

ANA PAULA DE CASTRO NASCIMENTO

**DEPÓSITO DE CALDA SOBRE LINHAGEM DE MILHO APLICADA POR  
PULVERIZAÇÃO TERRESTRE E AÉREA E POR QUIMIGAÇÃO PARA O  
CONTROLE DE *Spodoptera frugiperda* (SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha

UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2012

ANA PAULA DE CASTRO NASCIMENTO

**DEPÓSITO DE CALDA SOBRE LINHAGEM DE MILHO APLICADA POR  
PULVERIZAÇÃO TERRESTRE E AÉREA E POR QUIMIGAÇÃO PARA O  
CONTROLE DE *Spodoptera frugiperda* (SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA:  
NOCTUIDAE)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 25 de junho de 2012.

Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira

UNESP

Prof. Dr. Carlos Juliano Brant Albuquerque

EPAMIG

Prof. Dr. Marcus Vinicius Sampaio

UFU

Prof. Dr. João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha  
ICIAG-UFU  
(Orientador)

UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2012

À minha mãe,  
*Maria Madalena Castro,*  
*mulher doce e batalhadora,*  
*minha inspiração, meu suporte,*  
*quem me ensinou que sem luta não há vitória!*  
**Dedico.**

## **Agradecimentos**

*A Deus, agradeço pela existência e pelas bênçãos que me deram força para concretizar este trabalho.*

*À minha mãe, por dedicar sua vida a mim e fazer dos meus sonhos também sonhos dela. Pela família, que apesar de pequena em indivíduos, sempre foi grande em amor. Por suportar pacientemente meu estresse, minha ansiedade e sempre me acalmar. Por me ensinar a priorizar os estudos e me dar uma boa educação. Pelas noites mal dormidas me vendo estudar. Por acreditar em mim, às vezes até mais que eu mesma. O meu muito obrigada!*

*Agradeço também ao meu marido, Rodrigo Ribeiro dos Santos, pelo amor, pela cumplicidade, pelo companheirismo, pela paciência e por nunca me deixar desanimar, mesmo quando tudo parecia muito difícil.*

*Ao meu orientador João Paulo Arantes R. da Cunha, agradeço pela acolhida, pelos ensinamentos, pela paciência e por me orientar com tanto compromisso e dedicação.*

*Aos docentes do Programa de Pós-graduação em Agronomia, a minha eterna gratidão pelos ótimos momentos e ensinamentos compartilhados.*

*À Dow Agrosciences Sementes e Biotecnologia, e principalmente aos meus superiores Anibal Esteves e Silvano Souza, que me permitiram concretizar este sonho, me cedendo o tempo necessário para finalizar as aulas e escrever toda a dissertação.*

*À Monsanto do Brasil (Cachoeira Dourada/ MG), por permitir que eu iniciasse o Mestrado conciliando com o trabalho, me cedendo espaço na fazenda para condução do ensaio e tempo para frequentar às aulas.*

*À colega de faculdade e de mestrado, Mariana Rodrigues Bueno, por toda a ajuda no projeto de dissertação.*

*Aos membros da Banca, por disponibilizarem seu tempo para contribuir com seus conhecimentos neste trabalho.*

*E a todos os familiares, companheiros de trabalho e amigos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização desse projeto, a minha gratidão.*

## SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	4
2.1 Objetivos gerais.....	4
2.2 Objetivos específicos.....	4
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	5
3.1 Cultura do milho.....	5
3.1.1 Milho híbrido x Linhagens de milho.....	5
3.1.2 Densidade de Plantas.....	6
3.1.3 Principais pragas.....	7
3.1.4 Tratamento fitossanitário.....	8
3.2 Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários.....	9
3.2.1 Aplicação terrestre.....	9
3.2.2 Aplicação aérea.....	10
3.2.3 Quimigação.....	11
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	13
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
6 CONCLUSÕES.....	27
REFERÊNCIAS.....	28

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Descrição dos tratamentos avaliados.....	13
TABELA 2. Dados climatológicos médios no momento da aplicação.....	15
TABELA 3. Escala de notas (0 a 9) para avaliação de <i>S. frugiperda</i> (SMITH, 1797) em plantas de milho (Adaptada de Davis et al., 1992) .....	17
TABELA 4. Deposição de clorpirifós em folhas de milho ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) imediatamente (1 <sup>a</sup> Avaliação) e 10 dias após a aplicação (2 <sup>a</sup> Avaliação), empregando diferentes métodos de aplicação e populações de plantas.....	19
TABELA 5. Número de lagartas ( <i>S. frugiperda</i> ) (SMITH, 1797) por planta de milho 5 dias após a aplicação do inseticida clorpirifós, empregando diferentes métodos de aplicação e populações de plantas.....	23
TABELA 6. Danos causados por <i>S. Frugiperda</i> (SMITH, 1797) em plantas de milho 10 dias após a aplicação do inseticida clorpirifós, empregando diferentes métodos de aplicação e populações de plantas. Escala de notas de 0 a 9, adaptada de Davis et al. (1992).....	24
TABELA 7. Produtividade da cultura do milho ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em função de diferentes métodos de aplicação do inseticida clorpirifós e duas populações de plantas.....	26

## **LISTA DE FIGURAS**

FIGURA 1. Equipamentos utilizados para aplicação do inseticida clorpirimifós na área de ensaio: pulverizador hidráulico, pivô central e aeronave agrícola.....	15
FIGURA 2. Influência do método de aplicação na deposição de clorpirimifós em folhas de milho, semeado em duas populações de plantas, imediatamente (a) e 10 dias após a aplicação (b).....	20

## RESUMO

NASCIMENTO, ANA PAULA DE CASTRO. **Depósito de calda sobre linhagem de milho aplicada por pulverização terrestre e aérea e por quimigação para o controle de *Spodoptera frugiperda* (SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae).** 2012. 34 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia), Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.<sup>1</sup>

A aplicação de produtos fitossanitários pode ser feita utilizando pulverizadores terrestres, avião agrícola ou via água de irrigação, contudo a seleção da melhor técnica é difícil, dada a pequena quantidade de estudos comparativos entre elas. Assim, o objetivo deste trabalho foi estudar a deposição do inseticida clorpirifós na cultura do milho, empregando aplicação aérea ( $30 \text{ L ha}^{-1}$ ), tratorizada ( $200 \text{ L ha}^{-1}$ ) e via água de irrigação ( $70.000 \text{ L ha}^{-1}$ ), para o controle de *Spodoptera frugiperda* em duas populações de plantas ( $70.000$  e  $100.000$  plantas  $\text{ha}^{-1}$ ). O resíduo do ingrediente ativo nas folhas imediatamente e dez dias após as aplicações foi avaliado por cromatografia gasosa. O número de lagartas em cada parcela aplicada e na testemunha também foi avaliado. As aplicações aérea e tratorizada do inseticida clorpirifós proporcionaram maior deposição do ingrediente ativo nas folhas do que via água de irrigação. As duas populações de plantas empregadas ( $70.000$  e  $100.000$  plantas  $\text{ha}^{-1}$ ) não influenciaram a deposição do inseticida nas folhas de milho. O controle de *S. frugiperda* foi similar para os três métodos de aplicação, contudo na quimigação ocorreu menor deposição na planta, o que deve ser levada em conta para evitar danos ambientais causados por escorramento de calda para o solo.

Palavras-chave: lagarta-do-cartucho, população de plantas, tecnologia de aplicação, pulverização, *Zea mays* L.

---

<sup>1</sup> Orientador: João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha – UFU.

## ABSTRACT

NASCIMENTO, ANA PAULA DE CASTRO. **Spray deposits of aerial, ground and through sprinkler irrigation applications on corn crop for control of *Spodoptera frugiperda* (SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae).** 2012. 34 p. Dissertation (Master Program in Agronomy/Crop Science) – Federal University of Uberlândia, Uberlândia.<sup>2</sup>

Pesticides can be applied via aircraft, ground-sprayers or through sprinkler irrigation. However, selecting the best option is complicated by the limited number of studies comparing these techniques. Thus, we studied chlorpyrifos insecticide deposition applied via aircraft ( $30 \text{ l ha}^{-1}$ ), tractor-mounted sprayer ( $200 \text{ l ha}^{-1}$ ) and chemigation ( $70,000 \text{ l ha}^{-1}$ ) for the control of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) in two corn populations ( $70,000$  and  $100,000$  plants  $\text{ha}^{-1}$ ). Active ingredient residue on the leaves of the corn plants was evaluated by gas chromatography immediately after and ten days after treatment. Armyworm numbers in each plot and a control were also evaluated. Aerial and ground applications of chlorpyrifos led to greater active ingredient deposition than did chemigation. Neither plant population ( $70,000$  and  $100,000$  plants  $\text{ha}^{-1}$ ) affected insecticide deposition. *S. frugiperda* control was similar for all three application methods. Chemigation, however, resulted in less deposition on the plants and consequently greater insecticide loss to the soil, which should be considered in assessing environmental impact.

Key words: fall armyworm, plant population, application technology, spray, *Zea mays* L.

---

<sup>2</sup> Major Professor: João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha – UFU.

## 1 INTRODUÇÃO

A agricultura é um setor que está em constante desenvolvimento, pois a cada dia surgem novas cultivares, novos produtos e novas tecnologias que proporcionam ao agricultor produzir em maior quantidade e qualidade, de forma economicamente viável e mais segura ambientalmente. A cultura do milho (*Zea mays* L.) apresenta grande importância econômica no mundo. No entanto, mesmo com a evolução gradativa das produtividades obtidas, estas ainda não traduzem o potencial genético das cultivares disponíveis, levando a constantes buscas por alternativas de incremento (GUARESCHI et al., 2008; TRENTO et al., 2002).

Dentre as estratégias para se obter altas produtividades, está o melhoramento genético. Para milho, é necessário o desenvolvimento de linhagens homozigóticas que se cruzem e formem híbridos de alto vigor (DARWIN, 1877). Em geral essas linhagens homozigóticas possuem baixo potencial produtivo, até 10 vezes inferior a produtividade do híbrido que ela produz, sendo que o ataque de insetos, doenças e plantas infestantes e densidades de plantas inadequadas diminuem significativamente a produtividade. Então, para não prejudicar muito a produção por área, são ferramentas muito importantes: o aumento e o arranjo da população de plantas por área pois podem contribuir para a correta exploração do ambiente e do genótipo (AMARAL FILHO et al., 2002); e o correto manejo fitossanitário. Manter a cultura com níveis controlados de problemas fitossanitários é fundamental para um bom desenvolvimento e uma boa produção das lavouras de híbridos e linhagens de milho.

Nos agrossistemas brasileiros onde se cultiva milho, a ocorrência de *Spodoptera frugiperda* (SMITH, 1797), comumente chamada de lagarta do cartucho, é generalizada, prejudicando o desenvolvimento da planta e se caracterizando como importante praga da cultura em todas as fases do desenvolvimento (SILVA, 1999; CRUZ, 2003). Sua relevância deve-se não somente aos danos provocados, mas especialmente à dificuldade de seu controle.

A lagarta-do-cartucho pode gerar grandes perdas na produção e na qualidade de grãos dependendo do grau de infestação, sendo na maioria das vezes controlada através da aplicação de produtos fitossanitários, como os inseticidas pertencentes ao grupo químico dos piretróides e fosforados (OMOTO et al., 2002). O ingrediente ativo

clorpirifós pertence ao grupo químico dos fosforados e é um dos principais produtos utilizados no controle deste inseto.

Contudo, uma aplicação segura e eficiente de produto fitossanitário depende do sinergismo entre alguns fatores envolvidos com a tecnologia de aplicação, como a utilização do equipamento adequado, regulado e calibrado, operadores de máquinas e responsáveis técnicos pela aplicação bem instruídos e qualificados, utilização de produtos corretos e devidamente registrados, bem como condições do ambiente propícias para realizar uma aplicação (BUENO, 2011). Não basta apenas conhecer o produto a ser aplicado, também é muito importante conhecer a forma como eles serão aplicados e os equipamentos de aplicação. É preciso garantir que o produto alcance o alvo de forma eficiente, minimizando-se as perdas (CUNHA, 2008; ALVARENGA, 2009).

Atualmente, a aplicação terrestre com pulverizadores hidráulicos é um método muito utilizado (BUENO et al., 2011). Existem vários tipos de pulverizadores hidráulicos, que vão desde os mais simples, como os do tipo costal manual, até equipamentos maiores e mais sofisticados, como os autopropelidos equipados com controladores eletrônicos (FERNANDES et al., 2007).

Entretanto, as perdas ocasionadas por amassamento em função do tráfego desses equipamentos terrestres nas lavouras (JUSTINO et al., 2006), a compactação do solo, a baixa capacidade operacional quando comparados a métodos como a aplicação aérea e, principalmente, a dificuldade em entrar em áreas cultivadas com plantas com desenvolvimento vegetativo avançado têm limitado o uso desses pulverizadores terrestres e possibilitado um crescimento significativo das aplicações aéreas (BUENO, 2011).

A atividade aeroagrícola mostra-se como alternativa viável pelo alto rendimento operacional, o que permite soluções rápidas em pequenos intervalos de tempo, mesmo em grandes extensões de terra. Além disso, é possível alcançar resultados satisfatórios com acessível custo econômico, desde que adotados os procedimentos técnicos adequados (CORRÊA et al., 2004; BAYER et al., 2012).

Esta já é uma realidade em boa parte das regiões produtoras de grãos no Brasil. Contudo, pouca informação científica existe a respeito de sua eficácia, principalmente em comparação à aplicação terrestre, ou seja convencional, além de, em muitos casos, causar desconfiança por parte de agricultores quanto à sua viabilidade técnica,

sobretudo quanto à capacidade de penetração da calda pulverizada no dossel das culturas (CUNHA et al., 2010, 2011).

Outra técnica de aplicação de produtos fitossanitários, a quimigação, também vem se desenvolvendo bastante, apesar de ainda ser pouco estudada. A aplicação de produtos químicos na lavoura por intermédio da água de irrigação está se intensificando junto aos produtores que dispõem de equipamentos de irrigação, pois é técnica eficiente para muitos produtos, além de economicamente viável (CUNHA et al., 2001).

Um dos problemas enfrentados pela quimigação, principalmente quando esta é realizada via pivô central, é o grande volume de calda utilizado (DOURADO NETO; FANCELLI, 1999). Enquanto em pulverizações terrestres altos volumes de calda estão em torno de  $400 \text{ L ha}^{-1}$ , e em aplicações aéreas, em torno de  $40 \text{ L ha}^{-1}$ , na quimigação com pivô central, o volume de calda aplicado normalmente está na faixa de  $50.000 \text{ L ha}^{-1}$  o que corresponde a uma lâmina de 5 mm. Assim, pode haver grandes perdas por escorramento com baixa deposição no alvo desejado.

Outra variável importante e que deve ser considerada nos estudos de tecnologia de aplicação refere-se à população de plantas. Enquanto altas densidades de planta podem aumentar a produtividade, também podem dificultar a proteção através de agrotóxicos, principalmente nas partes mais baixas do dossel (DERKSEN et al., 2007). Lavouras muito fechadas tendem a impor uma barreira física constituída pelas próprias folhas que dificultam a penetração da calda pulverizada no dossel das plantas, podendo reduzir a eficácia biológica dos produtos fitossanitários.

Desta forma, em função da existência de poucos relatos científicos, há a necessidade de estudos de viabilidade técnica e eficácia comparando a aplicação de produtos fitossanitários via área, por quimigação e com pulverizadores terrestres. Vale ressaltar que, com a disseminação da biotecnologia em alguns países, reduziu-se a importância do controle químico da *S. Frugiperda* (SMITH, 1797), contudo os estudos de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários ainda são muito necessários e podem ser extrapolados, com os devidos cuidados, para distintos alvos biológicos, visto que os agrotóxicos empregados nos ensaios atuam como um marcador da aplicação.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Comparar a eficácia e a deposição do inseticida clorpirimifós no controle de *S. frugiperda* (SMITH, 1797) em linhagem de milho, empregando aplicação aérea, tratorizada e via água de irrigação, em duas populações de plantas.

### 2.2 Objetivos Específicos

Avaliar o residual do inseticida clorpirimifós aplicado por diferentes formas em linhagem de milho, logo após a pulverização e dez dias depois, visando o controle de *S. Frugiperda* (SMITH, 1797), em duas populações de plantas.

Comparar e avaliar o controle químico de *S. Frugiperda* (SMITH, 1797) na cultura do milho utilizando aplicação aérea, tratorizada e via água de irrigação.

Verificar a viabilidade do uso da aviação agrícola e quimigação, em comparação à aplicação tratorizada, para distribuição de produtos fitossanitários na linhagem de milho.

Verificar a influência da população de plantas na deposição de produto fitossanitário aplicado em linhagem de milho.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Cultura do milho

O milho (*Zea mays*) é considerado o terceiro produto agrícola de maior importância no mundo e o Brasil é o terceiro maior produtor mundial deste cereal, atrás de Estados Unidos e China, sendo a área cultivada no país em torno de 13 milhões de hectares (AGRIANUAL, 2010). Com a evolução da agricultura e consequente desenvolvimento de novas tecnologias de produção, a cultura do milho, segundo dados do USDA (2012), teve um aumento de área cultivada mundialmente de 24% no período de 1989/90 a 2009/10, passando de 127,3 para 157,8 milhões de hectares, e desta última safra para a safra 2011/12 houve um aumento de mais 7%.

Este cereal é matéria-prima estratégica para a cadeia produtiva das carnes de aves, suínos e pecuária, compondo mais de 70% da dieta dos dois primeiros. O setor de proteína animal do país impulsionou o consumo de milho a uma taxa anual de 3,3% na última década. No Brasil, mesmo com a retração de área da cultura na safra de verão 2009/10, a produção continuou alta, sendo compensada pelos ganhos de produtividade. Na safra 2008/09, foram plantadas 12,94 milhões de hectares, tendo no ano seguinte um recuo de 8,7%, sendo compensado pelo incremento de 14,8% de ganho em produtividade, chegando a uma média de  $4.131 \text{ kg ha}^{-1}$  (AGRIANUAL, 2010).

Apesar de a cultura possuir alto potencial produtivo, como é citado por Carvalho (2007) que algumas lavouras brasileiras chegam a ultrapassar o rendimento médio de grãos obtido pelos Estados Unidos na safra 2005, que foi de  $9.947 \text{ kg ha}^{-1}$ , este é diretamente afetado pelo ataque de insetos desde o plantio até a sua utilização, seja para alimentação humana ou animal. Segundo Cruz et. al (1996), o principal método de controle utilizado em todo o mundo se baseia na utilização de inseticidas químicos.

##### 3.1.1 Milho híbrido x Linhagens de milho

O milho é uma planta alógama, ou seja realiza preferencialmente polinização cruzada (acima de 95%). Neste caso a fertilização ocorre quando o pólen de uma planta fertiliza o estigma da flor de outra planta. As espécies alógamas são caracterizadas pela

heterozigose, apresentando heterose e endogamia (BESPALHOK FILHO; GUERRA; OLIVEIRA, 2012).

No início do século XX, Shull (1909) apresentou o primeiro esquema básico para produção de sementes de milho híbrido, através da obtenção de linhas autofecundadas e o cruzamento entre si (híbrido simples). Porém, somente com Jones (1918) foi que a produção de híbridos se popularizou utilizando híbridos duplos, onde os genitores são híbridos simples, altamente produtivos e assim tornavam a produção de semente mais barata.

Segundo Miranda Filho e Viégas (1987) existem vários tipos de híbridos de milho, sendo eles: Top Cross, Híbrido Simples, Híbrido Simples modificado, Híbrido Triplo, Híbrido Duplo e Híbrido intervarietal. Destes, o híbrido simples é geralmente o mais produtivo, apresentando grande uniformidade de plantas e espigas, sendo resultado do cruzamento entre duas linhagens endogâmicas. Por causa da diferença genética entre os genitores, este híbrido apresentará muitos locus em heterozigose, podendo com isso apresentar heterose. As sementes apresentam elevado custo de produção, porque a fêmea de um híbrido de milho simples é uma linhagem.

Para produzir estes híbridos é necessário multiplicar as linhagens endogâmicas em campos de semente, podendo ter como consequências da endogamia, a depressão endogâmica. A depressão endogâmica é a perda de vigor na descendência ocasionada pela expressão de genes detrimetrais e letais em condição homozigota nas descendências (caráter com algum nível de dominância) (CROW; KIMURA, 1970). Plantas de milho obtidas por autofecundação apresentam desempenho muito inferior a plantas não endogâmicas. A endogamia pode ter como consequências redução na produtividade, fertilidade, viabilidade das sementes, adaptação e vigor (FALCONER; MACKAY, 1996; METTLER; GREGG, 1973), e isto faz com que produzir linhagens de milho exija técnicas e manejo superiores aos utilizados em campos de híbridos.

### **3.1.2. Densidade de plantas**

Entre as práticas e técnicas utilizadas para auxiliar os híbridos e linhagens de milho a expressarem melhor o seu potencial produtivo, a escolha do arranjo espacial na área é uma das mais importantes, junto ao manejo fitossanitário (ALMEIDA et al., 2000). A manipulação do arranjo de plantas em milho, através de alterações na densidade de plantas, de espaçamentos entre linhas, de distribuição de plantas na linha e na

variabilidade entre plantas, é uma das práticas de manejo mais importantes para maximizar a interceptação da radiação solar, otimizar o seu uso e potencializar o rendimento de grãos. Esse aumento do número de plantas por área, apesar de em alguns casos poder causar um microclima favorável ao desenvolvimento de microorganismos e dificultar a penetração de agrotóxicos ao longo do dossel, pode ser adequada utilizando plantas com arquitetura moderna, que são plantas de folhas mais eretas e que permitem o plantio mais adensado, em virtude de os mesmos produzirem menor quantidade de massa, permitindo melhor aproveitamento de luz e água (ARGENTA et al., 2001). Por isso o que verificamos é que há uma tendência de redução no espaçamento e aumento na densidade de semeadura, privilegiando assim cultivares de arquitetura mais ereta (STRIEDER, 2006).

### **3.1.3 Principais pragas**

Existem várias espécies de artrópodes que se alimentam da cultura do milho, causando perdas de produtividade. As principais podem ser divididas levando-se em conta o órgão de ocorrência nas plantas. Assim temos os insetos das raízes: angorá (*Astylos variegatus* Germar (1824)), coros (*Diloboderus abderus* Sturm, (1826)) e *Phyllaphaga triticophaga* Morón & Salvadori (1998)), cupim (*Procornitermes striatus* Hagen (1858)), pervejo-castanho (*Scaptocoris castanea* Perty (1830)) e *Atarsocoris brachiariae* Becker (1996)), e larva-alfinete (*Diabrotica speciosa* Germar (1824)); pragas do colmo: lagarta-elasmo (*Elasmopalpus lignosellus* Zeller (1848)), lagarta-rosca (*Agrotis ipsilon* Hufnagel (1766)), percevejo-barriga-verde (*D. Furcatus* Fabr (1775)) e *D. Melacanthus* Dallas (1851)) e broca-da-cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis* Fabricius (1794)); Pragas das folhas: lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda* Smith (1797)), curuquerê-dos-capinzais (*Mocis latipes* Guenée (1852)), pulgão (*Rhopasiphum maidis* Fitch (1856)), cigarrinha das pastagens (*Deois flavopicta* Stall (1954)) e cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis* Delong & Wolcott (1923)); e pragas que atacam a espiga: lagarta da espiga (*Helicoverpa zea* Boddie (1850)) e percevejo-do-milho (*Leptoglossus zonatus* Dallas (1852)) (GALLO et al., 2002).

Dentre o complexo de insetos que atacam a cultura, a lagarta do cartucho, *S. Frugiperda* (SMITH, 1797) demanda alto investimento para o seu controle, sendo a principal praga da cultura do milho no Brasil. As plantas de milho convencional são suscetíveis a esta praga praticamente durante todo o ciclo (CRUZ, 2004) e, em

condições favoráveis, ocorre o aumento da população desta praga, podendo assim comprometer a produção de grãos (PENCOE; MARTIN, 1981). No Brasil, as perdas podem chegar a 73% (COELHO et al., 2004). Segundo Ferreira Filho et al. (2010), as perdas estimadas em função das infestações de *S. frugiperda* (SMITH, 1797), no Brasil, são da ordem de 1,5 bilhões de dólares por ano.

As larvas mais novas consomem tecidos de folha de um lado, deixando a epiderme oposta intacta. Depois de segundo ou terceiro instar, as larvas começam a fazer buracos nas folhas, alimentando-se em seguida do cartucho das plantas de milho, produzindo uma característica fileira de perfurações nas folhas. A densidade de larvas no cartucho é reduzida devido ao comportamento canibal deste inseto. Seu ciclo de vida é completado em 30 dias, em condições de laboratório, e o número de ovos pode variar de 100 a 200 por postura/fêmea, sendo que um total de 1.500 a 2.000 ovos podem ser colocados por uma única fêmea. A lagarta pode atingir mais de 2,5 cm de comprimento e a fase de pupa ocorre no solo (VALICENTE; TUELHER, 2009).

Este cenário de grande importância da *S. frugiperda* (SMITH, 1797) vem se alterando nos últimos anos com a evolução das áreas plantadas com milho geneticamente modificado, com resistência a algumas pragas. Contudo, em algumas situações, mesmo nas lavouras cultivadas com o milho transgênico, tem sido observada a necessidade da adoção de medidas adicionais para o controle da lagarta-do-cartucho.

### **3.1.4 Tratamento fitossanitário**

O tratamento químico, ao longo dos anos, tem sido o método de controle mais usado contra *S. frugiperda* (SMITH, 1797). Vinte e nove ingredientes ativos têm sido recomendados para o controle químico de *S. frugiperda* (SMITH, 1797) (GALLO et al., 2002), e atualmente existem 134 inseticidas registrados para o controle desta praga na cultura do milho (BRASIL, 2012). Com a intensa utilização de inseticidas para controle desta praga, as populações de *S. frugiperda* (SMITH, 1797) têm sofrido uma grande pressão de seleção, o que tem provavelmente contribuído para o estabelecimento de populações resistentes à várias classes de inseticidas (MARTINELLI, 2006). O piretróide deltametrina foi muitas vezes utilizado no passado e permanece como um dos inseticidas mais importantes disponíveis para o controle de insetos-praga das culturas de milho (BADJI et al., 2004). Porém, tem havido casos relatados de evolução da

resistência de *S. frugiperda* (SMITH, 1797) a esse grupo de inseticidas (MARTINELLI, 2006).

Outro produto muito utilizado para controle de *S. frugiperda* (SMITH, 1797) é o clorpirifós. Ele pertencente ao grupo dos inseticidas organofosforados. Encontra-se entre os principais inseticidas comercializados no Brasil. Age sobre os insetos por contato e ingestão. Como inibidor da colinesterase causa síndrome colinérgica, sendo, portanto, neurotóxico (PENA et al., 2003).

Porém, para se obter sucesso na aplicação destes produtos químicos é necessário se conhecer a natureza do produto, a biologia do inseto e o momento da aplicação, mas também a forma adequada de aplicação, de modo a conseguir fazer com que o produto alcance o alvo de forma eficiente com o mínimo de perdas e contaminação ao meio ambiente (CUNHA et al., 2005; ASABE, 2007).

### **3.2 Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários**

A aplicação de produtos fitossanitários de maneira apropriada é fundamental para o sucesso da agricultura moderna. Com o passar dos anos, os produtos se tornaram mais eficientes e específicos, mas também mais onerosos, assim é fundamental o uso de métodos de aplicação adequados para evitar perdas e uso excessivo. O grau de sucesso geralmente é determinado pela quantidade e uniformidade da cobertura (CUNHA et al., 2006). Uma das formas de se obter boa deposição da pulverização sobre alvos biológicos é a seleção correta da forma de pulverização (SCUDELER et al., 2004), além da seleção correta dos métodos de aplicação (ABRITTA, 2011).

Na cultura do milho, os métodos mais utilizados de aplicação são: terrestre, aérea e via pivô central, sendo que todos têm suas vantagens e desvantagens.

#### **3.2.1 Aplicação terrestre**

A aplicação terrestre com pulverizadores hidráulicos tem sido um método muito empregado para a proteção das lavouras na atualidade. Além de normalmente o produtor rural já ter o trator na fazenda, facilita também o fato de o pulverizador poder ser usado para a maioria dos produtos fitossanitários aplicados nas culturas, sejam inseticidas, fungicidas, herbicidas, maturadores ou dessecantes (BUENO et al., 2011; BAUER et al., 2009).

Entretanto, dependendo do estádio de desenvolvimento da planta, a aplicação terrestre pode ocasionar a redução do estande da lavoura, da área fotossintética, do número de panículas e, consequentemente, perdas de grãos, reduzindo significativamente a produção, principalmente em função do amassamento (COSTA, 2009).

Dentre algumas das limitações da aplicação por via terrestre, destacam-se: a limitação do trânsito dos pulverizadores terrestres pelo excesso de umidade no solo; a baixa capacidade de trabalho da maioria dos equipamentos, principalmente, quando se necessita de um controle rápido de patógenos e pragas com acentuada multiplicação, como, por exemplo, a lagarta-do-cartucho no milho; e os danos causados pelo amassamento da cultura, que podem variar de 0,80% até 10%, dependendo da espécie cultivada e do manejo da cultura adotado (CARVALHO, 1997; ARAÚJO, 2006; HANNA et al., 2011; CAMARGO et al., 2008).

Outro grave problema é que, pela falta de regulamentação e fiscalização, muitos equipamentos terrestres encontram-se desregulados, com vazamentos e sucateados, o que contribui, em parte, para a contaminação do meio ambiente (GANDOLFO, 2002; PALLADINI, 2004; BOLLER, 2006).

De acordo com Camargo et al. (2008), o risco de danos mecânicos causados às culturas pelos pulverizadores autopropelidos, com consequente redução de produtividade, é um dos argumentos para a decisão de uso da aplicação por via aérea em sistemas de produção de grãos.

### **3.2.2 Aplicação aérea**

A aviação agrícola é uma prática agronômica utilizada geralmente em áreas de grande extensão ou controle emergencial, para a aplicação de diversos tipos de insumos como: sementes, fertilizantes, agrotóxicos, etc., através da utilização de aeronaves especializadas de asa fixa (aviões) ou de asa móvel (helicópteros), devidamente equipadas com dispositivos especiais para produtos líquidos ou sólidos (OZEKI, 2006).

O uso da aplicação aérea de produtos fitossanitários na cultura do milho tem crescido muito, principalmente pela impossibilidade de entrada de máquinas terrestres em fases mais adiantadas da cultura, contudo pouca informação científica ainda existe a respeito de sua eficácia, principalmente em comparação à aplicação terrestre ou convencional (CUNHA et al., 2010).

A tecnologia de aplicação aérea apresenta algumas vantagens, entre as quais podem ser citadas: ausência de amassamento da cultura, rapidez da aplicação, melhor aproveitamento das condições climáticas e possibilidade de aplicação no momento oportuno (ARAÚJO; GONTOW, 1993). O momento correto para a realização das aplicações é um fator de fundamental importância, uma vez que a grande capacidade operacional das aplicações aéreas possibilita pulverizar grandes áreas em intervalos de tempo reduzido, sendo eficaz em controles emergenciais (ANTUNIASSI, 2007).

De acordo com Schröder (2005), as aplicações por vias aérea e terrestre não são necessariamente concorrentes, mas sim, complementares, pois cada uma apresenta características próprias, tanto do ponto de vista técnico como operacional, sendo, portanto, de suma importância o conhecimento dos seus diferenciais para a tomada de decisão de quando adotar uma ou outra tecnologia.

### **3.2.3 Quimigação**

A aplicação de produtos fitossanitários através da água de irrigação recebe o nome de quimigação. A utilização por meio de pivô central apresenta vantagens como: proporcionar maior janela de aplicação pois em condições climáticas adversas, e a qualquer hora do dia, é possível executá-la; reduzir a compactação do solo, pois evita o tráfego de maquinário, diminuindo consequentemente o consumo de energia e operações onerosas como a subsolagem; reduzir o amassamento da cultura que pode causar perdas significativas e servir de porta de entrada para microorganismos causadores de doenças; reduzir o risco de contaminação do operador pois não é necessária a presença do mesmo no momento da aplicação e pelas baixas concentrações do princípio ativo na calda; e economia nos custos de aplicação, pois é possível aproveitar o equipamento que já está instalado e a operação de irrigação que já estava programada (JOHNSON et al., 1986).

O alto volume de calda aplicado, normalmente acima de 10.000 litros por hectare o que corresponde a uma lâmina de 1 mm, é sem dúvida uma desvantagem, pois a lâmina alta utilizada via trator seria em torno de 200 a 400 L ha<sup>-1</sup>, que corresponderia a uma lâmina de 0,04 mm no pivô, o que é inviável na prática (DOURADO NETO; FANCELLI, 2004). Outras desvantagens seriam: risco de contaminação da fonte de água caso haja refluxo de agrotóxicos pela adutora do sistema; necessidade de manutenção constante do sistema e uso de mão-de-obra qualificada; existência de

poucos produtos registrados para este método de aplicação; dificuldade relacionada ao turno de rega com o agendamento da quimigação, sendo que os agrotóxicos podem ser necessários em época de suficiência hídrica; os produtos químicos utilizados podem causar corrosão do sistema e reduzir substancialmente a vida útil do equipamento; e critérios de dimensionamento contrastantes entre sistemas de irrigação e de pulverização (JOHNSON et al., 1986; EVANS; WALLER, 2007).

Dessa forma, o sucesso desta técnica nem sempre é o mesmo, pois depende muito do volume de calda utilizada ( $L\ ha^{-1}$ ), do regime de escoamento hidráulico, das propriedades químico-físicas do produto químico, como solubilidade e tensão superficial, e do volume máximo de calda armazenável na parte aérea das plantas, quando este é o alvo da quimigação (DOURADO NETO; FANCELLI, 2004; LARRAÍN; QUIROZ, 2007).

A eficácia deste método já foi demonstrada em uma grande variedade de culturas e para o controle de grande variedade de pragas (YOUNG, 1980; CHALFANT; YOUNG, 1982; CUNHA et al., 2001). Sumner et al. (2000), comparando a aplicação de agrotóxicos via pulverização convencional, quimigação e aplicação via água de irrigação com sistema de pulverização acoplado ao pivô central, verificaram que para herbicidas pré-emergentes as aplicações via água de irrigação foram as mais efetivas. Threadgill (1985) já afirmava que a quimigação através de sistemas de pivô central estava se tornando uma prática generalizada na agricultura.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado na Fazenda do Milho – Empresa Monsanto do Brasil, situada no município de Cachoeira Dourada – MG, a uma altitude de 425 metros. As análises laboratoriais, envolvendo cromatografia gasosa, foram realizadas no Laboratório Agrosafety Monitoramento Agrícola, na cidade de Piracicaba – SP.

O experimento foi conduzido em área de pivô central, empregando semeadura direta da cultura do milho no mês de julho de 2010. Os cultivos anteriores na área foram sorgo, antecedido por milho.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial 3x2+1, avaliando-se três formas de aplicação e duas populações de plantas, além de uma testemunha sem aplicação, conforme descrito na TABELA 1.

TABELA 1 - Descrição dos tratamentos avaliados.

Tratamento	Forma de aplicação	Volume de calda (L ha <sup>-1</sup> )	População de plantas (plantas ha <sup>-1</sup> )
1	Aplicação aérea	30	70.000
2	Aplicação aérea	30	100.000
3	Aplicação tratorizada	200	70.000
4	Aplicação tratorizada	200	100.000
5	Quimigação	70.000	70.000
6	Quimigação	70.000	100.000
7	Testemunha	-	100.000

As parcelas experimentais consistiram em 6 linhas de 5 m, com espaçamento entre linhas de 0,70 m e corredores entre blocos também de 0,7 m, sendo a área total de cada parcela de 21 m<sup>2</sup>. Foi utilizada uma linhagem de milho EXP440, suscetível ao ataque de lagartas e muito empregada na formação de híbridos de alto potencial produtivo na região central do Brasil. Os tratos culturais foram feitos de acordo com a necessidade da cultura, com adubação com 400 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 06-24-16 e uma aplicação em cobertura com 200 kg ha<sup>-1</sup> de uréia via pivot central. Foram realizadas 5 aplicações de inseticida e a irrigação foi feita seguindo as orientações de um software

(SISTEMA IRRIGA), que verifica, através dos dados meteorológicos, qual a necessidade de água da cultura. Todo o manejo foi finalizado 30 dias antes das aplicações, objeto deste trabalho, exceto a irrigação que não foi paralizada.

O inseticida utilizado no ensaio foi o clorpirifós, na dose de 1 L ha<sup>-1</sup> de produto comercial, contendo 480 g i.a. L<sup>-1</sup>, pertencente ao grupo dos inseticidas organofosforados. Apresenta baixa solubilidade em água (1,39 mg L<sup>-1</sup>) e alto coeficiente de sorção no solo (K<sub>oc</sub>= 8.498 mL g<sup>-1</sup>) (PENA et al., 2003). Este ingrediente ativo foi selecionado por apresentar produto comercial com registro junto ao Ministério da Agricultura do Brasil para as três formas de aplicação estudadas. Além de permitir estudar a eficácia de controle da *S. frugiperda* (SMITH, 1797), o produto foi utilizado como um traçador para o estudo da deposição e residual em folhas de milho, permitindo comparar os distintos tratamentos.

O produto foi aplicado empregando pulverizador terrestre, aeronave e pivô central (FIGURA 1) quando a cultura estava em V8. Na aplicação tratorizada, utilizou-se um pulverizador hidráulico da marca Jacto, modelo Condor 600, com barras de 18 metros, montado em um trator Ford 4600 4x2 (46 kW). O volume de calda utilizado foi de 200 L ha<sup>-1</sup>, pressão do líquido de 300 kPa e velocidade de deslocamento do trator de 5 km h<sup>-1</sup>. Manteve-se a altura da barra em relação à cultura de 0,5 m. Foram empregadas pontas de pulverização Magnojet BD 8002 de jato plano. De acordo com o fabricante das pontas, estas produzem gotas finas na pressão utilizada.

A aplicação via água de irrigação foi feita por meio de uma bomba dosadora acoplada a base de um pivô central (50 ha), marca Valley, com lâmina de 7 mm, que corresponde a um volume de 70.000 L ha<sup>-1</sup>. Para a aplicação aérea, utilizou-se uma aeronave Cessna 188 AG TRUCK, equipada com 30 bicos hidráulicos tipo D10-45, a uma pressão de 206 kPa, com velocidade de aplicação de 160 km h<sup>-1</sup> e faixa de 16 m. A altura de vôo foi de 3 m acima do dossel das plantas de milho, empregando volume de calda de 30 L ha<sup>-1</sup>.

No momento de cada aplicação, as parcelas correspondentes aos demais tratamentos (formas de aplicação) foram cobertas com lona plástica para que não houvesse qualquer tipo de deriva ou contaminação.

Todas as aplicações foram realizadas no dia 3 de setembro de 2010, em condições metereológicas similares, adquiridas por meio de uma estação meteorológica montada junto a área do ensaio (TABELA 2). Logo após o fim das aplicações, todo o ensaio foi irrigado igualmente.



FIGURA 1 - Equipamentos utilizados para aplicação do inseticida clorpirimifós na área de ensaio: pulverizador hidráulico, pivô central e aeronave agrícola.

TABELA 2 - Dados metereológicos médios no momento da aplicação.

Método de aplicação	Horário	Umidade do ar	Temperatura	Velocidade do vento	Direção do vento
Aéreo	7:00	64%	21,2°C	3,2 km h <sup>-1</sup>	Norte-Sul
Tratorizado	8:00	55%	21,5°C	3,2 km h <sup>-1</sup>	Norte-Sul
Quimigação	9:00	49%	23,8°C	3,0 km h <sup>-1</sup>	Norte-Sul

Após a aplicação, foram realizadas duas amostragens para avaliação da deposição do produto fitossanitário nas folhas próximas à espiga, pois são as folhas com maior área foliar, sendo a primeira amostragem logo após a aplicação do produto químico e a segunda, 10 dias após a primeira. As coletas destas folhas foram realizadas na primeira e sexta linha da parcela,. Também foi avaliado o controle de *S. frugiperda* (SMITH, 1797) e a produtividade da cultura.

O estudo da deposição do ingrediente ativo aplicado nas folhas das plantas de milho foi realizado por meio da técnica da cromatografia gasosa. Para isto, foi colhida de cada parcela uma amostra de 50 folhas próximas à espiga logo após as aplicações.

Essas amostras foram colocadas em sacos plásticos, lacradas e congeladas para posterior avaliação. Dez dias após a primeira coleta, foi realizada uma segunda coleta de folhas que também foram colocadas em sacos, identificadas, lacradas e congeladas.

Posteriormente, ambas foram colocadas em caixas de isopor com gelo seco para serem transportadas até o laboratório de análise de resíduos, onde foram trituradas e em seguida armazenadas em freezer a temperatura máxima de -20°C até o momento das análises.

Para a extração e determinação dos resíduos de clorpirifós, utilizou-se a metodologia adaptada de Lehotay et al. (2005). Pesou-se uma sub-amostra de 3 gramas das folhas de milho em tubo de centrífuga de 50 mL, de forma aleatória. Em seguida, foram adicionados 10 mL de água gelada (+ 4°C) e 15 mL de uma solução contendo 1% de ácido acético em acetonaítrila.

Os tubos foram fechados e agitados por 1 minuto. Uma mistura de sulfato de magnésio e acetato de sódio (6,0 g + 1,5 g) foi adicionada ao extrato e os tubos novamente agitados por 1 minuto e depois colocados em centrífuga por 10 minutos a 2500 x g. Foi retirada uma alíquota de 2 mL do sobrenadante e esta transferida para um tubo de centrífuga de 15 mL contendo 200 mg de sulfato de magnésio + 50 mg de PSA + 10 mg de GCB. Em seguida, os tubos foram fechados e novamente agitados por 2 minutos e depois colocados em centrífuga por 10 minutos a 2500 x g. Uma alíquota de 0,5 mL do sobrenadante foi retirada e transferida para outro tubo de centrífuga de 15 mL juntamente com a adição de 0,05 mL de dodecano.

Os extratos foram evaporados à temperatura máxima de 40°C e na sequência ressuspensos com 0,45 mL de tolueno. A determinação quantitativa foi realizada em cromatógrafo em fase gasosa, marca ThermoFisher, modelo Trace Ultra com injetor automático AS-2000, detector de captura de elétrons e coluna capilar Zebron 5 de 30 metros de comprimento com 0,25 mm de diâmetro e 0,25 um de espessura de filme. As condições analíticas utilizadas foram: temperatura do injetor de 250°C, temperatura do detector de 320°C, gás de arraste de hidrogênio com vazão na coluna de 1,5 mL min<sup>-1</sup>, injetor no modo sem divisão de fluxo (“splitless”) e volume de injeção de 2 µL.

Para o estudo da eficácia de controle do inseto alvo, as avaliações foram efetuadas determinando-se, através de contagem, a quantidade de lagartas em todas as plantas na segunda linha, um dia antes da aplicação e da quinta linha de cada parcela, cinco dias depois. Utilizou-se também a escala visual de dano de 0 a 9 (TABELA 3), adaptada de Davis et al. (1992); sendo esta empregada um dia antes e dez dias após a

aplicação, nas duas linhas centrais da parcela. Na fase final do ciclo da cultura, foi realizada a colheita das duas linhas centrais de cada parcela, determinando-se a produtividade, com valores corrigidos para 13% de umidade.

TABELA 3 - Escala de notas (0 a 9) para avaliação do controle de *S. frugiperda* (SMITH, 1797) em plantas de milho (Adaptada de Davis et al., 1992, por Carvalho et. al, 2010).

Nota	Descrição
0	Planta sem dano.
1	Planta com pontuações (mais de uma pontuação por planta).
2	Planta com pontuações; 1 a 3 lesões circulares pequenas (até 1,5 cm).
3	Planta com 1 a 5 lesões circulares pequenas (até 1,5 cm); mais de 1 a 3 lesões alongadas (até 1,5 cm).
4	Planta com 1 a 5 lesões circulares pequenas (até 1,5 cm); mais 1 a 3 lesões alongadas (maiores que 1,5 cm e menores que 3,0 cm).
5	Planta com 1 a 3 lesões alongadas grandes (maior que 3,0 cm) em 1 a 2 folhas; mais de 1 a 5 furos ou lesões alongadas até 1,5 cm.
6	Planta com 1 a 3 lesões alongadas grandes (maior que 3,0 cm) em 2 ou mais folhas; mais de 1 a 3 furos grandes (maiores que 1,5 cm) em 2 ou mais folhas.
7	Planta com 3 a 5 lesões alongadas grandes (maiores que 3,5 cm) em 2 ou mais folhas; mais de 3 a 5 furos grandes (maiores que 1,5 cm) em 2 ou mais folhas.
8	Planta com muitas lesões alongadas (mais que 5) de todos os tamanhos na maioria das folhas. Muitos furos médios a grandes (mais que 5) maiores que 3,0 cm em muitas folhas.
9	Plantas com muitas folhas, na quase totalidade, destruídas.

Os dados obtidos foram submetidos inicialmente aos testes de normalidade de Lilliefors e homogeneidade das variâncias de Cochran. Posteriormente, os dados de deposição foram submetidos à análise de variância, e as médias, comparadas pelo teste Tukey, a 0,05 de probabilidade. Os dados de número de lagartas, notas e produtividade foram submetidos à análise de variância. As médias das parcelas tratadas com

inseticidas foram comparadas à testemunha, quando pertinente, utilizando-se do teste de Dunnett, a 0,05 de probabilidade. Utilizou-se o programa estatístico Assistat (versão 7.6) (SILVA; AZEVEDO, 2002).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificam-se na TABELA 4, os resultados das análises de deposição nas folhas do terço mediano da planta de milho, coletadas logo após a aplicação do clorpirifós (1<sup>a</sup> avaliação) e 10 dias após (2<sup>a</sup> avaliação), utilizando cada um dos três métodos estudados: aéreo, tratorizado e quimigação. Observa-se que ocorreu diferença significativa entre os métodos de aplicação, porém não houve diferença entre as populações de planta. Em ambas as avaliações, nota-se que os métodos tratorizado e aéreo foram os que apresentam maior valor de deposição, enquanto o menor valor foi observado na aplicação via água de irrigação.

TABELA 4 - Deposição de clorpirifós em folhas de milho ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) imediatamente (1<sup>a</sup> Avaliação) e 10 dias após a aplicação (2<sup>a</sup> Avaliação), empregando diferentes métodos de aplicação e populações de plantas.

Métodos de aplicação	Deposição de clorpirifós em folhas de milho ( $\text{mg kg}^{-1}$ )					
	1 <sup>a</sup> Avaliação			2 <sup>a</sup> Avaliação		
	População de plantas ( $\text{ha}^{-1}$ )					
	70 mil	100 mil	Média	70 mil	100 mil	Média
Aéreo	11,71	11,10	11,41 A	0,99	1,10	1,05 A
Quimigação	1,86	2,22	2,04 B	0,13	0,14	0,13 B
Tratorizado	11,32	13,14	12,23 A	1,53	1,64	1,58 A
Média	8,30 a	8,82 a		0,88 a	0,96 a	
CV	17,44%			47,35%		
	$F_M=115,1670^{**}$		$F_P=0,7350^{\text{ns}}$	$F_M=11,9220^{**}$	$F_P=0,0930^{\text{ns}}$	
	$F_{MxP}=1,3500^{\text{ns}}$			$F_{MxP}=0,0180^{\text{ns}}$		

CV: coeficiente de variação;  $F_M$ : valor do F calculado para o fator método de aplicação;  $F_P$ : valor do F calculado para o fator população de plantas;  $F_{MxP}$ : valor do F calculado para a interação entre os fatores método de aplicação e população de plantas. Médias seguidas por letras distintas maiúsculas, nas colunas, e minúsculas, nas linhas, diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 0,05 de probabilidade ( $p<0,05$ ). \*\* significativo a 0,01 ( $p<0,01$ ); <sup>ns</sup> não significativo ( $p>0,05$ ).

Esses resultados estão em conformidade com as conclusões de Vieira e Sumner (1999). Os autores afirmam que, quando se compara a aplicação tratorizada, aérea e via

água de irrigação, os resíduos restantes na folha imediatamente após a aplicação de fungicida, ou um ou dois dias depois, são muito maiores quando a distribuição é feita via aeronave ou pulverizador, do que quando distribuído através do sistema de irrigação. Entretanto, essa diferença tende a diminuir com o tempo (FIGURA 2). As aplicações tratorizada e aérea resultaram em 10,19 e 9,19 mg kg<sup>-1</sup> a mais de produto na folha em comparação a aplicação via água de irrigação, contudo passados 10 dias, esses valores foram reduzidos para 1,45 e 0,92 mg kg<sup>-1</sup>.

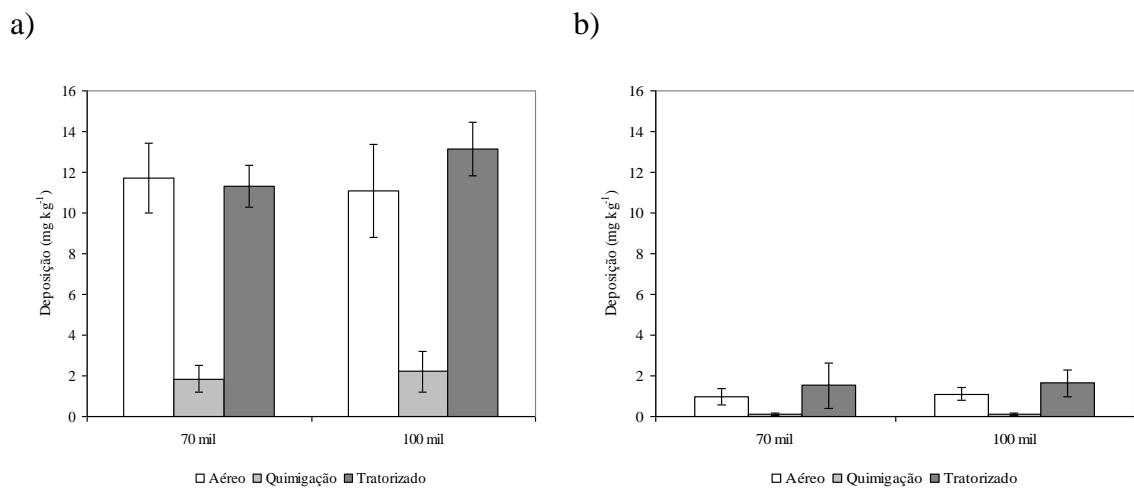


FIGURA 2 - Influência do método de aplicação na deposição de clorpirifós em folhas de milho, semeado em duas populações de plantas, imediatamente (a) e 10 dias após a aplicação (b). As barras indicam o desvio-padrão da média.

McMaster e Douglas (1976), de forma semelhante, mostraram que a aplicação de fungicida por meio um sistema de irrigação experimental (volume de calda de 4.200 L ha<sup>-1</sup>) e por meio de uma aeronave agrícola (volume de calda de 28 L ha<sup>-1</sup> ) resultaram em resíduos de chlorothalonil de 0,1 e 0,1 µg cm<sup>-2</sup> para o primeiro método e 5,5 e 0,1 µg cm<sup>-2</sup> para o segundo método, respectivamente para 2 e 10 dias após a aplicação.

Bynum et al. (1991), avaliando a cobertura em milho e sorgo através da aplicação aérea, quimigação e um sistema experimental multifuncional de irrigação e aplicação de agroquímico, verificaram que a aplicação aérea foi a que permitiu a melhor cobertura do dossel de ambas as culturas, confirmando mais uma vez que os sistemas com menor volume de calda podem levar a uma maior fixação do ingrediente ativo na planta.

Na aplicação via pivô central, utiliza-se um volume de água muito superior às aplicações tratorizadas e aéreas. Isso faz com que exista um processo de lavagem das folhas, resultando na perda de ingrediente ativo para o solo. Contudo, a proporção entre os volumes de água empregados não é semelhante à redução da concentração de produto na folha entre os métodos utilizados.

Na quimigação, aplicou-se 350 e 2.333 vezes mais água do que na aplicação tratorizada e aérea, respectivamente. Contudo, após a aplicação, a deposição foi 6,0 e 5,6 vezes maior na aplicação tratorizada e aérea do que via água de irrigação. Após 10 dias, esses valores passaram a 12,2 e 8,1. Isso indica que a diminuição da deposição de produto no alvo causada pela quimigação não é proporcional ao aumento do volume de calda.

Cunha et al. (2011), avaliando aplicação de fungicida em soja utilizando aplicações terrestres e aéreas, também verificaram que não há uma relação direta entre o volume de calda empregado e a deposição de produto no alvo. Outros fatores como arquitetura da planta, área foliar e características da calda e da pulverização influenciam no processo de retenção de calda pelo alvo.

De qualquer forma, deve ser levado em conta que a menor deposição na planta promovida pela quimigação provavelmente está ligada a uma maior perda de produto para o solo, o que pode levar a maior contaminação ambiental.

Resultados distintos foram encontrados por Derksen e Sanderson (1996). Os autores, em trabalho avaliando a influência do volume de calda (47 a 1.870 L ha<sup>-1</sup>) na deposição foliar de agrotóxicos em poinsettia (*Euphorbia pulcherrima*), verificaram melhor cobertura e menores variações de deposição ao longo do dossel com o uso de altos volumes de aplicação. Eles explicam que maiores volumes permitem uma redistribuição de produto por meio do escorrimento da parte superior para a parte inferior, o que causa maior deposição nas partes inferiores e, com isso, maior uniformidade de deposição. Contudo, o maior volume de calda testado por esses autores (1.870 L ha<sup>-1</sup>) é muito inferior ao maior testado nesse trabalho (70.000 L ha<sup>-1</sup>), o que explica a diferença nos resultados encontrados.

Os valores ainda poderiam ser menores para a deposição promovida pela quimigação, se o produto químico utilizado fosse mais solúvel em água. Segundo Viana e Costa (1998), em experimentos que avaliavam a eficiência de inseticidas aplicados via água de irrigação para controle de *S. frugiperda* (SMITH, 1797) na cultura do milho, os produtos que obtiveram maior controle da praga foram clorpirifós, lambdacialotrina,

fenvalerate, triflumuron e diflubenzuron, que são ativos com solubilidade muito baixa em água. Produtos com alta solubilidade em água tendem a acompanhá-la, indo para o solo ou se evaporando mais que os produtos com baixa solubilidade em água.

Fato semelhante foi descrito por Young (1980). O autor, ao fazer uma revisão de literatura sobre o assunto, relata que para o controle de pragas com a quimigação, os inseticidas menos solúveis em água foram os mais eficazes e que a adição de um óleo não-emulsificante poderia aumentar a eficácia do mesmo.

Segundo Silveira et al. (1987), os inseticidas que têm maior solubilidade em água são lavados do dossel das plantas durante a irrigação e caem no solo, reduzindo a eficiência do controle das pragas da parte aérea. Os inseticidas pouco solúveis em água e solúveis em óleo são mantidos em gotículas encapsuladas dentro da tubulação, sem perder a sua identidade na água. Na aplicação, aderem às partes aéreas das plantas e à cutícula do inseto, aumentando a sua eficiência.

Analizando a influência da população de plantas na deposição, verifica-se que não houve diferença. Maiores populações tendem a dificultar a deposição da calda nas plantas devido à formação de uma barreira imposta pelas próprias folhas. Contudo isso não foi observado, provavelmente em função do espaçamento entre linhas ter sido mantido, isto é, aumentou-se o número de plantas por metro linear, mas não foi reduzida a distância entre fileiras, o que facilita a penetração do jato pulverizado. Além disso, as folhas coletadas para análise de resíduo estavam no terço médio e não no terço inferior, ponto mais crítico para a chegada da calda de pulverização.

Segundo Madalosso et al. (2010), pode haver dificuldade de proteção química em todo o dossel da planta, principalmente dos terços médio e inferior pelas condições que o adensamento de plantas propicia. Com a penetração e cobertura de gotas prejudicadas, o ingrediente ativo não consegue atingir o alvo em quantidade e qualidade adequadas, reduzindo o residual de controle.

Com relação ao número de lagartas por planta de milho 5 dias após a aplicação do clorpirifós, todas as parcelas tratadas diferenciaram-se significativamente da testemunha sem aplicação, demonstrando o controle proporcionado pelo inseticida independente do método de aplicação (TABELA 5).

Os tratamentos que receberam o inseticida não se diferenciaram entre si, demonstrando que, mesmo com menor deposição na folha, possivelmente a quimigação conseguiu atingir o alvo alojado dentro do cartucho, permitindo controle semelhante aos outros métodos utilizados. A testemunha apresentou 1,05 lagartas por planta, o que

segundo Cesconetto et al. (2005) pode ser explicado possivelmente pelo comportamento canibalista da lagarta que leva a que se tenha uma única lagarta por planta. De forma geral, não havia concentração de lagartas em uma mesma planta. Elas estavam uniformemente distribuídas na área.

TABELA 5 - Número de lagartas (*S. frugiperda*) (SMITH, 1797) por planta de milho 5 dias após a aplicação do inseticida clorpirifós, empregando diferentes métodos de aplicação e populações de plantas.

Métodos de aplicação	Número de lagartas (planta <sup>-1</sup> )		
	População de plantas (ha <sup>-1</sup> )		Média
	70 mil	100 mil	
Aéreo	0,59 <sup>Ψ</sup>	0,67 <sup>Ψ</sup>	0,63
Quimigação	0,68 <sup>Ψ</sup>	0,56 <sup>Ψ</sup>	0,62
Tratorizado	0,65 <sup>Ψ</sup>	0,67 <sup>Ψ</sup>	0,66
Média	0,64	0,63	
Testemunha		1,05	
CV		19,52%	
	$F_M=0,2040^{ns}$		$F_P=0,0145^{ns}$
	$F_{MxP}=1,1949^{ns}$		$F_{FatxTes}=32,1273^{**}$

CV: coeficiente de variação;  $F_M$ : valor do F calculado para o fator método de aplicação;  $F_P$ : valor do F calculado para o fator população de plantas;  $F_{MxP}$ : valor do F calculado para a interação entre os fatores método de aplicação e população de plantas;  $F_{FatxTes}$ : valor do F calculado para a interação entre o fatorial e a testemunha. Médias seguidas por  $\Psi$  diferem da testemunha, pelo teste de Dunnett ( $p<0,05$ ). \*\* significativo a 0,01 ( $p<0,01$ ); <sup>ns</sup> não significativo ( $p>0,05$ ).

Apesar de a aplicação via pivô central ter proporcionado a menor deposição na folha de clorpirifós, o número de lagartas não foi afetado em relação as outras parcelas tratadas. Possivelmente, isto possa ser explicado devido ao fato de mesmo estando mais diluído em água, o clorpirifós na aplicação via pivô conseguiu atingir as lagartas alojadas dentro do cartucho. A concentração do ingrediente ativo na calda aplicada via irrigação é bem menor, porém a pequena quantidade de produto em contato com a lagarta foi suficiente para matá-la. Nos outros métodos, com menor volume de calda, tem-se maior concentração do produto, porém maior dificuldade de atingir o alvo (interior do cartucho).

Esta justificativa é detalhada por Viana e Costa (1998). Os autores afirmam que, enquanto na aplicação convencional utiliza-se, em média, volume entre 200 e 300 L ha<sup>-1</sup>, na insetigação o volume tem variado de 25.000 a 100.000 L ha<sup>-1</sup>, empregando a mesma dose do inseticida. Isto pode aparentar uma desvantagem da insetigação em relação à pulverização tratorizada, porém, na prática, no caso da lagarta-do-cartucho atacando o milho, torna-se uma vantagem. Embora menos concentrado, o inseticida atinge o local onde a lagarta está localizada no interior do cartucho da planta.

Para outros métodos de aplicação, o volume da calda inseticida pulverizada por via aérea (19-47 L ha<sup>-1</sup>) e terrestre (94-468 L ha<sup>-1</sup>) frequentemente não penetra no dossel da cultura, especialmente se a lavoura de milho se encontrar mais desenvolvida, podendo resultar em baixa eficiência no controle da lagarta-do-cartucho (Young, 1980; Pitre, 1986).

TABELA 6 - Danos causados por *S. frugiperda* (SMITH, 1797) em plantas de milho 10 dias após a aplicação do inseticida clorpirimifós, empregando diferentes métodos de aplicação e populações de plantas. Escala de notas de 0 a 9, adaptada de Davis et al. (1992).

Métodos de aplicação	Nota		
	População de plantas (ha <sup>-1</sup> )		Média
	70 mil	100 mil	
Aéreo	5,04	4,21	4,63
Quimigação	3,95	4,47	4,21
Tratorizado	5,26	5,11	5,19
Média	4,75	4,60	
Testemunha		5,56	
CV		19,86%	
	$F_M=2,0976^{ns}$		$F_P=0,1438^{ns}$
	$F_{MxP}=1,0084^{ns}$		$F_{FatxTes}=2,9448^{ns}$

CV: coeficiente de variação;  $F_M$ : valor do F calculado para o fator método de aplicação;  $F_P$ : valor do F calculado para o fator população de plantas;  $F_{MxP}$ : valor do F calculado para a interação entre os fatores método de aplicação e população de plantas;  $F_{FatxTes}$ : valor do F calculado para a interação entre o fatorial e a testemunha. Não foi aplicado teste de comparação de médias porque valor do F calculado não foi significativo. <sup>ns</sup> não significativo ( $p>0,05$ ).

A avaliação dos danos causados por *S. frugiperda* (SMITH, 1797) pela escala de notas nas plantas de milho não mostrou diferença significativa entre os métodos utilizados e tampouco quanto à população de plantas (TABELA 6).

Também não houve diferença entre parcelas tratadas e não-tratadas com o inseticida. O fato de se ter trabalhado com uma linhagem de milho pode ajudar a explicar os resultados encontrados, principalmente no que se refere à não diferenciação entre os tratamentos que receberam o inseticida.

As linhagens, em geral, apresentam maiores níveis de dano foliar causado pela lagarta e respondem menos aos inseticidas, quando comparadas a híbridos. Além disso, a avaliação visual de dano é menos sensível que a contagem de lagartas e pode ser influenciada pela forma de percepção do avaliador. De forma geral, nota-se um controle relativamente baixo das lagartas pelo inseticida. A nota geral do ensaio foi 5, indicando plantas com 1 a 3 lesões alongadas grandes (maior que 3,0 cm) em 1 a 2 folhas. Também pode estar contribuindo para esse fato a ocorrência de populações resistentes ao produto químico (MARTINELLI, 2006). Em área de produção para programas de melhoramento genético de milho, é comum grande número de aplicações com vários produtos químicos para controle de lagartas.

Na TABELA 7, têm-se os resultados de produtividade, onde nota-se que não houve diferença entre os tratamentos. Os valores encontram-se abaixo da média nacional de produtividade para a cultura do milho por se tratar de linhagem endogâmica, obtida através de autofecundações. Segundo Paterniani e Campos (1999), no processo de obtenção de linhagens, há uma grande perda de vigor devido às auto-fecundações e isso faz com que uma linhagem pura ou endogâmica tenha produtividade muito inferior a um híbrido. Segundo Cabrera (2001), a homozigose conduz a um efeito depressivo na expressão dos caracteres relacionados ao vigor e à produtividade, chamado de depressão endogâmica, e quando há o cruzamento de duas linhas linhagens tem-se o efeito oposto, chamado de vigor híbrido, onde os caracteres e a produtividade são fortemente expressados, devido à alta presença de heterose.

Além disso, no ano do ensaio também houve a presença de *silk-balling*, que segundo Nielsen (2009) é o fenômeno no qual os estigmas crescem mas não conseguem atravessar a palha do milho e ficam enrolados dentro da espiga, sem serem expostos a pólen para serem fecundados, o que diminuiu grandemente o número de grãos por espiga.

Em geral, a redução de produtividade causada pela *S. frugiperda* (SMITH, 1797) em plantas de milho varia entre 15% e 37% (CRUZ, 1993), contudo isso não foi notado. Novamente o fato de se ter trabalhado com uma linhagem de milho pode ajudar a explicar os resultados encontrados, visto que elas normalmente respondem menos aos inseticidas. A variabilidade dos dados também contribuiu para dificultar a detecção de diferenças significativas por meio da análise estatística.

TABELA 7 - Produtividade da cultura do milho ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em função de diferentes métodos de aplicação do inseticida clorpirifós e duas populações de plantas.

Métodos de aplicação	Produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ )		
	População de plantas ( $\text{ha}^{-1}$ )		Média
	70 mil	100 mil	
Aéreo	2.552,50	2.760,00	2.656,25
Quimigação	2.674,00	2.785,00	2.729,50
Tratorizado	2.740,51	2.627,51	2.684,01
Média	2.655,67	2.724,17	
Testemunha		2.553,25	
CV		15,08%	
	$F_M=0,0675^{\text{ns}}$		$F_P=0,1737^{\text{ns}}$
	$F_{MxP}=0,3336^{\text{ns}}$		$F_{FatxTes}=0,3951^{\text{ns}}$

CV: coeficiente de variação;  $F_M$ : valor do F calculado para o fator método de aplicação;  $F_P$ : valor do F calculado para o fator população de plantas;  $F_{MxP}$ : valor do F calculado para a interação entre os fatores método de aplicação e população de plantas;  $F_{FatxTes}$ : valor do F calculado para a interação entre o fatorial e a testemunha. Não foi aplicado teste de comparação de médias porque o valor do F calculado não foi significativo. <sup>ns</sup> não significativo ( $p>0,05$ ).

Weissling et al. (1992), em ensaio comparando a aplicação aérea e via pivô central de clorpirifós para controle de *Ostrinia nubilalis* Hubner em milho, também não encontraram diferença significativa de produtividade entre os métodos de aplicação.

## 6 CONCLUSÕES

As aplicações aérea e tratorizada do inseticida clorpirifós proporcionaram maior deposição do ingrediente ativo nas folhas da cultura do milho do que via água de irrigação, tanto logo após a aplicação, como transcorridos 10 dias. Contudo, essa diferença não foi proporcional ao volume de água empregado e tendeu a diminuir com o passar do tempo após a aplicação.

As duas populações de plantas empregadas (70.000 e 100.000) não influenciaram a eficácia e a deposição de clorpirifós nas folhas de milho.

O controle de *S. frugiperda* (SMITH, 1797) foi similar para os três métodos de aplicação, contudo, na quimigação, ocorreu menor deposição na planta, o que deve ser levada em conta para evitar danos ambientais causados por escorrimento de calda para o solo.

## REFERÊNCIAS

- ABRITTA, M. A. **Metodologia e aplicativo de dimensionamento para um sistema de pulverização acoplável a pivot central:** notliada. 2011. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciências/ Irrigação e Drenagem), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.
- AGRIANUAL: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria, 2010.
- ALVARENGA, C. B. de. **Avaliação de pulverizadores hidráulicos de barra na região de Uberlândia-MG.** 2009. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Fitotecnia), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.
- ALMEIDA, M. L.; MEROTTO JUNIOR, A.; SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A.F. Incremento na densidade de plantas: uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de milho em regiões de curta estação estival de crescimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.1, p. 23-29, 2000.
- AMARAL FILHO, J. P. R.; FORNASIERI FILHO, D.; BARBOSA, J. C. Influência do espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada nas características produtivas em cultura de milho sob alta tecnologia. In : CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24, 2002, Florianópolis. **Meio ambiente e a nova agenda para o agronegócio de milho e sorgo:** [resumos expandidos]. Sete Lagoas: ABMS, Embrapa Milho e Sorgo; Florianópolis: EPAGRI, 2002.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS. **Standards.** Best management practices for boom spraying. St. Joseph, 2007.
- ANTUNIASSI, U. R. Tecnologia de aplicação de defensivos na cultura da soja. **Boletim de Pesquisa de Soja da Fundação Mato Grosso**, Rondonópolis, v. 11, p. 199-216, 2007.
- ARAÚJO, E. C.; GONTOW, M. **Estudo do mercado da aviação agrícola.** Botucatu: Agrotec, Embraer, 1993.
- ARAÚJO, E. C. **Equipamentos do sistema agrícola:** curso de atualização técnica em aviação agrícola. Pelotas: Agrotec, 2006.
- ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, dez., 2001.
- BADJI, C.A.; GUEDES, R. N. C.; SILVA, A. A. Impact of deltametrhin on arthropods in maize under conventional and no-tillage cultivation. **Crop Protection**, Oxford, v. 23, p. 1031-1039, 2004.

BAUER, C. F.; PEREIRA, F. A. R. F; SCHEEREN, B.R.; BRAGA, L. W. Diagnóstico das condições, tempo de uso e manutenção de pulverizadores no Estado de Mato Grosso do Sul. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, july/sept. 2009.

BAYER, T.; COSTA, I. F. D.; LENZ, G.; ZEMOLIN, C.; MARQUES. L. N.; STEFANELO, M. S. Equipamentos de pulverização aérea e taxas de aplicação de fungicida na cultura de arroz irrigado. **Revisa Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n. 2, p.192–198, 2012.

BESPALHOK FILHO, J.C.; GUERRA, E.P.; OLIVEIRA, R.A. **Melhoramento de plantas alógamas**. [2012]. Disponível em: <[www.bespa.agrarias.ufpr.br/.../capitulo%2011.pdf](http://www.bespa.agrarias.ufpr.br/.../capitulo%2011.pdf)> . Acesso em: 22 ago. 2012.

BOLLER, W. **Qualidade de aplicações de produtos fitossanitários em lavouras familiares**: relatório técnico do projeto de pesquisa para a Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo: UPF, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Agrofit**: Sistema de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: <[http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/!ap\\_praga\\_detalhe\\_consp\\_id\\_cultura\\_praga=3531](http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/!ap_praga_detalhe_consp_id_cultura_praga=3531)>. Acesso em: 19 abr. 2012.

BUENO, M. R.; CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S. Estudo do espectro de gotas produzidas nas pulverizações aérea e terrestre na cultura da batata. **Revista de Ciências Agrárias**: Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, [S. L], v. 54, n. 3, p.225-234, set./dez., 2011.

BUENO, M. R. **Tecnologia de aplicação aérea e terrestre na cultura da batata**. 2011. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.

BYNUM, E.D, ARCHER JR., T. L., LYLE, W. M., BORDOVSKY, J.P., ONKEN, A.B. Chemical coverage on corn and sorghum plants sprayed with lithium sulfate using an airplane, chemigation, or a multifunction irrigation-pesticide application system. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 84, n. 6, p. 1869 -1878, dez., 1991.

CABRERA, A. C. **Uso de linhagens parcialmente endogâmicas S<sub>3</sub> para a produção de híbridos simples de milho**. 2001. 123 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

CAMARGO, T. V.; ANTUNIASSI, U. R.; VEIGA, M.; OLIVEIRA, M. A. P. Perdas na produtividade da soja causadas pelo tráfego de pulverizadores autopropelidos. In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS**, 4., 2008. Ribeirão Preto, SP. **Anais...** Campinas/SP: IAC, 2008. (1 CD ROM.)

CARVALHO, E. V.; GONÇALVES, A, H.; AFERRI, F. S.; DOTT, M. A.; PELUZIO, J. M.; Influência da Lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda* J.E.Smith), sobre

hibridos de milho, no sul do Tocantins- Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 5, n. 5, p. 152-157, dez, 2010.

CARVALHO, W. P. A. A aviação agrícola – parâmetros técnicos de aplicação aérea. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS, 1, 1997, Jaboticabal, SP. **Anais...** Jaboticabal: IAC/FUNEP, 1997. 140 p.

CARVALHO, I. Q. **Espaçamento entre fileiras e população de plantas em milho**. 2007. 118 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2007.

CESCONETTO, A. O.; FAVERO, S.; MORBECK DE OLIVEIRA, A. K.; SOUZA, C. C. Distribuição espacial do dano da lagarta do cartucho do milho *Spodoptera frugiperda*, em Sidrolância, Mato Grosso do Sul. **Ensaios e Ciência**, Valinhos, v. 9, n. 2, p. 305-314, 2005.

CHALFANT, R. B.; YOUNG, J. R. Chemigation, or application of insecticide through overhead sprinkler irrigation systems, to manage insect pests infesting vegetable and agronomic crops. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 75, p. 237-241, 1982.

COELHO, A. M.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. **Desafios para a obtenção de altas produtividades de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2004. (Comunicado Técnico 99)

CORRÊA, H. G.; BENEZ, S. H.; BERTON, R. S.; SÁES, L. A. Depósitos de calda obtidos com a aplicação aérea de defensivos na cultura da banana. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 1, p. 121-128, 2004.

COSTA, D. I. **Eficiência e qualidade das aplicações de fungicidas, por vias terrestre e aérea, no controle de doenças foliares e no rendimento de grãos de soja e milho**. 2009. 144 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Fitopatologia), Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2009.

CROW, J.F., KIMURA, M. 1970. **An introduction to population genetics theory**. Minneapolis: Alpha.

CRUZ, I. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**: principais pragas e seu controle. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1993.

CRUZ, I.; OLIVEIRA, L. J.; VASCONCELOS, C. A. Efeito do nível de saturação de alumínio em solo ácido sobre os danos de *Spodoptera frugiperda* (SMITH) em milho. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 25, p. 293-297, 1996.

CRUZ, I. Manejo de pragas na cultura do milho. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. (Eds.). **Milho**: estratégias de manejo para alta produtividade. Piracicaba/SP: ESALQ, 2003. p. 19-46.

CRUZ, I. Manejo de pragas na cultura do milho. In: GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G.V. **Tecnologias de produção do milho**. Viçosa/MG: UFV, cap. 9. p. 311-366, 2004.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, R. F.; BARBOSA, L. C. A. Eficácia do fungicida epoxiconazol aplicado via pivô central no feijoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 3, p. 450-455, 2001.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, R. F. Avaliação de pontas de pulverização hidráulicas na aplicação de fungicida em feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1069-1074, 2005.

CUNHA, J. P. A. R.; REIS, E. F.; SANTOS, R. O. Controle químico da ferrugem asiática da soja em função de ponta de pulverização e de volume de calda. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 5, p. 1360-1366, 2006.

CUNHA, J. P. A. R. Simulação de deriva de agrotóxicos em diferentes condições de pulverização. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1616-1621, set./out. 2008.

CUNHA, J. P. A. R.; SILVA, L. L.; BOLLER, W.; RODRIGUES, J. F. Aplicação aérea e terrestre de fungicida para o controle de doenças do milho. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 366-372, 2010.

CUNHA, J. P. A. R.; FARNESE, A. C.; OLIVET, J. J.; VILLALBA, J. Deposição de calda pulverizada na cultura da soja promovida pela aplicação aérea e terrestre. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 343-351, mar./abr. 2011.

DARWIN, C. **The effects of cross and self-fertilisation in the vegetable kingdom**. London: D. Appleton & CO, 1877. 482 p.

DAVIS, F. M.; NG, S. S.; WILLIAMS, W. P. **Visual rating scales for screening whorl-stage corn for resistance to fall armyworm**. Mississippi: Agricultural and Forest Experiment Station, 1992. (Technical Bulletin, n. 186).

DERKSEN, R.C.; SANDERSON, J.P. Volume, speed and distribution technique effects on poinsettia foliar deposit. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 39, n. 1, p. 5-9, 1996.

DERKSEN, R.C., VITANZA, S., WELTY, C., MILLER, S., BENNETT, M., ZHU, H. Field evaluation of application variables and plant density for bell pepper pest management. **Transactions of the ASABE**, St. Joseph, v. 50, n. 6, p. 1945-1953, 2007.

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. Quimigação na cultura do feijão. In: FOLEGATTI, M. V. **Fertirrigação**. Guaíba: Agropecuária, 1999. p. 393-432.

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. **Produção de milho**. 2 ed. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360 p.

EVANS, R. G.; WALLER, P. M. Application of chemical materials. In: LAMN, F.R.; AYARS, J.E.; NAKAYAMA, F.S. (Eds). **Developments in agricultural engineering**, microirrigation for crop production. Amsterdam: Elsevier, 2007. p. 285-327.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. **Introdução à genética quantitativa**. Londres: Longman, 1996.

FERREIRA FILHO, J. B. S. ; ALVES, L. R. A. ; GOTTARDO, L. C. B. ; GEORGINO, M. Dimensionamento do custo econômico representado por *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho no Brasil. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 48., 2010, Campo Grande, MS. **Anais...** Brasília: SOBER, v. 48, 2010.

FERNANDES, A. P.; PARREIRA, R. S.; FERREIRA, M. C.; ROMANI, G. N. Caracterização do perfil de deposição e do diâmetro de gotas e otimização do espaçamento entre bicos na barra de pulverização. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 728-733, set./dez. 2007.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIN, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002.

GANDOLFO, M. A. **Inspeção periódica de pulverizadores agrícolas**. 2002. 92 f. Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura), Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, 2002.

GUARESCHI, R. F.; GAZOLLA, P. R.; PERIN, A.; ROCHA, A. C. Produção de massa de milho silagem em função do arranjo populacional e adubação. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 03, p. 468-475, 2008.

HANNA, S.; CONLEY, S.; SHANER, G.; SANTINI, J. **Effect of soybean row spacing and fungicide application timing on spray canopy penetration and grain yield**. Purdue University - Agronomy Extension. Disponível em [www.agry.purdue.edu](http://www.agry.purdue.edu) Acessado em: 3 dez. 2011.

JOHNSON, A. W.; YOUNG, J. R.; THREADGILL, E. D.; DOWLER, C. C.; SUMNER, D. R. Chemigation for crop production. **Plant Disease**, St. Paul, v.70, n.11, p. 998 – 1004, 1986.

JONES, D. F. The effects of inbreeding and crossbreeding upon development. **Bulletin of the Connecticut Agricultural Experimental Station**, v. 207, p. 5-100, 1918.

JUSTINO, A.; MENON, L.; BORA, L.; GARCIA, L. C.; RAETANO, C. G. Sentido de pulverização em culturas de soja e feijão com pulverizador de barras. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 755-758, set./dez. 2006.

LARRAÍN, P. S.; QUIROZ, C. E. Chemigation. In: PIMENTEL D. **Encyclopedia of pest management**. Boca Ratoon: CRC Press, 2007. v. 2. p. 63-66.

LEHOTAY, S. J.; MAŠTOVSKÁ, K.; LIGHTFIELD, A. R. Use of buffering and other means to improve results of problematic pesticides in a fast and easy method for residue analysis of fruits and vegetables. **Journal of AOAC International**, Gaithersburg, v. 88, n. 2, p. 615-29, 2005.

MADALOSSO, M. G.; DOMINGUES, L. S.; DEBORTOLI, M. P.; LENS, G.; BALARDIN, R. S. Cultivares, espaçamento entrelinhas e programas de aplicação de fungicidas no controle de Phakopsora pachyrhizi Sidow em soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 10, n. 40, p. 2256-2261, 2010.

MARTINELLI, S. **Susceptibilidade a deltametrina e variabilidade molecular em populações de Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae) coletadas nas culturas do algodão e milho no Brasil**. 2006. 111 f. Tese (Doutorado em Ciências/Entomologia), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

MCMASTER, G. M.; DOUGLAS, D. R. Fungicide application through sprinkler irrigation systems. **Transactions of the ASA**, St. Joseph, v. 19, p. 1041-1044, 1976.

METTLER, L.E.; GREGG, T.G. **Genética de populações e evolução**. São Paulo: Polígono/EDUSP, 1973. 262p.

MIRANDA FILHO, J.B.; VIÉGAS, G.P. Milho híbrido. In: Paterniani, E.; Viégas, G.P. (Ed.) **Melhoramento e produção do milho**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 1, p. 277-326.

NIELSEN, B. Agronomy tip. **Pest e Crop**, West Lafayette, v. 18, p. 5, jul. 2009.

OMOTO, C.; RISCO, M. D. M.; SCHMIDT, J. B.; ZUCCHI, T. D. Resistência de pragas a inseticidas no MIP na cultura do milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Embrapa Milho e Sorgo; Epagri, 2002. 1 CD-ROOM.

OZEKI, Y. **Manual de aplicação aérea**. São Paulo: STA, 2006.

PALLADINI, L.A. Certificação de pulverizadores para fruticultura. In: RAETANO, C. G.; ANTUNIASSI, U. (Ed.). **Qualidade em tecnologia de aplicação**. Botucatu: FEPAF, 2004. p. 30-35.

PATERNIANI, E.; CAMPOS, M. S. Melhoramento do milho. In: BORÉM, A. (Ed.) **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa/MG: UFV, 1999. p. 429-485.

PENCOE, N.L.; MARTIN, P.M. Development and reproduction of fall armyworm on several wild grasses. **Environmental Entomology**, College Park, v.10, n. 6, p. 999-1002, 1981.

PENA, M. F.; AMARAL, E. H.; SPERLING, E.; CRUZ, I. Método para determinação de resíduos de Clorpirifós em alface por cromatografia a líquido de alta eficiência. **Pesticidas**, Curitiba, v. 13, n. 1, p. 37-44, 2003.

PITRE, H. N. Chemical control of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae): an update. **Florida Entomologist**, Lutz, v. 69, n. 3, p. 570-578, Sept. 1986.

SCHRÖDER, E. P. Vôo Certo – A aviação agrícola vem adotando sistematicamente novas tecnologias a cada safra. **Informativo CONTAERO** [S. L.], p.08-09. 2005.

SCUDELER, F.; BAUER, F. C.; RAETANO, C. G. Ângulo da barra e ponta de pulverização na deposição da pulverização em soja. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 3., 2004, Botucatu, SP. **Anais...** Botucatu: FEPAF, 2004. p. 13-14.

SHULL, G. H. **A pure line method of corn breeding.** Report American Breeders Association. Washington, v. 5, p. 51-59, 1909.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p71-78, 2002.

SILVA, M. T. B. Fatores que afetam a eficiência de inseticidas sobre *Spodoptera frugiperda* SMITH em milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 3, p.383-387, 1999.

SILVEIRA, R. C.; HILLS, D. J.; YATES, W. E. Insecticide oil distribution pattern from a linear move spray head. **Transactions of ASAE**, St. Joseph, v. 30, p. 438-441, 1987.

STRIEDER, M. L. **Resposta do milho à redução do espaçamento entrelinhas em diferentes sistemas de manejo.** 2006, 88p, Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

SUMNER, H. R.; DOWLER, C. C.; GARVEY, P. M. Application of agrichemicals by chemigation, pivot-attached spray systems, and conventional sprayers. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v. 16, n. 2, p. 103-107, 2000.

THREADGILL, E. D. Chemigation via sprinkler irrigation: current status and future development. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v.1, n.1, p. 16-23, 1985.

TRENTO, S. M.; IRGANG, H. H.; REIS, E. M. Efeito da rotação de culturas, da monocultura e da densidade de plantas na incidência de grãos ardidos em milho. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 6, p. 609-613, 2002.

UNITED STATES: Department of Agriculture. **Grain: world markets and trade**, 2012.(Circular Series, v. 4)

VALICENTE, F. H.; TUELHER, E. S. **Controle biológico da lagarta do cartucho, *Spodoptera frugiperda*, com baculovírus.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. (Circular Técnica 114)

VIANA, P. A.; COSTA, E. F.; Controle da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH) (Lepidoptera:Noctuidae) na cultura do milho com inseticidas aplicados via irrigação por aspersão. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 27, n. 3, p. 451-458, set. 1998.

VIEIRA, R. F.; SUMNER, D. R. Application of fungicides to foliage through overhead sprinkler irrigation – a review. **Pesticide Science**, London, v. 55, p. 412-422, 1999.

YOUNG, J. R. Suppression of fall armyworm populations by incorporation of insecticides into irrigation water. **Florida Entomologist**, Lutz, v. 63, p. 447-450, 1980.

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. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 85, n. 2, p. 539-543, 1992.