de sistema de irrigação por gotejamento e eficiência da insetigação com imidacloprid no controle do bicho-mineiro ( *Perileuoptera coffeella* ) no cafeeiro / José Alberto Alves Souza. – Viçosa : UFV, 2002.  
41p. : il.

Orientador: Márcio Mota Ramos  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Viçosa

1. Quimigação. 2. Irrigação por gotejamento - Uniformidade de aplicação de água. 3. Café - Doenças e pragas - Controle. 4. Imidacloprid - Uso. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 19.ed. 631.587

CDD 20.ed. 631.587

JOSÉ ALBERTO ALVES DE SOUZA

DESEMPENHO DE SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO E  
EFICIÊNCIA DA INSETIGAÇÃO COM IMIDACLOPRID NO CONTROLE  
DO BICHO-MINEIRO (*Perileucoptera coffeella*) NO CAFEEIRO

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

APROVADA: 3 de abril de 2002

---

Dr. Rogério Faria Vieira  
(Conselheiro)

---

Prof. Rubens Alves de Oliveira

---

Prof. Paulo Sérgio Lourenço de  
Freitas

---

Dr. Maurício Bernardes Coelho

---

Prof. Márcio Mota Ramos  
(Orientador)

Aos meus filhos Gabriel e Camila e à minha querida esposa Celma.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por me acolher em todas as dificuldades.

À minha família, pelo incentivo e por sua cota de sacrifício na realização deste trabalho.

Aos meus pais, pelo incentivo na busca do conhecimento.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

À Universidade Federal de Viçosa, por meio do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA), pela oportunidade e pelos conhecimentos ministrados.

Ao Professor Márcio Mota Ramos, pela amizade e orientação no decorrer do Curso.

Aos meus conselheiros Rogério Faria Vieira, Marcelo Coutinho Picanço e Everardo Chartuni Mantovani, pela colaboração e pelas sugestões no desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus colegas do Programa de Pós-Graduação, pela amizade, pelo incentivo e pela colaboração no desenvolvimento desta pesquisa.

Aos funcionários e professores do DEA, pelo apoio durante o Curso.

À Fazenda Vista Alegre, por ceder suas instalações para a realização deste trabalho e pelo apoio logístico e operacional durante sua execução.

Aos funcionários da Fazenda Vista Alegre, em especial ao Engenheiro-Agrônomo Alexandre Gonzaga, pela colaboração e amizade.

Aos meus amigos Élio, Salomão e Júlio César e a todos os meus colegas do Laboratório de Hidráulica, pela colaboração ao longo dos trabalhos.

Aos meus companheiros de república Roberto, Álisson e Luizinho, pelo convívio diário.

A todas as pessoas que contribuíram, de forma direta ou indireta, para a realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

JOSÉ ALBERTO ALVES DE SOUZA, filho de José Alves de Souza e Cidelice Alves de Souza, nasceu na cidade de Janaúba, Minas Gerais, em 13 de dezembro de 1963.

Em 1982, iniciou o Curso de Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, diplomando-se em janeiro de 1986.

Em setembro de 2000, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de Mestrado, em Engenharia Agrícola, área de concentração em Irrigação e Drenagem, na UFV, submetendo-se à defesa de tese em abril de 2002.

## CONTEÚDO

RESUMO .....	vii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1. Café.....	5
2.2. Quimigação.....	9
2.3. Uniformidade de distribuição de água.....	15
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	20
3.1. Avaliação do sistema de irrigação.....	21
3.2. Insetigação.....	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4.1. Desempenho do sistema de irrigação.....	27
4.2. Desempenho da insetigação.....	34
5. RESUMO E CONCLUSÕES.....	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37

## RESUMO

SOUZA, José Alberto Alves, M. S., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2002. **Desempenho de sistema de irrigação por gotejamento e eficiência da insetigação com imidacloprid no controle do bicho-mineiro (*Perileuoptera coffeella*) no cafeeiro.** Orientador: Márcio Mota Ramos. Conselheiros: Rogério Faria Vieira, Everardo Chartuni Mantovani e Marcelo Coutinho Picanço.

O presente estudo foi conduzido na Fazenda Vista Alegre, no município de Jaboticatubas, MG, com o objetivo de avaliar o desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento instalado em uma área cultivada com café Catuaí Vermelho, a eficiência da insetigação por gotejamento no controle do bicho-mineiro (*Perileuoptera coffeella*) e a redução da dosagem recomendada de um produto na insetigação. Na avaliação do desempenho do sistema de irrigação, utilizou-se a metodologia proposta por KELLER e KARMELI (1974) modificada por DENÍCULI et al. (1980). Foram feitas três avaliações do sistema, sendo a primeira antes de qualquer alteração no sistema. Após essa primeira avaliação, a pressão de operação do sistema foi aumentada e, então, feita a segunda avaliação. Depois dessa avaliação, procedeu-se à limpeza da tubulação, com injeção de ácido fosfórico, e, após 15 dias, realizou-se um segundo procedimento de limpeza, com injeção de hipoclorito de sódio juntamente com o ácido

fosfórico. Após a lavagem do sistema, foi feita a terceira avaliação. Para avaliação do desempenho da insetigação, foi aplicado o inseticida imidacloprid via água de irrigação e via pulverização convencional, com três doses em cada método de aplicação (100%, 75% e 50% da dose recomendada), mais a testemunha, que não recebeu inseticida. A infestação da praga foi avaliada pela contagem de folhas minadas e com larvas vivas. Foram retiradas 10 folhas de cada planta, do 3° ou 4° par do terço médio da planta, em 10 plantas por parcela. Avaliou-se a infestação da praga antes da aplicação do inseticida e 15, 30, 45, 60 e 85 dias após a aplicação. Os resultados permitiram concluir que o coeficiente de uniformidade de distribuição de água do sistema de irrigação melhorou significativamente após os procedimentos de limpeza, evidenciando-se a eficácia da limpeza do sistema no desentupimento dos emissores; a insetigação foi mais eficiente que a pulverização convencional no controle do bicho-mineiro do cafeeiro; e a insetigação foi eficiente no controle da praga quando se utilizou 50% da dose recomendada, enquanto a pulverização convencional, com a mesma dose, não proporcionou controle sobre a infestação desse inseto.

## ABSTRACT

SOUZA, José Alberto Alves, M. S., Universidade Federal de Viçosa, april, 2002.  
**Performance of drip irrigation system and efficiency of the insectigation with imidacloprid in the control of the coffee leaf miner (*Perileucoptera coffeella*).** Adviser: Márcio Mota Ramos. Committee members: Rogério Faria Vieira, Everardo Chartuni Mantovani and Marcelo Coutinho Picanço.

This study was carried in Fazenda Vista Alegre, in district of Jaboticatubas, MG, to evaluate: the performance of a drip irrigation system installed in a Red Catuai coffee cropping area; the efficiency of insectigation by drip irrigation to control miner worm (*Perileucoptera coffeella*) and the reduction of the recommended dose of a product in the insectigation. To evaluate the drip irrigation system performance, it was used the methodology proposal by KELLER & KARMELI (1974) modified by DENÍCULI et al. (1980). Three valuations of the system were making. The first valuation was makes before any modification in the system. After first evaluate, the head emitters were increased and, after that, a second valuation was makes. After second valuation, a network cleaning procedure was making through injection of phosphoric acid in the network. After 15 days, a second network cleaning procedure was making through injection of both phosphoric acid and sodium hipochlorite. After wash of the system, a third valuation was makes. To evaluate the insectigation performance, the insecticide imidacloprid was applied through both irrigation water and conventional application system, with three doses for each application method (100%, 75% and 50% from recommended dose), beyond the witness, that which do not received insecticide. The insect pest infesting was evaluates by

counting of mined leaves and with live worms in 100 samples, that were collected in each plot by taking 10 leaves from 10 plants from plot. The leaves were taken from 30. or 40. pairs from medium or higher plant third part. The insect pest infestation was evaluated immediately prior to the application and 15, 30, 45, 60 and 85 days after insecticide application. The results obtained allowed conclude that irrigation system water distribution uniformity coefficient was meaningfully improved after cleaning procedures, evidencing the efficiency of the system cleaning to unblock the emitters; the insectigation was more efficient than conventional application system to control miner worm of the coffee plant; the insectigation was efficient to control the insect pest, when used 50% of the recommended dose, nevertheless the conventional application system, with equal dose, do not control the insect pest infest.

## 1. INTRODUÇÃO

O café é uma das bebidas mais consumidas no mundo e uma das principais “commodities” financeiras. O agronegócio "café" apresenta clara distinção entre países produtores e consumidores, sendo o Brasil o único país que está dos dois lados desse agronegócio. É o maior produtor e o segundo maior consumidor mundial. Até recentemente, os países produtores, reunidos na Organização Internacional do Café (OIC), controlavam os preços internacionais, mas, atualmente, esse controle tem sido definido pela lei da oferta e da procura, com clara influência dos consumidores. A cafeicultura mundial está em processo de expansão desde meados da década de 90. Em 1995 foram produzidas aproximadamente 89 milhões de sacas, enquanto na safra de 2000/2001 a produção foi de 115 milhões de sacas. Porém, a demanda tem se mantido estável em aproximadamente 110 milhões de sacas (CAIXETA, 2001).

O Brasil tem ao redor de 2,5 milhões de hectares cultivados com café, com aproximadamente 5,5 bilhões de cafeeiros, que deverão produzir na safra de 2001/2002, segundo estimativa da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), citada por CAIXETA (2001), 27,4 milhões de sacas. Estas, somadas aos estoques públicos e privados, constituirão uma oferta de 41,4 milhões de sacas. Com essa quantidade, somada à crescente produção asiática, projeta-se um longo ciclo de baixos preços para o café, que poderá se estender até 2007.

Devido ao seu processo produtivo (cultura perene, período longo até a primeira produção, alto custo, ciclo fisiológico com um ano de alta produção seguido de um de baixa), a cafeicultura brasileira tem, historicamente, ciclos de preços baixos e altos. Preços altos, como os de meados da década passada, estimulam novos investimentos, que geram aumento da área plantada e da produção. Isso leva a preços baixos como os atuais, provoca retração de investimentos, com erradicação e abandono de áreas, diminuição de tratamentos culturais e da adubação, o que conduz novamente à queda da produção e à conseqüente elevação dos preços.

Em virtude da crescente participação de outros países no comércio mundial, as exportações brasileiras têm diminuído, e isso está contribuindo para que o atual ciclo de preços baixos seja mais duradouro. Nessa conjuntura, o produtor brasileiro só permanecerá no mercado se for competitivo. Para garantir essa competitividade, o cafeicultor deverá ser organizado, aprimorar conhecimentos, investir em tecnologia para garantir maior produtividade e melhor qualidade, oferecer produto diferenciado para atingir novos mercados, como o de cafés especiais, enfim, tornar sua atividade lucrativa. Do contrário, engrossará as fileiras dos que abandonaram a atividade, contribuindo para a queda de produção e o aumento dos preços, que serão bem-vindos para os que permanecerem na atividade.

Dentre as tecnologias que possibilitam o aumento de produtividade e a melhoria da qualidade, a irrigação é uma das principais e permite, inclusive, cultivo em áreas historicamente consideradas marginais para a cultura, em razão do déficit hídrico superior ao tolerado pela cultura. O controle adequado de pragas e doenças que afetam a produtividade e a qualidade do café, bem como adubações balanceadas, constitui também prática importante. No Brasil, a cafeicultura irrigada vem se expandindo rapidamente, atingindo novas fronteiras agrícolas, com altas produtividades e café de boa qualidade. O crescente uso da irrigação tem permitido a adoção de novas tecnologias, como a quimigação, ou seja, a aplicação de produtos químicos na lavoura via água de irrigação. Muitos fertilizantes, herbicidas, fungicidas, inseticidas e produtos biológicos têm sido

aplicados com sucesso nas lavouras, tendo como veículo a água de irrigação. O uso dessa tecnologia tem sido crescente pelas vantagens apresentadas em relação aos métodos convencionais de aplicação. As principais vantagens da quimigação são a redução dos custos de aplicação, a menor compactação do solo e danos mecânicos à cultura pela diminuição do tráfego de veículos na área, a menor exposição do aplicador aos produtos tóxicos, a melhor incorporação dos produtos que visam o solo, a possibilidade de aplicação em qualquer estágio da cultura e o potencial de redução de doses do produto (em alguns casos). Dependendo do produto a ser aplicado, a quimigação tem nomes específicos, como fertirrigação, herbicidação, fungicidação, bioinseticidação e inseticidação. No caso específico da cafeicultura, há ainda a vantagem da facilidade de distribuição do defensivo, independentemente da altura dos cafeeiros. No caso da inseticidação, existe ainda a possibilidade de se reduzir a dose do produto quando a aplicação é feita via água de irrigação.

A inseticidação pode ser realizada com diferentes métodos de irrigação. No entanto, os métodos de irrigação por superfície e localizada só permitem a quimigação de produtos que visam o solo. No entanto, a irrigação por aspersão permite a quimigação com produtos que visam tanto o solo quanto as folhas. Na irrigação por aspersão, é importante que a folhagem proporcione cobertura do vão entre as fileiras de plantas, para evitar que parte do produto seja aplicada diretamente no solo descoberto, o que traria desperdício de defensivo e maior contaminação do solo. Por isso, no caso da cafeicultura, a inseticidação via pivô-central só seria viável em plantios adensados e já com certo desenvolvimento das plantas, ou com o uso do LEPA (“Low Energy Pressure Application”). A adaptação do LEPA no pivô-central permite aplicar a água de irrigação apenas sobre as fileiras das plantas. No caso da irrigação por gotejamento, há a possibilidade de aplicar inseticidas sistêmicos via água de irrigação, com possibilidade ainda de redução na dose utilizada em relação ao produto aplicado em grânulos ou em jato dirigido.

Em qualquer método de irrigação utilizado para se realizar a quimigação, é de fundamental importância que o sistema tenha boa uniformidade de

distribuição de água. A uniformidade de distribuição do produto químico está diretamente ligada à uniformidade da distribuição de água. Por isso, os sistemas de irrigação mais adequados à quimigação são o gotejamento e a aspersão por pivô-central, sistemas mais utilizados na cafeicultura irrigada. No entanto, mesmo sistemas com potencial para aplicar água com boa uniformidade de distribuição podem apresentar uniformidade ruim. Entre os principais fatores que possibilitam boa uniformidade de distribuição de água de um sistema de irrigação estão: dimensionamento e manejo adequados e correta manutenção do equipamento.

A informação sobre eficiência de insetigação em irrigação por gotejamento é limitada no mundo e quase inexistente no Brasil. Embora alguns produtores já tenham na quimigação uma ferramenta para aplicação de produtos químicos na lavoura, pouco se sabe sobre as condições em que esta quimigação está sendo realizada, principalmente quanto à uniformidade de distribuição de água pelo sistema de irrigação.

No Brasil, o bicho-mineiro (*Perileucoptera coffeella*) é a principal praga do cafeeiro. Seus danos são causados pela diminuição da área foliar. Em casos drásticos, há redução de mais de 50% da área foliar. Quanto à queda de rendimento, ela pode ficar entre 30% e 80%. Seu controle tem sido feito com aplicação de inseticida quando o ataque atinge certo nível crítico. O controle biológico existe naturalmente, podendo atingir controles médios da praga ao redor de 30%. Na maior parte das regiões brasileiras, os ataques mais severos ocorrem nos meses secos e quentes, entre agosto e novembro; em algumas regiões, há um segundo período de ataque, entre janeiro e abril, devido ao veranico ocorrido nessa época.

Assim, o presente estudo teve por objetivo avaliar o desempenho do sistema de irrigação quanto à uniformidade de distribuição de água e à eficiência da insetigação no controle do bicho-mineiro usando inseticida imidacloprid, aplicado via irrigação por gotejamento, bem como a possibilidade de redução da dose do inseticida em condições de campo.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Café

O cafeeiro pertence ao grupo das Fanerógamas, classe Angiosperma, subclasse Dicotiledônea, ordem Rubiales, família Rubiácea, tribo Coffeae, subtribo Coffeinae e gênero *Coffea*.

O gênero *Coffea* divide-se em quatro seções, sendo a seção Eucoffea, de origem africana, a mais importante. Ela se divide em duas subseções, sendo a subseção Erythrocoffea, na qual estão as espécies *C. arabica* e *C. canephora*, a única explorada comercialmente no mundo (MATIELLO, 1991).

Essas espécies têm porte arbustivo ou arbóreo, caule lenhoso, lignificado, reto e quase cilíndrico. Ramos dimórficos em relação à direção do seu crescimento, com os ramos ortotrópicos crescendo na vertical e os plagiotrópicos na lateral. As folhas são opostas, inteiras, coriáceas e persistentes. Nas axilas das folhas dos ramos laterais são formadas as gemas florais, que dão origem à floração. As flores são hermafroditas. O fruto é uma drupa, geralmente com duas sementes chatas. O sistema radical é pivotante, com 70% das raízes localizadas até 40 cm de profundidade no solo.

No Brasil existem 5,528 bilhões de cafeeiros plantados em 2,485 milhões de ha, sendo a produção estimada para a safra de 2001/2002 de 27,4 milhões de sacas. Existem 8,5 milhões de sacas remanescentes da safra de 1999/2000 e 5,48 milhões de sacas em estoques governamentais, totalizando 41,4 milhões de

sacas. Dessas, 17,7 milhões devem ter sido vendidas até o início de 2002, restando 23,7 milhões de sacas, das quais se estima que restarão ainda 6 milhões em junho de 2002. O agronegócio café movimenta anualmente, no Brasil, aproximadamente US\$ 3,4 bilhões, segundo estimativa da CONAB/MARA (2001), citada por CAIXETA (2001).

O café é produzido em quase todas as regiões brasileiras, sendo 77% no Sudeste. Minas Gerais é o maior produtor, com 43% da produção nacional em 2000 (TEIXEIRA e MILHOMEM, 2001).

Praticamente, todo o café cultivado comercialmente no mundo provém de duas espécies: *Coffea arabica* L. (café arábica) e *C. canephora* Pierre (café canéfora). Da espécie *C. canephora*, a variedade mais cultivada no Brasil é a *kouillou*, conhecida como conilon (DAMATTA e RENA, 2001).

Da espécie *Coffea arábica*, a variedade mais cultivada no mundo é a *Coffea arabica* L. var. arábica, e os principais cultivares plantados no Brasil são Mundo Novo, Acaiá, Catuaí Vermelho, Catuaí Amarelo e Icatu (THOMAZIELLO et al., 1999).

O canéfora pode suportar melhor que o arábica pequenos períodos de estiagem, com reflexos positivos sobre a produção, ao passo que o arábica mantém o estado hídrico das plantas por mais tempo, com reflexos positivos sobre a sobrevivência delas após longos períodos de estiagem (DAMATTA e RENA, 2001).

Segundo THOMAZIELLO et al. (1999), as regiões com deficiência hídrica anual inferior a 150 mm são aptas para a cafeicultura; as regiões com deficiência entre 150 e 200 mm são marginais, e as com deficiência superior a 200 mm são inaptas. Nas regiões marginais e inaptas, a irrigação pode ser usada para suprir a deficiência hídrica e permitir aumento considerável de produtividade, como na região de Barreiras, BA, onde alguns produtores têm conseguido produtividade de até 120 sacas de café beneficiado ha<sup>-1</sup>.

Irrigação é prática recente na cafeicultura brasileira, uma vez que quase toda a área plantada se encontrava em áreas com pouco ou nenhum déficit hídrico.

ALVES (1999) relatou que a irrigação produziu efeitos positivos sobre diâmetro do caule, diâmetro da copa, comprimento e número de ramificações secundárias do primeiro ramo plagiotrópico e produtividade. Verificou aumento de até 54,9% da produtividade quando foi aplicada a lâmina de 100% de reposição da evaporação do Tanque Classe A, em cafeeiro plantado no município de Lavras, MG, localizado em região considerada apta para a cafeicultura.

Todos os métodos de irrigação podem ser usados na cafeicultura, porém os mais utilizados são aspersão, principalmente por pivô-central, e localizada, em especial o gotejamento. Este vem tendo crescimento significativo recentemente, devido à alta eficiência do sistema e à conseqüente economia de água e energia, além de permitir a quimigação com produtos que são, ou podem ser, aplicados no solo.

A cultura do café é suscetível à grande variedade de pragas, que atacam as diversas partes da planta: raízes, ramos, folhas, flores, frutos e sementes. No Brasil, as mais importantes são o bicho-mineiro, a broca-do-café e os nematóides (MATIELLO, 1991).

No Brasil, o bicho-mineiro (*Perileucoptera coffeella* – Guérin-Méneville, 1842 – Lepidoptera: Lyonetiidae) é, atualmente, a principal praga do cafeeiro, devido aos enormes prejuízos que vem causando às lavouras. É uma praga exótica, de origem africana. O adulto é uma pequena mariposa, de cor branco-prateada, que, durante o dia, fica escondida entre as folhagens. Ao entardecer aparece voando próximo à copa do cafeeiro. As fêmeas realizam a postura sobre a parte superior das folhas. Cada mariposa põe, em média, 36 ovos em um período de até 25 dias. Os ovos são pequenos e translúcidos e eclodem sobre as folhas. As lagartas nascidas penetram no limbo foliar e se alimentam do tecido entre as epidermes, deixando um vazio à medida que a lagarta cresce e caminha, dando origem às minas que deram nome ao inseto. As lagartas atingem 4 a 5 mm de comprimento, são de cor creme, transparentes e de corpo achatado. Após completado o desenvolvimento, as lagartas saem das minas, abrindo uma fenda na parte superior das folhas, e se encrisalidam na parte dorsal das folhas do

terço inferior do cafeeiro. A crisálida é branca, sendo protegida por um casulo de seda em forma de X (MATIELLO, 1991).

As minas formadas provocam necrose das folhas e, em ataques severos, a queda destas, diminuindo a área foliar do cafeeiro. As desfolhas precoces reduzem a formação dos botões florais, e as tardias afetam negativamente o pegamento das flores. Desfolhas graves provocam a seca dos ramos, prejudicando, principalmente, a produção da safra seguinte. Em ataques severos, a desfolha pode chegar a 50%, o que pode reduzir a produtividade em 30% a 80% (MATIELLO, 1991).

A ocorrência do bicho-mineiro está relacionada a diversos fatores climáticos e condições da lavoura. O ataque é favorecido por: períodos de estiagem; climas quente e seco; espaçamentos muito abertos e arejados; uso excessivo de fungicidas cúpricos no combate à ferrugem; presença de cobertura morta; cultura intercalar ou ervas daninhas nas ruas; adubações e tratos insuficientes; e uso abusivo de inseticidas e ausência de matas próximas às lavouras, que diminuem os inimigos naturais da praga (MATIELLO, 1991).

As maiores populações do bicho-mineiro ocorrem nos períodos mais secos do ano, entre junho e outubro. Há regiões nas quais a população aumenta nos meses de março-abril, em decorrência de veranicos prolongados em janeiro-fevereiro (REIS e SOUZA, 1998).

O início do controle deve ser feito dentro do período favorável à praga, quando houver entre 30% e 40% de minas ativas. Deve-se colher amostras periódicas na lavoura, coletando 100 folhas de um total de 10 plantas de cada talhão. As folhas devem ser coletadas no terceiro ou quarto par do terço médio de cada lado da planta.

Deve-se fazer o manejo adequado da lavoura visando diminuir a população da praga para auxiliar no controle químico, ou seja: manter a lavoura limpa no período crítico; fazer adubações adequadas; evitar espaçamentos muito abertos; usar racionalmente fungicidas e inseticidas; e proteger os inimigos naturais da praga, que podem controlar, em média, 30% da população do inseto.

Os principais predadores do bicho-mineiro são as vespas sociais ou marimbondos, que retiram as larvas das minas e se alimentam delas. As espécies mais comuns são *Pronectarina silveiriae*, *Brachygastra lecheguana*, *B. augusti*, *Polybia scutellaris* e *P. paulista* (MATIELLO, 1991).

Os principais parasitas são microimenópteros, que põem seus ovos sobre as lagartas do bicho-mineiro. Dentro das minas, o ovo eclode e a larva se alimenta da lagarta. Os principais são *Viridipyge* (Colaster) letifer, *Mirax* sp., *Eudabizon punctatus*, *Closterocerus coffeae*, *Cirrospilus* sp., *Proacrias coffeae*, *Horisnemus* sp. e *Tetrastichus* sp. (MATIELLO, 1991).

O controle químico pode ser feito com pulverizações ou aplicações via solo. As aplicações que visam o solo são feitas com inseticidas sistêmicos granulados. Estes apresentam maior eficiência que os de contato, não interferem nos inimigos naturais, têm ação mais prolongada e podem controlar outras pragas e doenças. Devem ser distribuídos com granuladeira e incorporados ao solo, o qual deve ter umidade adequada. Inseticidas sistêmicos recomendados para o cafeeiro e respectivas doses encontram-se no Quadro 1. Com inseticidas fosforados, recomendam-se duas ou três pulverizações com intervalos de 30 a 45 dias. Com inseticidas piretróides, recomenda-se uma pulverização, no máximo duas, com intervalo de 45 a 60 dias. Os produtos mais recomendados e doses são listados no Quadro 2 (MATIELLO, 1991). Atualmente, tanto os inseticidas de contato quanto os inseticidas sistêmicos têm potencial para ser aplicados pela insetigação.

## **2.2. Quimigação**

Quimigação é a técnica de aplicação de produtos químicos e biológicos na lavoura pela água de irrigação. Dependendo do produto aplicado, termos mais específicos são utilizados, como fertirrigação, fungigação, herbigação, insetigação e bioinsetigação (VIEIRA, 1994).

Quadro 1 – Inseticidas aplicados no solo e doses indicadas para o controle do bicho-mineiro

Princípio ativo	Produto	Dose	Obs.
		(g cova <sup>-1</sup> )	
Aldicarb	Temik 10 G	15	Efeito residual menor e mais rápido com pouca chuva
Dissulfoton	Disyston 5 G	30	
	Solvirex 10 G	15	
Carbofuran	Furadan 5 G	30	Possuem algum efeito nematicida e acaricida
Forate	Granutox 5 G	40	
Mefosfolan	Cytrolane 5 G	40	
Oxamil	Vydade 10 G	40 – 60	
Thiofanox	Dacamox 10 G	30	

Fonte: MATIELO (1991).

Apesar de ser uma técnica relativamente nova no Brasil, começou a ser usada mais intensivamente, nos Estados Unidos, na década de 70 (VIEIRA, 1994).

THOMAS et al. (1998) citam as seguintes vantagens da quimigação:

- Uniformidade de aplicação: de maneira geral, se o equipamento de irrigação estiver operando em perfeita condição, a distribuição de defensivo na lavoura é mais uniforme que a obtida com a aplicação convencional.
- Economia: é uma técnica mais econômica do que a aplicação convencional.
- Incorporação e ativação: os produtos que visam o solo são incorporados e ativados quando aplicados com volume de água adequado.
- Flexibilidade: a aplicação pode ser feita independentemente da altura e do fechamento do vão entre as fileiras de plantas.
- Compactação de solo: o tráfego de máquinas na lavoura é eliminado durante a aplicação dos produtos.
- Danos à cultura: o menor tráfego reduz os danos à cultura.
- Riscos ao operador: o operador não precisa estar em contato com o produto distribuído, como no caso da aplicação convencional.

Segundo THREADGILL (1985), entretanto, a quimigação traz consigo algumas características inerentes à aplicação de defensivos agrícolas, que devem ser manejados corretamente, sob risco de inviabilizar o sistema, como:

- Necessidade de manejo eficiente: a quimigação pressupõe um manejo eficiente da irrigação para o sucesso da operação.
- Riscos ambientais: a quimigação é um risco potencial ao meio ambiente quando manejada de forma inadequada, uma vez que pode contaminar solos e mananciais com produtos químicos.
- Equipamentos adicionais: há necessidade de adquirir alguns equipamentos adicionais para realizar a aplicação com segurança.

A aplicação de produtos químicos na água de irrigação representa importante tecnologia na agricultura irrigada. Deve ser feita, entretanto, com critério, de maneira 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).

Resultados de estudos têm evidenciado que a água de irrigação pode ser usada com eficácia para aplicação de muitos inseticidas. Em geral, os melhores resultados foram obtidos com inseticidas pouco solúveis em água (YOUNG, 1980).

COSTA et al. (1994) e VIEIRA e SUMNER (1999) fizeram uma revisão sobre essa tecnologia, relatando que, além de eficiente, ela proporciona redução dos custos de aplicação dos defensivos e, o que é mais importante, minimiza os problemas de compactação do solo causados pelas rodas do trator. No caso específico da cafeicultura, há ainda a vantagem da facilidade de distribuição do defensivo, independentemente da altura dos cafeeiros.

No caso da insetigação, existe ainda a possibilidade de se reduzir a dose do produto quando a aplicação é feita via água de irrigação. YOUNG (1984), comparando doses e frequência de uso de inseticidas diluídos em óleos vegetais na quimigação, demonstrou que, quando se usa formulação apropriada, consegue-se um controle econômico da praga com doses menores e com menor frequência de aplicação.

YOUNG e CHALFANT (1985) e Young e Herzog (1987), citados por THREADGILL (1991), constataram que um controle adequado de insetos foi obtido com 1/4 e 1/8 das doses recomendadas dos inseticidas quando estes foram aplicados com óleos não-emulsificantes, via irrigação por aspersão.

A quimigação é possível de ser realizada com todos os métodos de irrigação: superfície, aspersão e localizada (gotejamento e microaspersão). No entanto, as irrigações por superfície e por gotejamento só permitem a aplicação de agroquímicos que visam o solo. Na irrigação por aspersão, podem ser aplicados tanto os defensivos de solo quanto os de absorção foliar (THREADGILL, 1991). Nesse caso, é importante que haja boa cobertura do solo pela folhagem das plantas, para evitar que parte do produto seja aplicada diretamente no solo descoberto, o que traria desperdício e maior contaminação do solo. Por isso, no caso da cafeicultura, a quimigação via pivô-central só seria viável em plantios adensados e já com certo desenvolvimento das plantas ou com pivô do tipo LEPA, no qual a água de irrigação seria aplicada apenas sobre a fileira das plantas. Nesse caso, a quimigação seria viável a partir de quando a cultura já tiver porte suficiente para interceptar a maior parte da água aplicada. No caso da irrigação por gotejamento, há a possibilidade de aplicar inseticidas sistêmicos via água de irrigação, sendo possível reduzir a dose utilizada em relação ao produto aplicado em grânulos ou em jato dirigido.

YOUNG et al. (1984) afirmaram que os primeiros inseticidas registrados pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos para uso na insetigação foram o chlorpyrifos e o carbaryl. Além desses, estavam registrados para aplicação via insetigação, e recomendados para a cultura do milho nos Estados Unidos, no período, o fenvalerate, o permethrin, o omite, o parathion metílico e um produto à base de *Bacillus thuringiensis*.

As principais exigências para que a quimigação seja eficiente são que os sistemas de irrigação e de injeção sejam adequadamente dimensionados, instalados e operados; que o produto químico seja eficiente quando aplicado via água de irrigação, que a lâmina de água seja adequada e que o produto seja uniformemente distribuído. Em geral, as doses recomendadas para a quimigação

são as mesmas indicadas para as aplicações pelos métodos convencionais (THREADGILL, 1985).

Segundo VIEIRA (1994), para que sejam eficientes, os inseticidas devem proporcionar boa cobertura do alvo (folhas e insetos). Uma calda de 400 a 1.000 L ha<sup>-1</sup> é considerada ideal para proporcionar boa cobertura do alvo na maioria das culturas, sem causar perdas do produto por escorrimento. Na irrigação por aspersão, com uma lâmina mínima de água, os volumes da calda são muito superiores àsquelas. Em uma aplicação de inseticidas via pivô-central, mesmo em equipamentos pequenos, a lâmina mínima conseguida é de 2,5 mm (25.000 L ha<sup>-1</sup>). Por isso, os inseticidas solúveis em água aplicados nas folhagens podem ser ineficientes quando aplicados em grande volume de água.

YOUNG (1980) citou que a insetigação é uma opção viável no controle de pragas, porém alguns parâmetros, como a lâmina de água aplicada e a taxa de aplicação do inseticida, devem ser otimizados para se atingir a máxima eficiência.

CHALFANT e YOUNG (1984) constataram que o uso da insetigação com pivô-central para aplicação de vários inseticidas controlou, eficientemente, a infestação de pragas em várias culturas.

CHANDLER et al. (1991) constataram que a aplicação de cypermethrin via insetigação foi no mínimo tão eficaz no controle da lagarta-da-maçã do algodão quanto a aplicação convencional com pulverizador tratorizado. A adição de óleo mineral não-emulsionável em Amno 2.5 CE foi mais eficaz que a aplicação com água e que todos os tratamentos com insetigação resultaram em produtividade de algodão superior ao tratamento convencional.

CHANDLER et al. (1992) constataram que a insetigação com cypermethrin CE misturado a óleo mineral Orchex teve efeito na mortalidade de lagarta-da-maçã maior que cypermethrin misturado com água.

CHANDLER e SUMNER (1993) verificaram que o uso da insetigação com várias classes de inseticidas para controle de pragas da soja foi no mínimo tão eficiente quanto a pulverização convencional. Essa tecnologia pode ser boa

ferramenta no controle de pragas da soja sem impacto negativo na população de seus predadores naturais.

WEISLING et al. (1992) constataram que a aplicação de chlorpyrifos e fenvalerate via quimigação foi significativamente mais eficaz no controle da broca-do-milho do que quando por via aérea.

CLARK et al. (1993) verificaram que a aplicação aérea de inseticida resultou em três a quatro vezes mais resíduos arrastados pelo vento para fora da área-alvo do que na insetigação. Em ambas as estratégias de aplicação, o uso de um espalhante adesivo auxiliar reduziu em 80% o resíduo arrastado para fora da área.

A pesquisa sobre eficiência de insetigação em irrigação por gotejamento é incipiente no Brasil e quase sempre realizada em estações experimentais de universidades ou centros de pesquisa. Pouco se sabe sobre a quimigação em condições de campo, principalmente quanto à uniformidade de distribuição de água pelo sistema de irrigação.

Pouco se conhece sobre a lixiviação de defensivos quando aplicados em sistemas de irrigação por gotejamento. FELSOT et al. (2000) avaliaram a lixiviação do imidacloprid aplicado via irrigação por gotejamento subsuperficial. Constataram que o produto atingiu 90 cm de profundidade, mas a maior parte do inseticida permaneceu na zona radicular, acima de 60 cm.

SILVA et al. (2000) verificaram que a aplicação do imidacloprid via irrigação por gotejamento teve efeito significativo na produção de híbridos de melão, com aumento do rendimento de 20,52% em relação à testemunha, sem aplicação. Na pulverização convencional, obteve-se aumento de rendimento de 13,54% em relação à testemunha. O método de aplicação não teve influência significativa sobre: firmeza da polpa, acidez, pH, açúcares totais e sólidos solúveis.

SANTINATO et al. (2001) avaliaram a eficiência e a ação residual de vários inseticidas sistêmicos aplicados via solo e via insetigação por gotejamento. Verificaram que, em todos os tratamentos, a insetigação foi, no mínimo, tão eficiente no controle do bicho-mineiro quanto a aplicação via solo. Verificaram,

ademais, que não houve diferença significativa na ação residual entre as duas estratégias de aplicação.

### **2.3. Uniformidade de distribuição de água**

O principal parâmetro de avaliação do desempenho de sistemas de irrigação é a uniformidade da distribuição de água. Quando se pretende aplicar produtos químicos junto com a água de irrigação, essa uniformidade de distribuição se torna ainda mais importante. Seja na aplicação convencional, seja em quimigação, a uniformidade de distribuição do produto é fundamental para o sucesso da aplicação. A avaliação da uniformidade de distribuição na aplicação convencional é relativamente simples e pode ser feita no campo até mesmo pelo próprio agricultor (Barthelemy et al., 1990, citados por CUNHA, 2000).

No caso específico da quimigação, a boa uniformidade de distribuição do produto químico é fator essencial para o sucesso da operação, sendo esta geralmente proporcional à uniformidade de distribuição de água fornecida pelo sistema de irrigação (VIEIRA, 1994).

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

CUNHA (2000), avaliando a eficácia do fungicida epoxiconazol aplicado via água de irrigação por pivô-central, concluiu que não houve variação significativa da uniformidade de distribuição do princípio ativo ao longo do pivô-central. Ademais, sua uniformidade foi proporcional à uniformidade de distribuição de água, independentemente da lâmina aplicada.

Segundo THREADGILL (1991), o CUC das aplicações feitas por pulverizadores tratorizados varia de 50% a 92%; no caso das aplicações por avião, é de aproximadamente 70%. No entanto, os defensivos químicos aplicados por intermédio do pivô-central podem ser distribuídos com alta uniformidade,

com CUCs que, geralmente, variam de 80% a 90% (THREADGILL, 1985).

Os produtos químicos aplicados via água de irrigação não são mais bem distribuídos do que a água de irrigação. Assim, o problema de se obter boa distribuição dos produtos começa pela obtenção de boa uniformidade na distribuição de água. Conseqüentemente, a determinação de uniformidade na distribuição de água se faz necessária e é um bom indicativo da uniformidade de distribuição do produto.

Vários são os fatores que afetam a uniformidade de distribuição de água, destacando-se as condições climáticas e o manejo da irrigação (MOREIRA e STONE, 1994).

Na literatura, há várias referências sobre a necessidade de otimização do CUC como fator básico de melhoria da agricultura irrigada (BERNARDO, 1995; HEERMANN et al., 1990; MERRIAM e KELLER, 1978). No Quadro 2, apresenta-se uma referência de valores adequados do CUC para os principais sistemas de irrigação (MANTOVANI e RAMOS, 1994).

Quadro 2 – Valores de CUCs mínimos aceitáveis para os sistemas de irrigação

<b>Sistemas de irrigação</b>	<b>CUC (%)</b>
Aspersão convencional	80
Pivô-central	80
Autopropelido	80
Gotejamento	90
Microaspersão	85
Sulco	60

Fonte: MANTOVANI e RAMOS (1994).

MANTOVANI e RAMOS (1994) afirmaram, ainda, que existe a necessidade de avaliação das áreas irrigadas, como maneira de checar a verdadeira uniformidade da distribuição de água dos sistemas em funcionamento, tendo em vista os baixos CUCs encontrados na maioria das propriedades avaliadas. SOARES et al. (1993), realizando testes de avaliação de equipamentos de irrigação do tipo pivô-central no Estado de Minas Gerais, obtiveram CUCs

abaixo do esperado para esse tipo de equipamento. Eles avaliaram um total de 11 pivôs, nas principais regiões onde se utiliza esse tipo de equipamento. Os valores de CUC encontrados variaram de 63,6% a 86,9%, com valor médio de 80,1%.

Sistemas de irrigação por gotejamento têm potencial para apresentar eficiência de aplicação maior do que outros sistemas, como aspersão ou superfície. Eficiência de aplicação é definida como a razão entre a quantidade de água armazenada na zona radicular e a quantidade de água aplicada pelo sistema de irrigação.

O conceito de eficiência de irrigação tem dois aspectos básicos: a uniformidade de aplicação e as perdas por condução, evaporação e arraste pelo vento que possam ocorrer durante a operação do sistema. Para que a eficiência possa atingir valores altos, é necessário que as perdas durante a operação sejam as menores possíveis e a uniformidade de aplicação seja a maior possível (KELLER e BLIESNER, 1990). As perdas por condução podem ser eliminadas, evitando-se vazamentos nas tubulações adutoras. As perdas por evaporação e arraste pelo vento podem ser minimizadas, evitando-se a irrigação em condições de vento forte e em horários de maior demanda evaporativa, ficando a eficiência de irrigação dependente, principalmente, da uniformidade de aplicação. Em irrigação por gotejamento, não existem perdas por arraste, e as perdas por evaporação são mínimas. Por isso, a eficiência de irrigação é, basicamente, a uniformidade da aplicação de água, ou uniformidade de emissão.

Segundo WU e GITLIN (1983), a uniformidade de emissão depende da variação da vazão ao longo da linha lateral, sendo afetada principalmente pelo projeto hidráulico do sistema de irrigação, variação de fabricação, temperatura e entupimento parcial ou total do emissor. Essa variação é determinada com aplicação da equação 1, não devendo ultrapassar 10% da vazão média.

$$\frac{|q_{\text{máx}} - q_{\text{mín}}|}{q_{\text{méd}}} \leq 0,10 \quad (1)$$

em que

$$\begin{aligned}
q_{\max} &= \text{vazão máxima do gotejador, L h}^{-1}; \\
q_{\min} &= \text{vazão mínima do gotejador, L h}^{-1}; \text{ e} \\
q_{\text{med}} &= \text{vazão média do gotejador, L h}^{-1}.
\end{aligned}$$

SOUZA et al. (2001), analisando 26 sistemas de irrigação por gotejamento em café, verificaram que a uniformidade de distribuição decresceu com o tempo de uso do equipamento e dependeu das manutenções periódicas. Ela foi maior nos sistemas com gotejadores autocompensados que nos convencionais.

Vários métodos estão disponíveis para avaliar a uniformidade de aplicação de água em sistemas de irrigação. Na irrigação por aspersão, CHRISTIANSEN (1942) estabeleceu o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), por meio da equação (2). Segundo BERNARDO (1995), essa equação pode ser utilizada para o cálculo do coeficiente de uniformidade de um sistema de irrigação por gotejamento, substituindo-se os valores das lâminas pela vazão dos gotejadores. Os resultados são bastante confiáveis, porém ela requer a medição da vazão de todos os gotejadores do sistema, o que requer muito tempo e muita mão-de-obra. A equação é a seguinte:

$$\text{CUC} = 100 \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - \bar{q}|}{n\bar{q}} \right] \quad (2)$$

em que

$$\begin{aligned}
q_i &= \text{vazão de cada emissor, L h}^{-1}; \text{ e} \\
\bar{q} &= \text{vazão média dos emissores, L h}^{-1}.
\end{aligned}$$

Outro coeficiente especificamente aplicado para irrigação por gotejamento é a de uniformidade de emissão de KELLER e KARMELI (1974), pelo qual se compara a média de 25% das observações de valores mais baixos com a média total. Esse coeficiente é denominado, por alguns autores,

“coeficiente de uniformidade de distribuição”. Segundo LOPEZ et al. (1992), seu uso é mais freqüente, ou seja:

$$CUD = 100 \frac{q_{25\%}}{q_{med}} \quad (3)$$

em que

- CUD* = coeficiente de uniformidade de distribuição, em %;  
 $q_{25\%}$  = média dos 25% menores valores observados; e  
 $q_{med}$  = vazão média dos gotejadores.

Considerando os aspectos operacionais e de precisão no processo de avaliação, MERRIAM e KELLER (1978) sugeriram o uso de no mínimo 16 pontos de coleta da vazão dos gotejadores, distribuídos em quatro linhas laterais e em quatro pontos ao longo das linhas selecionadas. Essa metodologia foi modificada por DENÍCULI et al. (1980) e consiste na coleta da vazão dos gotejadores em oito posições na linha lateral e em quatro laterais por unidade de irrigação. São avaliadas: a primeira lateral, a linha situada a 1/3 da origem, a situada a 2/3 da origem e a última linha da unidade de irrigação. Em cada linha lateral são selecionados oito emissores (o primeiro, os localizados a 1/7, 2/7, 3/7, 4/7, 5/7 e 6/7 do comprimento da linha e o último).

No Quadro 3, apresenta-se a classificação recomendada pela norma ASAE EP 458 (ASAE STANDARDS, 1996), para os valores de coeficiente de uniformidade de distribuição.

Quadro 3 – Classificação dos valores de coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD)

Classificação	CUD (%)
Excelente	90-100
Boa	80-90
Razoável	70-80
Ruim	<70

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante o ano agrícola de 2000/2001, na Fazenda Vista Alegre, localizada no município de Jaboticatubas, Minas Gerais, latitude 19° 34' S e longitude 43° 52' W, altitude média de 700 metros e clima, segundo a classificação de Köppen, *Aw*, tropical chuvoso. A temperatura mínima média do local é de 20,0 °C e ocorre em junho/julho, a máxima média é de 24,6 °C e ocorre em janeiro e a temperatura média anual é de 22,8 °C. O índice pluviométrico médio é de 1.372 mm ano<sup>-1</sup>, e o período chuvoso ocorre de novembro a março. A vegetação é típica de cerrado, e a região está inserida na bacia do rio das Velhas. A geomorfologia é classificada como Depressão São Franciscana e o solo, como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico A moderado, com classe textural argila. O café é conduzido sob regime de irrigação suplementar pelos sistemas pivô-central e de gotejamento.

O experimento foi conduzido na gleba denominada Eucalipto, com sistema de irrigação por gotejamento.

### 3.1. Avaliação do sistema de irrigação

As características do equipamento de irrigação por gotejamento constam no Quadro 4. Para avaliar o desempenho do sistema de irrigação, em 25 de novembro de 2001, determinou-se o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) segundo o modelo proposto por KELLER e KARMEELLI (1974), modificado por DENÍCULI et al. (1980). Após a primeira avaliação, foi modificado o “layout” do sistema de irrigação, de três para quatro setores, com o objetivo de aumentar a pressão de serviço dos gotejadores. Em seguida, em 15 de dezembro de 2001, foi feita uma segunda avaliação do sistema com base na mesma metodologia supracitada. Após a segunda avaliação, foi feita a insetigação, em 4 de janeiro de 2002.

Quadro 4 – Características do conjunto de irrigação por gotejamento

Fabricante	Netafim
Modelo	RAM 17 autocompensado
Filtro de disco	Amiad - 2 filtros capacidade $50 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$
Filtro de areia	1 filtro capacidade $100 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$
Vazão do emissor	$2,3 \text{ L h}^{-1}$
Pressão de serviço	70-350 KPa
Diâmetro da linha lateral	13,7 mm
Comprimento da linha lateral	90 m
Idade do sistema	2 anos
Área total	21 ha
Espaçamento entre linhas	4 m
Espaçamento entre gotejadores	0,75 m

Como o sistema de irrigação ainda apresentava baixa uniformidade de aplicação de água após a segunda avaliação, foi feita a análise da água de irrigação quanto ao teor de ferro total. Em seguida, durante o mês de fevereiro de 2002, foi realizada a limpeza da rede de tubulação e dos gotejadores, utilizando-

se o método proposto por NAKAYAMA e BUCKS (1986). Inicialmente, usou-se ácido fosfórico 85% para limpeza da tubulação. De posse do projeto de irrigação da área e com base no diâmetro e comprimento da tubulação, foi determinado o volume de água necessário para encher toda a tubulação. Em seguida, foi feita a titulação para determinar a quantidade de ácido a ser adicionada ao sistema, de forma a conseguir pH da água de irrigação igual a 2,5, e, com a vazão do sistema de bombeamento, foi determinada a taxa de injeção do ácido. Em seguida, o sistema foi acionado, injetando água e ácido até que toda a tubulação estivesse cheia. Para identificar a chegada da água acidificada ao gotejador mais distante do ponto de injeção, foi usado papel de tornassol identificador de acidez. Então, o sistema foi desligado e deixado em repouso por uma hora. Após decorrido o tempo de repouso, toda a tubulação (desde a linha principal até as linhas com gotejadores) foi aberta no final de linha. Então, o sistema foi novamente acionado, com água de irrigação sem ácido, para lavagem da tubulação. Após decorridos 10 minutos, iniciou-se, então, o fechamento da tubulação, começando pela linha principal e fechando a seguir as linhas secundárias e, por último, as linhas laterais. Após fechada toda a tubulação, continuou-se a irrigação por 15 minutos, para limpeza dos gotejadores.

Decorridos 15 dias do primeiro procedimento de limpeza, foi feito um segundo. Nesse procedimento de limpeza, além do ácido fosfórico, foi injetado hipoclorito de sódio 12%. Foi feita a titulação para se obter uma concentração do produto na água de irrigação de  $40 \text{ mg L}^{-1}$ . O hipoclorito de sódio foi injetado na tubulação num ponto anterior ao ponto de injeção do ácido fosfórico, de forma que a mistura dos dois produtos só ocorresse dentro da tubulação de irrigação. A injeção dos dois produtos durou uma hora. Após a aplicação desses produtos, o sistema foi deixado em repouso por 24 horas, e, então, foi feita a limpeza da tubulação e dos gotejadores da mesma forma que no primeiro procedimento de limpeza.

Após os dois procedimentos de limpeza do sistema de irrigação, foi feita uma terceira avaliação da uniformidade de aplicação de água.

### 3.2. Insetigação

O experimento foi conduzido na gleba 2-A, denominada Eucalipto I, a qual estava ocupada com café arábica, cultivar Catuaí Vermelho, com dois anos de idade, plantado no espaçamento de 4 m entre linhas e 0,5 m entre plantas, totalizando 5.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Foi usado o inseticida imidacloprid (grupo das nitroguanidinas), de ação sistêmica (Produto Comercial Premier® - BAYER S.A.). A dose recomendada do produto comercial é de 1,2 kg ha<sup>-1</sup>, na formulação de grânulos dispersíveis em água, grupo químico: cloronicotinil, fórmula molecular: 1-(6-cloro-3-piridinilmetil)-N-nitroimidazolidim-2-ilideneamino, concentração: 700 g kg<sup>-1</sup>, toxicidade: classe IV (pouco tóxico) e solubilidade em água determinada a 20 °C: 0,51 g L<sup>-1</sup>.

Foram usados sete tratamentos, descritos no Quadro 5, dispostos em delineamento inteiramente casualizado (Figura 1), com quatro repetições, totalizando 28 parcelas, cada uma constituída de uma fileira de café com 180 plantas (Figura 2).

Na insetigação, foi utilizado um injetor tipo Venturi com ¾" de diâmetro para injeção do inseticida na linha secundária de irrigação. Durante a insetigação, em cada tratamento apenas as quatro parcelas correspondentes às repetições desse tratamento receberam água. A irrigação das parcelas correspondentes aos demais tratamentos foi desativada.

Nos tratamentos com insetigação, irrigou-se normalmente por 30 minutos, antes da aplicação do produto, para uniformização da distribuição de água na linha lateral. Depois desse tempo, iniciou-se a injeção do inseticida e a dose completa foi aplicada em duas horas de insetigação, após o que se irrigou por mais 30 minutos, apenas com água, para limpeza da tubulação.

A pulverização convencional foi de acordo com a recomendação do fabricante do produto. Com a dose por hectare em cada tratamento e a densidade de plantio, determinou-se a dose por planta do produto. Como cada parcela continha 180 plantas, multiplicou-se a dose por planta por 180, e o total foi

diluído em 18 litros de água. Foram aplicados 100 ml da solução ao redor de cada planta, com um pulverizador de CO<sub>2</sub>, sob a saia do cafeeiro, com o jato dirigido ao chão. Antes da aplicação do produto, foi realizado teste em branco para calibração do pulverizador, de forma que pudessem ser aplicados 100 ml por planta. A aplicação do inseticida foi em 4 de janeiro de 2002.

Antes e depois da aplicação do inseticida, em todos os tratamentos as irrigações rotineiras na gleba foram efetuadas normalmente, segundo o manejo de irrigação da propriedade.

Quadro 5 – Relação dos tratamentos no gotejamento

Tratamento	
1	Testemunha
2	Insetigação com imidacloprid (1,2 kg ha <sup>-1</sup> )
3	Insetigação com imidacloprid (0,9 kg ha <sup>-1</sup> )
4	Insetigação com imidacloprid (0,6 kg ha <sup>-1</sup> )
5	Pulverização convencional imidacloprid (1,2 kg ha <sup>-1</sup> ) (100 ml planta <sup>-1</sup> )
6	Pulverização convencional imidacloprid (0,9 kg ha <sup>-1</sup> ) (100 ml planta <sup>-1</sup> )
7	Pulverização convencional imidacloprid (0,6 kg ha <sup>-1</sup> ) (100 ml planta <sup>-1</sup> )

Foi realizada uma pré-avaliação da população do bicho-mineiro no cafezal, em cada parcela, antes da aplicação dos tratamentos. Depois, foram feitas avaliações aos 15, 30, 45, 60 e 85 dias após a aplicação do inseticida (DAAI). As contagens do número de larvas vivas dos insetos foram feitas em folhas retiradas dos terços médio e superior em volta da planta (3<sup>o</sup>. ou 4<sup>o</sup>. par a partir do ápice dos ramos). Foram retirados 10 pares de folha por planta em 10 plantas amostradas ao acaso na parcela. Foram contadas as minas com larvas vivas para determinar a porcentagem de infestação.

A eficácia de controle de pragas foi calculada, empregando-se a fórmula de Abbott (1925), citado por RODRIGUES FILHO (2000) (equação 4):

$$EI = 100 \frac{C - T}{C} \quad (4)$$

em que

- $EI$  = eficácia de controle de pragas (%);  
 $C$  = índice de ataque de pragas na testemunha (%); e  
 $T$  = índice de ataque de pragas na parcela tratada (%).

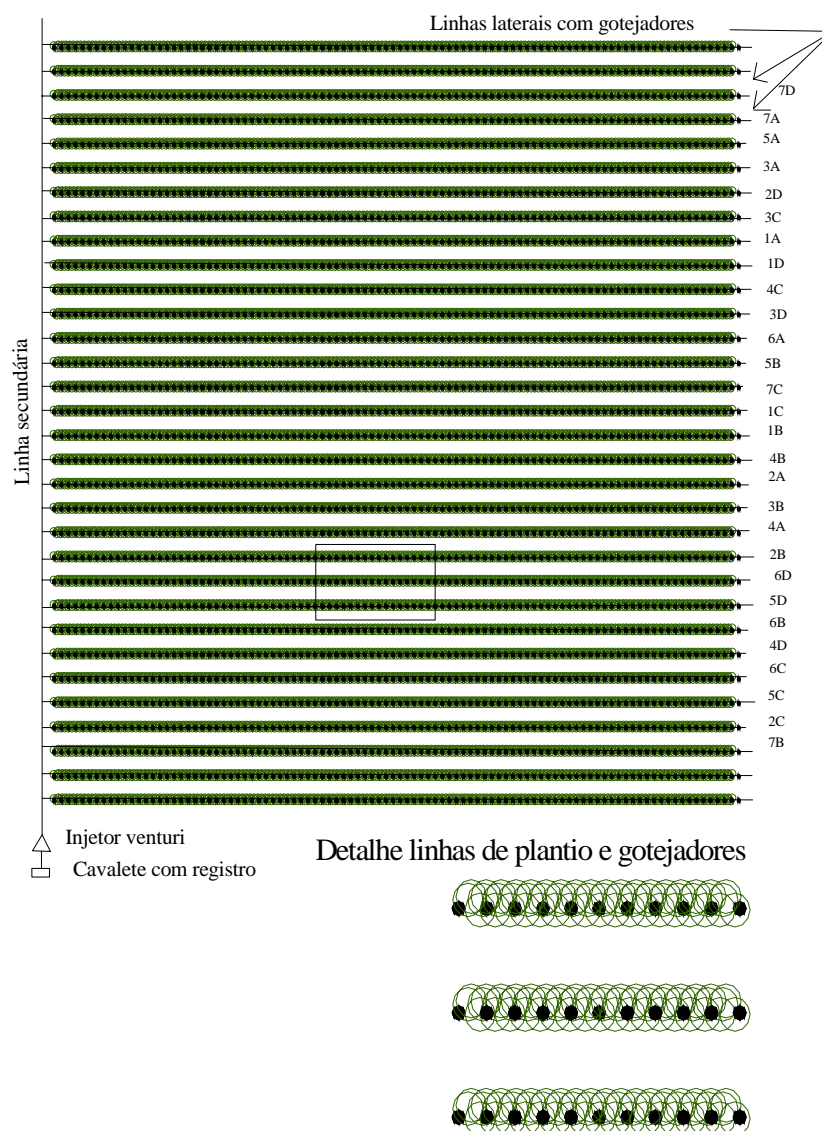


Figura 1 – Distribuição das parcelas experimentais em delineamento inteiramente casualizado. Os números correspondem ao tratamento e as letras A, B, C e D, às repetições 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

O modelo estatístico foi de parcelas subdivididas. A variável disposta na parcela foi o método de aplicação (insetigação, pulverização convencional);

na subparcela, a dose (100%, 75% e 50% da dose recomendada, além da testemunha com 0%); e na subsubparcela, o tempo (0, 15, 30, 45, 60 e 85 DAAI). A evolução do ataque ao longo do tempo, em cada tratamento, foi interpretada pela análise de regressão, segundo o modelo proposto por GRAYBILL (1976). Cada curva de regressão dos tratamentos com aplicação de inseticida foi comparada com a curva de regressão da testemunha por teste de identidade de regressão.



Figura 2 – Vista das parcelas experimentais.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Desempenho do sistema de irrigação

No Quadro 6 são apresentados os CUDs do sistema de irrigação na primeira, segunda e terceira avaliações. Na primeira avaliação, o CUD do sistema foi 68,25%. Segundo a ASAE EP 458 (ASAE STANDARDS, 1996), sistemas de irrigação por gotejamento com CUD inferior a 70% são classificados como de uniformidade de distribuição ruim. Esse valor também está muito abaixo do recomendado por MANTOVANI e RAMOS (1994) como adequado para esse sistema, principalmente em se tratando de sistema de irrigação relativamente novo e com gotejadores autocompensantes.

Avaliando sistemas de irrigação por gotejamento em café, SOUZA et al. (2001) encontraram CUDs acima de 90% em sistemas semelhantes ao usado neste estudo e com o mesmo tempo de uso.

Quadro 6 – Valores de CUD, pressão no final da linha lateral e vazão média dos emissores, obtidos nas avaliações do sistema de irrigação

<b>Avaliação</b>	<b>Pressão (kPa)</b>	<b>Vazão (<math>l\ s^{-1}</math>)</b>	<b>CUD (%)</b>
Primeira	0-110	2,47	68,3
Segunda	70-350	2,98	81,1
Terceira	40-110	2,80	86,1

Na Figura 3a, observa-se a distribuição desuniforme das vazões dos emissores ao longo das linhas laterais. Entre as possíveis causas da baixa uniformidade da distribuição de água estava a pressão de operação do sistema. As pressões medidas no final das linhas laterais, durante a primeira avaliação, variaram de 0 a 110 kPa, e a faixa de pressão de operação recomendada para o sistema avaliado varia de 70 a 350 kPa. Fora dessa faixa, os emissores deixam de ser autocompensantes e proporcionam vazões diferentes para pressões diferentes.

Como primeira medida para melhorar a uniformidade da distribuição de água do sistema, procurou-se aumentar a pressão de operação dos emissores. Para isso, o sistema, que era dividido em três setores, passou a ser dividido em quatro setores, diminuindo-se, assim, a vazão total do sistema e obtendo aumento da pressão de operação. Na segunda avaliação, as pressões medidas no final das linhas laterais variaram de 110 a 200 kPa. Com essa nova pressão de operação, o CUD do sistema foi 81,1%. Pela classificação ASAE EP 458 (ASAE STANDARDS, 1996), sistemas com CUD entre 80% e 90% são considerados de boa uniformidade de aplicação de água. Embora a uniformidade de aplicação de água do sistema tenha aumentado, esse valor ainda é considerado abaixo do ideal para esse sistema, segundo MANTOVANI e RAMOS (1994).

Vê-se na Figura 3b que, apesar do aumento do CUD, houve crescimento expressivo das vazões dos emissores no final das linhas laterais, cujo valor máximo foi  $4,58 \text{ L h}^{-1}$ ; e, também, da vazão média, cujo valor foi  $2,98 \text{ L h}^{-1}$ . Tal fato indica que não estava havendo autocompensação por parte dos gotejadores, pois o incremento da pressão de serviço ocasionou aumento da vazão média.

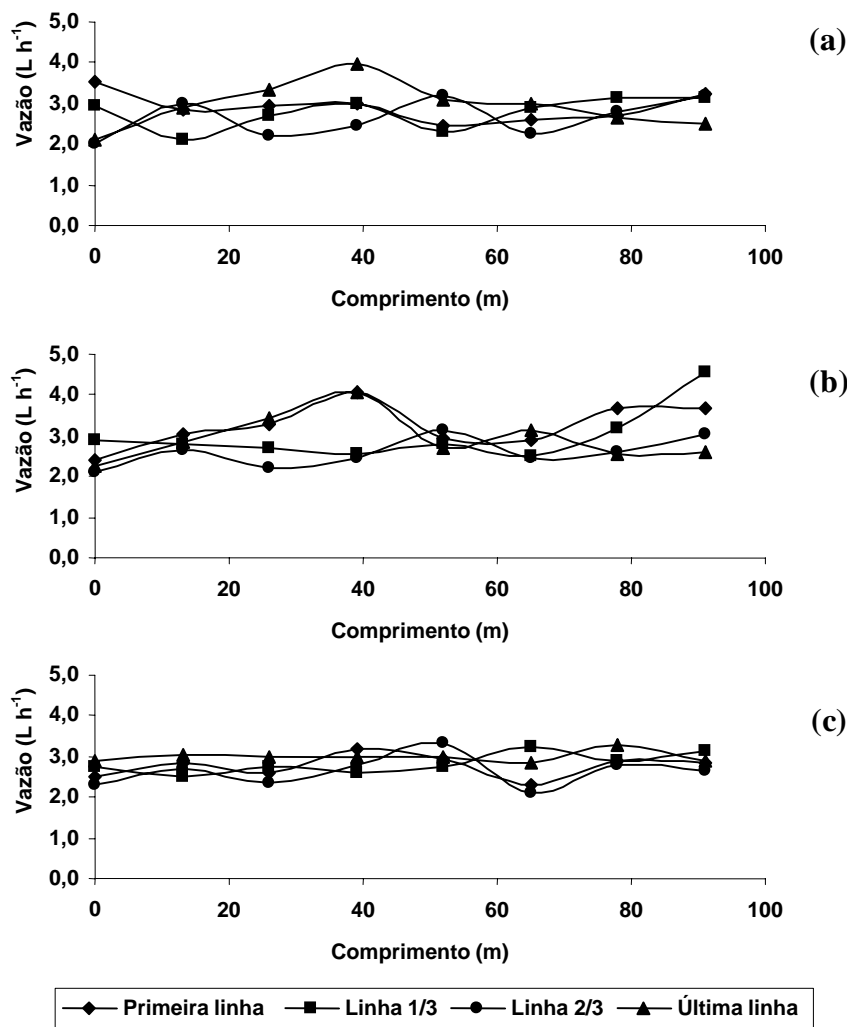


Figura 3 – Distribuição das vazões dos emissores ao longo das linhas laterais medidas depois da 1<sup>a</sup>. (a), 2<sup>a</sup>. (b) e 3<sup>a</sup>. (c) avaliações.

Em seguida foi feita uma investigação criteriosa das prováveis causas da baixa uniformidade de aplicação de água do sistema de irrigação e do funcionamento inadequado do sistema autocompensante dos gotejadores. Em geral, a principal causa de baixa uniformidade em sistemas de irrigação por gotejamento é o entupimento dos emissores, o que causa diminuição da vazão dos gotejadores e, na maioria dos casos, leva à diminuição da vazão média. No sistema avaliado, apesar da baixa uniformidade constatada na primeira avaliação, a vazão média dos gotejadores foi 2,47 L h<sup>-1</sup>, superior à vazão nominal do modelo de gotejador avaliado, que é 2,3 L h<sup>-1</sup>. CORDEIRO (2002) observou o mesmo fato em gotejadores do mesmo modelo operando com água contendo altos teores de ferro. A água usada para irrigação tem concentração de ferro total

igual a  $0,8 \text{ mg L}^{-1}$ . Esse valor é considerado médio, segundo NAKAYAMA e BUCKS et al. (1986), e exige cuidados preventivos para se evitar entupimento por precipitados de ferro e, ou, ferrobactérias. Na propriedade onde as avaliações foram conduzidas não eram realizadas quaisquer medidas preventivas nesse sentido.

A partir dessas constatações, optou-se por fazer a limpeza do sistema de irrigação para eliminar ou diminuir os entupimentos dos emissores. Em seguida, foi feita uma terceira avaliação da uniformidade de distribuição de água, com o sistema operando nos moldes da primeira avaliação, ou seja, com três setores. Nessa avaliação, embora o sistema de irrigação apresentasse o mesmo “layout” original, a pressão de serviço no final das linhas laterais variou de 40 a 110 kPa, e o CUD foi 86,1%. Esse CUD é considerado bom, segundo a classificação ASAE EP 458 (ASAE STANDARDS, 1996), e já é bem próximo do valor ideal citado por MANTOVANI e RAMOS (1994). A vazão média dos gotejadores foi  $2,8 \text{ L h}^{-1}$ . Essa vazão ainda é superior à vazão nominal do gotejador.

Na Figura 3c, observa-se a menor variação das vazões dos emissores ao longo da linha lateral. A melhor uniformidade de distribuição de água e a menor vazão média indicam que o sistema realmente tinha problemas de entupimento e que a limpeza foi eficiente para diminuí-los. O fato de a vazão ainda não ser igual à vazão nominal pode ser explicado ou em razão de a limpeza ainda não ter sido suficiente para o completo desentupimento dos emissores e, ou, em razão de estes terem sido permanentemente danificados, perdendo parcialmente sua função autocompensante.

#### **4.2. Desempenho da insetigação**

No Quadro 7 estão listadas as porcentagens médias de folhas minadas com larvas vivas, em cada tratamento, medidas antes (dia 0) e aos 15, 30, 45, 60 e 85 DAAI. Com exceção da testemunha e dos tratamentos com insetigação e dose de  $900 \text{ g ha}^{-1}$  e pulverização e dose de  $1.200 \text{ g ha}^{-1}$ , os demais tratamentos tiveram redução na infestação aos 15 DAAI. A explicação para o ligeiro aumento

da infestação naqueles tratamentos, em que não se observou redução, deve-se ao fato de a infestação inicial nos mesmos ter sido muito baixa. A partir daí houve evolução gradativa da infestação, em todos os tratamentos, até a última avaliação, aos 85 DAAI.

Observam-se, no Quadro 8, as eficácias de controle, em cada tratamento, aos 30, 45, 60 e 85 DAAI. Aos 45 e 60 DAAI, todos os tratamentos apresentaram eficácia de controle superior a 50%, exceto no tratamento com pulverização convencional na dose de 600 g ha<sup>-1</sup>, cuja eficácia foi de 29,6%, 29,7% e 30,0%, aos 45, 60 e 85 DAAI, respectivamente. Esses valores correspondem ao controle exercido pelos inimigos naturais da praga, evidenciando-se que esse tratamento só foi eficiente até os 30 DAAI (57,9%). Aos 85 DAAI, todos os tratamentos apresentaram eficácia de controle inferior a 50%, exceto o tratamento com pulverização convencional na dose de 900 g ha<sup>-1</sup>. Porém, isso se deve à diminuição da infestação na testemunha. Essa diminuição pode ter sido causada por erros de amostragem ou pela diminuição natural da população da praga, que ocorre nessa região a partir do mês de março, uma vez que tal redução aconteceu em todas as parcelas que apresentavam alta infestação na avaliação anterior.

Quadro 7 – Porcentagens médias de folhas minadas com larvas vivas em cada tratamento, aos 0, 15, 30, 45, 60 e 85 DAAI

Método de aplicação	Dose (g ha <sup>-1</sup> )	Folhas minadas com larvas vivas (%)					
		0 dia	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias	85 dias
Testemunha	0	4,25	4,75	9,50	13,50	18,50	10,00
Insetigação	600	5,00	3,00	4,75	6,25	7,50	6,50
Insetigação	900	1,00	1,75	2,50	3,75	4,25	5,50
Insetigação	1.200	3,75	2,25	4,00	4,50	5,75	7,50
Pulverização	600	2,25	1,75	4,00	9,50	13,00	7,00
Pulverização	900	6,50	2,25	2,25	2,75	2,75	4,00
Pulverização	1.200	1,75	1,75	5,00	3,25	1,75	4,50

Quadro 8 – Eficácias de controle dos tratamentos aos 30, 45, 60 e 85 DAAI

Método de aplicação	Dose (g ha <sup>-1</sup> )	Eficácia de controle <sup>(1)</sup> (%)			
		30 dias	45 dias	60 dias	85 dias
Insetigação	600	50,0	53,7	59,5	35,0
Insetigação	900	73,7	72,2	77,0	45,0
Insetigação	1.200	57,9	66,7	68,9	25,0
Pulverização	600	57,9	29,6	29,7	30,0
Pulverização	900	76,3	79,6	85,1	60,0
Pulverização	1.200	47,4	75,9	90,5	35,0

1 – Eficácia de controle calculada pela equação 4.

Na Figura 4 são apresentados os gráficos com a evolução da infestação da praga ao longo do tempo. Na Figura 4a, mostram-se as curvas de regressão da infestação *versus* tempo na insetigação e na pulverização convencional, ambas com aplicação de 600 g ha<sup>-1</sup> de imidacloprid, e na testemunha.

Com o auxílio do método proposto por GRAYBILL (1976), foi feito teste de identidade do  $\beta_1$  da regressão de cada tratamento com inseticida comparado com o  $\beta_1$  da regressão da testemunha. O  $\beta_1$  da regressão indica o grau de evolução do ataque ao longo do tempo. Com o auxílio da análise de variância das regressões mostrada nos Quadros 9 e 10, pode-se afirmar que a pulverização convencional com 600 g ha<sup>-1</sup> (50% da dose recomendada pelo fabricante) não proporcionou controle significativo sobre a praga, enquanto a insetigação, com a mesma dose, controlou o inseto. Esse resultado pode ser explicado em razão de a insetigação diminuir as perdas por volatilização do inseticida em relação à pulverização convencional, por proporcionar incorporação melhor e mais rápida ao produto, além de sua distribuição mais uniforme em todo o bulbo molhado, atingindo, assim, mais eficientemente toda a zona radicular.

Nas Figuras 4b e 4c são apresentadas as regressões referentes às doses 900 (75%) e 1.200 (100%) g ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Nos dois casos, as regressões dos

tratamentos com inseticida diferiram significativamente da testemunha, no nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

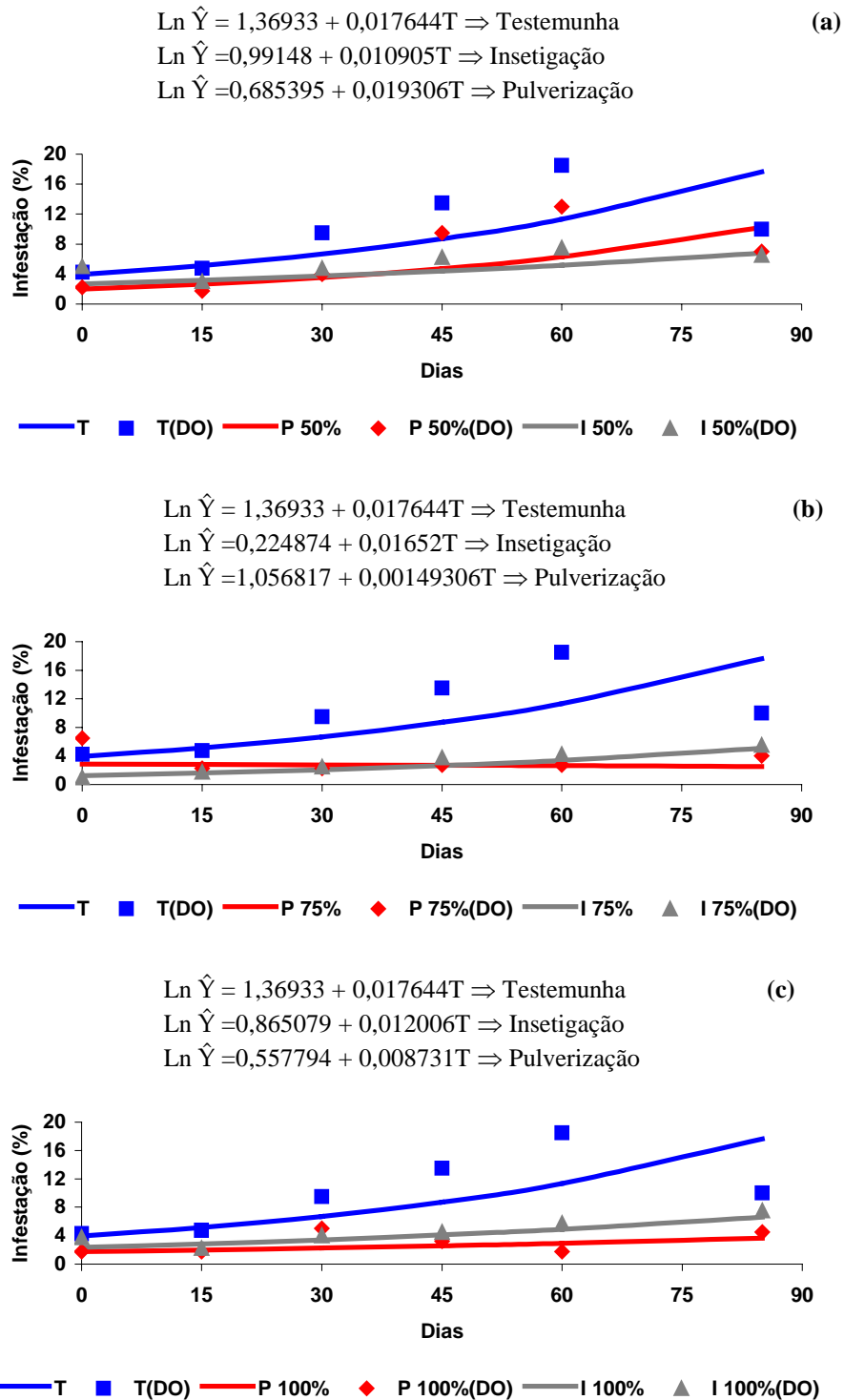


Figura 4 – Curvas de regressão das porcentagens de infestação das folhas do cafeeiro com bicho-mineiro *versus* tempo, em que T é testemunha, P é pulverização, I é insetigação, DO são dados observados no tratamento correspondente e 50%, 75% e 100% são porcentagens das doses do produto recomendadas pelo fabricante.

Quadro 9 – Teste de identidade entre os  $\beta_1$ 's das equações de regressão da testemunha e da pulverização convencional com diferentes doses, em relação ao tempo

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Modelo completo	3	128,7072144	42,90240479	
Modelo reduzido	2	111,7849274	55,89246372	
Redução Ho	1	16,92228692	16,92228692	38,71962083*
Resíduo	45	19,66710663	0,437046814	
Total	48	148,3743134		
<b>75% da dose recomendada</b>				
Modelo completo	3	131,7874603	43,92915344	
Modelo reduzido	2	114,7593951	57,37969756	
Redução Ho	1	17,02806521	17,02806521	35,55094211*
Resíduo	45	21,55394173	0,478976483	
Total	48	153,3414154		
<b>50% da dose recomendada</b>				
Modelo completo	3	164,8109	54,93698	
Modelo reduzido	2	158,2653	79,13265	
Redução Ho	1	6,545625	6,545625	2,028071 n.s.
Resíduo	45	145,2381	3,227513	
Total	48	186,0234		

\* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F (F tabelado 5% (1; 45) = 4,06).

n.s. Não-significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Quadro 10 – Teste de identidade entre os  $\beta_1$ 's das equações de regressão da testemunha e da insetigação com diferentes doses, em relação ao tempo

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Modelo completo	3	153,3661499	51,12204997	
Modelo reduzido	2	153,3661499	76,68307495	
Redução Ho	1	146,7541083	146,7541083	350,1996958*
Resíduo	45	18,85762596	0,419058355	
Total	48	172,2237701		
<b>75% da dose recomendada</b>				
Modelo completo	3	131,2773438	43,75911458	
Modelo reduzido	2	114,3164184	57,15820922	
Redução Ho	1	16,9609253	16,9609253	42,46991638*
Resíduo	45	17,97134781	0,399363285	
Total	48	149,2486877		
<b>50% da dose recomendada</b>				
Modelo completo	3	158,3904572	52,79681905	
Modelo reduzido	2	91,27172448	45,63586224	
Redução Ho	1	67,11873267	67,11873267	121,0392083*
Resíduo	45	24,95342636	0,554520586	
Total	48	183,3438873		

\* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F (F tabelado 5% (1; 45) = 4,06).

n.s. Não-significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

## 5. RESUMO E CONCLUSÕES

A cafeicultura irrigada está se expandindo no Brasil e é responsável pelo aumento da produtividade e qualidade do produto. Além disso, a irrigação permite a adoção de novas tecnologias, como a quimigação. A uniformidade na distribuição de água é o principal parâmetro de avaliação do desempenho de um sistema de irrigação, sendo de suma importância para a prática da quimigação.

Este estudo objetivou avaliar o desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento e propor medidas para melhorar-lhe a uniformidade da distribuição de água; avaliar o desempenho da insetigação em irrigação por gotejamento no controle do bicho-mineiro; e analisar a possibilidade de obter controle adequado da praga com dose de inseticida inferior à recomendada, via insetigação.

O sistema de irrigação foi avaliado segundo o modelo de KELLER e KARMELLI (1974), modificado por DENÍCULI et al. (1980). Foram feitas três avaliações, sendo a primeira realizada com o sistema operando em condições usuais da propriedade. Na segunda, apenas a pressão de operação do sistema foi alterada, diminuindo-se a vazão para aumento da pressão. Antes da terceira avaliação, o sistema passou por duas limpezas, para desentupimento dos emissores, segundo o método proposto por NAKAYAMA e BUCKS (1986).

Aplicou-se o inseticida sistêmico imidacloprid via insetigação e via pulverização convencional. Foram aplicadas três doses do produto comercial (600, 900 e 1.200 g ha<sup>-1</sup>) em cada método de aplicação, além da testemunha, que

não recebeu inseticida. Foi avaliada a infestação do bicho-mineiro, em cada parcela, antes da aplicação do inseticida e aos 15, 30, 45, 60 e 85 dias depois.

Os resultados permitiram concluir que: a uniformidade do sistema de irrigação, inicialmente em nível de campo, foi considerada inadequada, de acordo com a classificação ASAE EP 458 (ASAE STANDARDS, 1996); o procedimento de limpeza com a aplicação de ácido fosfórico e, em seguida, com uma segunda aplicação de ácido fosfórico mais hipoclorito de sódio foi eficaz na limpeza dos emissores e na melhoria da uniformidade da distribuição de água; a insetigação foi mais eficiente que a pulverização convencional no controle do bicho-mineiro do cafeeiro; a insetigação foi eficiente no controle dessa praga quando se usou 50% da dose recomendada, enquanto a pulverização convencional, com a mesma dose, não proporcionou controle sobre a infestação desse inseto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, M. E. B. **Respostas do cafeeiro (*Coffea arábica* L.) a diferentes lâminas de irrigação e fertirrigação.** Lavras, MG: UFLA, 1999. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- ASAE EP 458. **Field evaluation of micro irrigation systems.** St. Joseph: ASAE Standards, 1996. p.792-797.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação.** 6. ed. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 1995. 657 p.
- CAIXETA, G. Z. T. Gerenciamento da cafeicultura em época de crise. In: ZAMBOLIM, L. **Tecnologias de produção de café com qualidade.** Viçosa, MG: UFV, Departamento de Fitopatologia, 2001. p.1-24.
- CHALFANT, R.B.; YOUNG, J. R. Management of insect pests of broccoli, cowpeas, spinach, tomatoes, and peanuts with chemigation by insecticides in oils, and reduction of watermelon virus 2 by chemigated oil. **J. Econ. Entomol.**, v.77, p.1323-1326, 1984.
- CHANDLER, L. D.; HERZOG, G. A.; SUMNER, H. R. Chemigation Methodology for management of cotton insect pests. **J. Econ. Entomol.**, v.87, n.1, p.212-219, 1992.

- CHANDLER, L. D.; SUMNER, H. R. Effective use of chemigation technology for managing soybean insect pests, with notes on *Geocoris puctipes* (Say). **J. Econ. Entomol.**, v.10, n.2, p.125-137, 1993.
- CHANDLER, L. D.; SUMNER, H. R.; MULLINIX, B. G. Assessment of Irrigation-Related Insecticide Application Methods for Control of Lepidopteran insect pests of Sweet Corn. In: BELTWIDE COTTON CONFERENCES, 44<sup>th</sup> Cotton Insect Research and Control Conference. **Proceedings...** Tifton: Georgia: USDA, 1991. p.757-759.
- CHRISTIANSEN, J. P. **Irrigation by sprinkler**. Berkeley: California Agricultural Station, 1942. 124 p. (Bulletin 670).
- CLARK, J. M.; MARION, J. R.; TESSIER, D. M. Effect of spray adjuvant on off-site airborne and deposited parathion from cranberry bogs treated by aerial application and chemical irrigation. **ACS Symposium Series**, v.522, p.243-259, 1993.
- CORDEIRO, E. A. **Influência do tratamento de água ferruginosa no desempenho de sistema de irrigação por gotejamento**. Viçosa, MG: UFV, 2002. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- COSTA, E. F.; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. **Quimigação**: aplicação de produtos químicos e biológicos via água de irrigação. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 315 p.
- CRUZ, O.C. **Distribuição horizontal do inseticida chlororpyrifos aplicado via pivô central em cultura de milho (*Zea mays L.*) e sua retenção no dossel das plantas**. Lavras, MG: UFLA, 1997. 54 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- CUNHA, J. P. A. R. **Funfigação**: eficácia e uniformidade de distribuição do epoxiconazol, em três lâminas de água, no controle de doenças do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*). Viçosa, MG: UFV, 2000. 60 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- DAMATTA, F. M.; RENA, A. B. Tolerância do café à seca. In: ZAMBOLIM, L. **Tecnologias de produção de café com qualidade**. Viçosa, MG: UFV, Departamento de Fitopatologia, 2001. p.1-24.

- DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIEBAUT, J.T.L.; SEDIYAMA, G.C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, Viçosa, v 27, n. 50, p 155-162, 1980.
- FELSOT, A. S.; EVANS, R.G.; TALLMAN, L. C. Soil distribution and plant uptake of imidacloprid under drip and furrow irrigation. In: NATIONAL IRRIGATION SYMPOSIUM, 4<sup>th</sup> Decennial Symposium, 2000, Phoenix. **Proceedings...**, Phoenix: Arizona, USA, 2000. p.416-427.
- GRAYBILL, F. A. **Theory and application of the linear model**. [S.l.]: Belmont, Duxbury, 1976. 704 p.
- HEERMANN, D. F.; WALLENDER, W. W.; BOS, M. G. Irrigation efficiency and uniformity. In: HOFFMAN et al. (Eds.). **Management of farm irrigation systems**. [S.l.:s.n.], 1990. p.125-149.
- KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: [s.n.], 1990. 652 p.
- KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Transactions of the ASAE**, v.17, n.4, p.678-684, 1974.
- LOPEZ, J.R.; ABREU, J.M.H.; REGALADO, A.P.; HERNÁNDEZ, J.F.G. **Riego localizado**. Madrid: [s.n.], 1992. 405 p.
- MANTOVANI, E. C.; RAMOS, M. M. Manejo da irrigação. In: COSTA, E. F. da; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. **Quimigação**: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. Brasília: Embrapa, SPI, 1994. p.129-158.
- MATIELLO, J. B. **O café**: do cultivo ao consumo. São Paulo: Globo, 1991. 320 p.
- MERRIAN, J. L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation**: a guide for managment. Logan Utah: Utah State University, 1978. 270 p.
- MOREIRA, J.A.A.; STONE, L.F. Calibração. In: COSTA, E.F.; VIEIRA, R.F.; VIANA, P.A. **Quimigação**: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. Brasília: Embrapa, SPI, 1994. p.159-182.
- NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. **Trickle irrigation of crop production**. [S.l.]: Elsevier Science Publics B. V., 1986. 383 p.

- OGG JUNIOR, A.G.; DOWLER, C.C. Applying herbicides through irrigation system. In: McWHORTER, C.G.; GEBBARDT, M.R. (Eds.). **Methods of applying herbicides**. Pullman: Weed Science Society of America, 1988. p.145-164.
- REIS, P. R.; SOUZA, J. C. Manejo integrado das pragas do cafeeiro em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, v. 3, n. 25, p.17-25, 1998.
- RODRIGUES FILHO, R. S. **Impacto da insetigação com deltametrina em insetos-praga e predadores e no rendimento da cultura do milho em cultivos convencional e direto**. Viçosa, MG: UFV, 2000. 67 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- SANTINATO, R.; BECKER, C. A.; BERNARDES, C. R.; SILVA, V.A.; FERNANDES, A. L. T.; DUARTE, A. P.; SEIXAS, L. Controle do bicho-mineiro em cafeeiros irrigados por gotejamento via solo e via água nas condições do cerrado mineiro com uso do inseticida furadan 350 SC, temik, confidor e actara. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIÇAS, 27, 2001, Uberaba. **Anais...** Uberaba, MG: [s.n.], 2001. p.224-225.
- SILVA, G. G.; PRAÇA, E. F.; MENEZES, J. B.; GOMES JUNIOR, J.; VIEIRA, C. P. G. Qualidade de híbridos de melão após a aplicação de imidacloprid para controle de mosca-branca. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, n.3, p.179-182, 2000.
- 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, BA: [s.n.], 1993. p.2688-2702.
- SOUZA, L. O. C.; MANTOVANI, E. C.; SOARES, A. A.; RAMOS, M. M.; BONOMO, R. Uniformidade de aplicação de água em sistemas de irrigação por gotejamento, em função do tempo de uso e do tipo de gotejador, utilizados na cafeicultura irrigada. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA, 4, 2001, Araguari. **Anais...** Viçosa, MG: AEA/UFV, DEA, 2001. p.54-58.
- TEIXEIRA, S. M.; MILHOMEM, A. V. A Competitividade e Custos da Cafeicultura Brasileira. In: ZAMBOLIM, L. **Tecnologias de produção de café com qualidade**. Viçosa, MG: UFV, Departamento de Fitopatologia, 2001. p.1-24.

- THOMAS, J.G.; PENNINGTON, D.A.; PRIRGER, L. **Chemigation**. Mississippi: Mississippi State University, 1998. 28 p. (Publication 1551).
- THOMAZIELLO, R. A.; OLIVEIRA, E. G.; FILHO, J. A. T.; COSTA, T. E. **Cultura do Café**. 4. ed. Campinas: CATI, 1999. 77 p.
- THREADGILL, E.D. Current status and future of chemigation. In: NACIONAL SYMPOSIUM ON CHEMIGATION, 3, 1985, Tifton. **Proceedings...** Tifton: Rural Development Center, 1985. p.1-12.
- THREADGILL, E. D. Advances in irrigation, fertigation and chemigation. In: EXPERT CONSULTATION ON FERTIGATION, CHEMIGATION, 1991, Cairo. **Proceedings...** Rome: FAO, 1991. p.30-44.
- VIEIRA, R.F. Introdução à quimigação. In: COSTA, E.F.; VIEIRA, R.F.; VIANA, P. A. **Quimigação**: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. Brasília: Embrapa, SPI, 1994. p.13-40.
- VIEIRA, R.F.; SUMNER, D.R. Application of fungicide to foliage through overhead sprinkler irrigation – a review. **Pestic. Sci.**, v.55, p.412-422, 1999.
- WEISSLING, T.J.; PEAIRS, F.B.; PILCHER, S.D. Comparison of chemigated and aerially-applied chlorpyrifos and fenvalerate for control of european corn-borer (Lepidoptera, pyralidae) Larvae. **J. Econ. Entomol.**, v.85, n.2, p.539-543, 1992.
- WU, I.P.; GITLIN, H. M. Drip irrigation application efficiency and schedules. **Trans. ASAE**, v.26, n.1, p.92-99, 1983.
- YOUNG, J. R. Supression of fall armyworm populations by incorporation of insecticides into irrigation water. **Florida Entomologist**, v.63, n. 4, p.447-450, 1980.
- YOUNG, J. R. Chemigation: aplication of insecticide in vegetable oil for control of foliar insects of corn. In: AGRICULTURAL CHEMISTRY USES OF SOYBEAN OIL WORKSHOP. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 1984. p.59-61.
- YOUNG, J. R.; CHALFANT, R.B. Insectigation: the aplication of insecticides in irrigation water. In: NATIONAL SYMPOSIUM ON CHEMIGATION, 3, 1985,Tifton. **Proceedings...** Tifton, Georgia: Rural Development Center, 1985. p.98-108.