



**OTHON CARLOS DA CRUZ**

***DISTRIBUIÇÃO HORIZONTAL DO INSETICIDA CHLORPYRIFOS APLICADO VIA  
PIVÔ CENTRAL EM CULTURA DE MILHO(Zea mays L.) E SUA RETENÇÃO NO  
DOSSEL DAS PLANTAS***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração em Irrigação e Drenagem, para obtenção do Título de "Mestre".

**Orientador**  
**Prof. Dr. MANOEL ALVES DE FARIA**



Ficha Catalográfica preparada pela Seção de Classificação e Catalogação da  
Biblioteca Central da UFLA

Cruz, Othon Carlos da Cruz

Distribuição horizontal do inseticida chlorpyrifos aplicado via pivô central em cultura de milho (*Zea mays L.*) e sua retenção no dossel das plantas / Othon Carlos da Cruz.-- Lavras : UFLA, 1997.

54 p. : il.

Orientador: Manoel Alves de Faria.

Dissertação (Mestrado) - UFLA.

Bibliografia.

1. Milho - Irrigação. 2. Pivô central. 3. Inseticida - Chlorpyrifos - Distribuição. 4. Retenção. 5. Controle químico. 6. Bomba injetora. 7. Quimigação. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-633.159951

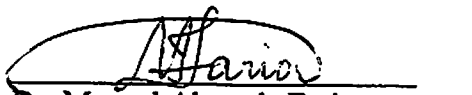
-631.587


**OTHON CARLOS DA CRUZ**


***DISTRIBUIÇÃO HORIZONTAL DO INSETICIDA CHLORPYRIFOS APLICADO VIA  
PIVÔ CENTRAL EM CULTURA DE MILHO (Zea mays L.) E SUA RETENÇÃO NO  
DOSSEL DAS PLANTAS***

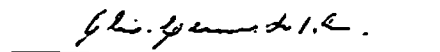
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração em Irrigação e Drenagem, para obtenção do Título de "Mestre".

APROVADA em 29 de agosto de 1997

  
Dr. Manoel Alves de Faria  
(Orientador)

  
Dr. Renê Luiz de Oliveira Rigitano  
(Co-orientador)

  
Dr. Joel Augusto Muniz  
(Co-orientador)

  
Dr. Elío Lemos da Silva

**Aos meus pais, Antônio Carlos e Maria**

**Aos meus irmãos, Dorotéia, João Carlos e Gilberto**

**OFEREÇO**

**A minha esposa Marilda  
e aos meus filhos Eddie, Carolinnie e Camillie,  
pela compreensão, carinho, companheirismo e o apoio incondicional**

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Expresso meus agradecimentos a todas as pessoas e instituições que colaboraram para a realização deste trabalho, em especial:

Ao Prof. Dr. Manoel Alves de Faria, pela orientação, atenção e apoio prestado.

Ao Prof. Dr. Renê Luiz de Oliveira Rigitano, pelo apoio, atenção e co-orientação.

Aos Professores Dr. Antônio Marciano da Silva, Dr. Jacinto de Assunção Carvalho, Dr. Luiz Antônio Lima e Dr. Nilson Salvador, pelo incentivo, amizade e ensinamentos proferidos.

Ao Prof. Dr. Joel Augusto Muniz, pelas sugestões e orientação nas análises estatísticas.

Aos Pesquisadores Ênio Fernandes da Costa e Paulo Afonso Viana, do CNPMS-EMBRAPA, pelas sugestões apresentadas.

A todos colegas do curso, em especial ao Barreto, Jane e Paulinho, pela convivência e alegrias compartilhadas, que resultaram na solidificação de nossa amizade.

À Marilda, Marynei, Ana Paula, Ilceu, João Oliveira, Anderson Gouvea, Marcos Prata, Antônio Carlos Barreto e funcionários do Laboratório de Hidráulica pela colaboração oportuna.

Aos meus amigos, Eliane e Barreto, Rose e Osvaldo, Elô e Ademir, Fátima e Luiz Vieira, Rita e Eliézer, Jane e Rodolfo, Adriana e Miguel, pela convivência fraterna e construtiva.

À Escola Agrotécnica Federal de Uberaba (EAFU), que viabilizou a conclusão do curso.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), pela oportunidade de realização do curso.

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

Enfim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho e que ficaram no anonimato, o meu agradecimento especial.

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE QUADROS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	x
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1 Caracterização da área experimental.....	16
3.2 Cultura.....	17
3.3 Defensivo.....	17
3.4 Sistema de irrigação.....	18
3.4.1 Características do pivô central.....	18
3.4.2 Características do conjunto motobomba.....	18
3.4.3 Características da bomba injetora.....	18
3.5 Avaliações.....	19
3.5.1 Levantamento topográfico.....	19
3.5.2 Condições ambientais.....	19

3.5.2.1 Velocidade do vento.....	19
3.5.2.2 Evaporação.....	21
3.5.2.3 Umidade relativa.....	21
3.5.2.4 Temperatura.....	22
3.5.3 Pressão.....	21
3.5.4 Uniformidade de distribuição da água aplicada.....	22
3.5.5 Uniformidade de distribuição horizontal do inseticida aplicado via irrigação.....	23
3.5.6 Retenção do inseticida no dossel das plantas de milho aplicado via pivô central.....	24
3.5.7 Análise química das amostras.....	27
3.5.7.1 Quantidade de amostras.....	27
3.5.7.2 Concentração do inseticida na calda.....	27
3.5.8 Delineamento estatístico análise dos dados.....	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	31
4.1 Uniformidade de distribuição horizontal de água e inseticida via pivô central.....	31
4.2 Retenção do inseticida no dossel das plantas de milho.....	37
5 CONCLUSÕES.....	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
APÊNDICE.....	52

## LISTA DE QUADROS

	Página
QUADRO 1 - Esquema da análise de variância utilizado para avaliar o efeito da retenção do inseticida no dossel das plantas.....	30
QUADRO 2 - Valores de CUC e CUD para a água, calda inseticida e concentração do inseticida na água aplicados via pivô central em situação topográfica em nível, aclive e declive, com os coletores espaçados de 5 e 10 metros.....	32
QUADRO 3 - Concentrações de inseticida (mg/l) obtidas em quatro raios do pivô central e em quatro posições no dossel das plantas, com o relê percentual a 80%.....	38
QUADRO 4 - Análise de variância das concentrações de inseticida (mg/l) obtidas em quatro raios, nas quatro posições no dossel das plantas, com o relê percentual a 80 %.....	39
QUADRO 5 - Concentrações médias de inseticida (mg/l) obtidas nas quatro posições no dossel das plantas em quatro raios do pivô central com o relê percentual a 80 %.....	40
QUADRO 6 - Concentrações de inseticida (mg/l) obtidas em quatro raios do pivô central e em quatro posições no dossel das plantas, com o relê percentual a 40%.....	43
QUADRO 7 - Análise de variância das concentrações de inseticida (mg/l) obtidas em quatro raios, nas quatro posições no dossel das plantas, com o relê percentual a 40 %.....	44
QUADRO 8 - Concentrações médias de inseticida (mg/l) obtidas em quatro raios do pivô central, nas quatro posições no dossel das plantas, com o relê percentual a 40%.....	45
QUADRO 9 - Valores em % das concentrações de inseticida nas posições B, C e D em relação à posição A para duas velocidades de deslocamento do pivô, com relê percentual a 80 % e 40 %.....	46



## LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1 - Representação das curvas de nível do terreno da área experimental, localização do torre central do pivô e das posições onde se realizaram os testes de uniformidade.....	20
FIGURA 2 - Esquema de distribuição das linhas de coletores em relação à torre central do pivô na área experimental.....	22
FIGURA 3 - Localização das parcelas experimentais ao longo do pivô central.....	25
FIGURA 4 - Esquema das posições dos coletores no dossel das plantas.....	26
FIGURA 5 - Cromatograma mostrando detalhe dos picos da solução padrão e algumas amostras.....	29
FIGURA 6 - Perfil das lâminas coletadas (mm) ao longo do pivô central para três situações topográficas com espaçamento entre coletores de 5 metros.....	32
FIGURA 7 - Perfil das lâminas coletadas (mm) ao longo do pivô central para três situações topográficas com espaçamento entre coletores de 10 metros.....	33
FIGURA 8 - Perfil de distribuição da calda inseticida (mm) e da concentração do inseticida (mg/l) ao longo do pivô central com o relê percentual a 80 % em situação topográfica em nível, com o espaçamento entre coletores de 10 m.....	34
FIGURA 9 - Concentrações médias de inseticida (mg/l) nos quatro raios( R1, R2, R3 e R4) para as quatro posições (A, B, C e D) no dossel das plantas com o pivô se deslocando com o relê percentual a 80 %.....	39
FIGURA 10 - Concentrações médias de inseticida (mg/l) nos quatro raios( R1, R2, R3 e R4) para as quatro posições (A, B, C e D) no dossel das plantas com o pivô se deslocando com o relê percentual a 40 %.....	44

## RESUMO

CRUZ, Othon Carlos da. **Distribuição horizontal do inseticida *Chlorpyrifos* aplicado via pivô central em cultura de milho (*Zea mays* L.) e sua retenção no dossel das plantas.** Lavras: UFLA, 1997. 54 p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Agrícola)\*

A aplicação de produtos químicos via água de irrigação tem sido uma prática usada pelos produtores irrigantes, porém, no Brasil a carência de informações limitam a divulgação dessa técnica (Quimigação), tornando-a pouca expressiva ao conhecimento dos agricultores. Buscando obter maiores informações desta técnica desenvolveu-se este trabalho com o objetivo de investigar a uniformidade de distribuição do inseticida *Chlorpyrifos* na calda inseticida liberada ao longo do pivô central, bem como, sua retenção no dossel das plantas de milho. O equipamento utilizado neste trabalho foi um pivô central de baixa pressão com 314 m de raio e 5 torres móveis, instalado na fazenda de atividades práticas da Escola Agrotécnica Federal de Uberaba, Minas Gerais. Para a avaliação da uniformidade de distribuição do inseticida ao longo do pivô, utilizou-se a metodologia sugerida pela ABNT, que recomenda a distribuição de coletores em duas linhas radiais a partir da torre fixa do pivô formando um ângulo de 3° entre si, com os coletores espaçados de 5 metros. O Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) foi determinado pela equação proposta por Heermann e Hein (1968). Para determinar a retenção do inseticida no dossel das plantas de milho, foram afixados coletores em 4 posições A, B, C e D, respectivamente, acima do ápice da planta, inserção da primeira espiga; abaixo das folhagens e entre as linhas de

---

\* Orientador: Manoel Alves de Faria. Membros da Banca: Renê Luiz de Oliveira Rigitano, Joel Augusto Muniz, Élio Lemos da Silva.

plântio. As áreas amostradas correspondiam a 4 raios ao longo do pivô, as quais representavam o ponto intermediário entre as torres. Para cada posição foram feitas 4 repetições. Os coletores utilizados nas posições A e D foram copos de vidro com 84 mm de diâmetro. Nas posições B e C utilizou-se tubos de ensaio de 20 mm de diâmetro, atados ao colmo da planta. A determinação da concentração do inseticida na calda foi feita por cromatografia gasosa. O modelo estatístico usado para a análise dos dados foi um esquema de parcela subdividida num delineamento inteiramente casualizado com 4 repetições. O Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) para o inseticida (87,80 %) foi bastante próximo ao CUC da calda inseticida (91,08 %). As concentrações de inseticida obtidas nas alturas de inserção da 1ª espiga e abaixo das folhas da planta foram, respectivamente, 58,5 % e 76 % menores que a concentração acima do dossel da planta, mostrando que houve retenção do inseticida.

## ABSTRACT

### **HORIZONTAL DISTRIBUTION OF THE INSECTICIDE CHLORPYRIFOS APPLIED VIA CENTER PIVOT IN THE CULTURE OF CORN (*Zea mays L.*), AND ITS RETENTION IN THE CANOPY OF THE PLANTS.**

The application of chemicals products via irrigation water has been a method used by irrigating farmers, but, in Brazil, the lack of information limits the diffusion of this technique (Chemigation), making it little expressive to the farmers' knowledge. Trying to find more information about this technique it has been achieved this work with the aim of looking into the uniformity of distribution of insecticide *chlorpyfos* in the insecticide emulsion released along the center pivot as well as its retention on the canopy of the corn plants. The equipment used for this experiment was a center low pressure pivot with 314 m radius and five moving towers installed on the farm of practical activities of Escola Agrotécnica Federal de Uberaba, Minas Gerais. To the evaluation of the insecticide uniformity distribution along the pivot it was used the recommended ABNT methodology that suggests the collectors distribution in two radial rows from the fixed tower of the pivot making an angle of  $3^\circ$  between each other, with the collectors spaced out 5 meters. The Christiansen Uniformity Coefficient (CUC) was determined by the equation proposed by Heermann and Hein (1968). To determine the retention of the insecticide in the canopy of the corn plant, it was installed collectors in four different positions A, B, C, D, respectively above the

top of the plant, on the insertion of the first ear, below the foliage and among the plants rows. The sampled areas corresponded to four (4) radii along the pivot that represented the intermediary point among the towers. Four (4) replications were made. For each position the collectors utilized at A and D positions were 84 mm diameter glasses. At the positions B and C 20 mm diameter proof tubes were utilized, bound to the stalk of the plant. The insecticide concentration determination in the emulsion was made by gaseous chromatography. The statistics model used to analyse the data was a part scheme subdivided in a design completely randomized with four replications. The Christiansen Uniformity Coefficient (CUC) for the insecticide (87,80 %) was very close to the CUC of the water (91,08 %). The insecticide concentration obtained at the first ear insertion level and below the leaves of the plants were 58,5 % and 76 % lower than the concentration above the canopy of the plant, pointing that there was retention of the insecticide.

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil se situa entre os maiores produtores de milho do mundo, com uma produção anual estimada em 32 milhões de toneladas e uma produtividade média de 2,7 toneladas/ha (BRASIL, 1997), a qual é bastante baixa, em função do baixo nível tecnológico, visto o grande potencial do material genético das variedades cultivadas comercialmente. Essa baixa produtividade está aliada a vários fatores tais como: uso de sementes de baixa qualidade, adubação inadequada, adversidades climáticas nas lavouras conduzidas em regime de sequeiro devido à distribuição irregular de chuvas e o controle deficiente de pragas e doenças, entre outros.

Portanto, sendo uma cultura de grande potencial em expansão agrícola é necessária uma maior difusão de tecnologia aos agricultores. Dentre essas técnicas, a irrigação se apresenta em destaque, propiciando ao produtor uma diminuição dos riscos nos investimentos, aumentando a produtividade, possibilitando um número maior de safras durante o ano, etc.

Faria e Vieira (1986), ressaltam que os sistemas de irrigação por aspersão têm sido os mais usados devido à considerável uniformidade de aplicação, à elevada eficiência do sistema e ao bom controle no volume de água aplicado na irrigação. Dentre estes sistemas, o pivô central tem tido destaque pelo expressivo desempenho, quando devidamente dimensionado e manejado.

Por conseguinte, aliada à irrigação, o uso de tecnologias competitivas que visem uma maior eficiência na utilização dos insumos, simplificação das operações, menor impacto ambiental ao solo e diminuição dos custos na condução das lavouras vem decisivamente concorrer para maiores sucessos em uma agricultura racional.

Tem se observado que, com a expansão na produção agrícola, tem havido também um aumento contínuo e constante no uso de agroquímicos, pois, as culturas de um modo geral, passaram a abrigar vários artrópodes, plantas daninhas e doenças indesejáveis, tornando-se alvo de maciças aplicações desses produtos.

Vale ressaltar que, com a necessidade de controlar as pragas das lavouras, os agricultores têm buscado alternativas, dentre elas, a técnica de aplicação de inseticidas via água de irrigação. Tal técnica, denominada de insetigação, tem sido aplicada desde a década de 60, nos Estados Unidos ( Palmer, citado por Viana e Costa, 1989 ).

No Brasil, a insetigação começou a ser utilizada na década de 80, havendo ainda expressiva falta de informações técnicas para as diferentes condições, sendo que até o momento, nenhum agrotóxico possui autorização para aplicação via irrigação.

Enquanto em outros países há recomendação oficial de inseticidas para uso via pivô central, no Brasil pouquíssimos trabalhos de pesquisas tem sido publicados sobre o assunto. Ainda assim, há uso de insetigação, com a finalidade de maximizar a utilização do pivô central e reduzir os custos na aplicação de defensivos.

A aplicação de produtos químicos via irrigação (quimigação) vem se destacando como uma alternativa na diminuição dos custos de produção, porém, vale ressaltar, a grande importância de se ter equipamentos bem dimensionados e com manejo adequado. O desempenho do equipamento em condições de campo é avaliado basicamente em função da uniformidade de

distribuição de água. A desuniformidade na distribuição de água pode acarretar perdas econômicas devido ao excesso ou déficit de água em determinadas partes da área irrigada.

A uniformidade de distribuição de produtos químicos tem sido destacada como fator preponderante para o sucesso da quimigação, sendo que, geralmente ela é proporcional à distribuição de água em sistemas de irrigação. Portanto, o desempenho do equipamento é fator preponderante para que se possa obter maiores eficiências com a aplicação de produtos químicos via irrigação. Os sistemas de irrigação do tipo pivô central são os de melhor potencial para quimigação por causa da elevada uniformidade de distribuição. Nesses sistemas, o coeficiente de uniformidade atinge valores superiores a 85% e quando bem dimensionados e manejados, esse limite ultrapassa os 90%.

Devido a este fator, aliado a outros fatores de ordem econômica, a quimigação vem sendo empregada por vários agricultores irrigantes, porém a carência de maiores conhecimentos técnicos, ainda, limita sua divulgação e a torna pouco expressiva ao conhecimento dos produtores.

O presente trabalho teve como objetivo investigar a uniformidade de distribuição horizontal do inseticida *chlorpyrifos* na calda inseticida liberada ao longo do pivô central, bem como, sua retenção no dossel das plantas de milho (*Zea mays L.*), para diferentes velocidades de deslocamento do sistema de irrigação.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O milho (*Zea mays L.*) dentro da ordem Gramineae pertencente a família Graminaceae é uma das culturas mais importantes do mundo, especialmente nos países em desenvolvimento onde as fontes alimentares são deficientes em quantidades e qualidades. Esta cultura adapta-se a uma ampla variedade de condições edafo-climáticas, convertendo-se no cereal de maior produção de grãos. O milho representa um papel sócio-econômico muito importante no país, devido, à grande área plantada, à quantidade de mão de obra que emprega em seu processo produtivo e, servindo como matéria prima de vários produtos da agroindústria, (Fornasieri, 1992).

Dos fatores de produção envolvidos no cultivo de milho destaca-se a irrigação. Esta, através de diversos métodos pode ser viabilizada com razoável otimização. Dos métodos empregados, o sistema tipo pivô central tem assumido grande importância nos dias atuais. Esse sistema de irrigação foi criado no Estado de Nebraska(E.U.A.) em 1952 e sua fabricação no Brasil iniciou-se em 1979. Hoje, este equipamento vem sendo comercializado no país por diferentes empresas. Estima-se que hoje existam aproximadamente 9000 equipamentos instalados no país, irrigando uma área estimada em 700.000 ha, (Schmidt, 1996).

O pivô central é um sistema de irrigação por aspersão que opera em círculo, constituído de uma linha lateral com emissores, ancorada em uma das extremidades e suportada por torres dotadas de rodas, equipadas com unidades propulsoras que transmite o movimento mediante eixo cardã aos redutores das rodas. Dessa forma, a linha lateral realiza um giro completo

ao redor da torre na base do pivô, onde o equipamento é fixado no terreno. A velocidade de deslocamento pode ser ajustada dentro de certos limites, proporcionando um certo controle da lâmina aplicada, (Bernardo, 1989). A principal vantagem deste sistema refere-se a economia de mão de obra na irrigação de áreas extensas, além da economia de água pela alta eficiência e uniformidade de aplicação, quando bem dimensionados. As principais desvantagens, constituem-se no alto custo do equipamento, devido à sofisticação, elevado custo operacional (consumo de energia), além do fato de somente irrigar áreas circulares, ocasionando uma perda da área na ordem de 20%, (Olitta, 1987).

Aliada à irrigação, outras tecnologias têm tido destaque, tal como a insetigação. Tal técnica visa a aplicação de inseticidas na lavoura por intermédio da água de irrigação.

As vantagens e desvantagens da técnica de insetigar tem sido minuciosamente identificadas e discutidas por diversos pesquisadores. Segundo Johnson et al. (1986), as principais vantagens quando comparada com outros métodos são:

- distribuição mais uniforme quando aplicados via pivô central;
- maior versatilidade na época de aplicação, isto é, o inseticida é aplicado no momento ideal para o controle da praga;
- reduz a compactação do solo, diminuindo o tráfego de máquinas;
- reduz os danos mecânicos à cultura, pois tratores e pulverizadores causam substanciais danos, principalmente quando há necessidade de controle em estágio de desenvolvimento mais avançado da cultura;
- reduz os riscos do operador, devido as baixas concentrações do produto quando aplicado via água de irrigação;
- os custos operacionais decrescem sensivelmente com o aumento do número de aplicações.

Entretanto a segurança e a eficiência na aplicação do inseticida dependerão exclusivamente dos conhecimentos do usuário, com relação a equipamentos bem dimensionados e manejados, inseticida usado adequadamente, fatores climáticos, dentre outros.

Chalfant e Young (1982), avaliando a eficiência de 13 inseticidas aplicados via irrigação para o controle de 17 espécies de inseto em 10 culturas diferentes, concluíram que a insetigação é uma eficiente técnica e de acordo com os resultados alcançados é sem dúvida uma alternativa viável quando se compara as vantagens da insetigação sobre as aplicações convencionais de produtos químicos.

A técnica de aplicação de inseticidas via pivô central para o controle de pragas do milho é um método satisfatório. Embora menos concentrado, devido ao alto volume de água aplicado juntamente com o inseticida, o produto atinge o local onde a praga está localizada mais eficientemente do que na pulverização, em função das próprias características do equipamento e da cultura, por apresentar uma estrutura que favorece a captação da calda inseticida no cartucho e nas bainhas das folhas. Viana (1994), comenta que, a insetigação por apresentar diversas vantagens, poderá estimular o uso indiscriminado de inseticidas, portanto, como em qualquer método de aplicação de inseticida a decisão de realizar o controle deve basear-se em informações sobre a população da praga que causa dano à cultura.

Segundo Witkowski, Barber e Currier (1986), diferentes lâminas aplicadas via pivô central não interferem no efeito do *chlorpyrifos*, portanto, o ideal é que se trabalhe com o pivô em velocidade máxima, diminuindo o volume de água e o tempo de aplicação, o qual possibilitaria menores interferências ambientais, principalmente de ventos excessivos que poderia interromper a aplicação. Viana (1994), comenta ainda, que em trabalhos realizados na EMBRAPA / CNPMS nos anos de 1988 e 1989, não encontraram efeito de lâminas de água (3 e 6 mm) sobre a

eficiência do inseticida *chlorpyrifos* aplicados via água de irrigação no controle de *Spodóptera frugiperda* na cultura de milho.

Viana e Costa (1989), estudando a eficiência de 4 inseticidas (*chlorpyrifos ethil*, *deltamethrine*, *methomyl* e *triazophos*) aplicados via irrigação por aspersão (convencional) no controle de *Spodóptera frugiperda* na cultura de milho, observaram aos 3 dias da aplicação uma maior eficiência no controle da praga com o inseticida *chlorpyrifos* e que o mesmo apresentou ainda maior eficiência ao 15º dia após a aplicação quando comparado com os outros.

Schmidt (1996), avaliando dosagens de *chlorpyrifos* no controle de *Diabrotica speciosa* em milho, aplicado via pivô central, concluiu que para o nível de dano econômico ao sistema radicular do milho na ordem de 2,5 (escala 1-6), seria necessário a aplicação de uma dosagem de 961,5936 g/ha.

Um dos aspectos preponderantes na insetigação sem dúvida é a solubilidade do inseticida na água. Vários pesquisadores da área tem buscado alternativas para tal aspecto.

Young, Keisling e Stansell (1981), concluíram que a insetigação com *methomyl* (solúvel em água) aplicado via pivô não apresentou controle satisfatório de *Spodóptera frugiperda* na cultura do milho, possivelmente devido a grande diluição do inseticida na água. Entretanto, em análise comparativa da aplicação de *methomyl* via equipamentos convencionais (pulverizadores) e *Sevin-4* formulado em óleo via irrigação, ambas situações apresentaram resultados satisfatórios no controle de *Helicoverpa zea* na cultura de milho. Desta forma, verificaram que a solubilidade é uma característica importante do inseticida para que ele possa ser aplicado via água de irrigação. Segundo os mesmos autores, inseticidas solúveis em água devem ser evitados na insetigação para o controle de pragas que se alimentam das folhas da cultura, pois, normalmente são lavados das folhas e vão para o solo.

Já os inseticidas insolúveis em água, são mantidos em gotículas encapsuladas, aderindo às partes das plantas e ao corpo (cutícula) do inseto, aumentando sua eficiência, (Silveira, Hills e Yates, 1987). Clamary, citado por Viana (1994), sugere a aplicação de inseticidas solúveis em água juntamente com óleo, com o objetivo de reduzir a lavagem do inseticida da planta; no entanto, para inseticidas que têm baixa solubilidade em água, como por exemplo, o *chlorpyrifos*, a adição de óleo nem sempre é necessária.

Buschman et al. (1985), avaliando o efeito da adição de um óleo não emulsionável ao inseticida *chlorpyrifos* aplicados via irrigação, não encontraram diferenças significativas no controle de *Diatraea grandiosella* na cultura de milho quando o inseticida foi aplicado sem óleo. Adicionando óleo juntamente com inseticida methomyl (solúvel em água), Young, Keisling e Stansell (1981), obtiveram um efeito residual 4 vezes maior quando comparado com o inseticida somente, aplicados via água de irrigação. Moraes (1986), comenta que em trabalhos realizados na fazenda Itamarati S/A, Ponta Porã, a adição de óleo insolúvel juntamente com *chlorpyrifos* aplicados via pivô central, não apresentaram diferenças no controle de pragas do milho quando comparado com a aplicação do inseticida sem óleo. Viana e Costa (1994), não encontraram aumento de eficiência no controle de *Spodóptera frugiperda* na cultura de milho, quando aplicaram o inseticida *chlorpyrifos* misturado com óleo de soja, comparado com o mesmo inseticida aplicado sem óleo.

Segundo Viana (1994), os óleos utilizados na insetigação são preferencialmente óleos vegetais brutos (algodão, soja, amendoim), refinados no máximo uma vez e óleos derivados de petróleo, ambos sem emulsificantes.

Degrande, Moraes e Alberton (1986) ressaltam que, na escolha de um inseticida para aplicação via água de irrigação deve-se observar algumas características, tais como: Eficácia,

toxicidade, poder residual, solubilidade, período de carência, seletividade, formulação, método de aplicação e custos. O inseticida deve ser eficaz com o objetivo de diminuir as chances do desenvolvimento de resistência. A seletividade é de fundamental importância, uma vez que garante a sobrevivência dos inimigos naturais. Deve ser o menos tóxico possível para evitar problemas com a saúde dos manipuladores, espécies não visadas e, em particular com as fontes de água. O período de carência deve corresponder às necessidades da cultura para poder ser respeitado e evitar os riscos de resíduos. O método de aplicação e a formulação interferem muito no impacto ecológico de uma substância química, pois decorre da forma e da maneira como é liberada no ambiente. Por fim, estes pesquisadores ressaltam, ainda, um aspecto importante referente a solubilidade do inseticida, afirmando que neste aspecto o inseticida deve apresentar baixíssima solubilidade em água de tal forma que não seja lavado das folhas ou dos artrópodes-praga após a irrigação ou mesmo chuvas leves.

Em estudos comparativos de deposição, mobilidade e persistência do inseticida *chlorpyrifos* concentrado emulsionável e o mesmo princípio ativo dissolvido em óleo de soja, aplicado em lâminas de 2,5 e 12,7 mm de água, Wauchope et al. (1991), concluíram que o volume de água não afetou os resíduos do inseticida nas folhagens do milho e no solo, porém, a formulação técnica misturada com óleo de soja resultou em 3 vezes mais produto nas folhas do que a formulação concentrado emulsionável.

Currier e Witkowski (1990), avaliando a eficácia residual do inseticida *chlorpyrifos* formulado em óleo aplicado em lâminas de aproximadamente 8,3 mm, 20,3 mm e 48,2 mm via pivô central, concluíram que as diferentes lâminas e a adição de óleo não tiveram efeito significativo na eficácia residual do inseticida para o controle de *Ostrinia nubilalis* na cultura de milho.

Stone, Stansell e Young (1994), avaliando o efeito de remoção do inseticida *chlorpyrifos* formulado em óleo de amendoim aplicado via pivô central no dossel de plantas de milho, concluíram que aproximadamente 50% do inseticida aplicado ficou aderido às folhagens do milho entre a parte superior e a nona folha da cultura. Em experimentos realizados para avaliar a retenção de um produto químico formulado em óleo de soja aplicados por um sistema de irrigação linear móvel na cultura de milho grão, Waller, Hills e Steinke (1995), concluíram que aproximadamente metade do produto químico permaneceu nas folhagens e o restante moveu-se para o solo, sendo que as perdas por deriva foram muito baixas.

Viana (1994), comenta que o inseticida *chlorpyrifos* foi um dos primeiros a ser registrado na Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos. No Brasil, apesar de não haver nenhum registro de inseticidas para aplicação via irrigação, os agricultores têm se valido desta prática no intuito de diminuir os custos de produção.

A uniformidade de distribuição de água tem sido um dos principais parâmetros analisados pelos especialistas da área, atualmente, visto que este parâmetro vem refletir diretamente na eficiência de um sistema de irrigação. Segundo Daker (1984), Bernardo (1989), dentre outros, a uniformidade de distribuição de água num sistema de irrigação tem efeito direto no rendimento das culturas.

A uniformidade de distribuição de água em sistemas de irrigação por aspersão tem sido considerado por vários coeficientes de uniformidade estatístico.

Dentre estes, o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), desenvolvido por Christiansen (1942), tem sido o mais utilizado para avaliar o desempenho de um sistema de irrigação por aspersão. Tal coeficiente é expresso pela equação:

$$CUC = 100 \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |Y_i - Y_m|}{n Y_m} \right] \dots\dots\dots (1)$$

em que:

CUC = Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, em %;

$Y_i$  = lâmina de água coletada no  $i$  - ésimo coletor em mm;

$Y_m$  = lâmina média coletada , em mm;

$n$  = numero de coletores.

Heermann e Hein (1968), modificaram a equação do CUC, para avaliar sistemas de irrigação por pivô central, em função de que cada coletor representa uma área diferente, variável com o quadrado da distância entre o ponto central e cada coletor, sendo assim propuseram a seguinte equação:

$$CUHH = 100 \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n S_i |Y_i - Y_p|}{\sum_{i=1}^n S_i Y_i} \right] \dots\dots\dots (2)$$

em que :

CUHH = Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, modificado por Heermann e Hein, em %;

$S_i$  = número de ordem do coletor  $i$ ;

$Y_p$  = lâmina média ponderada, coletada, em mm.



A lâmina média ponderada é calculada pela equação:

$$Y_p = \left( \frac{\sum_{i=1}^n Y_i S_i}{\sum_{i=1}^n S_i} \right) \dots \dots \dots (3)$$

Frizzone (1992), comenta que nenhum dos coeficientes de uniformidade já apresentados têm tido vantagens significativas sobre o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen.

A norma S 436, da ASAE (1992), recomenda o uso do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen modificado por Heermann e Hein, para a avaliação de sistema de irrigação por aspersão pivô central.

Um coeficiente criterioso utilizado para quantificar a uniformidade de distribuição de água num sistema de irrigação denomina-se CUD (Coeficiente de Uniformidade de Distribuição).

Conforme a ABNT (1985), uma forma de analisar a distribuição de água é examinando a uniformidade da porção da área irrigada que recebe menos água pela irrigação. O Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) é uma medida de distribuição da água que relaciona a quarta parte da área irrigada total que recebe menos água com a lâmina média aplicada. Tal coeficiente é descrito pela equação:

$$CUD = 100 \frac{d(25)}{y_m} \dots \dots \dots (4)$$

em que:

CUD = Coeficiente de Uniformidade de Distribuição, em %;

d (25) = média da quantidade de água recebida nos 25% da área total que recebe menos água, em mm.

No caso de sistemas de irrigação do tipo pivô central em que os coletores não representam áreas iguais a equação 4 é modificada para :

$$CUD = 100 \frac{d_p (25)}{Y_p} \dots\dots\dots (5)$$

em que  $d_p (25)$  é a lâmina média ponderada da quarta parte da área que recebe menos água (mm).

Bernardo (1989), afirma que o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen é o principal parâmetro para avaliar a uniformidade de aplicação de água. Para sistemas de irrigação por aspersão do tipo pivô central, o autor, recomenda os seguintes valores para este coeficiente : culturas com alto valor comercial ou sistema radicular raso, CUC acima de 88 %; culturas extensivas e sistema radicular médio, CUC de 80 a 90%; para culturas com sistema radicular profundo, CUC de 75 a 85%.

Santos (1988), trabalhando com pivô central de baixa pressão, encontrou valores de CUC acima de 80% e de CUD acima de 75%. O autor, concluiu que, uma menor velocidade de deslocamento implicou numa maior uniformidade de distribuição de água, isto é, o CUC depende da velocidade de operação do sistema.

Rezende (1992), avaliando o desempenho de um sistema de irrigação tipo pivô central operando sob três velocidades de deslocamento ( 20, 40 e 60% ), observou por meio de valores médios que os maiores CUCs sempre ocorreram para velocidades com o relê percentual a 20%, afirmando que isso ocorreu, provavelmente, em função de que à 20% de velocidade o equipamento aplica maior lâmina em relação às outras velocidades.

Cotrim (1988), avaliando a uniformidade de distribuição de 3 sistemas de irrigação do tipo pivô central, encontrou CUCs acima de 85%, indicando um bom desempenho dos sistemas testados. Observou-se também com relação a velocidade de deslocamento, que o sistema de irrigação apresentou um melhor desempenho para uma menor velocidade.

Em trabalhos realizados para avaliar a influência do espaçamento entre coletores no Coeficiente de Uniformidade de Christiansen em pivô central, Heinemann (1996), concluiu que não houve efeito significativo dos espaçamentos entre coletores sobre o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen.

Stone, Stansell e Young (1994), avaliando Coeficiente de Uniformidade de Christiansen do inseticida *chlorpyrifos* formulado em óleo de amendoim, concluíram que tal coeficiente (83,3%) resultou em valores abaixo do coeficiente de uniformidade da água (93,5%), exprimindo assim, a necessidade de uma aplicação de água via irrigação mais uniforme, aliada a uma melhor eficiência na injeção de produtos químicos, com o uso de bombas injetoras de alta precisão. Sendo assim, se torna necessário a avaliação mais freqüente do desempenho de um sistema de irrigação, a fim de determinar sua aplicabilidade em determinadas condições, pois, um sistema com melhor uniformidade teria melhor eficiência no uso da água.

No entanto, a uniformidade de distribuição de produtos químicos é fator essencial para o sucesso da quimigação, visto que, geralmente ela é proporcional à uniformidade de distribuição de água via irrigação. Para tanto, os sistemas de irrigação por aspersão pivô central que possuem potencial para atingirem CUCs acima de 90%, quando bem dimensionados e manejados fazem-no um dos mais adequados sistemas de irrigação para quimigação, Vieira (1994).

· Desta maneira, o produtor irrigante deve conhecer a capacidade de desempenho de seu equipamento de irrigação de modo que possa torná-lo acessível à quimigação. Uma avaliação periódica é fundamental para que se possa obter maiores eficiências no uso dos sistemas de irrigação. Atualmente, os sistemas de irrigação, principalmente, o pivô central, têm sido muito usado para aplicação de produtos químicos, porém, uma uniformidade de distribuição deficiente comprometeria a eficiência no uso dessa técnica.

Costa e Brito (1994), chamam atenção para o fato de que a velocidade de deslocamento do pivô, muitas vezes, afeta a aplicação de qualquer produto em solução na água, visto que, uma eventual variação deste parâmetro durante a aplicação, causada por alteração nas condições do solo, alteraria conseqüentemente a lâmina aplicada. Os mesmos autores afirmam ainda, que uma das principais fontes de erros na quimigação via pivô central são as bombas de injeção do produto químico.

Segundo Bernardo (1989), o manejo racional de qualquer projeto de irrigação deve considerar os aspectos sociais e ecológicos da região e procurar maximizar a produtividade e a eficiência do uso da água e minimizar os custos de mão de obra e/ou de capital, mantendo-se as condições de umidade do solo e de fitossanidade favoráveis ao bom desenvolvimento da cultura irrigada, bem como, ter em mente a necessidade de melhorar, ou no mínimo, manter as condições físicas, químicas e biológicas do solo.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da área experimental

Os testes foram realizados na fazenda de atividades práticas da Escola Agrotécnica Federal de Uberaba, situada no município de Uberaba, Estado de Minas Gerais, geograficamente definida pelas coordenadas: 19° e 45' de latitude sul, 47° e 55' de longitude oeste com altitude de 743 metros acima do nível do mar.

De acordo com classificação climática proposta por Köppen, citado por Ometto (1981), o clima apresenta características<sup>1</sup> de um Aw, com precipitações médias anuais em torno de 1556,70 mm, sendo que, 70% dessa precipitação ocorre no período de dezembro a março. Nos meses de julho a setembro, praticamente, não há registros de chuvas. A temperatura média gira em torno de 22,17° C, sendo que, a média das mínimas é de aproximadamente 16,20° C e a média das máximas é de aproximadamente 29,12° C. A umidade relativa média do ar é de 71,40%.

O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho Escuro (profundo, bem drenado, estrutura granular, muito intemperizado) apresentando um aspecto maciço poroso (esponjoso), macio e de alta friabilidade, facilitando assim a ser trabalhado, mesmo depois de chuvas pesadas. Solo típico da região do Triângulo Mineiro onde predomina superfícies mais elevadas (planaltos), porém, suaves (regulares, sem descontinuidade), (Resende et al. 1995).

---

<sup>1</sup> Dados fornecidos pela Estação Meteorológica da EPAMIG

### 3.2 Cultura

A cultura implantada para condução do experimento foi o milho para grãos, cultivar AG 122, com densidade de 5 a 6 plantas/metro linear, espaçados de 0,90 m. O plantio ocorreu entre 13 e 20-11-1996. Fez-se um tratamento das sementes utilizando 3 litros de Furadan 350 TS para cada 100 kg de sementes. A calagem, adubação de plantio e cobertura foram realizadas com base na análise química do solo. A lavoura foi conduzida normalmente e não houve incidência de pragas. No período de 16 à 20-12-96 aplicou-se uma mistura de herbicidas, utilizando 1 l/ha de Sanson 40 , mais 2 l/ha de Gesaprim 500. Os testes de avaliação da uniformidade de distribuição de água e inseticida aplicados via pivô central foram realizados no período de 02-10-96 a 10-10-96. Os testes para averiguar a retenção do inseticida no dossel das plantas de milho, foram realizados de 03-02-97 a 14-02-97.

### 3.3 Defensivo

O inseticida usado nos experimentos foi o *chlorpyrifos* do grupo dos clorofosforados que apresenta as seguintes características:

Nome comercial:.....LORSBAN  
 Nome técnico:..... CHLORPYRIFOS  
 Nome químico:.....Tiofosfato de 0,0 Dietil - 0,3,5,6 - Tricloro - 2 - Piridila  
 Grupo químico:.....Organo - sintético - clorofosforado  
 Fórmula bruta:.....C<sub>6</sub>H<sub>11</sub> Cl<sub>3</sub> NO<sub>3</sub> PS  
 Formulação.....Concentrado emulsionável  
 Densidade (20° C).....1,07 g/ml  
 Concentração.....480 g/l  
 Ação:.....Contacto, ingestão, fumigação  
 Toxicidade:.....Classe II; medianamente tóxico; faixa amarela  
 Fitotoxicidade:.....Não apresenta

Carência:.....	21 dias
Poder residual em vegetais:.....	30 dias
Poder residual no solo:.....	90 dias
Solubilidade em água.....	Pouco expressiva ( 1,2 ppm a 25°C )
Solubilidade em solventes orgânicos.....	Alta

### **3.4 Sistema de irrigação**

#### **3.4.1 Características do pivô central**

Marca - VALMATIC ; fabricante - ASBRASIL; modelo - PA 4871-VSN/06\*411

Torres - número = 5 ; espaçamento = 57,70 m; altura livre = 2,70 m

Tubulação - aço zincado, diâmetro 6 5/8"

Balanço = 26 m , diâmetro 4"

Mecanismo de propulsão = elétrica ( motor de 1 cv )

Comprimento total da tubulação = 314 m

Área irrigada = 31 ha

#### **3.4.2 Características do conjunto moto bomba**

Marca = Mark Peerless ; modelo = HE - 4

Tipo = centrífuga multiestágio

Velocidade = 1750 rpm

Motor elétrico trifásico = 220 volts ; potência = 75 Cv

#### **3.4.3 Características da bomba injetora**

Marca = Jacuzzi; modelo = 7 VJE-15

Tipo = centrífuga monoestágio

Energia de acionamento = elétrica; potência = 3/4 Cv

Rotação = 3450 rpm - 60 ciclos

### **3.5 Avaliações**

As avaliações foram constituídas pelos testes de uniformidade de distribuição da água de irrigação, uniformidade de distribuição horizontal do inseticida e retenção do inseticida no dossel das plantas de milho. Antecedendo à realização dos experimentos foi feito um levantamento topográfico da área experimental e durante os testes, foram monitoradas as condições ambientais e pressão do sistema em operação.

#### **3.5.1 Levantamento topográfico**

Com base no levantamento plani-altimétrico da área irrigada pelo pivô central, apresenta-se na Figura 1 as condições topográficas da área, bem como, as três posições nas quais foram efetuados os testes de uniformidade de distribuição da água no pivô.

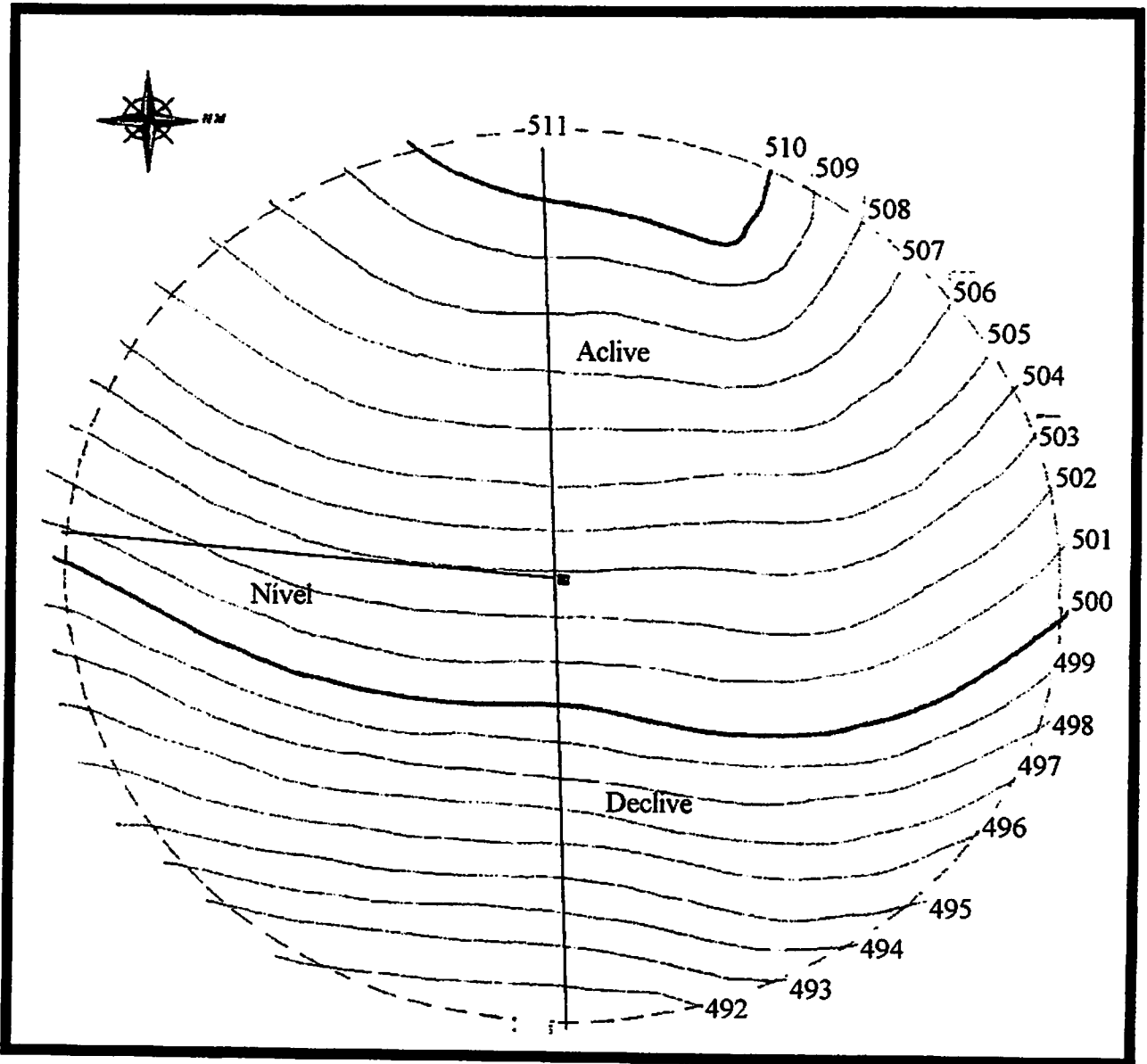
#### **3.5.2 Condições ambientais**

As condições ambientais foram levantadas com o objetivo de verificar as possíveis influências climáticas. A velocidade do vento, evaporação, temperatura ambiente e umidade relativa do ar foram monitorados em cada teste.

##### **3.5.2.1 Velocidade do vento**

A velocidade do vento foi medida por meio de um anemômetro de concha totalizador, instalado a dois metros de altura em relação à superfície do solo. As leituras foram feitas a cada 15 minutos durante a realização dos testes.





**FIGURA 1** Representação das curvas de nível do terreno da área experimental, localização do ponto central do pivô e das posições onde se realizou os testes de uniformidade.

### **3.5.2.2 Evaporação**

Para determinar as possíveis perdas por evaporação durante a realização dos testes de uniformidade, foram colocados três coletores com as mesmas características dos utilizados nos raios de coleta em pontos aleatórios nas adjacências da área experimental contendo volume conhecido de água. O volume evaporado durante um determinado teste foi somado com o volume coletado em cada coletor.

### **3.5.2.3 Umidade relativa**

A umidade relativa foi determinada a partir de dados obtidos com um psicrômetro, instalado aproximadamente à 50 metros da área experimental.

### **3.5.2.4 Temperatura**

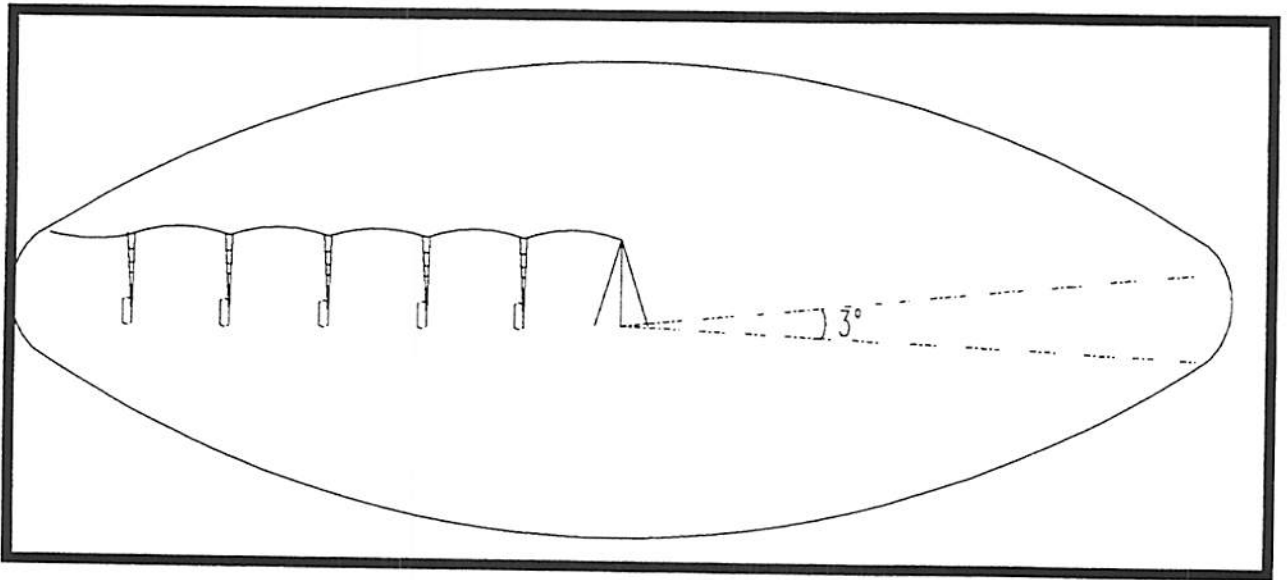
A temperatura do ar foi obtida pela leitura do termômetro de bulbo seco do psicrômetro. As leituras foram realizadas a cada 15 minutos durante a realização dos testes.

### **3.5.3 Pressão**

Para uma avaliação da pressão de operação do sistema, foi instalada uma tomada de pressão na base do pivô e outras correspondentes ao segundo e quarto vão e também na posição do último emissor. Para determinar a pressão utilizou-se um manômetro, tipo Bourdon, com recheio de glicerina.

### 3.5.4 Uniformidade de distribuição da água aplicada

A uniformidade de distribuição da água no sistema de irrigação foi determinada segundo metodologia sugerida pela ABNT (1985). Tal metodologia consiste em coletar precipitações por meio de coletores, distribuídos de maneira equidistante, a partir do centro do pivô, numerados em ordem crescente. Os coletores foram instalados em duas linhas radiais, formando um ângulo de três graus, conforme Figura 2, para três diferentes posições na topografia, ou seja, linha lateral em nível, em aclive e em declive .



**FIGURA 2** Esquema de distribuição das linhas de coletores em relação à torre central fixa do pivô na área experimental

Foram instalados 62 coletores para cada posição da linha lateral, espaçados de 5 metros entre si a uma altura de captação de 50 cm em relação à superfície do solo. O primeiro coletor ficou distante de 2,5 metros da torre central do pivô. Os coletores utilizados apresentavam uma área de captação de 50 cm<sup>2</sup>.

O volume coletado em cada coletor foi medido por meio de provetas graduadas. Procurou-se medir rapidamente com o objetivo de diminuir o efeito da evaporação. O volume coletado correspondeu a média dos dois coletores instalados à mesma distância do centro do pivô nas duas linhas radiais de cada posição. Como os valores coletados em cada coletor representam áreas maiores, conforme aumenta a distância do centro do pivô, esses volumes foram ponderados, isto é, multiplicando-se o volume coletado em cada coletor pelo número correspondente à sua posição.

As avaliações foram realizadas com o equipamento a uma velocidade da última torre de 108 m/h, com o relê percentual a 80%.

Para determinar o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), adotou-se a Equação 2 proposta por Heermann e Hein (1968) e para determinar o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) adotou-se a Equação 5 sugerida pela ABNT (1985).

### **3.5.5 Uniformidade de distribuição horizontal do inseticida aplicado via irrigação**

Para o desenvolvimento deste teste foi definida a situação topográfica em nível.

Adotou-se a mesma metodologia utilizada para avaliar a uniformidade de distribuição de água com pequenas alterações. Os recipientes usados na coleta da calda inseticida foram copos de vidros que apresentavam uma área de captação de 55,4 cm<sup>2</sup>. Esses coletores foram instalados sobre os coletores anteriormente citados no espaçamento de 10 m entre eles.

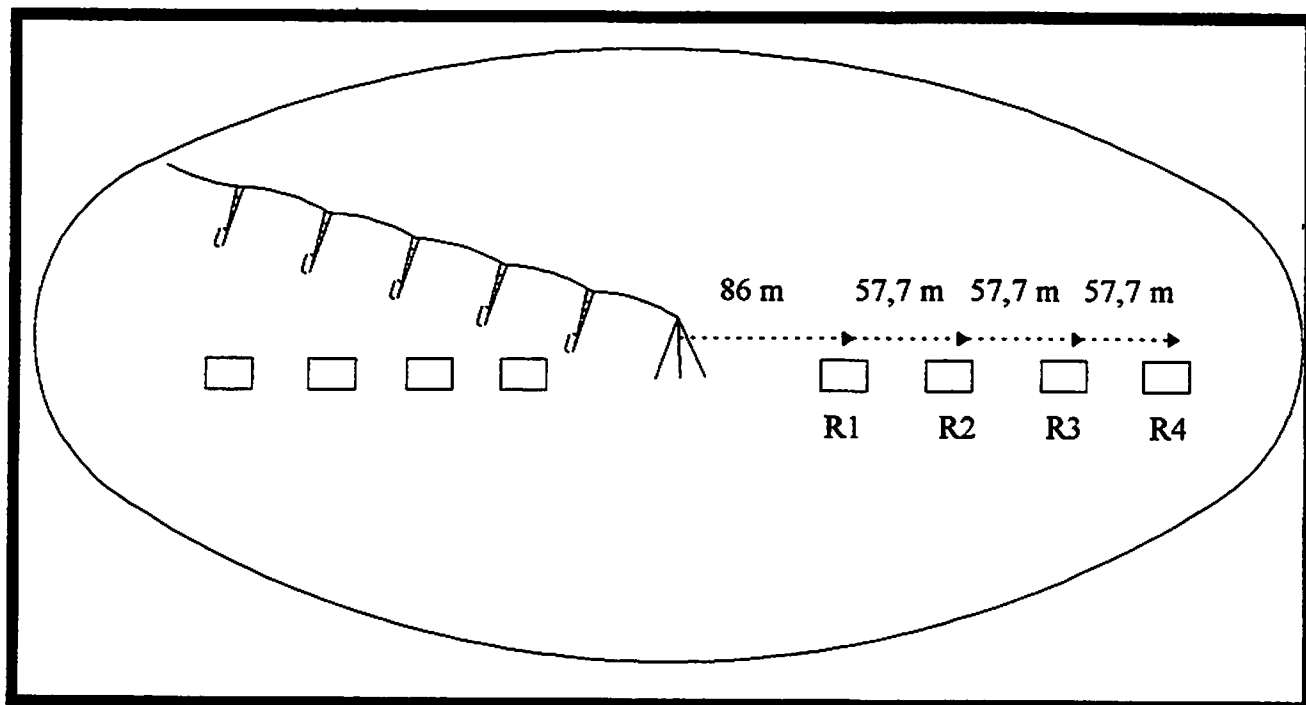
Este teste foi realizado com o equipamento a uma velocidade da última torre de 108 m/h, com o relê percentual a 80%.

Foi aplicado 0,5 l/ha do inseticida na taxa de injeção em torno de 920 l/h, enquanto o pivô central passava sobre os coletores. Os volumes coletados foram medidos com provetas de vidro graduadas e colocados em recipientes de vidro (com tampa) previamente etiquetados, os quais foram acondicionados em caixa de isopor com gelo, vedada e transportada ao Laboratório de Análises de Resíduos de Pesticidas da Universidade Federal de Lavras, no qual permaneceram em condições de baixa temperatura (freezer) até que fossem analisados.

O Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) para o inseticida foram determinados adotando as mesmas equações (2 e 5) mencionadas no item 3.5.4 substituindo-se as lâminas coletadas (mm) pelas concentrações encontradas de inseticidas (mg/l) nos mesmos pontos de coleta ao longo do pivô central.

### **3.5.6 Retenção do inseticida no dossel das plantas de milho aplicado via pivô central**

As áreas de amostragens foram instaladas conforme Figura 3, sendo que, a primeira ficou localizada a 86 m da base do pivô, isto é, entre a segunda e terceira torre, as demais foram instaladas aproximadamente 57,70 m uma da outra, de maneira que cada área representasse o ponto intermediário entre as torres, totalizando quatro raios. Para cada raio testado avaliou-se a retenção do inseticida em quatro pontos diferentes com 4 repetições, para duas velocidades de deslocamento do pivô (relê percentual a 40% e 80%).

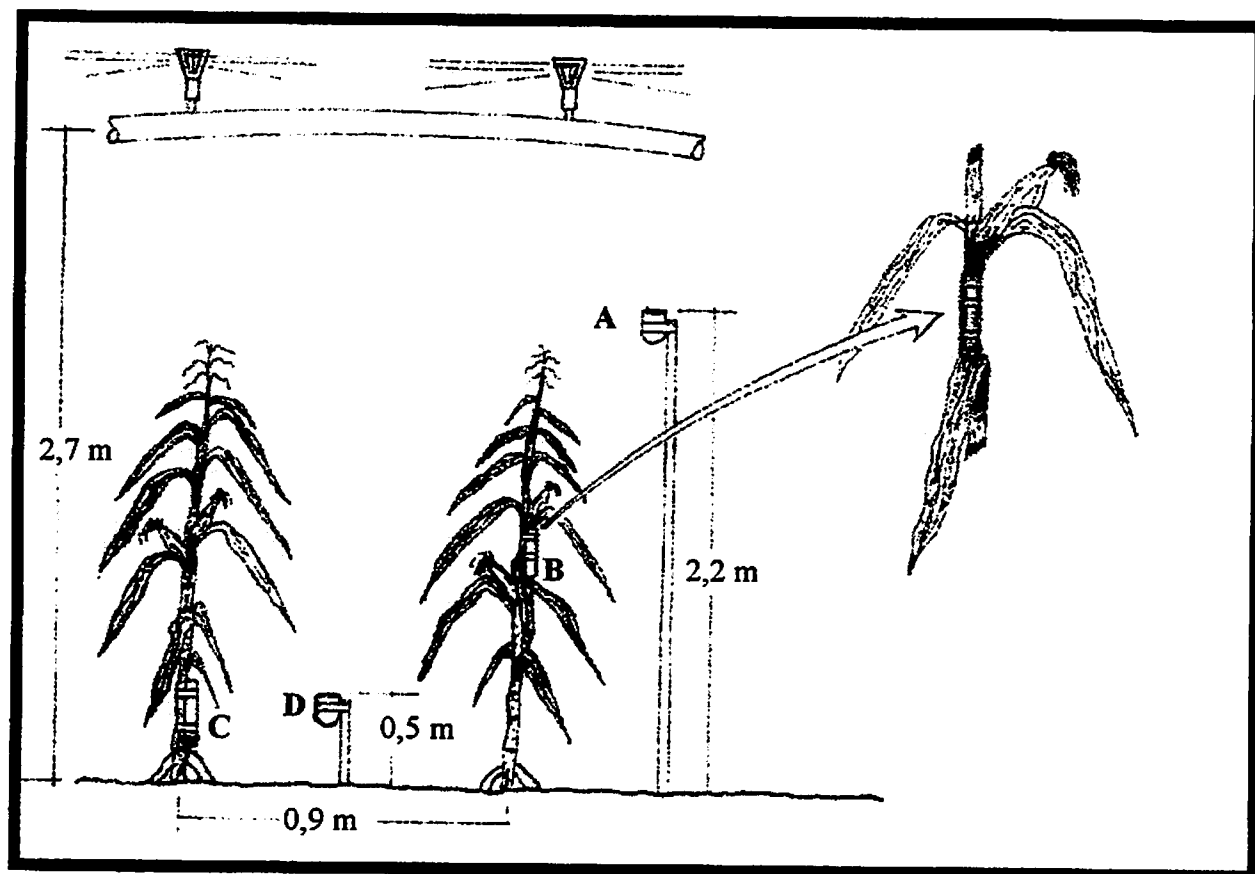


**FIGURA 3** Localização das parcelas experimentais ao longo do pivô central

Para cada parcela foram amostradas quatro posições as quais são descritas a seguir:

- a) Posição A; quatro coletores instalados acima do dossel da planta, de modo que as folhas não interferissem na coleta da amostra, sendo a referência para medir a concentração de inseticida que sai da tubulação do sistema, Figura 4.
- b) Posição B; quatro coletores afixados na inserção da primeira espiga com o colmo em quatro diferentes plantas; sendo a referência para medir a concentração de inseticida na água que atingiu esta parte da planta, Figura 4.
- c) Posição C; quatro coletores afixados imediatamente abaixo da inserção das últimas folhas com o colmo em quatro diferentes plantas; sendo a referência para medir a concentração de inseticida na água que atingiu esta região da planta, Figura 4.

- d) Posição D; quatro coletores instalados abaixo das folhagens, entre as linhas de cultivo; servindo de referência para medir a concentração de inseticida na água que caiu diretamente sobre o solo, Figura 4.



**FIGURA 4** - Esquema das posições dos coletores no dossel das plantas

Nas posições A e D os volumes da calda inseticida foram coletados em copos de vidro com área de captação de  $55,4 \text{ cm}^2$ . Já nas posições B e C estes volumes foram coletados em tubos de ensaio com 20 mm de diâmetro, afixados junto ao colmo da planta. Para a posição A os coletores foram colocados sobre suporte de madeira com 2,20 m de altura e para a posição D os mesmos foram dispostos sobre hastes de alumínio a uma altura de aproximadamente 50 cm da superfície do solo.

Foi aplicado 0,5 l/ha do inseticida na taxa de injeção em torno de 920 l/h enquanto o pivô central passava sobre as áreas amostradas. Foram realizados dois testes nas mesmas condições mencionadas anteriormente, porém, o primeiro teste com o relê percentual a 80% e o segundo com o relê percentual a 40%, ambos em situação topográfica em nível. A concentração de inseticida esperada foi calculada considerando a lâmina média coletada para cada teste e a dosagem aplicada (0,5 l/ha).

O mesmo procedimento desde a medição dos volumes coletados até o acondicionamento no laboratório foram feitos tal como descrito no item 3.5.5.

### **3.5.7 Análise química das amostras**

#### **3.5.7.1 Quantidade de amostras**

Para a avaliação da uniformidade de distribuição horizontal do inseticida ao longo do pivô central, foram coletadas 31 amostras representadas pela calda inseticida nos coletores de vidro, espaçados de 10 metros nas duas linhas radiais.

Para a caracterização da retenção do inseticida no dossel das plantas, foram coletadas 4 amostras de cada posição (A, B, C e D) em quatro raios ao longo do pivô central para as duas velocidades de deslocamento, totalizando 128 amostras.

#### **3.5.7.2 Concentração do inseticida na calda**

A metodologia usada para a determinação da concentração de *chlorpyrifos* na calda inseticida foi adaptada pelo Prof. Dr. Renê L. O. Rigitano, responsável pelo Laboratório de Análises de Resíduos de Pesticidas da Universidade Federal de Lavras, a partir da metodologia



descrita por Catta-Preta, Balderrama e Rampazzo (1994). Tal metodologia consistiu-se basicamente em:

#### 1ª Fase - Extração

- Retirou-se 5 ml de solução de cada amostra, colocando-a em tubo com tampa ( rosqueável).
- Promoveu-se 3 extrações, por meio de agitação contínua, por um minuto, com 3 frações sucessivas de 5 ml de acetato de etila.
- Após a separação das fases, a solução sobrenadante formada pelo acetato de etila foi transferida para um balão de fundo redondo e com o auxílio de um rotavapor modelo RE 120 fabricado pela Buchi, o acetato de etila foi evaporado.

Os resíduos de *chlorpyrifos* aderidos nas paredes do balão após a evaporação foram, então, solubilizados com 5 ml de acetona e transferidos para tubos graduados, os quais foram devidamente etiquetados e novamente armazenados em “freezer” para posterior quantificação pela análise em cromatografia gasosa.

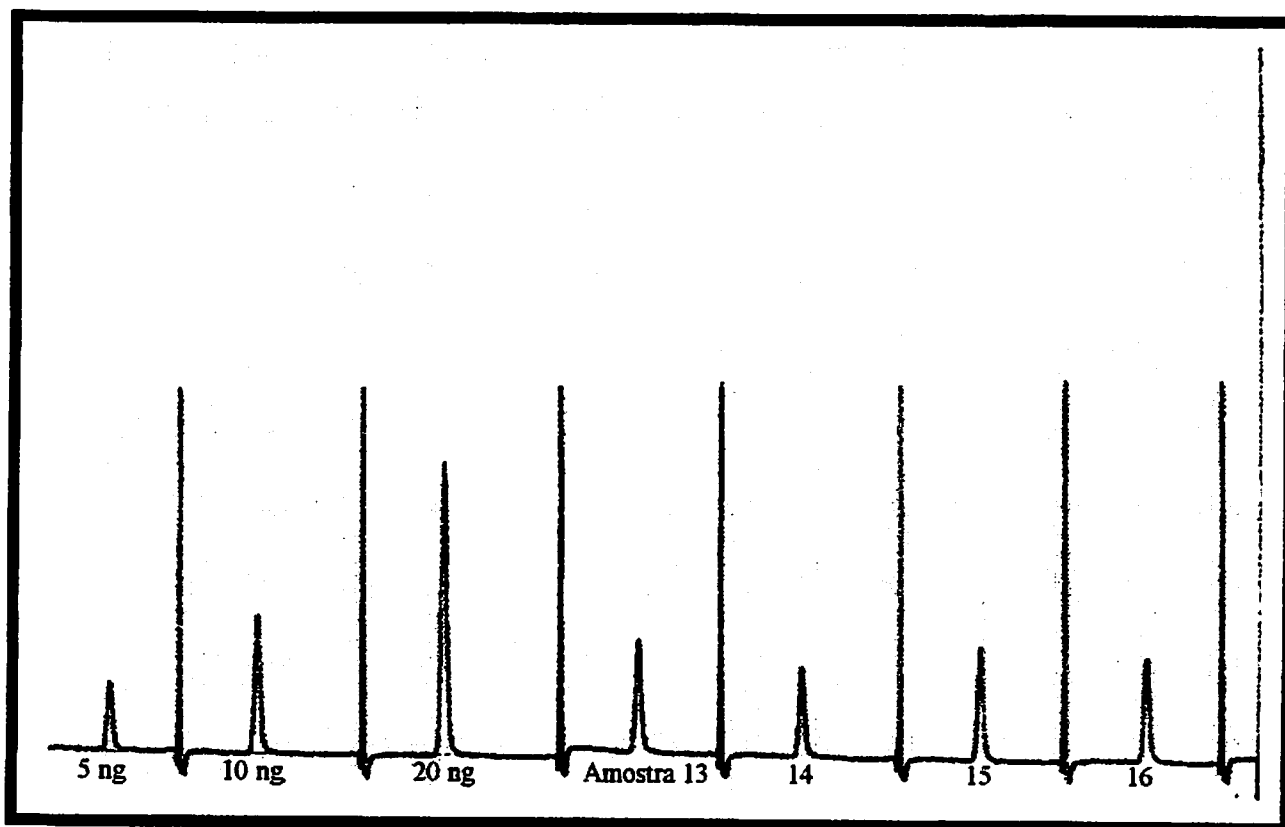
#### 2ª Fase - Determinação quantitativa

O cromatógrafo a gás, modelo 370 fabricado pela Indústria Instrumentos Científicos C.G. Ltda foi preparado para operar com as seguintes características:

- Coluna de injeção de vidro, com 2 m de comprimento e 2 mm de diâmetro interno, empacotada com 5 % de OV-101 em chromosorb W/AW/DMCS, 80/100 mesh.
- Temperatura da coluna = 230 °C
- Temperatura do vaporizador = 235 °C
- Temperatura do detector = 237 °C
- Atenuação = 10 x 1024

A curva de calibração foi obtida a cada dez amostras por meio de soluções padrão de 5, 10 e 20 ng. A partir do gráfico resultante da altura de pico das soluções padrão (Figura 6), definiu-se uma equação (linear), a qual foi utilizada na determinação da concentração de *chlorpyrifos* na calda inseticida.

Com os dados obtidos no cromatograma resultantes da injeção de 2 microlitros de cada amostra e de posse das equações definidas anteriormente determinou-se a concentração de *chlorpyrifos* na calda inseticida para as dez amostras subsequentes.



**FIGURA 5** Cromatograma mostrando detalhe dos picos da solução padrão e algumas amostras

### 3.5.8 Delineamento estatístico e análise dos dados

Foram comparados os dados da concentração de inseticida (mg/l) obtidas no dossel das plantas nas quatro posições (A, B, C e D) para quatro raios num esquema de parcela subdividida, instalado num delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Considerou-se como fator da parcela o raio e da subparcela a posição de coleta, (Stell e Torrie 1980). Todos os dados estudados nestes testes foram analisados utilizando-se o software SAS.

O Quadro 4 ilustra o esquema da análise de variância para os testes realizados.

**QUADRO 1** Esquema da análise de variância utilizado para avaliar o efeito da retenção do inseticida no dossel das plantas

<b>Causas de Variação</b>	<b>Graus de Liberdade</b>
Raios	3
Erro (a)	12
Parcelas	15
Posições	3
Raios x Posições	9
Erro (b)	36
Total	63

Usou-se o mesmo esquema de análise para os dois testes, isto é, para velocidade de deslocamento 1 e 2 (relê percentual a 80% e 40%).

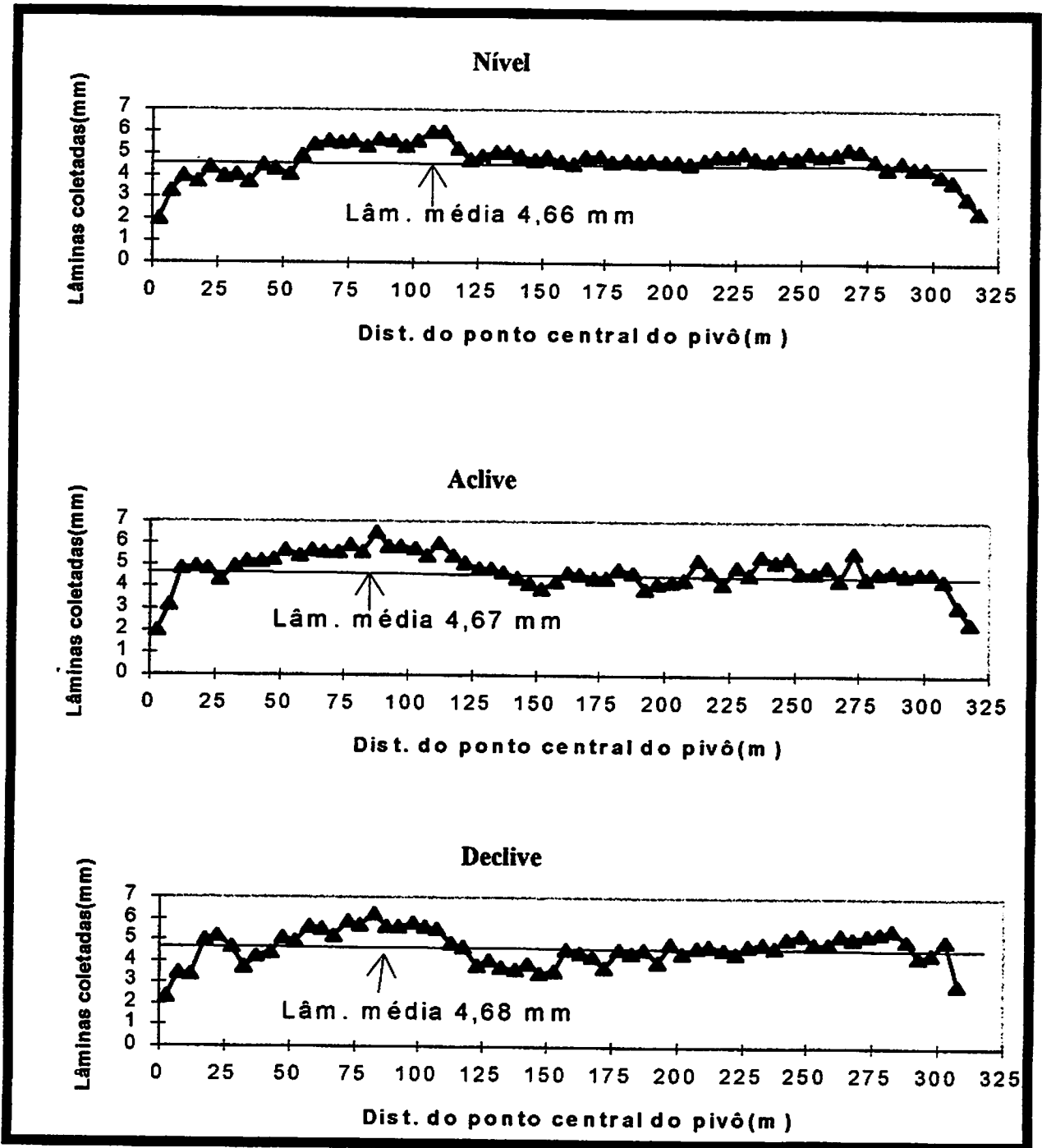
## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **4.1 Uniformidade de distribuição horizontal de água e inseticida via pivô central.**

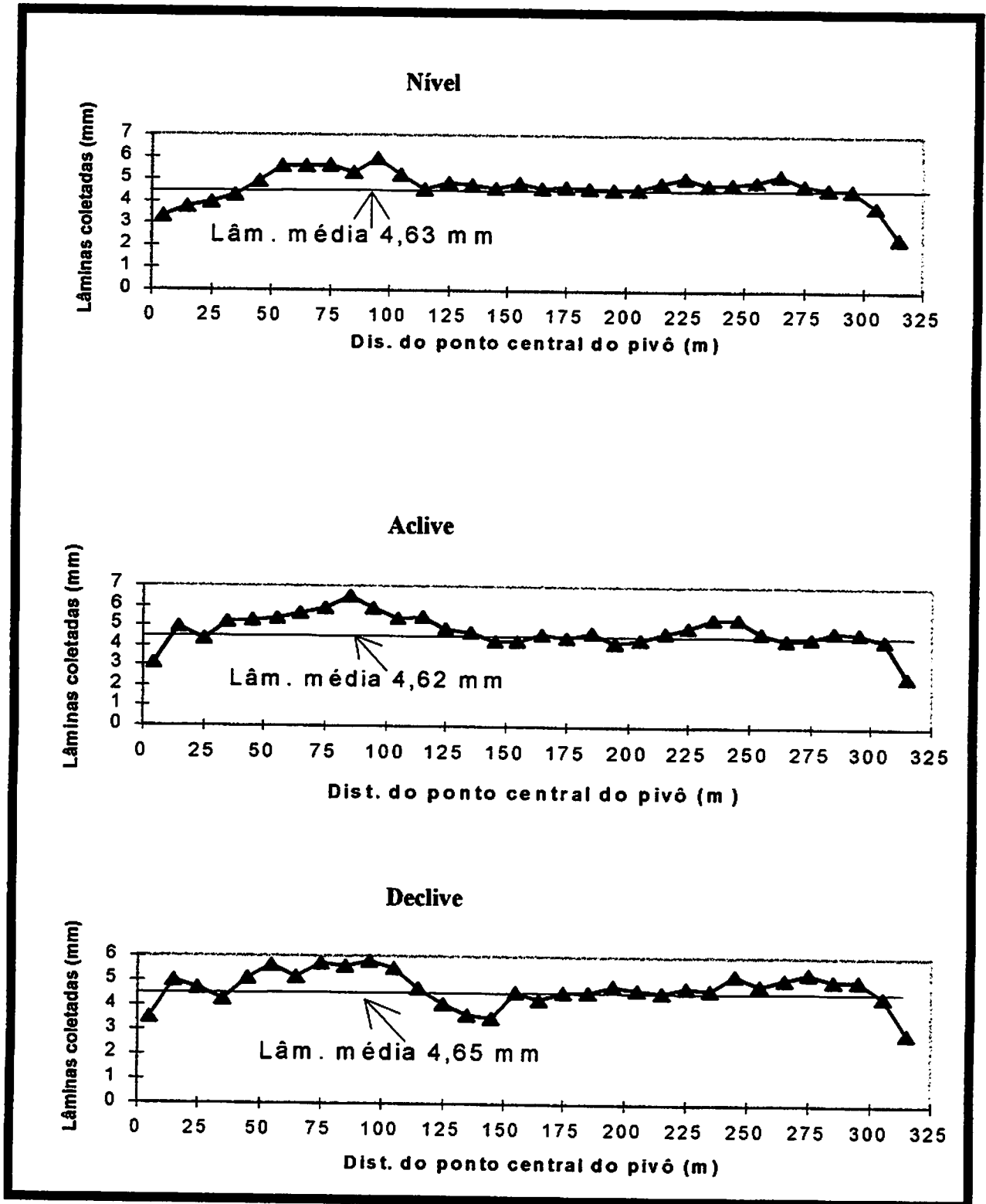
As Figuras 6 e 7 representam a distribuição de água e a lâmina média coletada ao longo do pivô central para três situações topográficas (nível, aclive e declive), com coletores espaçados de 5 e 10 metros, respectivamente.

Pela Figura 6 pode-se observar que, os valores de lâmina média para o espaçamento entre coletores de 5 metros para as três situações topográficas, foram bastante próximos, caracterizando um perfeito funcionamento das válvulas reguladoras de pressão. Os perfis de distribuição de água ao longo do pivô apresentaram praticamente a mesma tendência.

Pela Figura 7 verifica-se que, os valores de lâmina média para o espaçamento entre coletores de 10 metros foram tão próximos quanto na situação anterior. O perfil de distribuição de água ao longo do pivô central para esta situação (coletores espaçados de 10 metros), apresentou-se mais uniforme para a situação topográfica em nível. Como os perfis foram gerados com dados do mesmo teste, a diferença encontrada nos perfis apresentados nas Figuras 6 e 7 se deve à diminuição do número de coletores considerados.

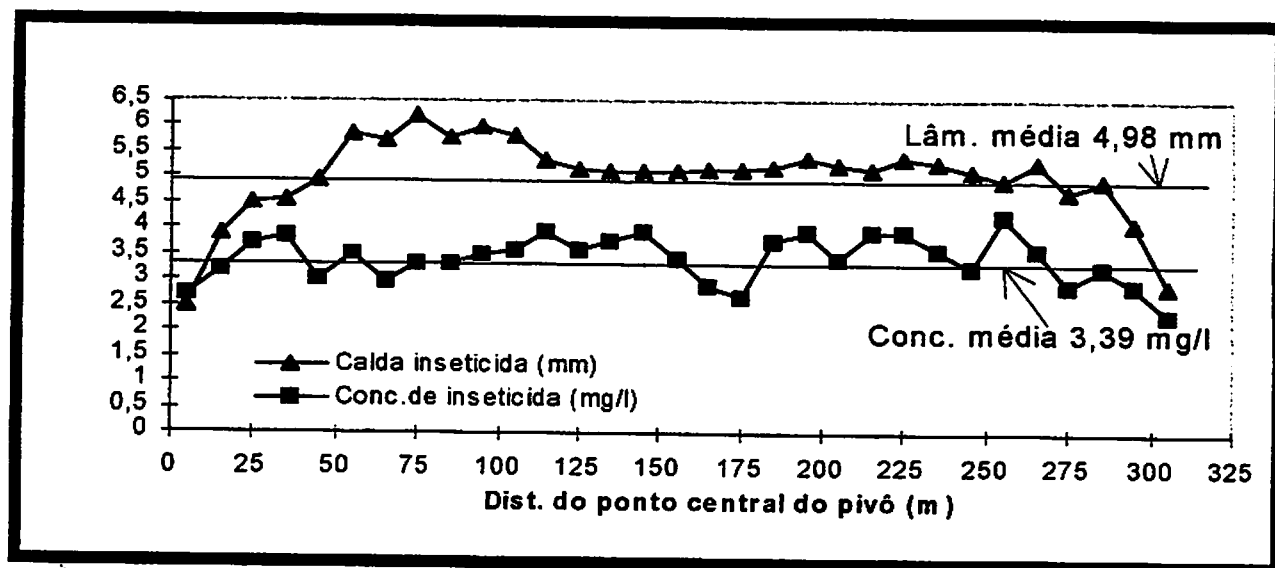


**FIGURA 6** Perfil das lâminas coletadas (mm) ao longo do pivô central para três situações topográficas com espaçamento entre coletores de 5 metros.



**FIGURA 7** Perfil das lâminas coletadas (mm) ao longo do pivô central para três situações topográficas com espaçamento entre coletores de 10 metros.

A Figura 8 representa a distribuição da calda inseticida (água + inseticida) e concentração de inseticida nos coletores de vidro espaçados de 10 metros.



**FIGURA 8** Perfil de distribuição da calda inseticida (mm) e da concentração do inseticida (mg/l) ao longo do pivô central com o relê percentual a 80% em situação topográfica em nível, com o espaçamento entre coletores de 10 m.

Observa-se pela Figura 8 que, a lâmina média coletada de calda inseticida apresentou um valor 0,35 mm (4,98 - 4,63 mm), maior que a lâmina média de água coletada para a mesma situação. Isto, provavelmente se deve ao fato de que o coletor utilizado (copo de vidro) apresenta as bordas com área específica maior que o coletor padrão. Portanto, possivelmente parte das gotículas de calda que caíram sobre essas bordas tenham escoado para dentro do coletor, resultando em uma lâmina 7,0% maior. O perfil de distribuição das lâminas de calda inseticida apresentou praticamente a mesma tendência do perfil de distribuição das lâminas de água coletadas ao longo do pivô central em situação topográfica em nível quando os coletores foram

espaçados de 10 metros. Verifica-se, ainda, pela Figura 8 que, a dispersão dos valores da concentração de inseticida aplicado ao longo do pivô central foram mais evidenciados.

A concentração média do inseticida apresentou um valor abaixo da concentração esperada (4,22 mg/l). Isso aconteceu, possivelmente, pela ineficiência da bomba utilizada na injeção do inseticida (irregular, inferior a predeterminada), fato este ressaltado por Costa e Brito (1994), Stone, Stansell e Young (1994) afirmando que o sucesso na quimigação está aliado à bombas injetoras de alta precisão.

Pela Figura 8 é possível constatar que, o perfil de distribuição da calda apresentou uma tendência mais uniforme dos valores em termos dispersivos com relação à média, isto é, a calda inseticida apresentou uma melhor uniformidade de distribuição, comparada à distribuição expressa em concentração.

No Quadro 2, são apresentados os valores de Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC em %) e Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD em %) para a água, calda inseticida (água + inseticida) e a concentração do inseticida na água aplicados via pivô central nas diferentes situações topográficas para dois espaçamentos de coletores, 5 e 10 metros.

**QUADRO 2** Valores de CUC e CUD para a água, calda inseticida e concentração do inseticida na água aplicados via pivô central em situação topográfica em nível, aclave e declive, com os coletores espaçados de 5 e 10 metros.

Produto	Situação Topográfica	Espaçamento (m)		Espaçamento (m)	
		5	10	5	10
		CUC (%)		CUD (%)	
Água	Aclive	89,74	89,63	85,13	86,99
	Declive	89,08	89,69	79,52	80,95
	Nível	90,75	90,61	82,58	86,31
Calda inseticida	Nível	-	91,08	-	82,44
Inseticida	Nível	-	87,80	-	80,35



Verifica-se pelo Quadro 2 que, as diferentes situações topográficas não afetaram os Coeficientes de Uniformidade de Christiansen, isto é, os valores de CUC foram bastante próximos. Isto pode ser evidenciado pelo fato de que a área experimental apresenta uma topografia bastante regular com aproximadamente 2,5% em aclive e aproximadamente 4% em declive nas posições de realização dos testes. Fica também caracterizado o bom funcionamento das válvulas reguladoras de pressão.

Com relação ao espaçamento entre coletores, constata-se que os espaçamentos (5 e 10 metros) não afetaram os CUCs, confirmando assim, as observações feitas por Heinemann (1996).

Considerando que as diferenças encontradas para os CUCs com os coletores espaçados de 5 e 10 metros foram mínimas e ainda visando diminuir o número das amostras para a determinação em laboratório, o espaçamento entre coletores para a avaliação da uniformidade de distribuição horizontal do inseticida foi de 10 metros. Como foi constatado que, o espaçamento entre coletores não influenciou os valores de CUCs, pode-se afirmar que, o CUC determinado para o inseticida não foi prejudicado.

Os CUDs foram diferentes para as duas situações, isto é, espaçamento entre coletores e situação topográfica, possivelmente, devido à supressão dos dados de volumes coletados (25% dos menores volumes coletados), isto é evidente, principalmente, se os volumes suprimidos forem de valores discrepantes.

Verifica-se também pelo Quadro 2 que o CUC para a calda inseticida (água de irrigação + inseticida) foi apenas 4% maior que o CUC para o inseticida, confirmando assim a proporcionalidade entre uniformidade de distribuição de água e produto químico. Estes resultados concordam com os observados por Stone, Stansell e Young (1994).

Quanto aos valores encontrados para o CUC, todos situaram acima de 87% o que, de acordo com Bernardo (1989) atende as condições mais exigentes, ou seja, cultivo com alto valor comercial ou sistema radicular raso.

O coeficiente de uniformidade encontrado para a calda inseticida (91,08%) e para a concentração de inseticida (87,80%) foram próximos aos encontrados por Stone, Stansell e Young (1994).

#### **4.2 Retenção do inseticida no dossel das plantas de milho**

O Quadro 3, apresenta os resultados de concentração(mg/l) do inseticida *chlorpyrifos* e o Quadro 4 a análise de variância das concentrações obtidas nos quatro raios do pivô central, em quatro posições no dossel da planta para a velocidade de deslocamento com relê percentual a 80%.

É perceptível a dispersão dos valores de concentração de inseticida na posição A pelo Quadro 3, entretanto, pelo teste de médias apresentado no Quadro 5, verifica-se que não houve diferenças estatísticas entre esses valores.

Observa-se pelo Quadro 4 que, a interação (Raios x Posições) foi significativa indicando uma relação entre os fatores. Para tanto, foi feito o desdobramento e a aplicação do teste de Tukey para as devidas situações.

A Figura 9 apresenta a dispersão dos valores da concentração média (mg/l) do inseticida *chlorpyrifos* nos quatro raios ao longo do pivô central, nas quatro posições no dossel das plantas de milho para a velocidade de deslocamento com relê percentual a 80%.

**QUADRO 3** Concentrações de inseticida (mg/l) obtidas em quatro raios do pivô central e em quatro posições no dossel das plantas com o relê percentual a 80%.

Amostra	Conc	Amostra	Conc	Amostra	Conc	Amostra	Conc	Média (pos.)
R1PA	4,26	R2PA	6,36	R3PA	5,66	R4PA	5,92	5,55
R1PA	3,16	R2PA	5,73	R3PA	3,60	R4PA	4,92	4,35
R1PA	5,36	R2PA	5,10	R3PA	3,56	R4PA	3,28	4,33
R1PA	3,39	R2PA	3,26	R3PA	5,00	R4PA	6,00	4,41
Média	4,04		5,11		4,45		5,03	4,66
R1PB	1,31	R2PB	3,16	R3PB	3,18	R4PB	1,24	2,22
R1PB	1,00	R2PB	2,38	R3PB	2,85	R4PB	1,26	1,87
R1PB	1,00	R2PB	2,16	R3PB	3,69	R4PB	1,15	2,00
R1PB	1,00	R2PB	3,03	R3PB	2,98	R4PB	1,26	2,07
Média	1,08		2,68		3,18		1,23	2,04
R1PC	0,79	R2PC	0,50	R3PC	2,21	R4PC	0,21	0,93
R1PC	0,63	R2PC	0,74	R3PC	2,80	R4PC	0,22	1,10
R1PC	0,33	R2PC	0,33	R3PC	0,97	R4PC	0,43	0,52
R1PC	0,31	R2PC	0,74	R3PC	1,70	R4PC	0,25	0,75
Média	0,51		0,58		1,92		0,28	0,82
R1PD	3,23	R2PD	4,34	R3PD	3,98	R4PD	2,73	3,57
R1PD	2,55	R2PD	3,85	R3PD	3,14	R4PD	4,74	3,57
R1PD	2,78	R2PD	6,21	R3PD	3,98	R4PD	3,86	4,21
R1PD	4,35	R2PD	4,34	R3PD	3,56	R4PD	3,16	3,85
Média	3,23		4,68		3,66		3,62	3,80
Média(raio)	2,21		3,26		3,30		2,54	(2,83) <sup>1</sup>

<sup>1</sup>= Média geral

R1= Raio 1, situado à 86 m da torre fixa do pivô

R2= Raio 2, situado à 143,70 m da torre fixa do pivô

R3= Raio 3, situado à 201,40 m da torre fixa do pivô

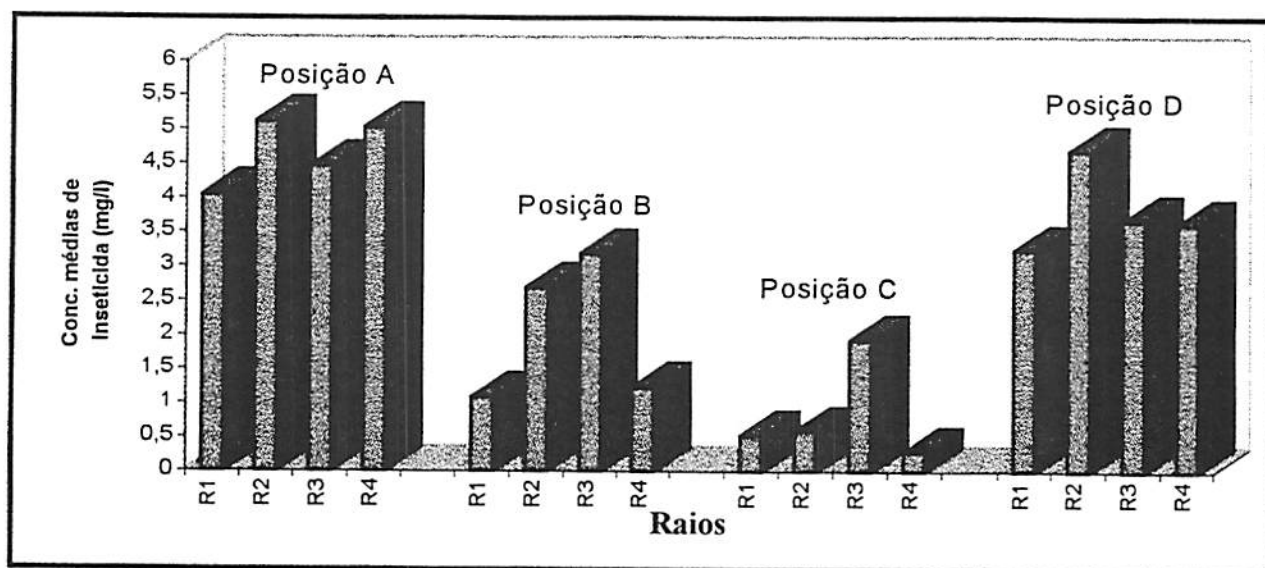
R4= Raio 4, situado à 259,10 m da torre fixa do pivô

PA= Posição A, acima do ápice da planta

PB= Posição B, inserção da primeira espiga

PC= Posição C, abaixo das folhagens

PD= Posição D, abaixo das folhagens entre as linhas de plantio



**FIGURA 9** Concentrações médias de inseticida (mg/l) nos quatro raios (R1, R2, R3 e R4) para as quatro posições de coleta no dossel das plantas (A, B, C e D) com o pivô central se deslocando com o relê percentual à 80%.

**QUADRO 4** Análise de variância das concentrações de inseticida (mg/l) obtidas em quatro raios, nas quatro posições no dossel das plantas, com o relê percentual a 80%.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F	Prob.>F
Raios	3	14,0006	4,6668	13,3430	0,00141
Resíduo (a)	12	4,1971	0,3497		
Parcelas	15	18,1977			
Posições	3	143,0874	47,6958	72,8836	0,00001
Raios x Posições	9	13,4770	1,4974	2,2882	0,03759
Resíduo (b)	36	23,5587	0,6544		
Total	63	198,3208			

Média geral = 2,83

C. V.(a) = 20,89%

C. V.(b) = 28,58%

O Quadro 5 apresenta os valores médios da concentração (mg/l) de inseticida dos raios 1, 2, 3 e 4 nas posições A, B, C e D para a velocidade de deslocamento do pivô central com o relê percentual a 80%.

**QUADRO 5** Concentrações médias de inseticida (mg/l) obtidas nas quatro posições no dossel das plantas em quatro raios do pivô central com o relê percentual a 80%.

Raios	Pos. A	Pos. B	Pos. C	Pos. D	Média
R1	4,042 a A	1,077 b B	0,515 ab B	3,227 b A	2,215 b
R2	5,112 a A	2,682 a B	0,577 ab C	4,685 a A	3,264 a
R3	4,455 a A	3,175 a BC	1,920 a C	3,665 ab AB	3,303 a
R4	5,030 a A	1,227 b C	0,277 b C	3,622 ab B	2,539 b
<b>Média</b>	4,660 A	2,040 C	0,822 D	3,800 B	<b>2,830</b>

1- D.M.S (5%) para Posições= 0,771; D.M.S. (5%) para Raios= 0,636; D.M.S. (5%) para Posições dentro de Raios= 1,431; D.M.S. (5%) para Raios dentro de Posições= 1,261

2- Médias seguidas por letras minúsculas distintas, na vertical, diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% (Tukey).

3- Médias seguidas por letras maiúsculas distintas, na horizontal, diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% (Tukey).

R1= Situado à 86 m da base do pivô

R2= Situado à 143,70 m da base do pivô

R3= Situado à 201,40 m da base do pivô

R4= Situado à 259,10 m da base do pivô

Pos. A= Acima do ápice da planta

Pos. B= Inserção da primeira espiga

Pos. C= Abaixo das folhagens

Pos. D= Abaixo das folhagens e entre as linhas de plantio

Pelo Quadro 5 verifica-se que, as concentrações médias na posição A para os quatro raios, foram iguais estatisticamente, confirmando a boa uniformidade de distribuição do inseticida ao longo do pivô central para a velocidade de deslocamento com o relê percentual a 80%. Comparando os resultados obtidos para os quatro raios dentro das posições B, C e D, verifica-se que, houve diferença entre os raios amostrados. Estas variações foram fortuitas, casuais, as quais não foram possíveis de serem explicadas. Observa-se, ainda, pelo Quadro 5, que a concentração média geral das quatro posições ( A, B, C e D) diferiram estatisticamente, entre si, pelo teste de

Tukey, ao nível de 5%, o que era esperado, visto que, o inseticida deveria ficar retido aos tecidos vegetais.

Considerando a concentração média geral da posição A para os quatro raios (4,66 mg/l), pode-se dizer que a concentração média geral da posição B (2,04 mg/l) foi 44% da concentração na posição A, indicando que parte desse inseticida, possivelmente tenha ficado aderido aos tecidos da planta até esse ponto, isto é, houve retenção de inseticida até a inserção da primeira espiga. A concentração média geral na posição C (0,822 mg/l), foi 17,6% da concentração na posição A, o que indica que houve retenção de inseticida aos tecidos das plantas até as últimas folhagens no colmo do milho. A concentração na posição D (3,80 mg/l), foi 81,5% da concentração de inseticida na posição A, o que indica que possivelmente parte do inseticida que foi aplicado pelo pivô foi interceptado pelas folhagens e aderiu às mesmas ou foi translocado para o colmo da planta através do fluxo de água de irrigação. A quantidade de inseticida que ficou retido na planta e que não atingiu o solo não pôde ser definida uma vez que não houve a quantificação da calda inseticida que ficou retida nas diferentes alturas (pontos de coleta) das plantas, isto é, os coletores (tubos de ensaio) utilizados para este fim não possibilitaram que toda calda que escoava pelo colmo da planta fosse coletada.

O Quadro 6, mostra os resultados da concentração (mg/l) do inseticida *chlorpyrifos* e o Quadro 7 a análise de variância das concentrações obtidas nos quatro raios do pivô central, em quatro posições no dossel da planta para a velocidade de deslocamento com relê percentual a 40%.

Nota-se pelo Quadro 6 que, a concentração média de inseticida na posição com relê a 40%, foi praticamente a metade da concentração nesta mesma posição quando o pivô se deslocava com relê percentual a 80 %, o que era de se esperar, pois o volume de água aplicado pelo pivô

com a maior velocidade é a metade, conseqüentemente, a diluição do produto para menor velocidade de deslocamento do pivô será o dobro, isso porque manteve-se a mesma taxa de injeção (0,5 l/ha) para que a insetigação fosse feita na mesma área amostrada.

Observa-se pelo Quadro 7 que, a interação (Raios x Posições) foi significativa indicando uma relação entre os fatores. Para tanto, foi feito o desdobramento e a aplicação do teste de Tukey para as devidas situações.

A Figura 10 apresenta a dispersão dos valores da concentração média (mg/l) do inseticida *chlorpyrifos* nos quatro raios ao longo do pivô central, nas quatro posições no dossel das plantas de milho para a velocidade de deslocamento com relê percentual a 40%.

O Quadro 8 apresenta os valores médios da concentração de inseticida nas posições A, B, C e D dos raios 1, 2, 3 e 4 para a velocidade de deslocamento do pivô central com o relê percentual a 40%.

Pode-se observar no Quadro 8 que, as concentrações médias na posição A para os quatros raios, da mesma forma que para o teste com o relê percentual a 80%, não apresentaram diferenças significativas ao nível de 5%, confirmando assim uma boa uniformidade de distribuição horizontal do inseticida. Já a comparação dos diversos raios dentro das posições B, C e D mostrou-se diferente apenas na posição D, variação puramente casual, a qual não foi possível explicá-la. Como as parcelas para este teste não foram as mesmas utilizadas no teste a 80%, não se pode comparar as diferenças verificadas dentro dos raios para as diferentes posições, em função da velocidade de deslocamento do sistema de irrigação.

**QUADRO 6** Concentrações de inseticida (mg/l) obtidas em quatro raios do pivô central e em quatro posições no dossel das plantas, com o relê percentual a 40%.

Amostra	Conc	Amostra	Conc	Amostra	Conc	Amostra	Conc	Média(posições)
R1PA	1,98	R2PA	2,71	R3PA	2,91	R4PA	2,06	2,41
R1PA	2,22	R2PA	2,98	R3PA	2,47	R4PA	1,89	2,39
R1PA	2,14	R2PA	2,25	R3PA	3,17	R4PA	2,36	2,48
R1PA	2,33	R2PA	3,16	R3PA	1,94	R4PA	54	2,49
Média	2,17		2,77		2,62		2,21	2,44
R1PB	0,68	R2PB	1,05	R3PB	1,34	R4PB	1,07	1,03
R1PB	0,51	R2PB	0,66	R3PB	0,92	R4PB	1,61	0,92
R1PB	0,51	R2PB	0,55	R3PB	0,98	R4PB	0,90	0,73
R1PB	0,68	R2PB	0,85	R3PB	1,34	R4PB	1,62	1,12
Média	0,59		0,78		1,14		1,30	0,95
R1PC	1,10	R2PC	0,75	R3PC	1,92	R4PC	1,51	1,32
R1PC	0,24	R2PC	0,33	R3PC	1,05	R4PC	1,62	0,81
R1PC	0,25	R2PC	0,33	R3PC	0,60	R4PC	0,54	0,43
R1PC	0,23	R2PC	0,27	R3PC	0,60	R4PC	0,54	0,41
Média	0,45		0,42		1,04		1,05	0,74
R1PD	1,17	R2PD	2,82	R3PD	2,16	R4PD	1,55	1,92
R1PD	1,47	R2PD	2,65	R3PD	1,65	R4PD	1,15	1,73
R1PD	1,74	R2PD	3,09	R3PD	2,26	R4PD	2,28	2,34
R1PD	1,91	R2PD	2,27	R3PD	2,61	R4PD	2,08	2,22
Média	1,57		2,71		2,17		1,76	2,05
Média(raio)	1,19		1,67		1,74		1,58	(1,54) <sup>1</sup>

<sup>1</sup> = Média geral

R1= Situado à 86 m da base do pivô

R2= Situado à 143,70 m da base do pivô

R3= Situado à 201,40 m da base do pivô

R4= Situado à 259,10 m da base do pivô

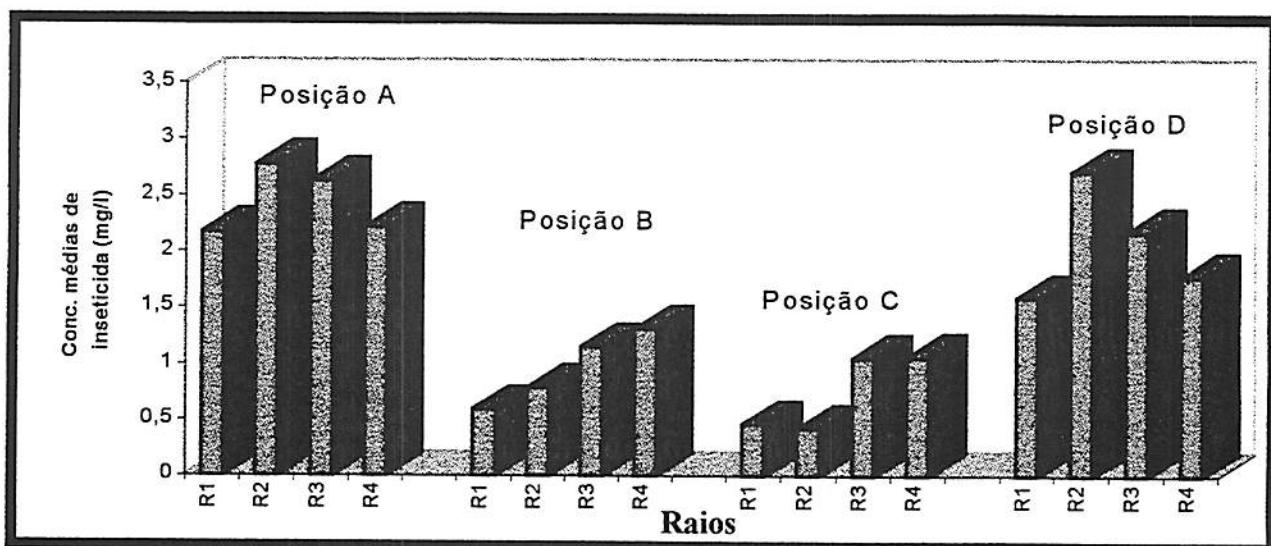
PA= Acima do ápice da planta

PB= Inserção da primeira espiga

PC= Abaixo das folhagens

PD= Abaixo das folhagens e entre as linhas de plantio





**FIGURA 10** Concentrações médias de inseticida (mg/l) nos quatro raios (R1, R2, R3 e R4) para as quatro posições de coleta no dossel das plantas (A, B, C e D) com o pivô central se deslocando com o relê percentual à 40%.

**QUADRO 7** Análise de variância das concentrações de inseticida (mg/l) obtidas em quatro raios, nas quatro posições no dossel das plantas, com o relê percentual a 40%.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F	Prob.>F
Raios	3	2,8437	0,9479	11,1269	0,00147
Resíduo (a)	12	1,0231	0,0852		
Parcelas	15	3,8668			
Posições	3	32,9678	10,9893	63,5101	0,00001
Raios x Posições	9	4,0216	0,4468	2,5825	0,02065
Resíduo (b)	36	6,2291	0,1730		
Total	63	47,0853			

Média geral = 1,54

C. V.(a) = 20,89%

C.V.(b) = 28,58%

**QUADRO 8** Concentrações médias de inseticida (mg/l) obtidas em quatro raios do pivô central, nas quatro posições no dossel das plantas, com o relê percentual a 40%.

Raios	Pos. A	Pos. B	Pos. C	Pos. D	Média
R1	2,167 a A	0,595 a B	0,455 a B	1,572 b A	1,197 b
R2	2,775 a A	0,777 a B	0,420 a B	2,707 a A	1,670 a
R3	2,622 a A	1,145 a B	1,042 a B	2,170 ab A	1,745 a
R4	2,212 a A	1,300 a BC	1,052 a C	1,765 b AB	1,582 a
Média	2,444 A	0,954 B	0,742 B	2,053 A	<b>1,548</b>

1- D.M.S. (5%) para Posições= 0,3966; D.M.S. (5%) para Raios= 0,2882; D.M.S. (5%) para Posições dentro de Raios= 0,7245; D.M.S. (5%) para Raios dentro de Posições= 0,5962

2- Médias seguidas por letras distintas minúsculas na vertical, diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% (Tukey).

2- Médias precedidas por letras distintas maiúsculas na horizontal, diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% (Tukey)

R1= Situado à 86 m da base do pivô

R2= Situado à 143,70 m da base do pivô

R3= Situado à 201,40 m da base do pivô

R4= Situado à 259,10 m da base do pivô

Pos. A= Acima do ápice da planta

Pos. B= Inserção da primeira espiga

Pos. C= Abaixo das folhagens

Pos. D= Abaixo das folhagens e entre as linhas de plantio

Considerando a concentração média geral para os quatro raios, pode-se afirmar que a concentração média da posição B (0,954 mg/l), foi 39% da concentração na posição A (2,44 mg/l), indicando que houve retenção do inseticida nos tecidos da planta até a inserção da primeira espiga. A concentração média geral na posição C (0,742 mg/l), foi 30% da concentração de inseticida na posição A, o que indica que houve retenção de inseticida nos tecidos da planta até as últimas folhagens no colmo do milho. A concentração média de inseticida na posição D (2,053 mg/l), foi 84% da concentração na posição A, indicando que parte do inseticida foi interceptado pelas folhagens e aderiu-se às mesmas ou foi translocado para o colmo das plantas através do fluxo de água de irrigação.

O Quadro 9 mostra os valores em % das concentrações de inseticida nas posições B, C e D em relação à posição A para duas situações de deslocamento do pivô, velocidade com relê a 80% e 40%.

**QUADRO 9** Valores em % das concentrações de inseticida nas posições B, C e D em relação à posição A para duas velocidades de deslocamento do pivô, com relê percentual a 80% e 40%.

Relê Percentual	Posição B (%)	Posição C (%)	Posição D (%)
80 %	44	17,6	81,5
40 %	39	30	84

Pelo Quadro 9 é possível verificar que a velocidade de deslocamento do pivô não influenciou na retenção do inseticida *chlorpyrifos* pelos tecidos das plantas. Pode-se afirmar também que em média houve retenção de 58,5% de inseticida até a posição B (inserção da primeira espiga) e 76% até a posição C (abaixo das folhagens da planta).

A metodologia utilizada na coleta dos dados para averiguar a retenção do inseticida no dossel das plantas foi baseada nos trabalhos de Stone, Stansell e Young (1994), que utiliza de tubos de ensaio de 25 mm afixados na inserção das folhas para a coleta da calda inseticida. No entanto, torna-se impossível, com um tubo de ensaio, coletar todo o volume de calda que escoar pelo colmo da planta. Portanto, não se pode determinar a quantidade de produto químico que realmente chega até os pontos de coleta, pois parte do produto poderá escoar pelo colmo da planta por via contrária à inserção do coletor. Outros trabalhos, utilizando dispositivos que permitam a coleta total via escoamento pelo colmo da planta de milho, são necessários, visto que, desta maneira seria possível quantificar o volume de calda que realmente escoar pelo colmo da planta, viabilizando determinar a quantidade de produto químico que chega até os pontos de coleta.

## 5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nas condições em que foi realizado o trabalho permitem as seguintes conclusões :

- 1 - A uniformidade de distribuição da concentração do inseticida *chlorpyrifos* (87,80%) foi praticamente igual à uniformidade de distribuição da calda inseticida (91,08%).
- 2 - As concentrações do inseticida obtidas nas alturas de inserção da primeira espiga e abaixo das folhas da planta foram, respectivamente, 58,5% e 76% menor que a concentração acima do dossel das plantas, mostrando que houve retenção do inseticida.
- 3 - A velocidade de deslocamento do pivô central não influenciou na retenção do inseticida no dossel das plantas de milho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **ASAE standards: 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.** St. Joseph, 1992. p. 754-755 ( S 436).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Sistema de irrigação por aspersão pivo-central, caracterização de desempenho: método de ensaio; 1º Projeto de Normas.** Rio de Janeiro, 1985. 22p ( PN 12:02.08.005 ).
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação.** 4. ed. Viçosa: UFV, 1989. 489p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Companhia Nacional de Abastecimento. **Indicadores da agropecuária.** Brasília, 1997. 59 p.
- BUSCHMAN, L. L.; LAMM, F. R.; SLODERBECK, P. E.; DICK, G. L. Chemigation in corn: effects of nonemulsifiable oils and sprinkler package on the efficacy of corn borer (*Lepidoptera: Pyralidae*) insecticides. **Journal of Economic Entomology**, Maryland, v. 78, n. 6, p. 1331-1336, Dec. 1985.
- CATTA-PRETA, R. F.; BALDERRAMA, O.; RAMPAZZO, P. E. **Residue Analytical Method: determination of *Chlorpyrifos* in pears, peaches and plums.** Franco da Rocha: DOW ELANCO Industrial, 1994. 26p. (Bulletin, 4).
- CHALFANT, R. B.; YOUNG, J. R. Chemigation, or application of insecticide through overhead sprinkler irrigation systems, to manage insect pest infesting vegetable and agronomic crops. **Journal of Economic Entomology**, Maryland, v. 75 , n. 2 , p. 237-241, Apr. 1982.
- CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkling.** Berkeley: University of Califórnia, California Agricultural Experiment Station, 1942. 124p. (Bulletin, 670).
- COSTA, E. F. da; BRITO, R. L. A. Métodos de aplicação de produtos químicos e biológicos na irrigação pressurizada. In: COSTA, E. F. da; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. **Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação.** Brasília: EMBRAPA-SPI,1994. Cap. 3, p. 85-109.

- COTRIM, C. E. **Análise de uniformidade de aplicação de água em sistema de irrigação do tipo pivô central de baixa pressão.** Viçosa: UFV, 1988. 114 p. ( Tese - Mestrado em Irrigação e Drenagem).
- CURRIER, R. D.; WITKOWSKI, F. J. Residual efficacy of Chlorpyrifos 4E applied through a center-pivot irrigation system on european corn borer (*Ostrinia nubilalis*) larvae. **Journal of Economic Entomology**, Maryland, v. 83, n. 3, p. 1048-1052, June 1990.
- DAKER, A. **A água na agricultura: irrigação e drenagem.** 6. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1984. 543p.
- DEGRANDE, P. E.; MORAES, C. A.; ALBERTON, O.; Aplicação de inseticida via pivô central no controle de *Spodóptera frugiperda* e *Schizaphis gramineun* na cultura do trigo (*triticum destivum* L.) In : CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 10, Rio de Janeiro, 1986. Resumos... Rio de Janeiro: SBE, 1986. p. 340-343.
- FARIA, M. A. de; VIEIRA, J. Irrigação por aspersão-sistemas mais usados do Brasil, **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.139, p.27-39, jul. 1986.
- FORNASIERI, D. F. **A cultura do milho**, Jaboticabal: FUNEP, 1992. 273p.
- FRIZZONE, J. A. **Irrigação por aspersão: uniformidade e eficiência.** Piracicaba: ESALQ, 1992. 53 p. (Série Didática, 3).
- HEERMANN, D. F.; HEIN, P. R. Performance characteristics of self - propelled center - pivot sprinkler irrigation system. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 11, n. 1, p. 11-15, Nov./Dec. 1968.
- HEINEMANN, A. B. **Influência do espaçamento entre coletores, do número de linhas radiais e da altura do emissor no coeficiente de uniformidade de CHRISTIANSEN em pivô central.** Piracicaba: ESALQ, 1996. 64 p. (Dissertação - Mestrado em Irrigação e Drenagem).
- JOHNSON, A. W.; YOUNG, J. R.; THREADGILL, E. D.; DOWLER, C.C.; SUMMER, D. R. Chemigation for crop production management. **Plant Disease**, St. Paul, v.70, n.11, p. 998 - 1004, Nov. 1986.
- MONIZ, A. C. **Elementos de pedologia**, São Paulo: USP, 1972. 142p
- MORAES, A. C. **Aplicação de inseticidas através de equipamento de irrigação do tipo pivô central.** Dourados: DOW ELANCO Industrial, 1986. 12p. (Boletim Técnico, 1)
- OLITTA, A. F. L. **Os métodos de irrigação.** São Paulo: Nobel, 1987. 267p.
- OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal.** São Paulo: Agronômica Ceres , 1981. 440p.

- RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia: base para distinção de ambientes.** Viçosa: NEPUT, 1995. 104p.
- REZENDE, R. **Desempenho de um sistema de irrigação pivô central quanto a uniformidade e eficiência de aplicação de água, abaixo e acima da superfície do solo.** Piracicaba : ESALQ, 1992. 86 p. (Tese - Mestrado em Irrigação e Drenagem).
- SANTOS, N. C. dos . **Uniformidade de distribuição e eficiência potencial de aplicação de água em um sistema de irrigação do tipo pivô central, em condições de cerrado.** Viçosa: UFV, 1988. 80 p.(Tese - Mestrado em Irrigação e Drenagem).
- SCHMIDT, W. Ensaio de dose resposta de clorpirifós no controle de larva alfinete (*Diabrotica speciosa*) em milho (*Zea mays L.*), aplicado por insetigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 11, Campinas, 1996. **Resumos...** Campinas: UNICAMP, 1996. p. 504-510.
- SILVEIRA, R. C.; HILLS, D. J.; YATES, W.E. Insecticide oil distribution pattern from a linear move spray head. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.30, n.2, p.438-441, Mar./Apr. 1987.
- STELL, R. E. D. ; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics: with reference to the biological sciences.** New York: Mc Graw-Hill, 1980. 633p.
- STONE, K. C.; STANSELL, J. R.; YOUNG, J. R. Insecticide distribution through an irrigated corn canopy. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 37, n. 1, p.135-138, Jan./Feb. 1994.
- VIANA, P. A. Insetigação In: COSTA, E. F. da; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. **Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação.** Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. Cap. 10, p. 249-268.
- VIANA, P. A.; COSTA, E. F. da. Controle da lagarta do cartucho (*Spodóptera frugiperda*) em milho, com inseticidas aplicados via irrigação por aspersão. In : CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 12, Belo Horizonte, 1989. **Resumos...** Belo Horizonte: SBE, 1989. p.295-301.
- VIANA, P. A.; COSTA, E. F. da. **Eficiência de inseticidas misturados em óleo vegetal aplicados via irrigação por aspersão para o controle da lagarta do cartucho (*Spodóptera frugiperda*) em milho.** Brasília: EMBRAPA / CNPMS, 1994. 139 p. (Relatório Técnico Anual).
- VIEIRA, R. F. Introdução à quimigação In: COSTA, E. F. da; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. **Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação.** Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. Cap. 1, p. 13-30.
- WALLER, P. M.; HILLS, D. J.; STEINKE, W. E. Chemigation application efficiency of oil-based pesticide. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 38, n. 2, p. 511-538, Mar./Apr. 1995.

- WAUCHOPE, R. D.; YOUNG, J. R.; CHALFANT, R. B.; MARTI, L. R.; SUMER, H. R. Deposition, mobility and persistence of sprinkler-irrigation-applied chlorpyrifos on corn foliage and in soil. **Pesticide Science**, Chichester, v. 32, n. 2, p. 235-243, Feb. 1991.
- WITKOWSKI, J. F.; BARBER, D. T.; CURRIER, D. R. Control of first generation European corn borer larvae in Nebraska Yb applying insecticides Yb center-pivot irrigation systems. **Journal of Economic Entomology**, Maryland, v. 79, n. 6, p.1595-1598, Dec. 1986.
- YOUNG, J. R.; KEISLING, T. C.; STANSELL, J. R. Insecticide application with sprinkler irrigation systems. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 24, n. 1, p.120-123, Jan./Feb. 1981.



## **APÊNDICE**

**QUADRO 1A** Principais características físicas do solo, determinadas em três camadas do perfil 0-60 cm, do solo constituinte da área experimental. UFLA-Lavras, 1996.

Camada (cm)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Densidade de partículas (g/cm <sup>3</sup> )	Densidade global (g/cm <sup>3</sup> )
0-20	74	8	18	2,84	1,34
20-40	72	9	19	2,74	1,42
40-60	72	8	20	2,82	1,48

**QUADRO 1B** Características químicas<sup>1</sup> do solo referente a área experimental, nas três camadas do perfil 0 - 60 cm. UFLA-Lavras, 1996.

pH	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Al <sup>+++</sup>	H + Al <sup>+++</sup>	S	t	T	m	V
5,8	18	59	1,5	1,0	0,0	2,6	2,7	2,7	5,3	0,0	50
5,0	3	20	1,0	0,4	0,2	2,9	1,5	1,7	4,4	12	33
4,0	1	20	0,8	0,2	0,2	2,9	1,1	1,3	4,0	16	27

<sup>1</sup> "pH"(água)= Potencial de Hidrogênio da água; "P"= Íons de fósforo em ppm; "K<sup>+</sup>"= Íons de Potássio expressos em ppm; "Ca<sup>++</sup>"= Íons de Cálcio expressos em meq/cm<sup>3</sup>; "Mg<sup>++</sup>"= Íons de Magnésio expressos em meq/cm<sup>3</sup>; "Al<sup>+++</sup>"= Íons de Alumínio expressos em meq/cm<sup>3</sup>; "H + Al<sup>+++</sup>"= Íons de Hidrogênio + Alumínio expressos em meq/cm<sup>3</sup>; "S"= Soma de bases trocáveis; "t"= CTC efetiva; "T"= CTC à pH 7,0; "m"= Saturação de Alumínio da CTC efetiva expressa em %; "V"= Saturação de bases da CTC à pH 7,0 expressa em %.

**QUADRO 2A** Características operacionais do sistema de irrigação e condições climáticas levantadas durante os testes.

Características Operacionais e Climáticas	Testes					
	A	B	C	D	E	F
Pressão na base do pivô, em mca	22	26	18	22	22	22
Pressão no 2º vão, em mca	20	22	18	20	20	20
Pressão no 4º vão, em mca	20	19	21	20	20	19
Pressão no último emissor, em mca	19	16	25	19	19	19
Diâmetro molhado 1º vão, em m	9.5	9.8	9.2	9.5	9.5	10.0
Diâmetro molhado 2º vão, em m	12.3	12.8	10.0	12.3	12.3	12.8
Diâmetro molhado 3º vão, em m	12.8	13.2	12.8	12.8	12.8	13.2
Diâmetro molhado 4º vão, em m	13.5	13.4	11.4	13.5	13.5	13.5
Diâmetro molhado 5º vão, em m	14.4	14.2	13.3	14.4	14.4	14.6
Velocidade do vento, m/s	1.0	0.5	4.5	1.0	0.5	0.5
Temperatura B.U., em ° C	23.0	25.0	22.5	23.0	24.0	23.5
Temperatura B.S., em ° C	29.0	30.0	26.5	29.0	28.5	28.5
Umidade Relativa, em %	60.0	67.0	72.0	60.0	68.5	66.0
Evaporação, em mm	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1

A = Avaliação da uniformidade de distribuição de água com o sistema de irrigação em situação topográfica em nível.

B = Avaliação da uniformidade de distribuição de água com o sistema de irrigação em situação topográfica em aclave.

C = Avaliação da uniformidade de distribuição de água com o sistema de irrigação em situação topográfica em declive.

D = Avaliação da uniformidade de distribuição horizontal do inseticida com o sistema de irrigação em situação topográfica em nível.

E = Retenção do inseticida no dossel das plantas quando o pivô central se deslocava com relê percentual a 80 %.

F = Retenção do inseticida no dossel das plantas quando o pivô central se deslocava com relê percentual a 40 %.