

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

ADEMILSON DONIZETTI DA SILVA JÚNIOR

**VOLUMES DE CALDA E PONTAS DE PULVERIZAÇÃO NO CONTROLE
QUÍMICO DE *Spodoptera frugiperda* (J.E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA:
NOCTUIDAE) NA CULTURA DO SORGO**

**Uberlândia – MG
Abril – 2009**

ADEMILSON DONIZETTI DA SILVA JÚNIOR

**VOLUMES DE CALDA E PONTAS DE PULVERIZAÇÃO NO CONTROLE
QUÍMICO DE *Spodoptera frugiperda* (J.E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA:
NOCTUIDAE) NA CULTURA DO SORGO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao curso de Agronomia, da Universidade
Federal de Uberlândia, para obtenção do
grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: João Paulo A. Rodrigues da
Cunha

**Uberlândia – MG
Abril – 2009**

ADEMILSON DONIZETTI DA SILVA JÚNIOR

**VOLUMES DE CALDA E PONTAS DE PULVERIZAÇÃO NO CONTROLE
QUÍMICO DE *Spodoptera frugiperda* (J.E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA:
NOCTUIDAE) NA CULTURA DO SORGO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao curso de Agronomia, da Universidade
Federal de Uberlândia, para obtenção do
grau de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado pela Banca Examinadora em 30 de abril de 2009

Prof. Dr. Marcus Vinicius Sampaio
Membro da Banca

Eng^a. Agr^a. Mariana Rodrigues Bueno
Membro da Banca

Prof. Dr. João Paulo A. Rodrigues da Cunha
Orientador

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter feito com que eu tivesse sabedoria e saúde para a conclusão desta etapa importante na minha vida.

À minha família, pelo apoio e carinho, em especial meus pais Ademilson Silva e Rozana Conceição e meu irmão Marcelus.

Aos amigos e colegas da 39ª Turma de Agronomia pela amizade e compreensão ao longo destes anos.

Ao meu orientador Prof. Dr. João Paulo A. Rodrigues da Cunha, que não mediu esforços para me orientar, e me ajudar, nesta caminhada rumo à minha formação acadêmica.

RESUMO

No manejo da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith) na cultura do sorgo, a utilização de produtos químicos ainda é a principal tática recomendada, uma vez que permite um resultado bastante eficaz. Contudo, este método traz como consequência um aumento considerável no custo de produção, devendo ser otimizado. Não basta conhecer o produto a ser aplicado, também é fundamental conhecer a forma de aplicação. É preciso garantir que o produto alcance o alvo de forma eficiente, minimizando-se as perdas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da utilização de diferentes pontas de pulverização e volumes de calda na aplicação de inseticida para o controle químico da lagarta-do-cartucho na cultura do sorgo. O ensaio foi conduzido no delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial $(3 \times 2) + 1$: três tipos de pontas de pulverização (jato cônico vazio, jato plano defletor duplo e jato plano defletor com indução de ar), dois volumes de calda (200 e 130 L ha⁻¹) e um tratamento adicional que não recebeu inseticida (testemunha). Realizou-se a semeadura direta da cultivar de sorgo forrageiro Volumax (ciclo médio), avaliando-se, após a aplicação do inseticida clorpirifós, com as diferentes pontas e volumes de calda, a deposição de calda no dossel da cultura, o controle da lagarta-do-cartucho e a produtividade (kg de matéria seca ha⁻¹). O estudo da deposição foi realizado com o emprego de papéis hidrossensíveis para quantificação da densidade das gotas e cobertura do inseticida. A aplicação do produto químico foi realizada empregando-se um pulverizador costal de pressão constante (CO₂). De acordo com os resultados, pôde-se concluir que as pontas de jato plano defletor duplo e jato plano defletor com indução de ar proporcionaram maior cobertura do dossel inferior e superior das plantas de sorgo do que a ponta de jato cônico vazio, resultando em maior eficácia de controle da lagarta-do-cartucho e maior produtividade. O volume de aplicação de 200 L ha⁻¹, quando comparado ao volume de 130 L ha⁻¹, também proporcionou melhor eficácia de controle. A aplicação do inseticida proporcionou a manutenção da sanidade das plantas, fazendo com que estas expressem o potencial produtivo que lhe são conferidas pelo genótipo, trazendo como consequência um ganho de produtividade em todas as parcelas que receberam o produto.

PALAVRAS-CHAVE: Tecnologia de aplicação, lagarta-do-cartucho, pulverização.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	6
2 REVISÃO DE LITERATURA	9
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	13
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
5 CONCLUSÕES	21
REFERÊNCIAS	22

1 INTRODUÇÃO

Constantemente, as culturas estão sujeitas ao ataque de doenças e de pragas que reduzem a quantidade e depreciam a qualidade dos produtos agrícolas, causando sérios prejuízos. Para evitar estes danos, utiliza-se a aplicação de produtos químicos, também denominados defensivos, pesticidas ou agrotóxicos. Estes por sua vez, apresentam bons resultados a curto prazo, porém, em geral, contêm substâncias altamente tóxicas, sendo que a aplicação de quantidades reduzidas são suficientes para eliminar o agente nocivo (MORAES, 2001).

Considera-se a pulverização como sendo o processo de aplicação de defensivos agrícolas, no qual as gotículas são obtidas hidraulicamente, pela ação de uma bomba (MORAES, 2001). Os pulverizadores agrícolas são máquinas construídas com a finalidade de subdividir a calda em gotículas de tamanho uniforme, distribuindo-as na superfície a ser tratada. Outra função do pulverizador é permitir a dosagem adequada do defensivo sobre o local a ser tratado.

Existem diferentes técnicas de aplicação de defensivos disponíveis, mas os que se baseiam na pulverização hidráulica são as mais difundidas, graças à flexibilidade que oferecem em distintas aplicações (TEIXEIRA, 1997). Nesses equipamentos, as pontas de pulverização representam, sem dúvida, um dos principais componentes: garantem a qualidade e a segurança de aplicação (TEWARI et al., 1998).

O que se chama genericamente de bico é o conjunto de peças colocadas no final do circuito hidráulico, através do qual a calda é emitida para fora da máquina. Esse conjunto é composto de várias partes, das quais a ponta de pulverização é a mais importante, regulando a vazão, o tamanho das gotas e a forma do jato emitido (CHRISTOFOLETTI, 1999).

O tamanho de gotas produzidas por uma ponta de pulverização depende de vários fatores, dentre os quais se podem destacar as propriedades do líquido pulverizado e o tipo da ponta. Fluidos com maior viscosidade e tensão superficial requerem maior quantidade de energia para a pulverização. O volume de aplicação é a quantidade de calda do produto distribuída por unidade de área, sendo, normalmente, expressa em litros por hectare ($L ha^{-1}$). O volume de aplicação relaciona-se, diretamente ao cultivo, estágio de desenvolvimento e às condições climáticas.

Em aplicações de fitossanitários, deve-se cuidar para que não apareçam gotas nem muito grandes, nem muito pequenas. Os estudos têm demonstrado que gotas menores que 100

µm são arrastadas com facilidade pelo vento e sofrem deriva (MARQUEZ, 1997; LEFEBVRE, 1989). Da mesma forma, não se recomenda utilizar gotas maiores que 800 µm, devido a sua facilidade em escorrer.

Considerada uma das alternativas para a alimentação animal, a cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) forrageiro tem papel importante por sua capacidade de adaptação à seca, fator limitante à cultura do milho, garantindo melhores resultados econômicos à atividade (NASCIMENTO et al., 2008). Contudo, apesar do alto potencial produtivo da cultura de sorgo e da grande disponibilidade de cultivares com características que possibilitam a sua adequação destes materiais às diferentes regiões, observa-se, muitas vezes, produção baixa e irregular (GONTIJO NETO et al., 2002). Nesse aspecto, considera-se que o controle de pragas e patógenos sejam um dos fatores responsáveis pela baixa produtividade nas áreas destinadas à produção de silagem.

No mundo, o número de espécies de insetos registradas que atacam a cultura do sorgo é bastante extenso. Como consequência do ataque das mais diversas pragas, faz-se necessário o uso da aplicação de defensivos em quantidade e estágios de desenvolvimento ideais. As pragas que interferem na cultura do sorgo têm assumido papel importante na definição da produtividade da cultura, safra após safra. Os danos causados pelas pragas na fase vegetativa e reprodutiva do sorgo variam de acordo com o estágio fenológico da planta, condições edafoclimáticas, sistemas de cultivo e fatores bióticos localizados.

A lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) é uma das principais pragas da cultura do sorgo no Brasil. O ataque na planta ocorre desde a sua emergência até o pendoamento, como consequência deste fato, deve-se realizar o controle químico (GALLO et al., 2002). Uma das formas de se obter boa deposição da pulverização sob alvos biológicos é a seleção correta das pontas de pulverização (SCUDELER et al., 2004). Essas pontas são os componentes mais significativos dos pulverizadores e apresentam como funções básicas: fragmentar o líquido em pequenas gotas, distribuir as gotas e controlar a saída do líquido por unidade de área (SIDAHMED, 1998).

Os resultados das pulverizações nas lavouras são variáveis. O grau de sucesso geralmente é determinado pela quantidade e uniformidade da cobertura. A aplicação de agrotóxicos é uma ferramenta valiosa na agricultura, quando baseada em critérios técnicos bem definidos. Não basta conhecer o produto a ser aplicado, sendo também fundamental conhecer a forma de aplicação. É preciso garantir, que o produto alcance eficientemente o alvo, proporcionando menores perdas e contribuindo de forma positiva para o aumento da produtividade.

Pelo fato da lagarta se alojar no interior do cartucho, muitas vezes, se torna difícil o contato com o inseticida aplicado. Mas uma porcentagem razoável das lagartas é atingida por doses subletais, o que não causa sua morte, mas causam alterações na biologia e na capacidade de reprodução do inseto, causando redução populacional ao longo das gerações (SILVA; CROCOMO, 2007).

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da utilização de diferentes pontas de pulverização e volumes de calda na aplicação de inseticida para o controle químico da lagarta-do-cartucho na cultura do sorgo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O sorgo é uma gramínea de origem africana, pertencente a família Poaceae e de nome científico *Sorghum bicolor* (L.) Moench. Situa-se em quinto lugar entre os cereais mais plantados no mundo, ficando atrás apenas para as produções de trigo, arroz, milho e cevada. Em regiões como a Ásia, África, China, Rússia e América Central os grãos de sorgo são largamente utilizados para a alimentação humana, enquanto que nas Américas do Norte e do Sul, Europa e Austrália sua produção é destinada especialmente à produção de rações. Os grãos são consumidos por monogástricos e ruminantes, além de seu uso na alimentação humana. A planta inteira é utilizada sob a forma de silagem, rolão (pé inteiro seco) ou corte verde (ZAGO, 1991).

Segundo Pimentel et al. (1998), o sorgo tem ocupado extensas áreas nos últimos tempos, devido, principalmente, às suas características de tolerância ao déficit hídrico e capacidade de rebrota, em relação ao milho, o que permite maiores produções por área. É caracterizado por ser uma planta C4, de dia curto e com altas taxas fotossintéticas. A grande maioria dos materiais genéticos de sorgo requerem temperaturas superiores a 21 °C para um bom crescimento e desenvolvimento.

Na silagem de sorgo, a maior porcentagem de panículas contribui para o aumento do valor nutritivo e maior porcentagem de matéria seca do material ensilado. É sabido que o amido se concentra nos grãos e o açúcar, nos colmos, sendo que teores de açúcar de 6 a 8% são suficientes para uma boa fermentação bacteriana. No entanto, modificações no processo fermentativo do sorgo podem comprometer o valor nutritivo do material, já que a produção da “água de metabolismo” reduz o teor de MS, e a diminuição dos carboidratos solúveis e o aumento proporcional de FDN diminuem a digestibilidade da MS, o que limita o aproveitamento da silagem (ZAGO, 1991).

Entretanto, com o passar do tempo, os produtores passaram a exigir um material com maior produção de nutrientes por unidade de área. Isso explica porque muitas vezes um sorgo forrageiro pode ser preferido a um granífero, pois, apesar de possuir valor nutritivo geralmente inferior, apresenta alta produção, o que pode resultar em maior produção de nutrientes por unidade de área (NUSSIO; MANZANO, 1999).

Atualmente, sabe-se que essa cultura tem diversos problemas relacionados à pragas, sendo que uma delas é a Lagarta-do-cartucho. Essa lagarta ataca o cartucho do sorgo chegando a destruí-lo completamente e, nesse caso, chama a atenção a quantidade de

excreções existentes na planta. Os adultos são mariposas com cerca de 35 mm de envergadura, com asas anteriores pardo escuras e as posteriores branco acinzentadas (GALLO et al., 2002).

A duração do período larval é de 12 a 30 dias findo o qual a lagarta mede aproximadamente 50 mm de comprimento. Sua coloração varia de cinza-escuro a marrom. Apresenta a faixa dorsal com pontos pretos na base das cerdas. Após o período larval, as lagartas penetram no solo, onde se transformam em pupa de coloração avermelhada, medindo 15 mm. Findo o período larval, as lagartas penetram no solo, onde se transformam em pupas de coloração avermelhada, medindo cerca de 15 mm de comprimento. O período pupal é de 8 dias no verão, sendo de 25 dias no inverno, após o que surge o adulto (GALLO et al., 2002).

Como danos típicos do inseto, podem ser considerados as raspagens das folhas pelas larvas de primeiro ínstar e a destruição do cartucho por larvas mais desenvolvidas. Nos últimos anos, tem sido verificada grande mortalidade de plântulas pela presença da praga em altas infestações, logo após a germinação. Essa situação se tornou muito comum, particularmente em áreas de safrinha e em cultivos de plantio direto. Nesses casos, há necessidade de entrar com o controle dentro de um intervalo curto de tempo, ou as perdas serão altas, às vezes levando a novo plantio. A utilização de medidas químicas preventivas de controle através do tratamento de sementes, dependendo do inseticida utilizado, pode evitar esse ataque (EMBRAPA, 2000).

Devido ao canibalismo, é comum encontrar-se apenas uma lagarta desenvolvida por cartucho, podendo-se encontrar lagartas em ínstars diferentes num mesmo cartucho, separadas pelas lâminas das folhas.

O controle da lagarta-do-cartucho é feito com uso de inseticidas sintéticos, com isso necessita-se de várias pesquisas para que haja menor agressão ao meio ambiente. Apesar da eficiência dos inseticidas sintéticos, esses podem apresentar diversos problemas, como contaminação ambiental, altos níveis residuais em alimentos, desequilíbrio biológico e surgimento de populações de insetos resistentes (HENANDEZ; VENDRAMIM, 1996).

A escolha e o uso adequado de pontas de pulverização são essenciais para a melhoria das condições de precisão e segurança na aplicação de defensivos (WOMAC et al., 1997). Nesse contexto, na maioria das vezes dá-se muita importância ao produto fitossanitário a ser aplicado e pouca atenção à tecnologia de aplicação. O conhecimento das condições de trabalho e, principalmente, do desempenho operacional das pontas é básico para uma aplicação eficiente (CHRISTOFOLETTI, 1999). Segundo Johnson e Swetnam (1996), a seleção apropriada das pontas é o principal fator determinante da quantidade aplicada por

área, da uniformidade de aplicação, da cobertura obtida e do risco potencial de deriva. O objetivo das tecnologias de aplicação é colocar a quantidade certa de ingrediente ativo no alvo desejado, com a máxima eficiência e da maneira mais econômica possível, não provocando alteração no ambiente (DURIGAN, 1989).

O tamanho das gotas produzidas por um bico de pulverização ou por atomizadores rotativos depende de vários fatores, dentre os quais destacam-se as propriedades dos líquidos pulverizados. Fluidos com maior viscosidade e tensão superficial requerem maior quantidade de energia para a pulverização. Portanto, a pulverização de líquidos que tenham maior viscosidade e tensão superficial produz gotas maiores (CHRISTOFOLETTI, 1999). Segundo Miller e Butler Ellis (2000), as mudanças nas propriedades do líquido pulverizado podem influenciar o processo de formação das gotas quanto o comportamento destas em contato com o alvo, alterando o risco de potencial de deriva na aplicação.

Outra variável importante na aplicação é o volume de calda. Prática comum era se aplicar volumes superiores a 200 L ha⁻¹; atualmente, entretanto, existe tendência a se reduzir o volume de calda, visando a diminuir os custos de aplicação e aumentar a eficiência da pulverização (SILVA, 1999). A eficácia do tratamento depende não somente da quantidade de material depositado sobre a vegetação, mas também da uniformidade de cobertura do alvo. De maneira geral, a deposição é menor nas partes mais baixas e internas do dossel das culturas.

A redução do volume de calda requer, porém, um aprimoramento da tecnologia de aplicação empregada no campo. Segundo Salyani (1999), a redução do orifício de saída das pontas, para obter menor volume de aplicação, aumenta o risco de deriva em virtude da diminuição do tamanho das gotas geradas. Em geral, gotas menores são mais eficazes no controle de pragas e doenças, porém pouco seguras, sob o ponto de vista ambiental.

A pressão de pulverização tem efeito direto na vazão, no diâmetro de gotas e nas características de deposição. Na maioria das pontas, a vazão se aproxima de uma relação diretamente proporcional à raiz quadrada da pressão. Gotas pequenas podem ser obtidas pelo aumento da pressão ou pela redução do diâmetro do orifício de saída. O formato da ponta e a maneira como o líquido passa através da mesma, tem influência sobre a faixa de deposição e sobre o espectro de gotas. Ponta com orifício circular apresenta jato cônico e deposição circular, ponta com orifício em forma de rasgo origina jato em forma de leque e deposição linear (COSTA et al., 2006).

Muitos produtos têm sido desenvolvidos pela indústria agroquímica para o controle fitossanitário das culturas, mas poucas mudanças tem ocorrido na tecnologia de aplicação (MATTHEWS, 1992). O conceito de qualidade das aplicações sob o ponto de vista

agronômico é a realização de operações agrícolas ou a obtenção de produtos que estejam adequados às especificações ou aos padrões agrônômicos recomendados (DODSON, 1998).

O controle de qualidade em operações agrícolas consiste na adoção de um conjunto de procedimentos que visam monitorar a variabilidade dos indicadores operacionais permitindo analisar o desempenho das operações no momento imediato após sua realização (PECHE FILHO, 1994). Assim, na aplicação de agrotóxicos é possível monitorar a qualidade operacional selecionando indicadores de desempenho que permitam coletar dados no campo e aferição de conformidade de acordo com a prescrição técnica estabelecida.

A qualidade da aplicação de agrotóxico pode ser crucial para atingir a produtividade almejada da cultura, e esta operação tem como principal objetivo aplicar a dosagem correta do defensivo no alvo desejado. Uma pulverização de baixa qualidade pode trazer como conseqüências perdas significativas na produtividade, ocasionadas por reincidências de doenças, pragas e plantas daninhas na área (GADANHA JÚNIOR, 2000).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido na Fazenda Experimental do Glória, pertencente à Universidade Federal de Uberlândia, localizada no município de Uberlândia – MG. Realizou-se a semeadura direta da cultivar de sorgo Volumax, na safra 2008/2009, utilizando-se espaçamento entre fileiras de 0,8 m e 10 plantas por metro linear.

O ensaio foi conduzido no delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial (3 x 2) + 1: três tipos de pontas de pulverização (jato cônico vazio, jato plano defletor duplo e jato plano defletor com indução de ar), dois volumes de calda (200 e 130 L ha⁻¹) e um tratamento adicional que não recebeu inseticida (testemunha). As parcelas experimentais foram compostas de quatro linhas de cinco metros de comprimento.

Utilizou-se o inseticida Lorsban 480 BR, do grupo químico organofosforado, na formulação concentrado emulsionável, composto pela mistura de clorpirifós + ingredientes inertes (480 g L⁻¹ + 669 g L⁻¹), na dose de 0,5 L ha⁻¹ de produto comercial. A aplicação foi realizada utilizando-se um pulverizador costal de pressão constante (CO₂), dotado de uma barra com disposição simultânea de quatro pontas espaçadas de 0,5 m. O momento da pulverização foi determinado pelo nível de controle, o qual pode ser descrito com a presença de 10% das folhas raspadas pela lagarta-do-cartucho (GALLO et al., 2002).

Empregou-se a pressão de 200 kPa, para as pontas de jato plano, e 400 kPa, para a ponta de jato cônico, e velocidade de deslocamento de 4 km h⁻¹, para o volume de aplicação de 200 L ha⁻¹, e 6 km h⁻¹, para o volume de 130 L ha⁻¹. A altura de aplicação em relação à cultura foi de 0,5 m. Utilizaram-se pontas de pulverização hidráulicas, conforme especificado na Tabela 1.

Tabela 1. Tipos de pontas de pulverização utilizadas

Ponta	Descrição	Fabricante	DMV*
JA-2	Jato cônico vazio	Jacto	153 µm (414 kPa)
TTJ60 110-02	Jato plano defletor duplo	Teejet	284 µm (200 kPa)
TTI 110-02	Jato plano defletor com indução de ar	Teejet	925 µm (200 kPa)

*Diâmetro da mediana volumétrica indicado pelo fabricante. O número entre parênteses indica a pressão de trabalho testada pelo fabricante para o DMV fornecido.

A avaliação da eficácia dos tratamentos no controle da lagarta-do-cartucho foi feita mediante a contagem (levantamentos) do número de lagartas antes e depois da aplicação,

além da avaliação final da produtividade (kg de matéria seca ha⁻¹) entre parcelas tratadas com o inseticida e parcelas não-tratadas (testemunha). Também foi conduzido o estudo de deposição da calda do inseticida pulverizado, considerando as parcelas que receberam produto, por meio da análise de papéis hidrossensíveis.

As amostragens foram realizadas aos 45 dias após a emergência - DAE, antes da aplicação do inseticida, aos 47 DAE, dois dias após a aplicação, e aos 50 DAE, cinco dias após a aplicação, por meio da contagem do número de lagartas existentes no cartucho da cultura. Na avaliação da infestação, marcaram-se dez plantas, escolhidas ao acaso em cada parcela e, em cada planta, realizou-se o levantamento do número de lagartas. As médias dessas avaliações constituíram a infestação média da praga por parcela.

A porcentagem de eficácia dos tratamentos foi calculada pela fórmula de Henderson e Tilton (1955), esquematizada a seguir:

$$%E = \left[1 - \left(\frac{Ta}{Td} \times \frac{td}{ta} \right) \right] \times 100$$

em que:

%E = Porcentagem de eficácia;

Ta = Número de insetos vivos na testemunha antes da aplicação;

Td = Número de insetos vivos na testemunha depois da aplicação;

td = Número de insetos vivos no tratamento depois da aplicação; e

ta = Número de insetos vivos no tratamento antes da aplicação.

Os valores obtidos foram então classificados segundo o critério de baixa eficácia (menor que 80%), boa eficácia (de 80 à 90%) e alta eficácia (maior que 90%).

A colheita foi realizada ao final do ciclo da cultura e a avaliação da produtividade (kg de matéria seca ha⁻¹) foi feita colhendo-se, de cada parcela, duas linhas com 1,5m de comprimento cada. As plantas foram retiradas, trituradas, secas em estufa de ventilação forçada (72 horas a 65°C) e pesadas.

A deposição de gotas no dossel do sorgo foi determinada por meio da contagem dos impactos em papel hidrossensível (76 x 26 mm). Antes da pulverização, foram marcadas 4 plantas ao acaso em cada parcela e, em cada planta, foram colocados dois papéis nas folhas externas ao cartucho: um na parte superior e outro na parte inferior da planta, ambos na parte adaxial da folha. Após a aplicação, os papéis foram retirados e digitalizados (resolução espacial de 600 dpi não-interpolados, com cores em 24 bits), sendo submetidas à análise de

imagens por meio utilização do programa computacional CIR 1.5 (Conteo Y Tipificación de Impactos de Pulverización). Esse programa utiliza o fator de espalhamento recomendado pelo fabricante dos papéis hidrossensíveis (Syngenta). Foram determinados o número de gotas por centímetro quadrado e a percentagem de cobertura.

Durante a aplicação do inseticida, foram monitoradas as condições ambientais de temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as médias das parcelas tratadas com inseticidas foram comparadas entre si, utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade, e com a testemunha, no caso da produtividade, utilizando-se o teste de Dunnett a 5% de probabilidade. Os dados de eficácia foram transformados em raiz quadrada de $(x + 0,5)$.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento foram favoráveis durante as aplicações do inseticida: temperatura inferior a 27°C, umidade relativa superior a 60% e velocidade do vento entre 4 e 7 km h⁻¹.

Na Tabela 2, apresentam-se as médias das densidades de gotas depositadas nas partes superior e inferior do dossel da cultura do sorgo, após a aplicação do inseticida. Não houve interação entre pontas e volumes de aplicação, indicando a independência entre os dois fatores. Tanto na posição superior, como na inferior, houve diferença significativa entre as médias de gotas depositadas, sendo que, nas duas posições, os tratamentos empregando a ponta de jato plano defletor com indução de ar apresentaram menor deposição. Em contrapartida, os tratamentos com ponta de jato cônico vazio apresentaram maior densidade de gotas depositadas.

As pontas de jato cônico vazio apresentam gotas de menor diâmetro em relação às demais (Tabela 1), resultando em um maior número de impactos por área. Segundo Cunha et al. (2004), essa ponta proporciona maior densidade de gotas depositadas sobre o alvo, para um mesmo volume de aplicação. No entanto, há risco de contaminação ambiental por causa da deriva e, por isso, tem-se buscado alternativas que minimizem tais problemas.

Tabela 2. Densidade de gotas depositadas (gotas cm⁻²) nas partes superior e inferior do dossel da cultura do sorgo, após a aplicação de inseticida com diferentes pontas de pulverização, em dois volumes de aplicação

Ponta	Gotas cm ⁻² - Posição superior			Gotas cm ⁻² - Posição inferior		
	Volume de aplicação (L ha ⁻¹)		Média	Volume de aplicação (L ha ⁻¹)		Média
	130	200		130	200	
JA 2	301	393	347a	207	288	248a
TTJ60 110-02	267	330	299b	197	238	218b
TTI 110-02	190	250	220c	132	154	143c
Média	253B	324A		179B	226A	

Médias seguidas por letras distintas maiúsculas, nas linhas, e minúsculas, nas colunas, para cada aplicação, diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste F, e a 5% pelo teste de Tukey, respectivamente.

Pode-se verificar pela Tabela 3, que as médias de cobertura das gotas nas partes superior e inferior do dossel da cultura do sorgo, após a aplicação de inseticida, não diferiram entre si, em relação aos volumes de calda. Porém, houve diferença em relação ao uso das diferentes pontas.

A maior cobertura foi obtida com a ponta TTI 110-02 e a menor, com a ponta JA 2. Esse resultado, a princípio, contraria o mostrado na Tabela 2, contudo os dados de impacto de gotas por unidade de área devem ser sempre analisados em conjunto com o tamanho das gotas. Assim, a ponta de indução de ar, mesmo com menor número de impactos, em virtude do maior tamanho de gotas ($DMV = 925 \mu m$) apresentou maior cobertura, variável essa mais importante que o número de impactos para o estabelecimento da eficácia do produto no controle das pragas do sorgo. Além disso, a evaporação e a deriva das gotas menores, presentes principalmente na ponta de jato cônico vazio, podem ter colaborado para o resultado apresentado. Resultados semelhantes foram encontrados por Cunha et al. (2008), avaliando a deposição de fungicida na cultura da soja. Já a cobertura da ponta TTJ60 110-02 não se diferenciou significativamente das demais quanto à cobertura.

Em trabalho realizado por Zhu et al. (2004), estudando a penetração da pulverização proporcionada por diferentes pontas na cultura do amendoim, os autores também mostraram o potencial de uso das pontas de indução de ar no que se refere à cobertura do alvo. Nesse trabalho, as pontas de jato plano duplo e jato plano com indução de ar promoveram maior cobertura do alvo quando comparado à ponta de jato cônico vazio.

Ainda segundo os autores, as pontas de indução de ar geram gotas de maior tamanho que, por isso, têm maior facilidade de alcançar o alvo, principalmente na parte inferior das culturas. Além disso, o fato das gotas conterem ar em seu interior, faz com que a mesmas apresentem um impacto diferenciado no alvo, resultando em maior cobertura. Contudo, esse processo de contato da gota gerada por uma ponta de indução de ar com o alvo ainda é pouco conhecido e estudado.

Tabela 3. Cobertura de gotas depositadas (%) nas partes superior e inferior do dossel da cultura do sorgo, após a aplicação de inseticida com diferentes pontas de pulverização, em dois volumes de aplicação

Ponta	Cobertura (%) - Posição superior			Cobertura (%) - Posição inferior		
	Volume de aplicação (L ha ⁻¹)		Média	Volume de aplicação (L ha ⁻¹)		Média
	130	200		130	200	
JA 2	13,5	18,7	16,1b	16,2	15,0	15,6b
TTJ60 110-02	18,5	20,8	19,7ab	16,7	21,7	19,2ab
TTI 110-02	29,3	31,2	30,3a	21,5	23,0	22,3a
Média	20,4A	23,6A		18,1A	19,9A	

Médias seguidas por letras distintas maiúsculas, nas linhas, e minúsculas, nas colunas, para cada aplicação, diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste F, e a 5% pelo teste de Tukey, respectivamente.

Na Tabela 4, está apresentada a eficácia de controle da lagarta-do-cartucho dois e cinco dias após a aplicação do inseticida. Aos dois dias após a aplicação, nota-se que não houve diferença significativa entre os volumes utilizados, contudo as pontas TTI 110-02 e TTJ60 110-02 apresentaram melhores resultados. Já aos cinco dias após a aplicação, percebeu-se diferença significativa entre os volumes utilizados, sendo que o melhor volume foi o de 200 L ha⁻¹. Novamente, a ponta de jato cônico vazio apresentou baixa eficácia de controle. Esses resultados podem ser advindos da cobertura (%) do inseticida na planta. Boa eficácia de controle em geral está associada à boa cobertura do alvo.

Silva (1999), estudando a eficiência de inseticidas sobre a lagarta-do-cartucho em milho com volumes de aplicação de 150 e 300 L ha⁻¹, também concluiu que maiores volumes de pulverização são mais indicados para o controle desta praga. O autor afirma ainda que quando se utilizam pontas de jato cônico, com interior oco, os inseticidas são menos eficientes do que aplicações com jato plano dirigido ao cartucho da planta (local de ataque da praga), explicando também a superioridade encontrada das pontas TTI 110-02 e TTJ60 110-02 em relação à JA 2.

Tabela 4. Eficácia de controle da lagarta-do-cartucho dois e cinco dias após a aplicação (DAA) de inseticida com diferentes pontas de pulverização, em dois volumes de aplicação

Ponta	Eficácia – 2 DAA (%)			Eficácia – 5 DAA (%)		
	Volume de aplicação (L ha ⁻¹)		Média	Volume de aplicação (L ha ⁻¹)		Média
	130	200		130	200	
JA 2	56,0	62,3	59,2b	71,8	83,3	77,6b
TTJ60 110-02	70,8	77,8	74,3a	87,0	87,5	87,3a
TTI 110-02	80,0	78,5	79,3a	87,5	91,0	89,3a
Média	68,9A	72,9A		82,1B	87,3A	

Médias seguidas por letras distintas maiúsculas, nas linhas, e minúsculas, nas colunas, para cada aplicação, diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste F, e a 5% pelo teste de Tukey, respectivamente.

Segundo a classificação de Henderson e Tilton (1955), aos dois após a aplicação todos os tratamentos apresentaram baixa eficácia (< 80%) como esperado, diferentemente da avaliação feita aos cinco dias, onde se comprovou uma boa eficácia (> 80%) empregando-se as pontas TTJ60 110-02 e TTI 110-02 e uma baixa eficácia com a ponta JA 2.

Na Tabela 5, tem-se o efeito dos tipos de ponta e dos volumes de pulverização, utilizados na aplicação de inseticida em relação à produtividade do sorgo. Nota-se diferença significativa entre os volumes de aplicação utilizados, sendo que o volume de 200 L ha⁻¹ proporcionou maior produtividade, sendo que, o maior volume de calda proporcionou maior

controle, provavelmente, em função da facilidade do maior volume penetrar no cartucho onde estão localizadas as lagartas.

Em relação as pontas, também houve diferença significativa, a qual mostrou que as pontas de jato plano defletor duplo e jato plano defletor com indução de ar foram mais eficientes no controle da lagarta-do-cartucho, resultando em maior produtividade.

Percebe-se também que houve uma correlação entre cobertura do alvo, eficácia de controle e produtividade: tratamentos que propiciaram maior cobertura resultaram em maior controle e maior produtividade. Serra et al. (2008) afirmam que, quanto maior a quantidade de produto depositada na superfície de forma homogênea, maior poderá ser a sua ação.

Tabela 5. Efeito do tipo de ponta e do volume de aplicação, utilizados na pulverização de inseticida, na produtividade do sorgo (kg de matéria seca ha⁻¹)

Ponta	Produtividade (kg ha ⁻¹)		Média
	Volume de aplicação (L ha ⁻¹)		
	130	200	
JA 2	15.460,8	15.384,3	15.422,6b
TTJ60 110-02	16.522,5	16.651,8	16.587,2a
TTI 110-02	16.266,8	17.054,5	16.660,6a
Média	16.083,4B	16.363,5A	

Médias seguidas por letras distintas maiúsculas, nas linhas, e minúsculas, nas colunas, para cada aplicação, diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste F, e a 5% pelo teste de Tukey, respectivamente.

Na Tabela 6, tem-se o efeito da aplicação de inseticida na produtividade comparado à testemunha que não recebeu produto. A produtividade do sorgo foi superior à testemunha em todas as parcelas que receberam o inseticida. A aplicação impediu o avanço acentuado da praga em todas as parcelas, evidenciando que o controle da lagarta foi benéfico, independente do uso dos diferentes volumes e do tipo de ponta.

Em média, as parcelas tratadas obtiveram produtividade 7,6% superior à testemunha. O controle da lagarta resulta em maior área foliar verde remanescente, com conseqüente manutenção do potencial produtivo.

Figueiredo et al. (2006), avaliando o efeito do inseticida clorpirifós na supressão da lagarta-do-cartucho na cultura do milho, também encontraram boa eficiência de controle, resultando em maior produtividade.

Tabela 6. Produtividade da cultura do sorgo em função da aplicação de inseticida com diferentes pontas e volumes de aplicação

Tratamento		Produtividade (kg ha ⁻¹)
Ponta	Volume de aplicação (L ha ⁻¹)	
JA 2	130	15.460,8*
TTJ60 110-02	130	16.522,5*
TTI 110-02	130	16.266,8*
JA 2	200	15.384,3*
TTJ60 110-02	200	16.651,8*
TTI 110-02	200	17.054,5*
Testemunha		15.080,3

As médias seguidas por um asterisco diferem significativamente da testemunha, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Neste trabalho, foi avaliada a eficiência do controle da lagarta-do-cartucho, a deposição e cobertura do alvo e a produtividade do sorgo em condições adequadas de aplicação, incluindo temperatura do ar, umidade e velocidade do vento. Contudo, outras condições de aplicação podem existir no campo, podendo trazer como consequência uma redução na eficiência de controle. Daí a importância do monitoramento das condições climáticas durante as aplicações.

5 CONCLUSÕES

As pontas de jato plano defletor duplo e jato plano defletor com indução de ar proporcionaram maior cobertura do dossel inferior e superior das plantas de sorgo do que a ponta de jato cônico vazio, resultando em maior eficácia de controle da lagarta-do-cartucho e maior produtividade. O volume de aplicação de 200 L ha⁻¹, quando comparado ao volume de 130 L ha⁻¹, também proporcionou melhor eficácia de controle. A aplicação do inseticida proporcionou ganho de produtividade em todas as parcelas que receberam o produto.

REFERÊNCIAS

- CHRISTOFOLETTI, J.C. **Considerações sobre a deriva nas pulverizações agrícolas e seu controle**. São Paulo: Teejet, 1999. 15p.
- COSTA, J.C.B.; BEZERRA, J.L.; VELOSO, J.L.M.; NIELLA, G.R.; BASTOS, C.N. Controle biológico da vassoura-de-bruxa do cacauero. In: VERSON, M.; PAULA JR.; T.J.; PALLINI, A. (Ed.) **Tecnologias alternativas para o controle de pragas e doenças**. Viçosa EPAMIG. 2006. p. 25-47.
- CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, R. F.; FERNANDES, H. C.; COURY, J. R.. Espectro de gotas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano e de jato cônico vazio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília DF., v. 39, n. 10, p. 977-985, 2004.
- CUNHA, J. P. A. R.; MOURA, E. A. C.; SILVA JUNIOR, J. L.; ZAGO, F. A.; JULIATTI, F. C. Efeitos de pontas de pulverização no controle químico da ferrugem da soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 283-291, 2008.
- DODSON, M.S. **Avaliação da influência de indicadores de qualidade no custo operacional de um sistema de produção de milho (*Zea mays* L.)**: estudo de caso de semeadura. 80f. Monografia (Graduação) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 1998.
- DURIGAN, J.C. Comportamento de herbicidas no ambiente. In: SEMINÁRIO TÉCNICO SOBRE PLANTAS DANINHAS E O USO DE HERBICIDAS EM REFLORESTAMENTO, 1989, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBS/ABRACAV/SIF, 1989.p.irregular.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Gado de Corte Divulga**, Campo Grande, 2000 número 46. Disponível em: <http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/divulga/divulga_pdf/gdcd46PeB.pdf > Acesso em: 15 ago. 2008.
- FIGUEIREDO, M. L. C.; MARTINS-DIAS, A. M. P.; CRUZ, I. Efeito do inseticida chlorpyrifos e sua interação com inimigos naturais na supressão de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 3, p. 325-339, 2006.
- GADANHA JÚNIOR, C.D. **Avaliação do tempo de resposta de controladores eletrônicos em pulverizadores agrícolas**. 125f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2000.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BATISTA, C.G. DE, BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.D. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p.
- GONTIJO NETO, M. M.; OBEID, J. A.; PEREIRA, O. G.; CECON, P. R.; CANDIDO, M. J. D.; MIRANDA, L. F. Híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivados sob níveis crescentes de adubação. Rendimento, proteína bruta e digestibilidade in vitro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 1640-1647, 2002.

- HENÁNDEZ, C. R.; VENDRAMIM, J. D. Toxicidad de extractos acuosos de Meliaceae em *Spodoptera frugiperda* (Lepidóptera: Noctuidae). **Manejo Integrado de Plagas**, Turrialba, v. 42, p.14-22, 1996.
- HENDERSON, C.F.; TILTON, E.W. Tests with acaricides against the brown wheat mite. **Journal Economic Entomology**, Washington DC, v.48, n.2, p.157-161, 1955.
- JOHNSON, M.P., SWETNAM, L.D. **Sprayer nozzles selection and calibration**. Lexington: University of Kentucky, 1996. 6p. Disponível em: <<http://www.uky.edu/Agriculture/Pat/pat3.pdf>> Acesso em : 6 ago. 2002.
- LEFBVRE, A.H. **Atomization and sprays**. International Series: Combustion. New York: Hemisphere Publishing Corporation, 1989. 421p.
- MÁRQUEZ, L. Tecnología para la aplicación de defensivos agrícolas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26., 1997, Campina Grande. **Anais...** CD-ROM. Palestra.
- MATTHEWS, G.A. **Pesticide application methods**. 2.ed. London: Longman, 1992. 405p.
- MILLER, P. C. H.; BUTLER ELLIS, M. C. Effects of formulation on spray nozzle performance for applications from ground-based boom sprayers. **Crop Protection**, London, v. 19, p. 609-615, 2000.
- MORAES, G. S. **Máquinas para plantio e condução das culturas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. p. 334.
- NASCIMENTO, W. G.; PRADO, I. N.; JOBIM, C. C.; EMILE, J. C.; SURAUULT, F.; HUYGUE, C. Valor alimentício das silagens de milho e de sorgo e sua influência no desempenho de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 5, p. 896-904, 2008.
- NUSSIO, L.G.; MANZANO, R.P. Silagem de milho. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS: ALIMENTAÇÃO SUPLEMENTAR, 7, Piracicaba, 1999. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz", 1999. p.27-46.
- PECHE FILHO, A. Qualidade total na agricultura. In: SIMPÓSIO DE QUALIDADE TOTAL NA AGRICULTURA, 1., 1994, São Paulo. **Anais...** São Paulo: AEASP, 1994. p.19-35.
- PIMENTEL, J.J.O.; COELHO DA SILVA, J.F.; VALADARES FILHO, S.C. Efeito da suplementação protéica no valor nutritivo de silagens de milho e sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.27, n.5, p.1042-1049, 1998.
- SALYANI, M. **Optimization of sprayer output at different volume rates**. St. Joseph: ASAE, 1999. CD ROM. (ASAE Paper n.99-1028).
- 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.13-16.

SERRA, M. E.; CHAIM, A.; RAETANO, C. G.. Pontas de pulverização e eletrificação das gotas na deposição da calda em plantas de crisântemo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília DF., v. 43, n. 4, p. 479-485, 2008.

SIDAHMED, M.M. Analytical comparison of force and energy balance methods for characterizing sprays from hydraulic nozzles. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.41, n.3, p.531-536, 1998.

SILVA, F. R.; CROCOMO, B. W. Dose letal. **Cultivar**, Pelotas, v.9, n. 95, p.24-26, 2007.

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.

TEIXEIRA, M.M. **Influencia del volumen de caldo y de la uniformidad de distribución transversal sobre la eficacia de la pulverización hidráulica**. 310f. Tese (Doutorado em Engenharia Rural) - Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 1997.

TEWARI, V. K.; MURALIKRISHNA, R. V. S.; PANDYA, A. C. **Performance evaluation and computer aided design of valve type hollow cone nozzles**. St. Joseph: ASAE, 1998.15p. (ASAE Paper n.98-1025).

WOMAC, A.R.; GOODWIN, J. C.; HART, W. E. **Comprehensive evaluation of droplet spectra from drift reduction nozzles**. St. Joseph: ASAE, 1997. 47p (ASAE Paper n.97-1069).

ZAGO, C.P. Cultura de sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4, 1991, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1991, p.169-217.

ZHU, H.; DORNER, J. W.; ROWLAND, D. L.; DERKSEN, R. C.; OZKAN, H. E. Spray penetration into peanut canopies with hydraulic nozzle tips. **Biosystems Engineering**, London, v. 87, n. 3, p. 275-283, 2004.