

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**ASSISTÊNCIA DE AR E VOLUMES DE APLICAÇÃO ASSOCIADOS A
PONTAS DE PULVERIZAÇÃO NO CONTROLE DE *Spodoptera*
frugiperda (J. E. Smith, 1797) NA CULTURA DO MILHO**

MARCELO JÚNIOR GIMENES

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Agricultura)

BOTUCATU – SP

Julho – 2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**ASSISTÊNCIA DE AR E VOLUMES DE APLICAÇÃO ASSOCIADOS A
PONTAS DE PULVERIZAÇÃO NO CONTROLE DE *Spodoptera*
frugiperda (J. E. Smith, 1797) NA CULTURA DO MILHO**

MARCELO JÚNIOR GIMENES

Orientador: Prof. Dr. Carlos Gilberto Raetano

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Agricultura)

BOTUCATU – SP

Julho – 2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

G491a Gimenes, Marcelo Júnior, 1984-
Assistência de ar e volumes de aplicação associados a pontas de pulverização no controle de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) na cultura do milho / Marcelo Júnior Gimenes. - Botucatu : [s.n.], 2011
xii, 70 f. : ils., gráfs., tabs., fots. color.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2011
Orientador: Carlos Gilberto Raetano
Inclui bibliografia

1. Manejo fitossanitário. 2. Tecnologia de aplicação. 3. Espaçamento reduzido. 4. *Zea mays*. I. Raetano, Carlos Gilberto. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

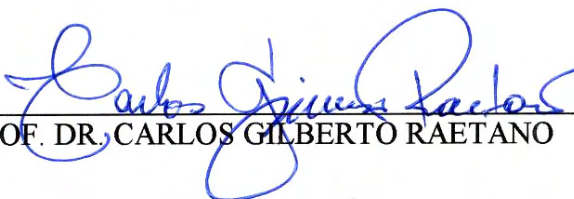
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: ASSISTÊNCIA DE AR E VOLUMES DE APLICAÇÃO ASSOCIADOS A
PONTAS DE PULVERIZAÇÃO NO CONTROLE DE Spodoptera frugi-
perda (J.E.Smith, 1797) NA CULTURA DO MILHO

ALUNO: MARCELO JUNIOR GIMENES

ORIENTADOR: PROF. DR. CARLOS GILBERTO RAETANO

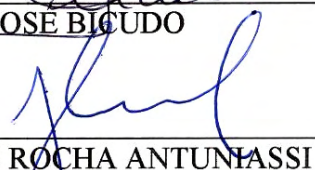
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. CARLOS GILBERTO RAETANO



PROF. DR. SILVIO JOSE BICUDO



PROF. DR. ULISSES ROCHA ANTUNASSI



PROF. DR. MARCELO DA COSTA FERREIRA



PROF. DR. MARCO ANTONIO GANDOLFO

Data da Realização: 22 de julho de 2011.

Aos meus pais,

João Antonio Gimenes e Maria das Graças Liter Gimenes;

E ao meu irmão,

João Antonio Gimenes Júnior...

...À minha tia,

Roseli de Fátima Liter (tia Zu)

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por mais essa graça alcançada e à minha família (João A. Gimenes, Maria das G. L. Gimenes, Roseli de F. Liter e João A. Gimenes Júnior) pelo amor incondicional, paciência, apoio e amparo nas horas mais difíceis e decisivas da minha vida;

À Danielle de Freitas Liberato, por toda dedicação, entusiasmo, companhia e paciência;

À Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista – FCA/UNESP, em especial ao Departamento de Produção Vegetal, pela oportunidade concedida para a realização deste trabalho;

Ao Professor Dr. Carlos Gilberto Raetano pela orientação, amizade, incentivo e contribuição para minha formação profissional;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela bolsa concedida, em nível de Doutorado;

Ao Professor Dr. Ulisses Rocha Antuniassi pela amizade e auxílio durante o Programa de Pós Graduação em Agronomia;

Aos Professores da Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP pelos ensinamentos transmitidos durante o Programa de Pós Graduação em Agronomia;

Aos Professores Dagoberto Martins e Sílvio José Bicudo por terem constituído a banca do exame de qualificação e pela relevância das apreciações emitidas naquela ocasião;

Aos Professores constituintes da banca examinadora pela atenção dispensada na leitura e avaliação desta tese;

Ao Professor Dr. Erdal Ozkan, pertencente à OSU - Ohio State University, pela oportunidade da realização do estágio internacional;

Aos Pesquisadores Dr. Heping Zhu e Dr. Rich Derksen, USDA – United States Department of Agriculture, pela amizade, auxílio e orientação durante o estágio internacional;

Aos amigos, Engenheiros Agrônomos, Mário H. F. A. Dal Pogetto, Evando P. Prado, Rafael S. Christovam, Saulo I. A. Costa, Leandro J. Figueiredo, William Nishimori, Júlio F. F. Almeida, Fernando F. F. Almeida, Denise T. Rezende, Hélio O. Aguiar Jr., Fabrício C. Masiero, Rodolfo G. Chechetto, Fernando K. Carvalho, Emerson F. Cordova, Bruno C. Vieira, Gustavo Mastria e Rodolfo Guitarrari pela amizade, companheirismo e solidariedade;

Ao amigo, Engenheiro Agrônomo, Dr. Rone Batista de Oliveira, pelo companheirismo e incentivo à minha carreira profissional;

Aos amigos de Bandeirantes/PR e de tantos outros lugares no Brasil e no mundo por me receberem tão bem a cada visita e pelos inesquecíveis momentos que passamos juntos, embora que na maioria das vezes por tão pouco tempo;

À Ilanir R. Bocetto (Lana), pela atenção, profissionalismo e eficiência nos serviços prestados junto ao Programa de Pós-graduação em Agronomia – área de concentração Agricultura;

Aos Funcionários e Estagiários do Departamento de Produção Vegetal pela colaboração no planejamento e execução dos trabalhos;

Aos Funcionários e Estagiários da FEPP - Fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção da Faculdade de Ciências Agrônômicas, pertencente ao Câmpus da UNESP - Universidade Estadual Paulista, pela amizade, auxílio e colaboração na execução dos trabalhos;

Àqueles que, embora não mencionados, de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

“Um homem precisa viajar. Por sua conta, não por meio de histórias, imagens, livros ou TV. Precisa viajar por si, com seus olhos e pés, para entender o que é seu. Para um dia plantar as suas próprias árvores e dar-lhes valor. Conhecer o frio para desfrutar o calor. E o oposto. Sentir a distância e o desabrigo para estar bem sob o próprio teto. Um homem precisa viajar para lugares que não conhece para quebrar essa arrogância que nos faz ver o mundo como o imaginamos, e não simplesmente como é ou pode ser. Que nos faz professores e doutores do que não vimos, quando deveríamos ser alunos, e simplesmente ir ver.”

Amyr Klink

SUMÁRIO

	Página
1 RESUMO.....	01
2 ABSTRACT.....	03
3 INTRODUÇÃO.....	05
4 REVISÃO DE LITERATURA.....	07
4.1 Cultura do milho.....	07
4.2 Lagarta-do-cartucho (<i>Spodoptera frugiperda</i>).....	09
4.3 Assistência de ar em barras de pulverização.....	11
4.4 Pontas de pulverização.....	14
4.5 Volume de calda da pulverização.....	17
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
5.1 Experimento 1.....	19
5.2 Experimento 2.....	25
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
6.1 Experimento 1.....	30
6.2 Experimento 2.....	43
7 CONCLUSÕES.....	55
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Dados meteorológicos relativos ao período de condução do experimento 2008/2009.....	24
Tabela 2. Época de ocorrência dos estádios fenológicos da cultura do milho 2009.....	24
Tabela 3. Dados meteorológicos relativos ao período de condução do experimento 2009/2010.....	26
Tabela 4. Época de ocorrência dos estádios fenológicos da cultura do milho 2010.....	29
Tabela 5. Média dos depósitos da pulverização ($\mu\text{L g}^{-1}$ MS) nos estádios de desenvolvimento V_4 e V_{10} da cultura do milho, cultivar 2B 707, com presença e ausência de assistência de ar junto à barra e diferentes pontas de pulverização.....	31
Tabela 6. Eficiência de controle (%) de lagartas-do-cartucho por 7 plantas de milho no estádio de desenvolvimento V_4 , após a aplicação do inseticida Spinosad com diferentes tecnologias.....	32
Tabela 7. Eficiência de controle (%) de lagartas-do-cartucho por 7 plantas de milho no estádio de desenvolvimento V_{10} , após a aplicação do inseticida Spinosad com diferentes tecnologias.....	35
Tabela 8. Valores médios de altura de planta (AP), número de folhas (NF), índice de área foliar (IAF), diâmetro de colmo (DC) e massa de 1000 grãos relacionados à cultura do milho de acordo com as diferentes tecnologias.....	38
Tabela 9. Média dos depósitos da pulverização ($\mu\text{L g}^{-1}$ MS) nos estádios de desenvolvimento V_4 e V_{10} da cultura do milho, cultivar 2B 707, com diferentes volumes (L ha^{-1}) e pontas de pulverização.....	43

Tabela 10.	Eficiência de controle (%) de lagartas-do-cartucho por 7 plantas de milho em diferentes épocas após a aplicação do inseticida Spinosad, no estágio de desenvolvimento V ₄ da cultura do milho, com diferentes volumes e pontas de pulverização.....	45
Tabela 11.	Eficiência de controle (%) de lagartas-do-cartucho por 7 plantas de milho, aos 15 dias após a aplicação do inseticida Spinosad, no estágio de desenvolvimento V ₁₀ da cultura do milho com diferentes volumes e pontas de pulverização.....	47
Tabela 12.	Valores médios de altura de planta (AP), número de folhas (NF), índice de área foliar (IAF), diâmetro de colmo (DC) e massa de 1000 grãos relacionados à cultura do milho com diferentes volumes e pontas de pulverização.....	51

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Vista geral da área experimental pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas, da Universidade Estadual Paulista.....	20
Figura 2. Pulverização com o equipamento Advanced Vortex 2000 do marcador corante alimentício Azul Brilhante (FD&C n° 1) adicionado à calda.....	23
Figura 3. Deposição da calda de pulverização em plantas de milho, utilizando o corante alimentício Azul Brilhante (FD&C n° 1).....	27
Figura 4. Número de lagartas-do-cartucho por 7 plantas de milho no estágio de desenvolvimento V ₄ , aos 15 dias após a aplicação do inseticida Spinosad com diferentes tecnologias.....	34
Figura 5. Número de lagartas-do-cartucho por 7 plantas de milho no estágio de desenvolvimento V ₁₀ , aos 15 dias após a aplicação do inseticida Spinosad com diferentes tecnologias.....	36
Figura 6. Frequência de notas de dano de <i>Spodoptera frugiperda</i> na cultura do milho no estágio de desenvolvimento V ₁₀ , aos 15 dias após a aplicação do inseticida Spinosad: (a) 100% assist. de ar + AXI 11002; (b) 100% assist. de ar + JA 2; (c) 0% assist. de ar + AXI 11002; (d) 0% assist. de ar + JA 2; (e) tratamento testemunha.....	37
Figura 7. Valores médios de produtividade (t ha ⁻¹) da cultura do milho em função das diferentes tecnologias.....	41
Figura 8. Relação da produtividade (t ha ⁻¹) da cultura do milho com a eficiência de controle (%) da lagarta-do-cartucho aos 15 dias após a aplicação do inseticida Spinosad, no estágio de desenvolvimento V ₁₀ da cultura.....	42
Figura 9. Número de lagartas-do-cartucho por 7 plantas de milho, aos 15 dias após a aplicação do inseticida Spinosad, no estágio de desenvolvimento V ₄ da cultura do milho, com diferentes volumes e pontas de pulverização.....	46

Figura 10.	Número de lagartas-do-cartucho por 7 plantas de milho, aos 15 dias após a aplicação do inseticida Spinosad, no estágio de desenvolvimento V_{10} da cultura do milho com diferentes volumes e pontas de pulverização.....	49
Figura 11.	Frequência das notas de dano de <i>Spodoptera frugiperda</i> na cultura do milho, aos 15 dias após a aplicação do inseticida Spinosad, no estágio de desenvolvimento V_{10} da cultura do milho: (a) $100 \text{ L ha}^{-1} + \text{AXI 11002}$; (b) $100 \text{ L ha}^{-1} + \text{AVI 11002}$; (c) $200 \text{ L ha}^{-1} + \text{AXI 11002}$; (d) $200 \text{ L ha}^{-1} + \text{AVI 11002}$; (e) tratamento testemunha.....	50
Figura 12.	Valores médios de produtividade (t ha^{-1}) da cultura do milho com diferentes volumes e pontas de pulverização.....	53
Figura 13.	Relação da produtividade (t ha^{-1}) da cultura do milho com a eficiência de controle (%) da lagarta-do-cartucho aos 15 dias após a aplicação do inseticida Spinosad, no estágio de desenvolvimento V_{10} da cultura.....	54

1 RESUMO

A alta demanda por produtos fitossanitários nos sistemas de produção, aliada ao possível uso inadequado, torna a tecnologia de aplicação uma das principais alternativas para otimizar a eficiência desses produtos em pulverizações agrícolas. Nesse contexto, o trabalho objetivou avaliar o desempenho da assistência de ar junto à barra, diferentes tipos de pontas, bem como volumes de calda sobre os depósitos da pulverização, controle da lagarta-do-cartucho e desempenho da cultura do milho conduzido em sistema adensado de semeadura. Dois experimentos foram conduzidos na área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção (FEPP) da Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Câmpus de Botucatu/SP. Um experimento foi instalado durante o ano agrícola de 2008/2009, no delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial ($2 \times 2 + 1$), com quatro repetições. Foram avaliadas duas pontas de pulverização (ponta de jato plano e ponta de jato cônico vazio) combinadas com dois níveis de assistência de ar junto à barra de pulverização (com e sem assistência de ar), além de um tratamento testemunha. O outro experimento foi realizado no ano agrícola de 2009/2010, na mesma área experimental e sob o mesmo delineamento que o experimento anterior. Utilizou-se, neste caso, duas pontas de pulverização de jato plano (com e sem indução de ar) combinadas a dois volumes de pulverização (100 e 200 L ha^{-1}), além de um tratamento testemunha. Nas pulverizações de ambos os experimentos, foi utilizado o inseticida Spinosad na dosagem de $48 \text{ g i. a. ha}^{-1}$. A assistência de ar junto à barra de pulverização

incrementou os depósitos da pulverização no estágio de desenvolvimento V₄ da cultura do milho. Ainda, o uso dessa tecnologia proporcionou maiores eficiências de controle da lagarta-do-cartucho, chegando ao nível de 100% com 15 dias após a aplicação, no estágio de desenvolvimento V₁₀ das plantas de milho. A ponta de jato plano, combinada à assistência de ar, foi mais efetiva no controle da lagarta-do-cartucho no estágio de desenvolvimento (V₄), apesar da ponta de jato cônico aumentar os níveis dos depósitos nas plantas. O aumento do volume de calda resultou em maiores depósitos da pulverização sobre as plantas e, conseqüentemente, o volume maior de calda (200 L ha⁻¹) foi mais eficiente no controle da lagarta-do-cartucho. Não houve influência das pontas de pulverização de jato plano com e sem indução de ar nos níveis dos depósitos da pulverização no estágio de desenvolvimento V₁₀ das plantas de milho. Porém, a ponta de pulverização de jato plano com indução de ar foi mais eficiente no controle da lagarta-do-cartucho. Todas as tecnologias empregadas no trabalho resultaram em menores danos às plantas pela lagarta-do-cartucho em relação à testemunha. A pulverização do inseticida com diferentes tecnologias não interferiu nos parâmetros da altura de plantas e índice de área foliar. A produtividade da cultura do milho é diretamente proporcional à eficiência de controle da lagarta-do-cartucho.

Palavras – chave: Tecnologia de aplicação, manejo fitossanitário, espaçamento reduzido, *Zea mays*.

AIR-ASSISTANCE AND SPRAY VOLUMES ASSOCIATED WITH NOZZLES ON *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) MANAGEMENT IN CORN CROP.
Botucatu, 2011, 70p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Author: MARCELO JÚNIOR GIMENES

Advisor: CARLOS GILBERTO RAETANO

2 ABSTRACT

The high pesticides demand in production systems, coupled with the possible inappropriate use, becomes the application technology one of the main alternatives to optimize the products efficiency in agricultural spraying. In this context, the study aimed to evaluate the performance of air assistance in spray boom, different kinds of nozzles, as well as spray volume on spray deposits, fall armyworm control and crop corn performance in narrow row sowing system. Two experiments were carried out at experimental area of Teaching, Research and Production Farm (TRPF) from Faculty of Agricultural Sciences, UNESP, Campus of Botucatu/SP, Brazil. One experiment was conducted during the 2008/2009 agricultural season, in randomized blocks with factorial scheme (2x2 +1), with four replications. They were tested two spray nozzles (flat fan nozzle and hollow cone nozzle) combined with two air assistance

levels in the spray boom (with and without air assistance) and a control treatment. The other experiment was carried out in the 2009/2010 agricultural season, in the same experimental area, using the experimental design as the previous experiment. In this case, they were tested two flat fan nozzles (with and without air induction), combined with two spray volumes (100 and 200 L ha⁻¹), plus a control treatment. In both experiments spraying, Spinosad insecticide was sprayed with amount of 48 g a. i. ha⁻¹. The air assistance in the spray boom increased the spray deposits in V₄ growth stage of corn plants. Moreover, the application of this technology showed higher efficiency on fall armyworm control, reaching the level of 100% at 15 days after spraying, in the V₁₀ growth stage of corn plants. The hollow cone nozzle increased the spray deposits level on corn plants when compared with flat fan nozzles, in the growth stage V₄. However, the flat fan nozzle, combined with air assistance technology, was more effective on fall armyworm control in the same growth stage (V₄). The highest spray volume showed higher spray deposits and, consequently, higher spray volume (200 L ha⁻¹) provided greater fall armyworm control efficiency. There was no influence of flat fan nozzles with and without air induction on spray deposits in growth stage V₁₀ of corn plants, even though the flat fan nozzle with air induction was more efficient in the fall armyworm control. All the technologies tested in the study showed lower plant damage by fall armyworm. The insecticides sprayed with different technologies did not affect the parameters of plant height and leaf area index. The crop corn productivity have directly relation with control efficiency of fall armyworm.

Keywords: Application technology, phytosanitary management, narrow row system, *Zea mays*.

3 INTRODUÇÃO

O milho é uma das principais culturas agrícolas do Brasil e do mundo. A importância econômica deste cereal é caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, desde o aspecto quantitativo, pelas altas produtividades, como também relacionada ao aspecto estratégico, por ser a base da alimentação animal e, conseqüentemente, humana.

Pode-se potencializar a produtividade de grãos do milho maximizando a eficiência fotossintética. Esta pode ser conseguida pela melhoria da interceptação da radiação disponível pelas folhas das plantas. Nesse sentido, o adensamento proporcionado pela redução do espaçamento entre as linhas de semeadura é uma prática que visa a otimização da radiação incidente numa determinada área, objetivando maiores produtividades.

O sistema de produção adotado para o milho é dependente do uso de produtos fitossanitários, que atuam como importante componente no manejo da cultura, principalmente em razão do ambiente favorável à ocorrência de pragas, doenças e plantas daninhas, que interferem no crescimento, desenvolvimento e produtividade do cereal. Dentre os principais fatores que afetam o desempenho econômico da cultura do milho, destaca-se a lagarta-do-cartucho. Porém, pouco se conhece da influência do sistema adensado de cultivo sobre o manejo deste inseto-praga na cultura do milho.

O uso de novas tecnologias de aplicação de agrotóxicos é uma ferramenta de extrema importância à disposição do produtor. Viana et al. (2010) afirmam que

a interferência dos produtos fitossanitários no custo da produção agrícola, aliado à crescente preocupação ambiental, têm obrigado ao aperfeiçoamento de técnicas para a sua aplicação. Quando utilizadas de maneira correta, essas técnicas propiciam condições para o bom desempenho dos produtos aplicados, com possibilidades de reduzir custos, além de promover maior segurança ao aplicador e ao ambiente. Considerando que a maioria dos produtos fitossanitários são aplicados sob a forma de pulverizações, muitos investimentos vêm sendo direcionados ao desenvolvimento de tecnologias específicas para tal.

A assistência de ar em pulverizadores de barra contribui para a redução da deriva, aumento dos depósitos e da cobertura da pulverização na superfície inferior das folhas, melhoria da penetração das gotas no dossel, além de possibilitar a redução da quantidade dos produtos e volumes de aplicação (BAUER e RAETANO, 2000). Entretanto, as vantagens dessa técnica de aplicação dependem não somente do tamanho das gotas da pulverização, mas também do tipo de cobertura vegetal, da velocidade e volume de ar gerado pelo equipamento.

As pontas de pulverização têm sido objeto de vários estudos, visando maior homogeneização na distribuição do volume aplicado e menores perdas. Dessa maneira, é grande a diversidade de pontas encontradas no mercado e, cada uma delas, têm uma especificidade peculiar, buscando atender as necessidades do produto aplicado, do alvo desejado e das condições da pulverização.

Outro fator a ser considerado em relação à tecnologia empregada em pulverizações refere-se ao volume de calda. Esta variável é diretamente relacionada com a finalidade da aplicação, tamanho das gotas e pressão de trabalho. Reduções nos volumes da pulverização, sem perdas na qualidade da distribuição dos depósitos das gotas, podem trazer ganhos na eficiência de controle e reduções dos custos operacionais, evitando o desperdício d'água que, normalmente, é acentuado na agricultura.

Frente a essa realidade, os objetivos do trabalho foram avaliar o desempenho da assistência de ar junto à barra de pulverização, diferentes tipos de pontas, bem como volumes de calda na deposição da pulverização, controle da lagarta-do-cartucho e desempenho da cultura do milho em sistema adensado de semeadura, visando alcançar a máxima eficiência dos produtos fitossanitários e a redução da contaminação do ambiente.

4 - REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Cultura do milho

O milho é considerado uma das mais importantes plantas cultivadas comercialmente no mundo, com origem no continente americano, provavelmente na América Central ou Sudoeste dos Estados Unidos da América do Norte (CRUZ et al., 2008). No Brasil, a importância econômica da cultura é baseada principalmente na destinação à alimentação animal, notadamente suinocultura e avicultura de corte (60 a 80% do milho produzido), tendo ainda significativa relevância social, por se tratar da principal fonte de energia para boa parte da população do Nordeste brasileiro, na região do semi-árido (DUARTE, 2005).

Nos últimos dez anos, a área cultivada com milho no Brasil praticamente se manteve estável, com aproximadamente 13,47 milhões de hectares em 2011 (27% da área total ocupada com lavouras agrícolas), sendo menor apenas que a área cultivada com soja. A produtividade média obteve acréscimo na ordem de 10%, chegando a 4,15 t ha⁻¹, fazendo com que a produção aumentasse significativamente, atingindo o patamar de 56 milhões de toneladas de grãos (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2011).

O milho é uma planta de ciclo vegetativo anual, com período de duração bastante variado, evidenciando desde cultivares extremamente precoces, cuja polinização pode ocorrer 30 dias após a emergência, até mesmo aquelas variedades cujo ciclo

vital pode alcançar 300 dias (SUWA et al. 2010). Contudo, nas condições brasileiras, a cultura do milho apresenta ciclo variável entre 110 e 180 dias, em função da caracterização dos cultivares (super-precoces, precoces e tardios) quanto ao período compreendido entre a semeadura e a colheita dos grãos (FANCELLI e DOURADO NETO, 2003).

A produtividade média do milho no Brasil é uma das menores do mundo (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2009). Isso ocorre devido ao grande número de pequenos produtores que cultivam este cereal, uma vez que mais da metade do milho produzido no país é oriundo de lavouras com áreas inferiores a 10 ha (VIANNA et al., 2007). Nessas plantações, o uso de novas tecnologias no processo de produção é geralmente baixo, sobretudo no que se refere à qualidade e época das operações, sementes, fertilizantes e manejo fitossanitário.

A eficiência fotossintética de uma cultura agrícola depende da taxa de fotossíntese por unidade de área foliar, sendo que em condições de ausência de estresses bióticos ou abióticos, a superfície foliar (densidade de folhas) de uma planta é a base da produtividade potencial da cultura (HAMMER et al., 2009). Assim, a produtividade de grãos de milho pode ser incrementada maximizando a interceptação da radiação solar disponível na área, a qual, entre outros aspectos, é influenciada pelas características da arquitetura e densidade das folhas (TAIZ e ZEIGER, 2009). Do total de radiação que chega na superfície do dossel da cultura, parte é refletida, parte é absorvida e parte é transmitida, atingindo o solo com diferentes níveis energéticos, que variam conforme a estrutura da planta (CRUZ et al., 2008). A atenuação da radiação em uma comunidade de plantas de milho depende da densidade de folhas, do arranjo das folhas no dossel e da arquitetura, que determina a inclinação das folhas em relação à radiação solar incidente. Segundo Stewart et al. (2003), esses fatores, em conjunto, exercem grande influência na produtividade da cultura.

Nesse sentido, a otimização da radiação incidente na área pela superfície foliar se dá por meio da alteração no arranjo das plantas (USDA, 2010). Para a cultura do milho, pode-se prever um aumento da interceptação da luz quando se decresce o espaçamento entre as linhas de semeadura (SANGOI et al., 2002; BORRÁS et al., 2003; MARCHÃO et al., 2005), onde, na maioria dos casos, promove incrementos na produtividade do cereal (STRIEDER et al., 2007). Este aumento na produção, resultante da utilização de menores espaçamentos, é consequência da melhor distribuição de plantas na área, que atenua a

competição intra-específica, a qual pode ser prejudicial quando a densidade de plantas é excessivamente alta ou quando há limitação de recursos como água, luz e nutrientes (TAIZ e ZEIGER, 2004). Diversos trabalhos têm demonstrado que os híbridos de milho modernos são cultivados com menores espaçamentos entre linhas (SANGOI et al., 2002; CARGNELUTTI FILHO e STORCK, 2004; TOKATLIDIS e KOUTROUBAS, 2004) que, aliado à boa qualidade dos fertilizantes, surgimento de novos produtos, adoção de sistemas sustentáveis de cultivo e desenvolvimento de novas tecnologias de aplicação, visam o melhor aproveitamento do ambiente pelas plantas. Taiz e Zeiger (2009) relatam que o melhoramento genético têm procurado obter plantas de milho com determinadas características como porte menor das plantas e folhas mais eretas que tornariam possível a semeadura mais densa, com conseqüente incremento na produtividade dos grãos.

É importante destacar, ainda, que a cultura do milho está sujeita a uma série de fatores do ambiente que, direta ou indiretamente, influenciam seu crescimento, desenvolvimento e produtividade econômica. Esses fatores, denominados ecológicos, podem ser de natureza biótica ou abiótica (GIMENES et al., 2010). Assim sendo, dentre os fatores bióticos responsáveis pela redução da produtividade do milho, encontra-se a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), a qual pode afetar o desenvolvimento e produção econômica, em decorrência da interferência negativa imposta pelos altos índices de infestação.

4.2 Lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*)

Recentes levantamentos de produção reiteram que o milho vêm sendo cultivado de modo intensivo e em diferentes épocas do ano no Brasil (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2011). Assim, a produção de milho é contabilizada em duas grandes safras durante o ano agrícola (1ª e 2ª safras), além do cultivo de inverno em regiões com infra-estrutura de irrigação. A conseqüência da prática destas crescentes semeaduras é a existência de plantas em diferentes estádios de desenvolvimento fenológico durante grande parte do ano agrícola (SILVA et al., 2010).

Assim, insetos-praga como *S. frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE), considerada a principal praga da cultura do milho, podem encontrar facilmente plantas de milho à serem exploradas, proveniente de uma ponte biológica

criada pelas semeaduras sucessivas da cultura (CRUZ, 2000). Nos últimos anos, foram verificadas grandes infestações da lagarta-do-cartucho (*S. frugiperda*) na cultura do milho (MOREIRA e ARAGÃO, 2009), provavelmente devido à rotação e/ou sucessão do cereal com culturas como sorgo, trigo e arroz, pois trata-se de uma espécie polífaga, alimentando-se de até 23 famílias de espécies vegetais, principalmente gramíneas (Poaceae), conforme relato de Waquil (2006). Além disso, o inseto-praga pode se alimentar e reproduzir durante a entressafra em plantas que germinam espontaneamente, como *Digitaria horizontalis* e *Brachiaria plantaginea* (SANTIAGO et al., 2008).

A lagarta-do-cartucho do milho apresenta períodos para a fase larval e pupal de 20 a 30 dias e de 10 a 12 dias, respectivamente, com uma postura média das mariposas de 100 a 150 ovos, na face superior das folhas. Devido ao canibalismo, é comum encontrar apenas uma lagarta desenvolvida por cartucho, podendo observar lagartas de ínstares diferentes num mesmo cartucho, separadas pelas lâminas das folhas (GALLO et al., 2002).

A interferência na cultura do milho pode ocorrer desde a fase de plântula até as fases de pendoamento e espigamento das plantas. Quando jovens, as lagartas-do-cartucho raspam o limbo foliar, causando o sintoma “folhas raspadas” e, em estádios mais desenvolvidos, atacam todas as folhas centrais da região do cartucho, chegando a destruí-las totalmente (VALICENTE et al., 2004). A maior atividade de alimentação ocorre quando as lagartas encontram-se no 5º e 6º ínstares, com respectivos 56 e 77% de área foliar consumida em relação a todo o estágio larval (CRUZ et al., 1999). Como a principal interferência desses insetos-praga no milho se deve aos grandes desfolhamentos, podem causar reduções na produtividade da cultura de 35 a 40% no Brasil (SARMENTO et al., 2003).

Azevedo et al. (2004) citam que há evidências de recuperação, pelas plantas, dos danos causados pela lagarta-do-cartucho quando a infestação ocorre depois dos 30 dias da semeadura do milho. Além disso, Costa et al. (2005) complementam que a ocorrência de infestações em estádios de desenvolvimento mais avançados das plantas há diminuição dos prejuízos, ou seja, quanto mais tardio ocorrer o ataque, maior é a capacidade das plantas de milho manifestarem algum tipo de resistência ao dano. Costa et al. (2004) realizaram um trabalho com objetivo de determinar o nível de dano e controle econômico através da infestação artificial de *S. frugiperda* na cultura do milho em diferentes épocas de

desenvolvimento das plantas. Os autores verificaram que o estágio V₄ foi o mais susceptível aos danos do inseto-praga, enquanto que os estádios V₈ e V₁₂ foram os mais tolerantes.

Os prejuízos da lagarta-do-cartucho à cultura do milho não estão relacionados com a ausência de tratamento fitossanitário, pois o número de aplicações dos agrotóxicos têm aumentado ao longo dos anos (LIMA et al., 2008). No entanto, há preocupação com o aumento da ocorrência de populações resistentes aos produtos fitossanitários, bem como a diminuição da diversidade dos inimigos naturais, agentes de controle biológico, em consequência do uso inadequado dos inseticidas (CRUZ et al., 2002).

Vários inseticidas são utilizados, via aplicações foliares, no controle de *S. frugiperda* na cultura do milho, por ser uma medida de ação rápida e eficaz (TOMQUELSKI e MARTINS, 2007; LIMA et al., 2010). Dentre os fatores que podem interferir de forma negativa na eficiência dos inseticidas sobre *S. frugiperda* em milho estão o controle tardio e métodos inadequados de pulverização (FIGUEIREDO et al., 2006). Segundo Cunha et al. (2008), o sucesso do controle químico está mais relacionado com a deposição do ingrediente ativo sobre os alvos biológicos do que o estágio de desenvolvimento das plantas.

Uma das formas de se obter maior deposição do ingrediente ativo sobre alvos biológicos é a seleção correta das pontas de pulverização. Estas pontas afetam diretamente a eficiência do processo de aplicação dos produtos químicos (NUYTTENS et al., 2007). Outra variável importante na aplicação de inseticidas é o volume de calda, sendo que atualmente, existe a tendência de reduzir os volumes de aplicação com o intuito de aumentar a capacidade operacional dos pulverizadores e reduzir os custos da operação (BOLLER e MACHRY, 2007). Contudo, a redução do volume requer o aperfeiçoamento das tecnologias para assegurar a manutenção da eficiência nas aplicações.

4.3 Assistência de ar em barras de pulverização

O uso da assistência de ar nos equipamentos de aplicação dos produtos fitossanitários surgiu como ferramenta para aprimorar a qualidade da pulverização como melhoria na distribuição e penetração da calda nos respectivos alvos, visando manter o potencial produtivo, reduzindo a deriva e a quantidade dos produtos químicos (RAETANO e MERLIN, 2006; CHRISTOVAM et al., 2010b).

Os pulverizadores com assistência de ar junto à barra podem ser acoplados ao sistema hidráulico do trator (tanques de menor capacidade), de arrasto ou automotriz. Estes pulverizadores possuem um ou dois ventiladores, geralmente axiais, posicionados próximos à seção central da barra de pulverização, que distribuem um grande volume de ar em dutos inflados montado acima da barra e bicos (MATTHEWS, 2000). O ar gerado por um ou mais ventiladores muda em 90° a trajetória para ser distribuído na parte inferior do duto, através de aberturas retangulares. No entanto, com o aumento da distância do ventilador à extremidade da barra torna-se necessário a diminuição na seção do duto para compensar a perda na velocidade do ar. Então, o ar é forçado a sair pelas aberturas sob forma de “cortina de ar”. A velocidade do ar gerado pode variar de acordo com a rotação do ventilador e, no geral, não segue uma relação linear. Ao longo da barra também podem ocorrer variações da velocidade do ar, principalmente nas extremidades em relação à seção central da barra de pulverização (RAETANO, 2004).

Nos equipamentos dotados de assistência de ar, a dinâmica das gotas da pulverização com a barra em movimento difere do sistema convencional (sem ar). Após a saída do líquido pelo orifício das pontas de pulverização, 50 a 70% da energia originada da pressurização é perdida. A energia remanescente fica sob forma de movimento e, portanto, denominada de momento (quantidade de movimento). A redução do momento deve-se principalmente à resistência do ar devido a queda gradual das gotas no ambiente. Gotas com menor momento estão mais propensas à deriva. Assim, ao mudarem sua trajetória, são levadas por correntes de ar ascendente atrás do bico, formando um vórtice. A corrente de ar induzida descendente gera uma queda de pressão ao redor do bico, a qual é restabelecida pelo ar proveniente da frente do bico, oriundos da movimentação da barra no sentido do deslocamento do pulverizador (JORGENSEN e WITT, 2000).

Viganó e Raetano (2007) relataram que o efeito da assistência de ar junto à barra de pulverização, combinada a três volumes de calda (100, 200 e 300 L ha⁻¹) na deposição da calda de pulverização, proporcionaram depósitos similares quando comparados aos obtidos com a ausência da assistência de ar, para os diferentes volumes. Isto possivelmente se deve ao fato do melhor aproveitamento das gotas com menor diâmetro, as quais foram captadas por alvos predominantemente verticais quando pulverizados com 100 L ha⁻¹ sem a assistência de ar junto à barra pulverizadora.

A seleção da velocidade e volume de ar em pulverizações deve estar relacionada com o estágio de desenvolvimento da cultura pois, quanto maior o índice de área foliar, menores são as perdas das gotas por deflexão do ar pela superfície do solo. Já para pulverizações em solo descoberto, não se recomenda o uso dessa tecnologia, principalmente pelo aumento da deriva decorrente desse processo físico (deflexão), gerado pela ausência da vegetação. A contaminação do solo cultivado com cereais pode ser reduzida em aproximadamente 50% ao utilizar a velocidade adequada do ar gerado pelo ventilador, em pulverizador dotado de assistência de ar na barra, em relação a aplicação convencional (sem ar), conforme citado por Scudeler e Raetano (2006).

A influência de diferentes velocidades do ar em barras pulverizadoras foi estudada por Christovam et al. (2010a). Constatou-se incremento de 50% nos depósitos da superfície adaxial nos folíolos do baixeiro quando a pulverização foi realizada com a velocidade máxima do ar. Raetano e Bauer (2003) também avaliaram o efeito da variação da velocidade do ar (50, 75 e 100% da capacidade máxima de rotação do ventilador) em barra de pulverização na deposição de produtos fitossanitários na cultura do feijoeiro. A variação da velocidade do ar não influenciou os níveis de depósitos na cultura, mas o uso da assistência de ar, operada em plena capacidade do ventilador, resultou no aumento dos depósitos na superfície abaxial dos folíolos posicionados na parte baixa das plantas quando comparado sem a assistência de ar. Resultados similares foram encontrados por Prado et al. (2010), onde os autores verificaram maiores níveis de depósitos em folíolos de soja com a presença da assistência de ar junto à barra de pulverização.

Uma das principais características relacionada ao uso da assistência de ar em barras de pulverização é a redução das perdas de pulverização dos produtos fitossanitários por deriva. Gotas finas propiciam maiores cobertura nas plantas, especialmente em monocotiledôneas, porém estão mais susceptíveis à deriva. Dessa forma, a assistência de ar possibilita o uso das gotas finas com maior eficiência, reduzindo a deriva e gerando maiores depósitos sobre o alvo, além de possibilitar maior penetração dessas gotas em culturas mais enfolhadas (LEONARD et al., 2000). Ao contrário de resultados obtidos com gotas de menor diâmetro, as gotas grossas proporcionam depósitos significativamente menores em superfícies verticais (monocotiledôneas), especialmente nos estádios iniciais de desenvolvimento, com

perdas para o solo inversamente proporcional ao tamanho dos alvos (JORGENSEN e WITT, 2000).

4.4 Pontas de pulverização

Avanços relacionados com tecnologias de aplicação têm sido direcionados para uma melhor condução da calda de pulverização ao alvo, proporcionando reduções sensíveis nas perdas por deriva (VIANA et al., 2010). Isto contribui para o aumento da eficiência dos produtos aplicados, além de reduzir os riscos de contaminações ambientais.

De acordo com Ozkan (2001), a ponta de pulverização é a parte constituinte de maior influência na qualidade das pulverizações, com a função de determinar a vazão necessária, possibilitar a uniformidade da deposição do produto no alvo e estabelecer o espectro adequado de gotas do jato. Estas características afetam diretamente a eficiência do processo de aplicação dos produtos fitossanitários (NUYTTENS et al., 2007).

Existem vários modelos de pontas de pulverização disponíveis no mercado e cada uma delas produzem um espectro de gotas diferente, bem como faixas e padrões diferentes de deposição. Portanto, é importante a seleção da ponta mais adequada para o trabalho a ser realizado (MATUO et al., 2002). Cada tipo de ponta apresenta algumas características peculiares que as diferencia entre si. O tipo e tamanho mais adequados são selecionados em função do produto fitossanitário a ser aplicado, das características do alvo a ser tratado, da pressão de trabalho e do volume de calda necessário. Os principais modelos de pontas de pulverização são aquelas de jato plano e jato cônico.

As pontas de pulverização de jato plano produzem o jato de gotas praticamente em um só plano. Normalmente trabalham com pressões menores que as pontas de jato cônico, com diâmetro de gotas relativamente maior (SPRAYING SYSTEMS Co., 1999). O uso dessas pontas é associado à aplicação de herbicidas, uma vez que as gotas geradas são menos propensas à deriva quando comparado às pontas de jato cônico (ANDEF, 2004). No entanto, pontas de jato plano também podem ser utilizadas na aplicação de inseticidas e fungicidas via solo ou foliares, já que para seleção da ponta, deve-se considerar todos os fatores que englobam a pulverização, como vazão, distribuição e tamanho das gotas, além das condições ambientais (MATUO et al., 2002).

Com relação as pontas de pulverização de jato cônico, estas são tipicamente compostas por dois componentes denominados de ponta (ou disco) e núcleo (difusor, cone, caracol ou espiral). São freqüentemente disponíveis como peças separadas, mas também podem ser encontradas incorporadas em uma única peça. O núcleo possui um ou mais orifícios em ângulo, que fazem com que o líquido adquira movimento circular ou espiral. Após adquirir esse movimento, o líquido passa através do orifício circular do disco e então se abre em formato de cone. Uma grande variedade de taxas de fluxo, ângulos de aspersão e tamanhos de gotas podem ser obtidos por meio de combinações entre o tamanho do orifício do disco, número e tamanho dos orifícios do núcleo, tamanho da câmara formada entre o disco e o núcleo e a pressão de trabalho (SPRAYING SYSTEMS Co., 1999).

As pontas de jato cônico podem ser de dois tipos: jato cônico vazio e jato cônico cheio. A deposição das gotas por pontas de pulverização de jato cônico vazio concentra-se somente na periferia do cone e, no centro, praticamente não há gotas. No cônico cheio, o núcleo possui também um orifício central que preenche com gotas o centro do cone, proporcionando um perfil de deposição mais uniforme (AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS, 2000). Esse tipo de ponta (jato cônico) é indicada para pulverização de alvos irregulares ou tridimensionais, como o dossel da cultura por exemplo, pois as gotas se aproximam do alvo em diferentes ângulos proporcionando melhor cobertura das superfícies (ANDEF, 2004).

Para uma mesma ponta de pulverização, o tamanho das gotas diminui a medida que a pressão de trabalho aumenta, e que para uma mesma pressão e tipo de ponta, o tamanho das gotas aumenta com o diâmetro de abertura da ponta (por exemplo, numa determinada pressão, uma ponta com vazão de $0,2 \text{ L min}^{-1}$ produzirá gotas menores que outra ponta de mesmo modelo com vazão de $0,4 \text{ L min}^{-1}$) (GULER et al., 2007). Normalmente, os fabricantes de pontas possuem catálogos que informam a classificação do espectro de gotas gerado pelas pontas (muito fina, fina, média, grossa, muito grossa), nas diferentes pressões recomendadas, permitindo a avaliação preliminar do risco de perdas por deriva e evaporação (FREITAS et al., 2005).

Com a necessidade de evitar a contaminação ambiental pela deriva das pulverizações, os fabricantes de pontas têm lançado no mercado modelos com significativo potencial antideriva denominadas pontas de pulverização com indução de ar, as quais

produzem gotas de categorias mais grossas do que as pontas convencionais similares. Essas pontas utilizam o princípio Venturi para introduzir ar ao líquido, tendo como resultado a formação de gotas de maior diâmetro, as quais normalmente apresentam baixo risco de deriva (MILLER e BUTLER-ELLIS, 2002). O diâmetro do orifício de entrada do líquido na ponta controla o fluxo e o diâmetro do orifício de saída do líquido da ponta controla o tamanho das gotas (BUTLER-ELLIS et al., 2001). No entanto, Derksen et al. (2007) alertam para a existência de grandes variações nas características do jato produzido por diferentes modelos de pontas que utilizam o princípio Venturi, devido aos diferentes formatos do sistema de indução de ar.

A elucidação do desempenho das pontas de pulverização, tanto quantitativamente quanto qualitativamente, na deposição de calda sobre um determinado alvo é de grande importância para o entendimento de aspectos inerentes à tecnologia de aplicação de agrotóxicos. Antuniassi et al. (2004) avaliaram quatro pontas de pulverização com diferentes características quanto ao tamanho de gotas e formato do jato da pulverização, caracterizando a distribuição da calda em folhas de soja e a porcentagem de cobertura, com auxílio de um marcador fluorescente. Foram utilizadas as pontas TX-VK6 e VK8 (cone vazio), XR 11002 e 11003 (jato plano), TJ60 11002 e 11003 (jato plano duplo) e AI 11002 e 11003 (jato plano com indução de ar), combinadas a volumes de calda de 100 e 150 L ha⁻¹, respectivamente. Os resultados evidenciaram que a cobertura da pulverização nas folhas foi influenciada significativamente pela posição de amostragem, com valores decrescentes para as partes mais baixas da planta. As gotas muito finas e finas propiciaram melhores coberturas nas partes média e baixa das plantas.

As pontas de jato cônico vazio proporcionam maior densidade de gotas depositadas sobre o alvo quando comparadas a pontas de jato plano, para um mesmo volume de aplicação. No entanto, as gotas produzidas (finas) geram maiores riscos de contaminação ambiental em função da deriva e, por isso, deve-se buscar alternativas que minimizem tal problema.

Na comparação entre pontas de pulverização de jato plano e jato cônico na eficiência de controle da lagarta-do-cartucho na cultura do milho, Silva (1999) constatou maiores eficiências na utilização da ponta de pulverização de jato plano XR 8004

em comparação à ponta de jato cônico JA 2. Os autores apontaram a diferença no diâmetro das gotas como o principal fator responsável pelo resultado obtido.

Em trabalho realizado por Zhu et al. (2004), onde foi estudada a distribuição da pulverização proporcionada por diferentes pontas na cultura do milho, os autores ressaltaram o potencial das pontas de indução de ar quanto à cobertura do alvo. Nesse trabalho, as pontas de 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 sua vez, têm maior facilidade de alcançar o alvo, principalmente na parte inferior das culturas. Além disso, o fato das gotas possuírem ar no interior, faz com que ocorra um impacto diferenciado no alvo, resultando em maior cobertura. Contudo, esse processo do contato das gotas geradas por pontas de indução de ar com os alvos ainda é pouco conhecido e estudado.

4.5 Volume de calda da pulverização

O sucesso do controle químico na agricultura depende de produtos eficazes, equipamentos e tecnologias adequadas e condições ambientais favoráveis. O volume de calda a ser utilizado em uma pulverização depende do modo de ação e formulação do produto fitossanitário, do tipo e grau de desenvolvimento do alvo, condições meteorológicas no momento da aplicação e do equipamento aplicador (GADANHA JR. e ZAIDAN 2004). Atualmente, existe a tendência de redução do volume aplicado, o que resulta em menor transporte de água ao campo, proporcionando diminuição no custo da aplicação e aumento da capacidade operacional dos equipamentos (BOLLER e MACHRY, 2007). Isto se deve, em grande parte, às tecnologias aplicadas em pulverizações, que otimizam o transporte da calda pulverizada até os alvos com menor quantidade de água (THEISEN e RUEDELL, 2004). Porém, como a água é o veículo de transporte que leva o produto fitossanitário ao alvo, tornam-se necessários estudos para determinar a quantidade mínima que não afetaria a qualidade da pulverização e não comprometeria a eficiência dos tratamentos.

Tomazela (2001) testando os volumes de 50, 100, 200, 300, 400, 500, 750 e 1000 L ha⁻¹, cita que os melhores depósitos de calda em *B. plantaginea* foram obtidos com os menores volumes de aplicação. Neste contexto, deve-se também considerar a

evolução dos produtos fitossanitários e das pontas de pulverização. As pontas de pulverização de jato plano, por exemplo, apresentam capacidade de abrir o ângulo do jato próximo do seu máximo, mantendo a distribuição uniforme e tamanho adequado das gotas sobre o alvo com baixas pressões de operação, possibilitando, dessa forma, a redução do volume de calda nas operações de pulverizações agrícolas (BOLLER e MACHRY, 2007).

Em outro estudo, no qual foi avaliado o efeito de volumes de aplicação aos 45 dias após a emergência (DAE) em plantas de soja, o maior volume aplicado resultou no maior índice de penetração e, conseqüentemente, maior depósito no alvo. Já aos 75 DAE, a deposição da calda foi menor, possivelmente pela dificuldade de penetração das gotas no dossel das plantas mais desenvolvidas (BAUER e RAETANO, 2004).

Silva (1999), estudando a eficiência de inseticidas sobre *Spodoptera frugiperda* em milho, com volumes de calda de 150 e 300 L ha⁻¹, também concluiu que o maior volume de pulverização foi mais eficaz no controle do inseto-praga. O autor afirma ainda que, ao utilizar pontas de jato cônico vazio, os inseticidas foram menos eficientes que aplicações com pontas de jato plano sobre o cartucho das plantas. Essas conclusões foram obtidas a partir da utilização das pontas de pulverização XR 8002 e XR 8004 em relação à ponta de jato cônico vazio JA 2.

Segundo Raetano e Bauer (2003), maiores volumes em pulverizações geram maiores depósitos nos alvos. Já Martins (2004), avaliando a deposição de calda de pulverização em plantas de batata, verificou que menores volumes de pulverização proporcionaram maior uniformidade na distribuição das gotas, enquanto que o uso de maiores volumes não determinaram necessariamente maiores depósitos. Por outro lado, Balan et al. (2008) observaram que, independente do volume de aplicação, a ponta de pulverização de jato cônico proporcionou maior molhamento em plantas-alvo quando comparado com a ponta de jato plano.

5 - MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Experimento 1: Assistência de ar e diferentes pontas de pulverização no controle de *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho conduzido no sistema adensado de semeadura.

O experimento foi conduzido na área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção (FEPP) da Faculdade de Ciências Agronômicas, pertencente à Universidade Estadual Paulista – UNESP, Câmpus de Botucatu-SP, durante o ano agrícola de 2008/2009.

O clima da região é o tipo Cwa (KÖPPEN, 1948), isto é, trata-se de clima mesotérmico, tropical úmido, com três meses mais secos (junho, julho e agosto) e com concentração de chuvas no verão. A temperatura média do mês mais quente é superior a 24 °C e a do mês mais frio inferior a 17 °C, com pluviosidade média anual de 1.200 mm. Os dados meteorológicos relativos ao período experimental estão apresentados na Tabela 1.

O trabalho foi instalado no delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial (2x2) + 1, com quatro repetições. Foram testadas duas pontas de pulverização (ponta de jato plano e ponta de jato cônico vazio) combinadas com dois níveis de assistência de ar junto à barra de pulverização (sem assistência de ar e assistência de ar operando na velocidade máxima de rotação do ventilador, conferindo uma velocidade média de ar na saída da barra de 29 km h⁻¹), além de um tratamento testemunha, onde não foi realizada aplicação do

inseticida. Nas pulverizações dos tratamentos, utilizou-se o inseticida Spinosad, na dosagem de 48 g i. a. ha⁻¹ (ANDREI, 2009).

A semeadura do milho, híbrido 2 B 707, foi realizada no dia 06 de janeiro de 2009, com linhas espaçadas a 0,45 m, utilizando-se a população de 60.000 plantas ha⁻¹. As parcelas experimentais foram compostas por 15 linhas da cultura de milho com 10 m de comprimento, das quais as 5 linhas centrais contabilizaram a área útil, totalizando 22,5 m² em cada parcela e 90 m² por tratamento. A Figura 1 retrata a vista geral da área experimental. Os dados relacionados à época de ocorrência dos estádios fenológicos da cultura do milho estão descritos na Tabela 2.



Figura 1. Vista geral da área experimental pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas, da Universidade Estadual Paulista. Botucatu-SP, 2009.

Devido à capacidade de operar com e sem assistência de ar, foi utilizado um pulverizador tratorizado, modelo Advanced Vortex 2000, equipado com barra de

pulverização de 18,5 m de comprimento, com 37 bicos de pulverização espaçados à 0,5 m (Figura 2). Dois tipos de pontas de pulverização foram utilizadas: a ponta de jato plano AXI 11002, operando na pressão de 270 kPa, conferindo um volume de calda de 200 L ha⁻¹ e a ponta de jato cônico vazio JA-2, operando à pressão de 630 kPa, com o mesmo volume de aplicação. Ambas as pontas de pulverização foram mantidas a 0,5 m de altura em relação ao ponteiro das plantas de milho. A pulverização foi realizada com o trator Massey Ferguson 286, em terceira marcha reduzida, com velocidade de deslocamento do conjunto trator-pulverizador de 5,0 km h⁻¹.

A aplicação do inseticida foi realizada nos estádios fenológicos de desenvolvimento V₄ (quatro folhas expandidas) e V₁₀ (dez folhas expandidas) da cultura do milho. As avaliações foram realizadas com 1, 3, 5, 10 e 15 dias após a aplicação (DAA). Durante as pulverizações, as condições climáticas foram: a) pulverização no estágio V₄ (umidade relativa do ar de 62%, temperatura média de 27,1 °C e velocidade do vento de aproximadamente 5,2 km h⁻¹, no período de 8h30min às 10h10min); b) pulverização no estágio V₁₀ (umidade relativa do ar de 71,5%, temperatura média de 28,3 °C e velocidade do vento de aproximadamente 4,7 km h⁻¹, no período compreendido entre 14h50min e 16h00min).

Para a avaliação dos tratamentos escolheu-se, ao acaso, 7 plantas de milho dentro da área útil das parcelas experimentais. Quantificou-se o número de lagartas por planta e a porcentagem da eficiência de controle mediante os tratamentos estudados pela fórmula de Henderson e Tilton (1955). Com relação aos danos ocasionados pela praga à cultura, estes foram avaliados por uma escala visual de notas aplicada individualmente às plantas (CARVALHO, 1970). Na aplicação da escala, foi considerado o dano nas seis folhas centrais: 0, ausência de folhas danificadas; 1, presença de raspagem nas folhas; 2, presença de furo nas folhas; 3, presença de dano nas folhas e alguma lesão no cartucho; 4, cartucho totalmente destruído; e 5, plantas mortas.

Para a determinação da deposição da pulverização foi realizada a técnica proposta por Palladini (2000), utilizando como marcador o corante alimentício Azul Brilhante (FD&C n° 1), adicionado à calda de pulverização na concentração de 1500 mg L⁻¹.

Imediatamente após a aplicação da calda em cada uma das pulverizações, as plantas de milho foram coletadas e armazenadas separadamente em sacos

plásticos. As amostras foram levadas ao laboratório e lavadas com 150 mL de água destilada. Para mensurar a concentração do corante marcador, determinou-se a densidade óptica (absorbância à 630 nm) das soluções com um espectrofotômetro UV-visível Shimadzu. Posteriormente, as plantas foram colocadas em sacos de papel, etiquetadas e levadas à estufa de ventilação forçada de ar para secagem em temperatura de 65 ± 5 °C. Após 72 horas, as plantas foram retiradas e pesadas, determinando-se a massa de matéria seca (MS).

A quantificação do volume depositado na planta seguiu a seguinte equação (E_1):

$$(E_1)$$

$$C_1V_1 = C_2V_2,$$

onde:

C_1 = Concentração inicial da calda (1500 mg L^{-1});

V_1 = Volume inicial, neste caso, o volume utilizado para lavagem das plantas (150 mL);

C_2 = Concentração final (aquela encontrada na leitura do espectrofotômetro, em mg L^{-1});

V_2 = Volume final, ou seja, a quantidade do volume depositado por plantas (mL).

As avaliações fitotécnicas na cultura do milho corresponderam ao número de folhas por planta (NF), altura de planta (cm planta^{-1}), índice de área foliar (IAF), diâmetro de colmo (cm planta^{-1}), massa de mil grãos (g) e produtividade final (t ha^{-1}).

A determinação do número de folhas foi realizada por ocasião do florescimento pleno, mediante a contagem do número de folhas fotossinteticamente ativas apresentando lígula visível de sete plantas em cada parcela. O índice de área foliar do milho foi obtido através da metodologia proposta por Antunes et al. (1997), em sete plantas por parcela experimental, quando o milho apresentava-se no estágio de florescimento. Para a variável diâmetro de colmo, avaliou-se o segundo internódio a partir do colo da planta, mensurado por um paquímetro digital. A presente determinação foi efetuada em pleno florescimento, empregando-se as mesmas plantas utilizadas nas avaliações de altura, número de folhas e índice de área foliar. A obtenção da massa de mil grãos foi realizada retirando-se oito amostras ao acaso dos grãos oriundos de cada parcela e submetidos à pesagem, com posterior determinação da umidade, possibilitando a correção da massa de mil grãos a 13% de

umidade, conforme metodologia apresentada nas Regras de Análises de Sementes (BRASIL, 1992). A produtividade final foi estimada após a colheita das espigas de três linhas centrais de milho nas parcelas experimentais.

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativos, realizou-se o teste de Tukey, a 5% de probabilidade.



Figura 2. Pulverização com o equipamento Advanced Vortex 2000 do marcador corante alimentício Azul Brilhante (FD&C nº 1) adicionado à calda. Botucatu-SP, 2009.

Tabela 1. Dados meteorológicos relativos ao período de condução do experimento (janeiro/2009 a maio/2009). Botucatu–SP, 2009.

ANO	MÊS	RGM	P	UR (%)			Temperatura (°C)		
		(MJ/m ² .d)	(mm)	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média
2009	JAN	21,3	268	100,0	68,0	89,1	31,6	19,3	22,4
	FEV	23,0	241	100,0	65,3	86,9	32,7	20,6	23,2
	MAR	24,6	152	100,0	60,9	82,2	35,7	20,9	24,8
	ABR	17,7	98	100,0	58,4	77,3	29,0	16,1	21,5
	MAI	13,9	61	100,0	41,5	69,9	27,2	11,8	19,1

RGM = radiação global média; P = precipitação total; UR = Umidade relativa do ar; T = Temperatura do ar.

Tabela 2. Época de ocorrência dos estádios fenológicos da cultura do milho. Botucatu–SP, 2009.

Estádio Fenológico	Época de Ocorrência (2009)
Emergência	11 - Janeiro
V 4 – Quatro folhas expandidas	23 - Janeiro
V 8 – Oito folhas expandidas	07 - Fevereiro
V 12 – Doze folhas expandidas	16 - Fevereiro
R 1 – Emissão do pendão	08 - Março
R 2 – Florescimento	14 - Março
R 3 – Grãos leitosos	21 - Março
R 4 – Grãos pastosos	04 - Abril
R 5 – Grãos farináceos	17 - Abril
R 6 – Grãos farináceos duros	28 - Abril
R 7 – Maturidade fisiológica	09 - Maio
Colheita dos grãos	15 - Maio

5.2 Experimento 2: Pontas de pulverização e volume de calda no controle de *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho conduzido no sistema adensado de semeadura.

O experimento foi conduzido na área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção (FEPP) da Faculdade de Ciências Agronômicas, pertencente à Universidade Estadual Paulista – UNESP, Câmpus de Botucatu-SP, durante o ano agrícola de 2009/2010. O delineamento experimental foi de blocos casualizados em esquema fatorial $(2 \times 2) + 1$, com quatro repetições. Para tanto, utilizou-se duas pontas de pulverização de jato plano (com e sem indução de ar) combinadas a dois volumes de pulverização (100 e 200 L ha⁻¹), além de um tratamento testemunha, onde não foi realizada pulverização do inseticida. Utilizou-se o inseticida Spinosad na dosagem de 48 g i. a. ha⁻¹. A Tabela 3 apresenta os dados meteorológicos relativos ao período de condução do experimento.

A semeadura do milho (híbrido 2 B 707) foi realizada no dia 12 de janeiro de 2010, com linhas espaçadas a 0,45 m e população de 60.000 plantas ha⁻¹. As parcelas experimentais foram compostas por 15 linhas da cultura de milho com 10 m de comprimento, das quais as 5 linhas centrais se referiram à área útil, totalizando 22,5 m² em cada parcela e 90 m² por tratamento. A época de ocorrência dos estádios fenológicos da cultura do milho estão descritos na Tabela 4.

Para a aplicação dos tratamentos, utilizou-se um pulverizador tratorizado, modelo Advanced Vortex 2000, equipado com barra de pulverização de 18,5 m de comprimento, com 37 bicos de pulverização espaçados a 0,5 m. Foram testadas dois tipos de pontas de pulverização: ponta de pulverização de jato plano AXI 11002 combinada a dois volumes de caldas (100 e 200 L ha⁻¹) e a ponta de pulverização de jato plano com indução de ar AVI 11002, também combinada aos mesmos volumes de calda. Estas pontas de pulverização foram mantidas a 0,5 m de altura em relação ao ponteiro das plantas de milho, utilizando-se o trator Massey Ferguson 286, em terceira marcha reduzida, com velocidade de deslocamento do conjunto trator-pulverizador de 5,0 km h⁻¹.

As pulverizações foram realizadas nos estádios fenológicos da cultura V₄ (quatro folhas expandidas) e V₁₀ (dez folhas expandidas) e as avaliações realizadas com 1, 3, 5, 10 e 15 DAA. Durante as pulverizações, as condições climáticas mensuradas foram: a) pulverização no estágio V₄ (umidade relativa do ar de 66%, temperatura média de 29,5 °C e

velocidade do vento de aproximadamente 4,7 km h⁻¹, no período de 15h45min às 17h20min);
 b) pulverização no estádio V₁₀ (umidade relativa do ar de 76,8%, temperatura média de 24,2 °C e velocidade do vento de aproximadamente 5,8 km h⁻¹, no período compreendido entre 9h00min e 10h50min).

Tabela 3. Dados meteorológicos relativos ao período de condução do experimento (janeiro/2010 a junho/2010). Botucatu-SP, 2010.

ANO	MÊS	RGM (MJ/m ² .d)	P (mm)	UR (%)			Temperatura (°C)		
				Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média
2009	JAN	24,3	299	100,0	72,2	88,7	34,1	20,7	25,8
	FEV	26,1	286	100,0	64,0	90,1	38,2	23,5	27,5
	MAR	23,9	39	100,0	41,3	76,9	36,9	19,2	23,9
	ABR	16,7	45	100,0	49,9	80,2	28,4	18,8	20,6
	MAI	14,1	82	100,0	52,1	67,8	25,3	12,1	18,0
	JUN	14,9	24	100,00	24,6	49,6	27,0	12,6	17,5

RGM = radiação global média; P = precipitação total; UR = Umidade relativa do ar; T = Temperatura do ar.

Para a eficiência dos tratamentos, avaliou-se 7 plantas de milho escolhidas ao acaso, dentro da área útil das parcelas experimentais. Referente à lagarta-do-catucho, quantificou-se o número de lagartas por planta e a porcentagem da eficiência de controle (HENDERSON e TILTON, 1955). Os danos ocasionados pela praga à cultura foram caracterizados de acordo com a escala de notas descrita por Carvalho (1970). Na aplicação desta escala, foi considerado o dano nas seis folhas centrais da planta: 0, ausência de folhas danificadas; 1, presença de raspagem nas folhas; 2, presença de furo nas folhas; 3, presença de dano nas folhas e alguma lesão no cartucho; 4, cartucho totalmente destruído e 5, plantas mortas.

A avaliação da deposição da calda de pulverização, conforme demonstrado na Figura 3, foi realizada através da técnica proposta por Palladini (2000), utilizando o corante alimentício Azul Brilhante (FD&C n° 1) como marcador, adicionado à calda de pulverização na concentração de 1500 mg L⁻¹.

Imediatamente após a aplicação da calda em cada pulverização, as plantas de milho foram coletadas e armazenadas separadamente em sacos plásticos. As amostras foram levadas ao laboratório e lavadas com 150 mL de água destilada. Para quantificar a concentração do marcador, determinou-se a densidade óptica (absorbância = 630 nm) das soluções, com um espectrofotômetro de UV-visível Shimadzu. Em seguida, as plantas foram colocadas em sacos de papel, etiquetadas e levadas à estufa de ventilação forçada de ar para secagem. Após 72 horas, em temperatura de 65 ± 5 °C, as plantas foram retiradas e pesadas, determinando-se a massa de matéria seca (MS).

Para a quantificação do volume depositado na planta seguiu-se a equação E_1 , anteriormente descrita no Experimento 1, a partir da concentração inicial do marcador na calda de pulverização de 1500 mg L^{-1} .



Figura 3. Deposição da calda de pulverização em plantas de milho, utilizando o corante alimentício Azul Brilhante (FD&C n° 1). Botucatu-SP, 2010.

No que diz respeito as avaliações fitotécnicas na cultura do milho, foram mensurados o número de folhas por planta (NF), altura de planta (cm planta⁻¹), índice de área foliar (IAF), diâmetro de colmo (cm planta⁻¹), massa de mil grãos (g) e produtividade final (t ha⁻¹).

A determinação do número de folhas foi realizada por ocasião do florescimento pleno, mediante a contagem do número de folhas fotossinteticamente ativas de sete plantas por parcela. O índice de área foliar foi obtido através da metodologia proposta por Antunes et al. (1997). Avaliou-se sete plantas por parcela experimental, quando o milho se apresentava em pleno florescimento. Para o diâmetro de colmo, o segundo internódio a partir do colo da planta foi mensurado com um paquímetro digital, também na época de florescimento. A obtenção da massa de mil grãos foi realizada retirando-se oito amostras ao acaso dos grãos oriundos de cada parcela e submetidos à pesagem, após correção da umidade (13%), baseado na metodologia apresentada na Regras de Análises de Sementes (BRASIL, 1992). A produtividade do milho foi estimada pela colheita das espigas de três linhas centrais da área útil da parcela.

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativos, foi realizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 4. Época de ocorrência dos estádios fenológicos da cultura do milho. Botucatu–SP, 2010.

Estádio	Época de Ocorrência (2010)
Emergência	19 – Janeiro
V 4 – Quatro folhas expandidas	01 – Fevereiro
V 8 – Oito folhas expandidas	12 – Fevereiro
V 12 – Doze folhas expandidas	24 – Fevereiro
R 1 – Emissão do pendão	16 – Março
R 2 – Florescimento	26 – Março
R 3 – Grãos leitosos	05 – Abril
R 4 – Grãos pastosos	19 – Abril
R 5 – Grãos farináceos	04 – Maio
R 6 – Grãos farináceos duros	13 – Maio
R 7 – Maturidade fisiológica	27 – Maio
Colheita dos grãos	10 – Junho

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Experimento 1:

Os resultados médios dos depósitos da pulverização ($\mu\text{L g}^{-1}$ MS) nos estádios de desenvolvimento V_4 e V_{10} da cultura do milho, com diferentes técnicas de pulverização, estão apresentados na Tabela 5.

No geral, observa-se a influência do tipo de ponta sobre os níveis de depósitos da pulverização nas plantas de milho, associando maiores depósitos à ponta de jato cônico vazio (JA 2), com exceção dos tratamentos onde se utilizou 100% de assistência de ar no estádio V_{10} de desenvolvimento das plantas. Neste caso, o desempenho das pontas de pulverização de jato plano e jato cônico vazio foram semelhantes (Tabela 5). Por apresentar menor diâmetro das gotas em relação à ponta de jato plano, as pontas de pulverização de jato cônico vazio geram maior densidade de gotas por área, resultando numa maior deposição da calda. No entanto, ressalta-se o risco potencial de contaminação ambiental em função da deriva (CUNHA et al., 2006).

A assistência de ar junto à barra de pulverização promoveu aumento significativo nos depósitos da calda para ambas as pontas (jato plano e jato cônico vazio) no estádio V_4 . Para a pulverização no estádio de desenvolvimento V_{10} das plantas, houve interferência dessa tecnologia apenas nos depósitos advindos da ponta de jato plano, não

diferindo para a ponta JA 2 (Tabela 5). Os níveis dos depósitos nas plantas-alvo não dependem apenas do equipamento aplicador, mas também da idade, arquitetura e densidade das plantas, além das condições operacionais (COOKE et al., 1990). Por ser um estágio mais avançado de desenvolvimento e, conseqüentemente, apresentar maior área foliar, as gotas finas produzidas pela ponta de jato cônico vazio no estágio V₁₀ podem ter sido capturadas de forma mais efetiva pela planta, independente da assistência de ar.

Os autores Bauer e Raetano (2004) citaram que o uso da assistência de ar em barras de pulverização na cultura da soja resultaram em maiores depósitos. Porém, Viganó e Raetano (2007) constataram similaridade na deposição da pulverização quando comparada com a presença e ausência desta tecnologia. Segundo os autores, possivelmente o melhor aproveitamento das gotas com menor diâmetro pelas plantas proporcionaram a similaridade entre os tratamentos, conforme também constatado neste trabalho.

Tabela 5. Média dos depósitos da pulverização ($\mu\text{L g}^{-1}$ MS) nos estádios de desenvolvimento V₄ e V₁₀ da cultura do milho, cultivar 2B 707, com presença e ausência de assistência de ar junto à barra e diferentes pontas de pulverização. Botucatu-SP, 2009.

Assistência de ar	Pontas de Pulverização			
	V ₄ ($\mu\text{L g}^{-1}$ MS)		V ₁₀ ($\mu\text{L g}^{-1}$ MS)	
	AXI 11002	JA - 2	AXI 11002	JA - 2
na barra				
0	146,1 B (b)	248,2 B (a)	183,5 B (b)	359,4 A (a)
100%	198,6 A (b)	321,7 A (a)	342,0 A (a)	373,1 A (a)
CV (%)	33,52		21,28	
DMS Assist. Ar	51,7		32,2	
DMS Pontas	37,8		47,3	
F Assist. Ar (A)	12,76*		28,23*	
F Pontas (P)	5,63*		17,91*	
F (A x P)	1,99 ^{ns}		0,62 ^{ns}	

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P > 0,05$).

A partir da análise estatística dos dados, verifica-se que não houve interação entre assistência de ar e pontas de pulverização nos dois estádios de desenvolvimento da cultura (V_4 e V_{10}) sobre os níveis dos depósitos da pulverização, indicando a independência dos efeitos dessas tecnologias (Tabela 5).

As eficiências de controle, em porcentagem, de lagartas-do-cartucho referente à pulverização no estágio V_4 da cultura do milho, após a aplicação do inseticida Spinosad na dosagem de 48 g i. a. ha^{-1} estão dispostas na Tabela 6.

Tabela 6. Eficiência de controle (%) de lagartas-do-cartucho por 7 plantas de milho no estágio de desenvolvimento V_4 , após a aplicação do inseticida Spinosad com diferentes tecnologias. Botucatu-SP, 2009.

Tratamentos	Dias após aplicação (DAA)				
	1 DAA	3 DAA	5 DAA	10 DAA	15 DAA
100% Assistência de ar + AXI 11002	36,23 a	50,26 a	64,08 a	91,74 a	95,73 a
100% Assistência de ar + JA 2	33,45 a	47,20 a	63,25 a	85,85 a	88,55 ab
0% Assistência de ar + AXI 11002	22,46 b	30,25 b	51,44 b	71,42 b	81,39 b
0% Assistência de ar + JA 2	22,96 b	30,77 b	42,92 b	64,10 b	69,60 c
CV (%)	16,3	9,5	14,1	18,8	10,9
DMS	7,04	11,22	10,31	12,99	8,58

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P > 0,05$).

Nota-se que aos 1, 3, 5 e 10 dias após a aplicação (DAA), a assistência de ar junto à barra de pulverização foi mais eficiente na supressão da lagarta-do-cartucho quando comparado com os tratamentos sem assistência de ar. Como esta alternativa propiciou melhores depósitos das gotas de pulverização (Tabela 5), provavelmente houve maior cobertura do alvo biológico (*S. frugiperda*), resultando em controle mais efetivo.

Aos 15 DAA do inseticida, a ponta de pulverização de jato plano (AXI 11002) combinada a assistência de ar obteve vantagem no controle da lagarta-do-cartucho. Ainda, a ponta de jato cônico vazio operada sem a assistência de ar obteve pior desempenho, ficando abaixo dos 80% de eficiência de controle (Tabela 6). Neste caso, a baixa eficiência pode estar relacionada com a dificuldade do inseticida atingir o alvo, já que o inseto-praga fica protegido no interior do cartucho das plantas,

Segundo Cason et al. (2001), ao testarem Spinosad para controle de *S. frugiperda*, a eficiência de controle foi mantida acima de 80% até dezesseis dias após a aplicação. Porém, a infestação na testemunha após esse período apresentava-se em torno de duas lagartas em quinze plantas, número bastante inferior ao encontrado no presente trabalho (Figura 4).

Ainda de acordo com a Figura 4, onde estão apresentados os dados do número de lagartas-do-cartucho por plantas aos 15 DAA do inseticida, constata-se diferença significativa entre as pontas de pulverização de jato plano (AXI 11002) e jato cônico vazio (JA 2) com a presença da assistência de ar. Por outro lado, estas mesmas pontas apresentaram similaridade quando não houve adoção desta tecnologia. Esse resultado se assemelha ao trabalho realizado por CUNHA et al. (2005), no qual os autores concluíram que não houve diferenças nos depósitos entre pulverizações utilizando pontas de jato plano e jato cônico vazio. Isso pode indicar que, mais importante que o tipo da ponta, é a tecnologia empregada no processo de pulverização e as condições de uso de cada uma delas.

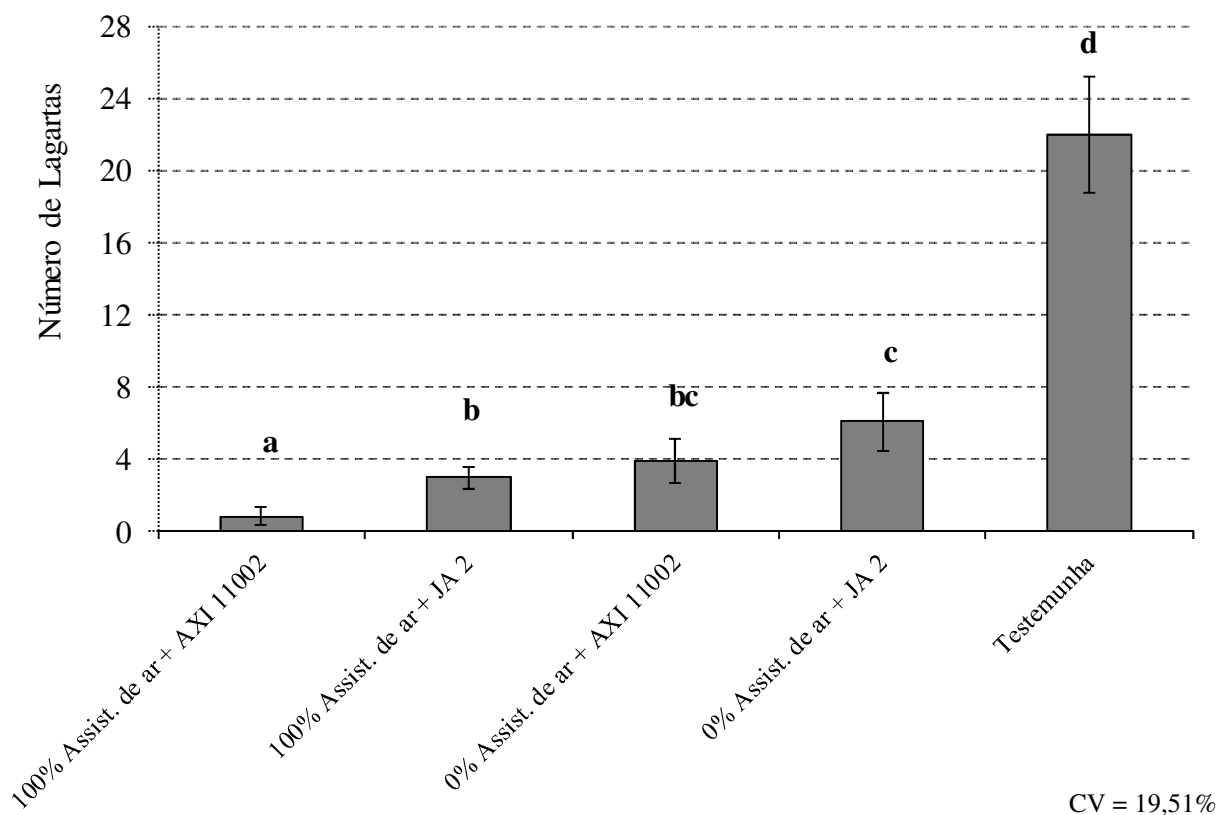


Figura 4. Número de lagartas-do-cartucho por 7 plantas de milho no estágio de desenvolvimento V₄, aos 15 dias após a aplicação do inseticida Spinosad com diferentes tecnologias. Botucatu-SP, 2009.

A Tabela 7 demonstra a eficiência de controle (%) da lagarta-do-cartucho após a aplicação do inseticida no estágio V₁₀ de desenvolvimento da cultura do milho. A ponta de pulverização de jato plano (AXI 11002), sem assistência de ar junto a barra de pulverização, foi menos efetiva na supressão do inseto-praga, principalmente com 1 DAA, onde, neste período, este tratamento foi inferior aos demais. Por ser um inseticida não sistêmico (ANDREI, 2009), o Spinosad requer boa cobertura do alvo. Isso pode justificar a menor eficiência da ponta de pulverização de jato plano quando comparado à ponta de jato cônico vazio, já que a ponta JA 2 proporcionou melhor cobertura do alvo pelas gotas produzidas (Tabela 5).

Tabela 7. Eficiência de controle (%) de lagartas-do-cartucho por 7 plantas de milho no estágio de desenvolvimento V₁₀, após a aplicação do inseticida Spinosad com diferentes tecnologias. Botucatu-SP, 2009.

Tratamentos	Dias após aplicação (DAA)				
	1 DAA	3 DAA	5 DAA	10 DAA	15 DAA
100% Assistência de ar + AXI 11002	33,58 a	85,67 a	88,59 a	100,00 a	100,00 a
100% Assistência de ar + JA 2	38,96 a	73,56 b	83,82 a	92,01 b	100,00 a
0% Assistência de ar + AXI 11002	19,82 b	57,08 c	58,68 b	71,57 c	36,06 c
0% Assistência de ar + JA 2	35,29 a	52,91 c	62,62 b	58,73 d	87,90 b
CV (%)	9,42	11,38	21,80	13,25	17,76
DMS	8,40	6,39	14,03	7,04	9,91

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P > 0,05$).

Quanto à avaliação aos 3, 5, 10 e 15 dias após a aplicação, nota-se que os tratamentos com a assistência de ar apresentaram melhores resultados, com destaque para 15 DAA, onde essa tecnologia atingiu o nível máximo de controle. Pelo desenvolvimento avançado das plantas (V₁₀), o maior número de folhas tende a dificultar a penetração da calda pulverizada no dossel das plantas. Nesse sentido, a assistência de ar junto à barra de pulverização pode ter auxiliado a penetração das gotas através da “cortina de ar” produzida, otimizando a ação do inseticida. Neste mesmo período avaliado (15 DAA), novamente a ponta de jato plano sem assistência de ar apresentou baixa eficiência de controle (36,06%). Esses resultados podem ser advindos da cobertura (gotas cm⁻²) do inseticida pela ponta AXI 11002

na planta (Tabela 5) pois, no geral, boa eficácia de controle está associada à boa cobertura do alvo. Essa constatação foi ratificada por Zhu et al. (2008), onde os autores afirmam também que quanto maior a quantidade de produto depositado na superfície do alvo de forma homogênea, maior poderá ser a sua ação.

O número de lagartas-do-cartucho nas plantas de milho, aos 15 dias após a aplicação do inseticida, também no estágio de desenvolvimento V_{10} da cultura, estão representados na Figura 5. Destaca-se os tratamentos com presença da assistência de ar, onde não foi detectado lagartas vivas, embora todos os tratamentos estudados tiveram infestação significativamente menor em relação à testemunha.

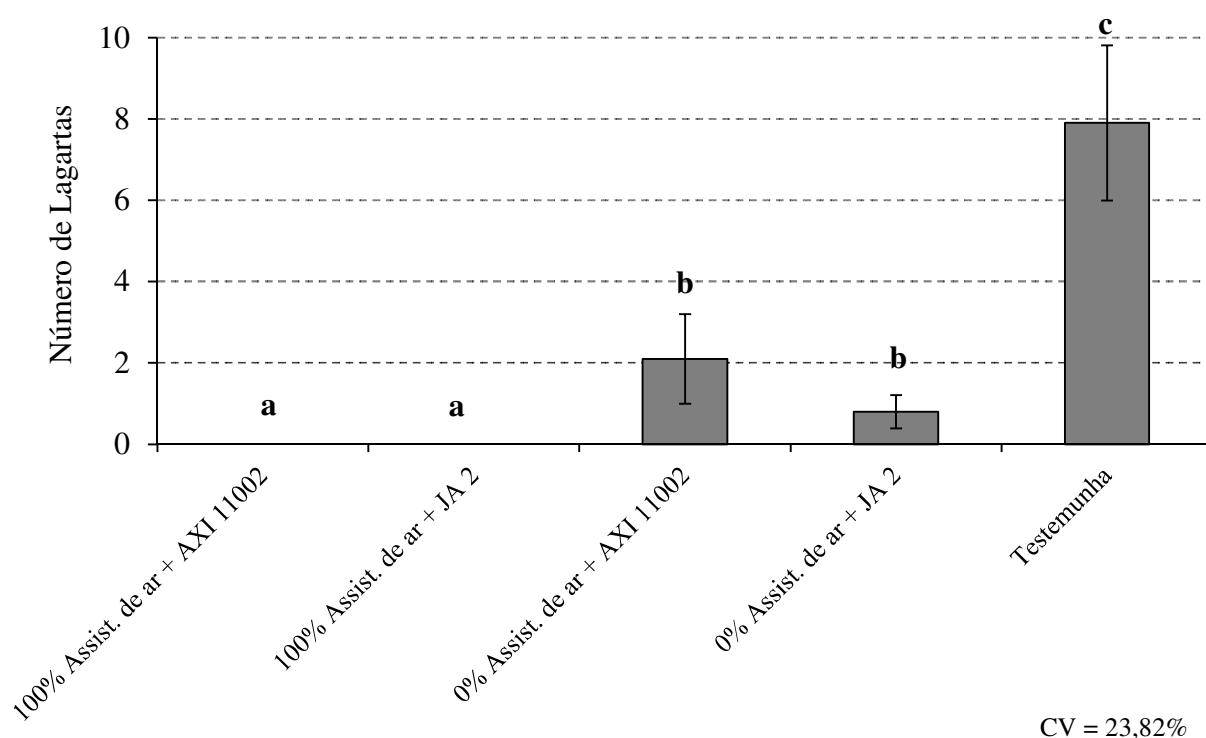


Figura 5. Número de lagartas-do-cartucho por 7 plantas de milho no estágio de desenvolvimento V_{10} , aos 15 dias após a aplicação do inseticida Spinosad com diferentes tecnologias. Botucatu-SP, 2009.

Os danos provocados pelo inseto-praga variaram de acordo com as tecnologias empregadas, conforme pode-se verificar na Figura 6. Onde empregou-se a

assistência de ar junto à barra de pulverização, houve predominância de notas 0 e 1 (Figura 6, “a” e “b”). A tecnologia da assistência de ar combinada com a ponta de jato plano (Figura 6, “a”) proporcionou nota mínima (zero) a 28% das plantas. A mesma assistência de ar, agora combinada a ponta de pulverização de jato cônico, resultou em 21% das plantas com nota zero (Figura 6, “b”). Nestes mesmos tratamentos, nenhuma planta recebeu nota máxima (nota 5).

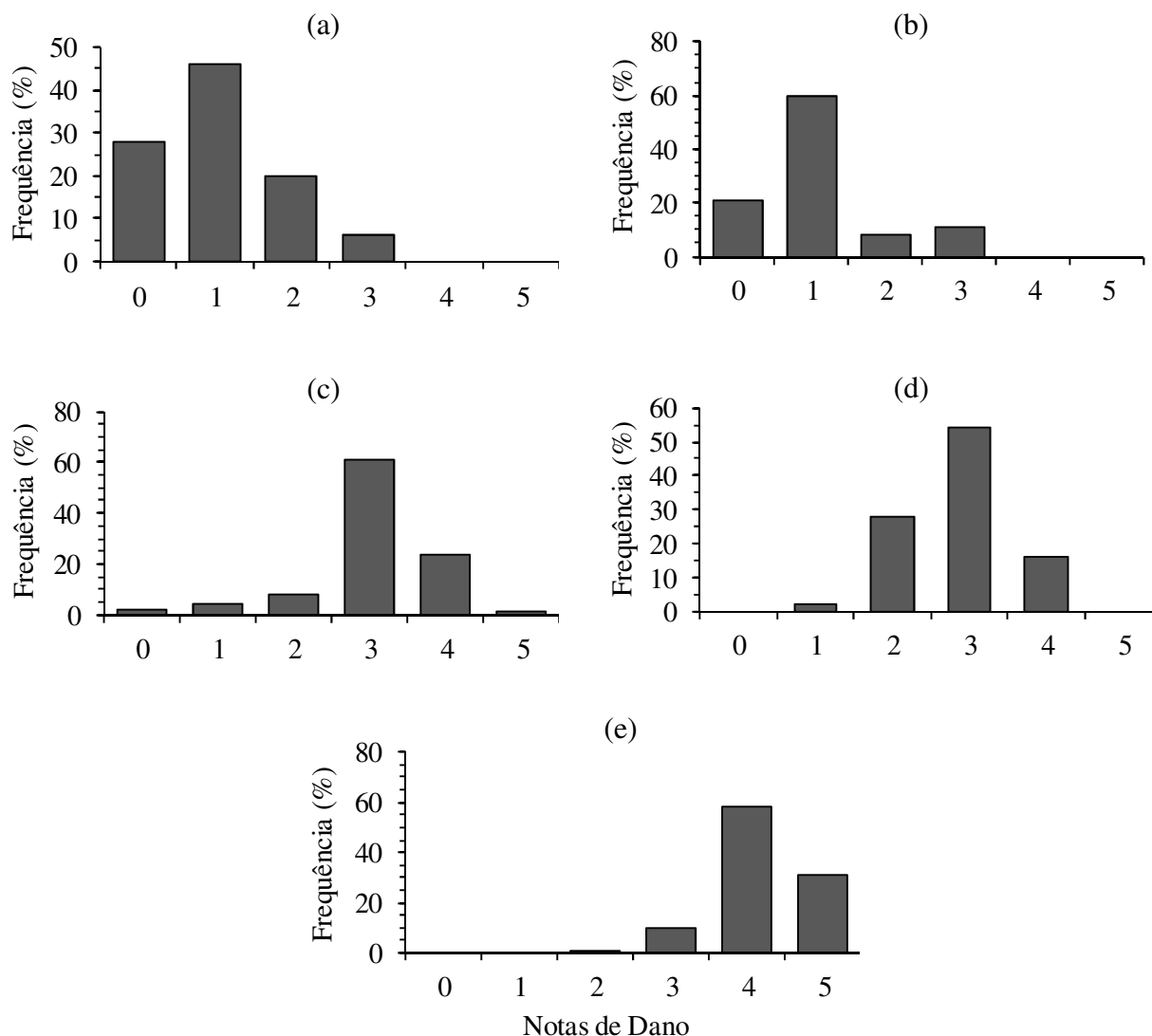


Figura 6. Frequência de notas de dano de *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho no estágio de desenvolvimento V₁₀, aos 15 dias após a aplicação do inseticida Spinosad: (a) 100% assist. de ar + AXI 11002; (b) 100% assist. de ar + JA 2; (c) 0% assist. de ar + AXI 11002; (d) 0% assist. de ar + JA 2; (e) tratamento testemunha. Botucatu-SP, 2009.

Quando não houve assistência de ar, foi constatada a predominância da nota três, com 61% e 54% do total, respectivamente para ponta de jato plano e ponta de jato cônico vazio (Figura 6, “c” e “d”). No tratamento onde a cultura ficou exposta à infestação da praga durante todo o ciclo (Figura 6, “e”), a nota de dano preponderante foi quatro, com 58% do total, seguida pela nota cinco, com 31%. Resultados similares foram encontrados por Figueiredo et al. (2006), onde os autores verificaram domínio das notas quatro e cinco nos tratamentos onde a cultura ficou exposta ao ataque de *S. frugiperda* por um longo período sem controle.

Os valores referentes às avaliações dos parâmetros fitotécnicos da cultura do milho estão descritos na Tabela 8.

Tabela 8. Valores médios de altura de planta (AP), número de folhas (NF), índice de área foliar (IAF), diâmetro de colmo (DC) e massa de 1000 grãos relacionados à cultura do milho de acordo com as diferentes tecnologias. Botucatu–SP, 2009.

Tratamento	AP (cm)	NF	IAF	D.C. (cm)	1000 Grãos (g)
100% Assist. de ar + AXI 11002	209,45 a	14,32 a	4,77 a	2,39 a	304,09 a
100% Assist. de ar + JA 2	211,84 a	14,93 a	4,56 a	2,64 a	287,02 a
0% Assist. de ar + AXI 11002	210,76 a	14,10 a	4,92 a	2,75 a	301,43 a
0% Assist. de ar + JA 2	210,03 a	14,68 a	4,44 a	2,43 a	299,12 a
Testemunha	194,12 b	11,07 b	3,91 b	1,99 b	213,24 b
CV (%)	9,24	4,03	16,10	24,17	14,78
DMS	4,79	1,57	0,49	0,39	52,25

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P > 0,05$).

Dentre os caracteres que conferem habilidade competitiva, a altura das plantas é considerada importante para várias culturas, inclusive a cultura do milho (GIMENES et al., 2008). Nesse sentido, as determinações da altura das plantas (realizadas na época de

pleno florescimento) evidenciaram diferença apenas para a testemunha (Tabela 8). Entre os demais tratamentos, não houve influência das tecnologias adotadas no crescimento da cultura. Essa ausência de interferência pode ser explicada pela alta taxa de recuperação dos danos foliares pela cultura do milho (AZEVEDO et al., 2004). Além disso, Costa et al. (2005) citam que infestações de lagartas-do-cartucho em estádios de desenvolvimento mais avançados, como em V_{10} , pode ocorrer diminuição dos prejuízos.

Para o parâmetro número de folhas, houve diferença apenas onde o inseticida não foi pulverizado, de acordo com a Tabela 8. O menor número de folhas nas plantas do tratamento testemunha pode ser justificado pelo grande número de lagartas-do-cartucho por plantas durante o experimento. Buntin et al. (2001) relataram que uma única lagarta por planta pode ocasionar desfolhas de até 30% no milho. No presente trabalho, a infestação média de lagartas aos 15 DAA foi de 1,14 planta⁻¹ (Figura 5), o que provavelmente interferiu no desenvolvimento normal das plantas do referido cereal.

Pode-se afirmar que a produção vegetal está diretamente relacionada com o aproveitamento da energia solar pela cultura, transformada em energia química durante o processo da fotossíntese, sendo as folhas principais responsáveis por esta conversão. O IAF representa a razão entre a área foliar de uma população de plantas e a área do solo por ela ocupada (WATSON, 1947). Ele expressa a disponibilidade de superfície assimiladora de CO_2 , da radiação fotossinteticamente ativa e de perdas de água (transpiração) da população de plantas (KATERJI et al., 2010). Nesse sentido, as plantas C_4 , tendo o milho como exemplo, desenvolveram processos que otimizam a fixação de CO_2 e, conseqüentemente, a utilização de água e nitrogênio, não apresentando saturação à radiação em condições naturais (IGBADUN et al., 2008; FARRE e FACI, 2009). A partir da maior fixação de carbono, dado pela fotossíntese, a planta produzirá maior área foliar, sendo que esta possui correlação positiva com a produtividade das culturas (GIMENES et al., 2008). As análises dos resultados do IAF (Tabela 8) demonstraram diferença estatística ($P < 0,05$) apenas onde não houve aplicação do inseticida (tratamento testemunha). Este fato se assemelha com os resultados observados para a variável número de folhas (Tabela 8), pois as folhas fotossinteticamente ativas têm influência direta no IAF da planta.

O colmo do milho é uma estrutura de armazenamento de sólidos solúveis e, quanto maior for seu diâmetro, maior será a capacidade de armazenamento dos

fotoassimilados, contribuindo de forma considerável para a formação dos grãos. Para esse fator, verificou-se novamente diferença estatística apenas para o tratamento testemunha, onde a cultura do milho conviveu durante todo o ciclo simultaneamente com a infestação das lagartas, sem a aplicação de inseticida (Tabela 8). No trabalho realizado por Viana e Prates (2003), onde foi relacionado a incidência de lagartas-do-cartucho com o desenvolvimento das plantas de milho, os autores concluíram que a presença do inseto-praga durante todo o ciclo da cultura prejudicou a captação de recursos essenciais do ambiente pela planta e, portanto, reduziu o diâmetro dos colmos. Ao observar os resultados dos demais tratamentos, encontra-se uma variação entre 2,39 e 2,75 cm, porém, sem diferença estatística. Esperava-se, no entanto, encontrar diferenças, uma vez que a presença do inseto-praga, mesmo nos tratamentos onde houve aplicação do inseticida (Figura 5), poderia acarretar menor acúmulo de matéria seca pelo cereal e, assim, resultar em colmos mais finos. Contudo, o acelerado desenvolvimento inicial do milho (EVETT e TOLK, 2009), somado a um grande volume do sistema radicular durante o estágio vegetativo (TAIZ e ZEIGER, 2009), contribuíram positivamente para o desenvolvimento normal das plantas.

A massa dos grãos é diretamente influenciada pela translocação de fotoassimilados, sendo que a quantidade deste é proporcional ao tempo de duração do período de enchimento de grãos. Para essa variável, os tratamentos apresentaram diferença estatística apenas para a testemunha (Tabela 8). Essa situação pode ser comparada com os resultados obtidos por Barros et al. (2010), que verificaram maior acúmulo da massa de grãos de milho em tratamentos livre de distúrbios bióticos. Abreu et al. (2009) citam que a massa de mil grãos é um importante componente para a produção final da cultura agrícola, podendo ser afetado por qualquer tipo de estresse que ocorra com a planta após o florescimento. Baseado nessa constatação, é possível afirmar que o número de lagartas planta⁻¹ (Figura 5), após as duas aplicações do inseticida Spinosad (V₄ e V₁₀), foram insuficientes para interferir na formação dos grãos.

Os valores médios da produtividade da cultura do milho estão dispostos na Figura 7. A produtividade do milho quando exposto à infestação do inseto-praga sem que houvesse aplicação do inseticida (tratamento testemunha) atingiu 7,11 t ha⁻¹, sendo significativamente menor aos demais tratamentos.

Em milho, segundo Freeman et al. (2007), o fator luz interfere na produtividade de grãos por planta, a menos que algum outro requerimento seja severamente limitante. Parece provável, portanto, que a maior altura das plantas onde houve aplicação do inseticida (Tabela 6) tenha propiciado maior interceptação de luz e, conseqüentemente, maior produtividade. Percebe-se, ainda, correlação entre o controle das lagartas-do-cartucho (Figura 5) e a produtividade: tratamentos que tiveram menores números de indivíduos por planta resultaram em maiores produtividades (Figura 7).

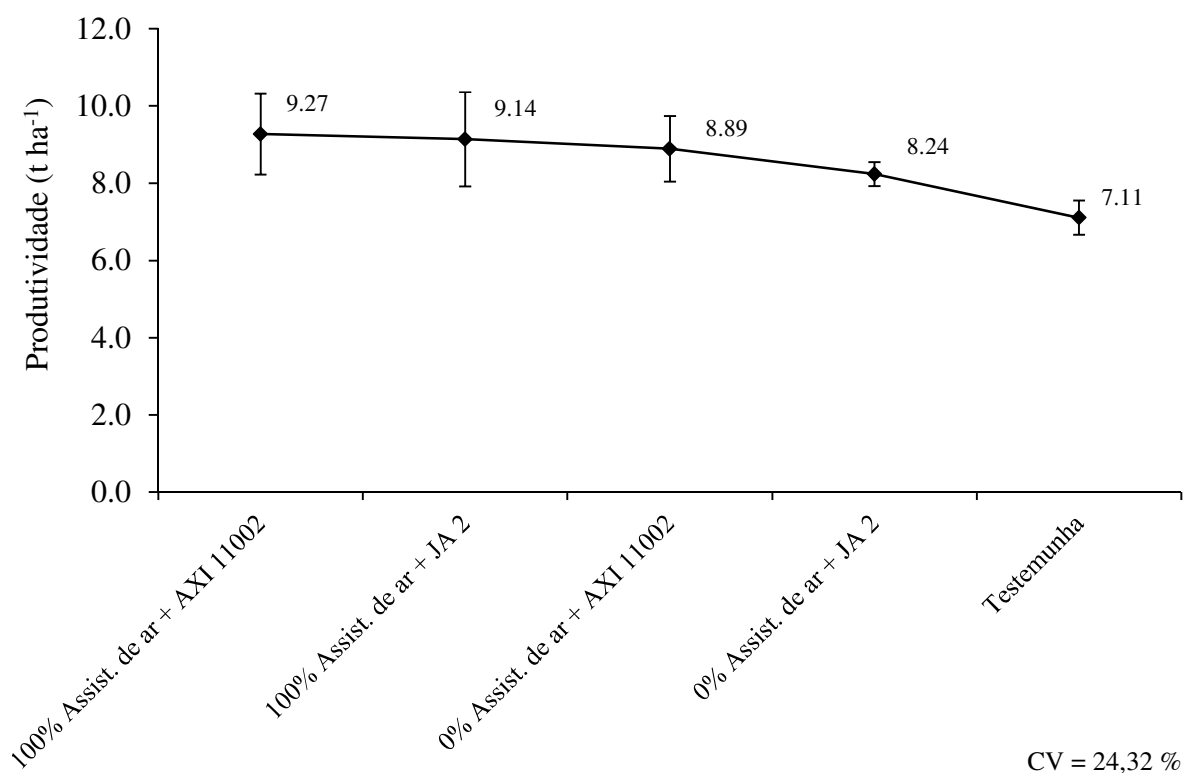


Figura 7. Valores médios de produtividade (t ha⁻¹) da cultura do milho em função das diferentes tecnologias. Botucatu-SP, 2009.

Lagartas-do-cartucho alimentam-se preferencialmente das folhas jovens em formação no cartucho das plantas de milho. Esse fato pode ter intensificado a queda na produtividade no tratamento testemunha, uma vez que Taiz e Zeiger (2009) citam que

maiores atividades fotossintéticas são encontradas em folhas mais jovens devido à alta densidade estomatal, aumento de proteínas e da taxa de assimilação de CO₂.

A relação entre a produtividade da cultura do milho e a eficiência de controle da lagarta-do-cartucho foi significativamente descrita pela equação $Y = 0.0194 X + 7.2708$ ($R^2 = 0,96$), demonstrando que o baixo nível de controle de *S. frugiperda* proporcionou reduções na produtividade dos grãos (Figura 8). Considerando os valores extremos da produtividade, observa-se uma perda de 23,3% de acordo com a infestação das lagartas. Negrisoni et al. (2010) também constataram prejuízos estimados em 25% em milho relacionados à infestação de *Spodoptera frugiperda* tolerantes à determinados produtos químicos.

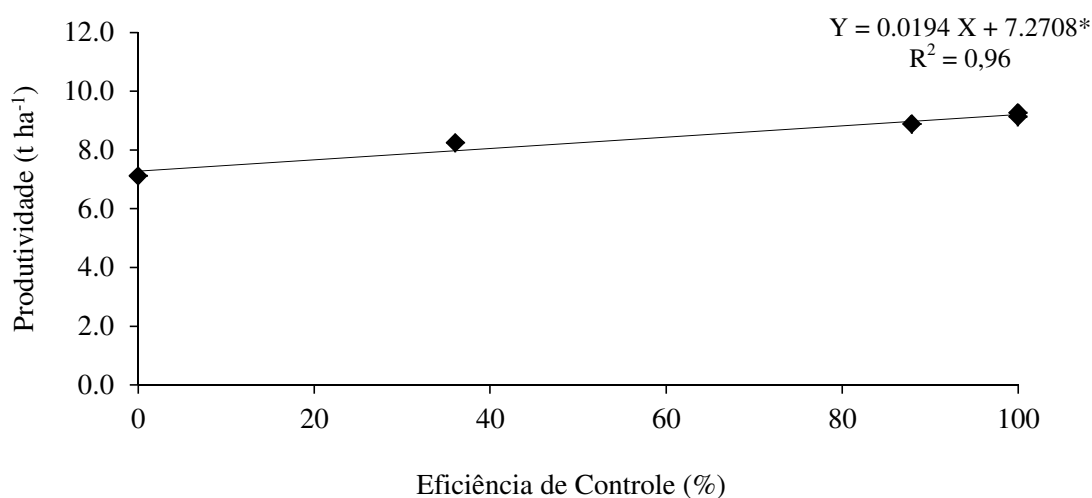


Figura 8. Relação da produtividade (t ha⁻¹) da cultura do milho com a eficiência de controle (%) da lagarta-do-cartucho aos 15 dias após a aplicação do inseticida Spinosad, no estágio de desenvolvimento V₁₀ da cultura. Botucatu-SP, 2009.

6.2 Experimento 2:

A Tabela 9 se refere à média dos depósitos da pulverização ($\mu\text{L g}^{-1}$ MS) nos estádios de desenvolvimento V_4 e V_{10} da cultura do milho, com diferentes volumes de calda (L ha^{-1}) e pontas de pulverização. Verifica-se um incremento significativo nos depósitos da pulverização com o aumento do volume de calda, onde 200 L ha^{-1} promoveu maior deposição sobre os alvos. Normalmente, maiores volumes proporcionam maiores depósitos em condições semelhantes de pulverização (MATTHEWS, 2000). Bauer e Raetano (2004) também concluíram que volumes maiores promoveram maiores coberturas das gotas pulverizadas em plantas de soja.

Tabela 9. Média dos depósitos da pulverização ($\mu\text{L g}^{-1}$ MS) nos estádios de desenvolvimento V_4 e V_{10} da cultura do milho, cultivar 2B 707, com diferentes volumes (L ha^{-1}) e pontas de pulverização. Botucatu–SP, 2010.

Volume (L ha^{-1}) de Pulverização	Pontas de Pulverização			
	V_4 ($\mu\text{L g}^{-1}$ MS)		V_{10} ($\mu\text{L g}^{-1}$ MS)	
	AXI 11002	AVI 11002	AXI 11002	AVI 11002
100	167,3 B (b)	197,8 B (a)	203,7 B (a)	239,2 B (a)
200	286,6 A (a)	302,1 A (a)	388,6 A (a)	415,4 A (a)
CV (%)	29,12		17,39	
DMS Volume	30,4		65,5	
DMS Pontas	19,9		44,1	
F Pontas (P)	4,03*		1,89 ^{ns}	
F Volume (V)	9,27*		12,33*	
F (P x V)	0,81 ^{ns}		2,79 ^{ns}	

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P > 0,05$).

A redução dos custos e a otimização das operações de aplicações agrícolas estão diretamente relacionados ao uso do volume de calda adequado (CUNHA et al,

2006). Para tanto, torna-se necessário amplo conhecimento da tecnologia aplicada para que se alcance tal objetivo. Costa et al. (2005), por sua vez, citam que algumas espécies conseguem repelir a gota pulverizada em função dos aspectos anatômicos da superfície foliar. Neste contexto, Tomazela (2001) verificou maiores depósitos quando utilizados menores volumes de calda. Este comportamento nos depósitos pode estar relacionado com a velocidade de pulverização, pois Zhu et al. (2006) citam que a velocidade de deslocamento constitui um dos principais parâmetros que afeta a deposição da calda pulverizada em plantas-alvo.

Pontas de pulverização de jato plano com indução de ar (AVI 11002) promoveram maiores depósitos da pulverização apenas com o volume de 100 L ha⁻¹ quando comparadas as pontas de jato plano sem indução de ar (AXI 11002), no estágio de desenvolvimento V₄ da cultura do milho. Para as demais condições (200 L ha⁻¹ no estágio V₄; 100 e 200 L ha⁻¹ no estágio V₁₀) não houve influência do tipo de ponta sobre os níveis dos depósitos da pulverização (Tabela 9). Por ser uma condição mais crítica de trabalho (estádio mais precoce de desenvolvimento - V₄ e baixo volume de calda - 100 L ha⁻¹), gotas maiores, produzidas por pontas de indução de ar, foram mais eficientes na cobertura das plantas possivelmente por serem mais resistentes à deriva (GULER et al., 2007).

Observa-se na Tabela 9 que não houve interação entre pontas de pulverização e volumes de calda. Santos et al. (2005), ao testarem diferentes tipos de pontas combinadas a dois volumes de calda também não verificaram interação significativa entre as pontas e volumes, concluindo que há independência dos efeitos entre estes fatores.

A Tabela 10 apresenta os dados da eficiência de controle, em porcentagem, de lagartas-do-cartucho após a aplicação do inseticida Spinosad, na dosagem de 48 g i. a. ha⁻¹ no estágio V₄ da cultura do milho. Apenas no primeiro dia após a aplicação não houve diferença entre os tratamentos. Já aos 3, 5, 10 e 15 DAA, verifica-se maior eficiência para pulverizações com maior volume de calda (200 L ha⁻¹) combinada à ponta AVI 11002. Como as lagartas-do-cartucho ficam protegidas pela barreira física formada pelo cartucho das plantas, maiores volumes de calda podem propiciar maiores penetrações das gotas no dossel, facilitando o controle. Segundo Cunha et al. (2008), o bom desempenho do controle químico está diretamente relacionado com a deposição do ingrediente ativo sobre o alvo biológico. Embora Boller e Machry (2007) enfatizam a necessidade de redução no volume de calda, há

situações em que baixos volumes se tornam inviáveis para o sucesso da aplicação (Tabela 10; RAETANO e BAUER, 2003).

De acordo com a classificação de Henderson e Tilton (1955), que considera 80% como um bom nível de controle, aos 15 DAA os tratamentos com menor volume de calda (100 L ha^{-1}) não apresentaram boa eficiência, sendo 37,33% e 50,21% respectivamente para as pontas AXI 11002 e AVI 11002 (Tabela 10). Siva (1999) também comprovou melhores desempenhos para volumes de calda superiores a 150 L ha^{-1} no controle da lagarta-do-cartucho em milho, independente do tipo de ponta empregada na pulverização.

Tabela 10. Eficiência de controle (%) de lagartas-do-cartucho por 7 plantas de milho em diferentes épocas após a aplicação do inseticida Spinosad, no estágio de desenvolvimento V_4 da cultura do milho, com diferentes volumes e pontas de pulverização. Botucatu-SP, 2010.

Tratamentos	Dias após aplicação (DAA)				
	1 DAA	3 DAA	5 DAA	10 DAA	15 DAA
100 L ha^{-1} + AXI 11002	18,77 a	37,60 c	41,48 c	42,43 c	37,33 c
100 L ha^{-1} + AVI 11002	21,62 a	47,46 b	52,28 bc	51,07 c	50,21 b
200 L ha^{-1} + AXI 11002	19,01 a	37,28 c	59,13 b	77,07 b	88,19 a
200 L ha^{-1} + AVI 11002	15,76 a	58,46 a	76,94 a	94,20 a	96,78 a
CV (%)	21,02	14,38	12,85	11,91	16,74
DMS	8,42	6,29	12,01	14,75	9,99

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P > 0,05$).

Pela Figura 9, nota-se que o número de lagartas-do-cartucho nos tratamentos com volume de pulverização de 100 L ha^{-1} foi inferior apenas quando comparado à testemunha (onde não houve aplicação do inseticida). Com 200 L ha^{-1} , combinado à ponta de pulverização com indução de ar (AVI 11002) obteve-se o melhor resultado, seguido do tratamento com o mesmo volume combinado à ponta sem indução de ar (AXI 11002). Almeida et al. (2003), avaliando a população de lagarta-do-cartucho nos estádios de quatro, seis e oito folhas desenvolvidas combinada a diferentes pontas de pulverização, observaram que a densidade populacional do inseto-praga foi menor nos estádios mais avançados e nos tratamentos utilizando pontas com indução de ar, o que de certa forma, se assemelha ao resultado obtido neste experimento (Figura 9).

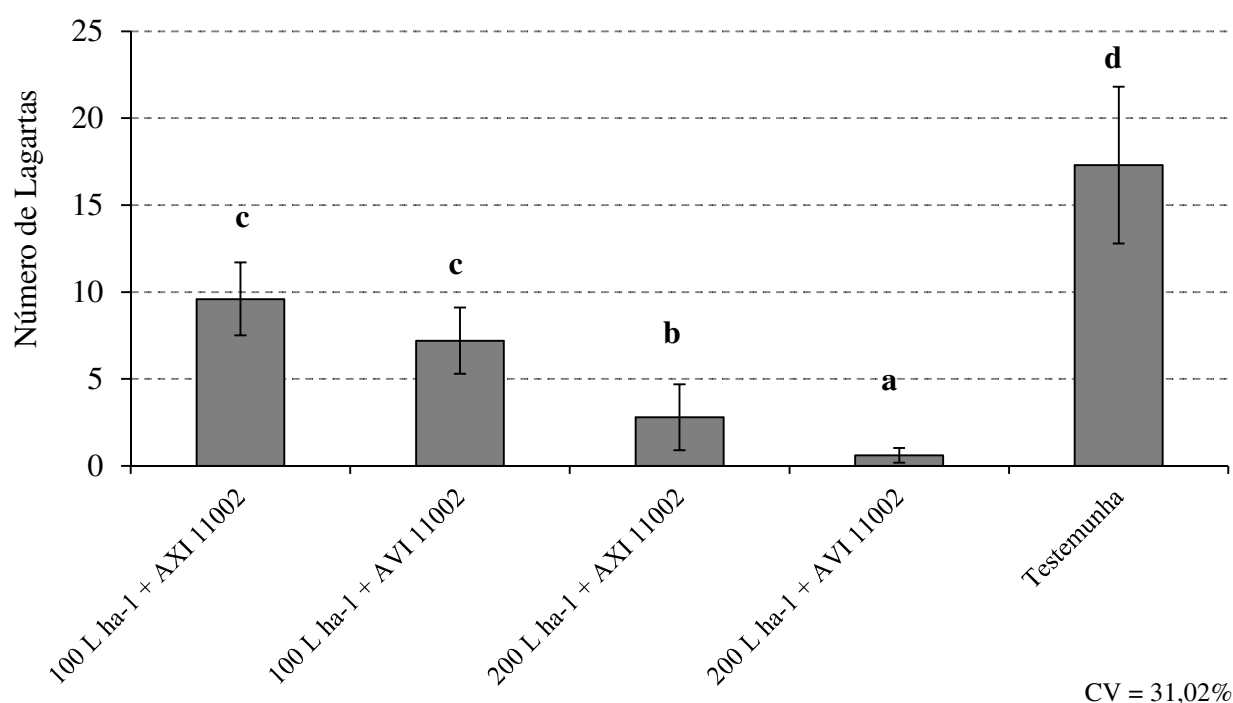


Figura 9. Número de lagartas-do-cartucho por 7 plantas de milho, aos 15 dias após a aplicação do inseticida Spinosad, no estágio de desenvolvimento V₄ da cultura do milho, com diferentes volumes e pontas de pulverização. Botucatu-SP, 2010.

A eficiência de controle das lagartas-do-cartucho no estágio de desenvolvimento V_{10} da cultura do milho de acordo com volumes e pontas de pulverização estão dispostos na Tabela 11.

Tabela 11. Eficiência de controle (%) de lagartas-do-cartucho por 7 plantas de milho, aos 15 dias após a aplicação do inseticida Spinosad, no estágio de desenvolvimento V_{10} da cultura do milho com diferentes volumes e pontas de pulverização. Botucatu-SP, 2010.

Tratamentos	Dias após aplicação (DAA)				
	1 DAA	3 DAA	5 DAA	10 DAA	15 DAA
100 L ha ⁻¹ + AXI 11002	8,10 c	1,75 c	0,00 d	0,00 c	0,00 c
100 L ha ⁻¹ + AVI 11002	36,87 b	51,73 b	31,36 c	15,30 c	8,45 c
200 L ha ⁻¹ + AXI 11002	24,25 b	57,88 b	73,24 b	71,90 b	47,84 b
200 L ha ⁻¹ + AVI 11002	87,65 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a
CV (%)	17,28	10,55	13,81	21,13	8,03
DMS	13,69	34,70	21,24	18,93	27,08

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P > 0,05$).

Pontas com indução de ar, combinadas ao volume de calda de 200 L ha⁻¹ obtiveram eficiência de 87,65% de controle, acima dos padrões estabelecidos por Henderson e Tilton (1955), onde classificam como adequada a eficiência acima de 80%. A partir do terceiro dia após a aplicação, a eficiência atingiu o nível máximo. Neste caso,

provavelmente o bom desempenho está relacionado com o maior número de gotas, propiciado pelo maior volume de pulverização (200 L ha^{-1}), associado à gotas de maior tamanho, produzidas pela ponta com indução de ar. Segundo Zhu et al. (2004), essas gotas têm maior facilidade de alcançar o alvo, principalmente nas partes de difícil penetração. Ainda, o ar contido no interior das gotas induz um impacto diferenciado no alvo, resultando em maior cobertura. Por não apresentarem essas mesmas características de forma simultânea (maior número e maior tamanho das gotas), os demais tratamentos apresentaram desempenho pouco satisfatório supressão das lagartas-do-cartucho (abaixo de 80%). O baixo efeito residual do inseticida Spinosad (TOMQUELSKI e MARTINS, 2007), somado ao alto índice de infestação do inseto-praga no experimento (Figura 10) podem ter contribuído para o baixo índice de eficiência.

Os inseticidas do grupo Naturalyte (Spinosad) são eficientes no controle de *S. frugiperda* de qualquer estágio de desenvolvimento nos primeiros dias após a aplicação. No entanto, é provável a redução da eficiência com o decorrer do tempo, devido à degradação das moléculas por fatores climáticos, como a radiação solar (ALBUQUERQUE et al., 2006). Isso pode justificar o alto número de lagartas detectadas nos tratamentos pulverizados pelo inseticida com 100 L ha^{-1} de volume de calda, aos 15 dias após a segunda aplicação (estádio de desenvolvimento V_{10}), conforme a Figura 10.

Ressalta-se também, na Tabela 11, que os dados referentes ao tratamento com 100 L ha^{-1} combinado à ponta de jato plano sem indução de ar (AXI 11002), aos 15 DAA, obteve eficiência nula. Além disso, esta mesma combinação não diferiu quanto ao número de lagartas por plantas do tratamento onde não houve nenhuma aplicação do produto (tratamento testemunha) (Figura 10). Bauer e Raetano (2004) afirmam que baixos volumes de calda em pulverizações tendem a encontrar maiores dificuldades de penetração no dossel. Aliado a dificuldade de penetração do inseticida pelo avançado estágio de desenvolvimento vegetativo das plantas (V_{10}), o baixo efeito residual pode ter prejudicado o desempenho do inseticida sobre as lagartas-do-cartucho.

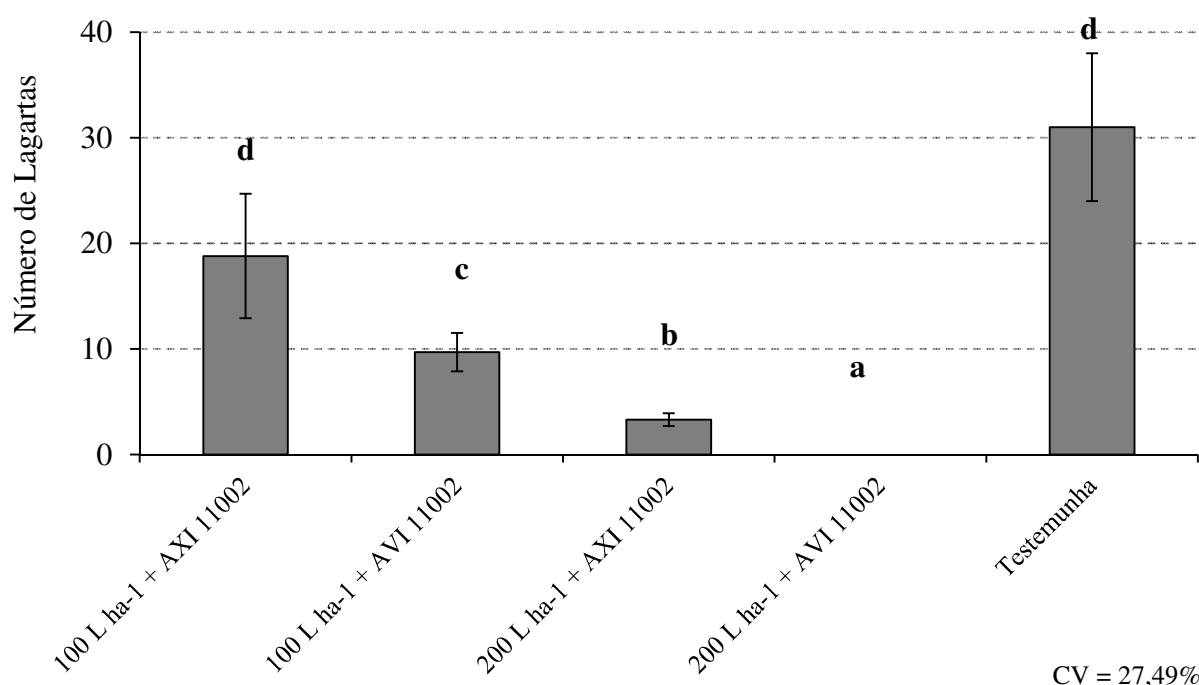


Figura 10. Número de lagartas-do-cartucho por 7 plantas de milho, aos 15 dias após a aplicação do inseticida Spinosad, no estágio de desenvolvimento V₁₀ da cultura do milho com diferentes volumes e pontas de pulverização. Botucatu-SP, 2010.

Em relação aos danos provocados pela *S. frugiperda*, os tratamentos fitossanitários refletiram sempre em menor dano (Figura 11), reiterando a importância da aplicação de inseticidas agregado à novas tecnologias. No entanto, Gramkow et al. (2010) enfatizam que problemas com insetos-praga resistentes a produtos químicos tende a se agravar drasticamente devido ao aumento da pressão de seleção com inseticidas, especialmente em regiões onde se cultiva o milho durante grande parte do ano.

Nos tratamentos com volume de 100 L ha⁻¹, tanto para a ponta sem indução de ar (Figura 11, “a”) quanto para aquela que possuía indução (Figura 11, “b”), houve concentração de notas quatro. Por outro lado, nas pulverizações com 200 L ha⁻¹, a predominância foi da nota um, com 66% e 57% do total das notas (Figura 11, “c” e “d”). Em função das notas relativamente baixas, pode-se afirmar que essa tecnologia (200 L ha⁻¹) é indicada para a preservação das plantas quanto à infestação de *S. frugiperda*.

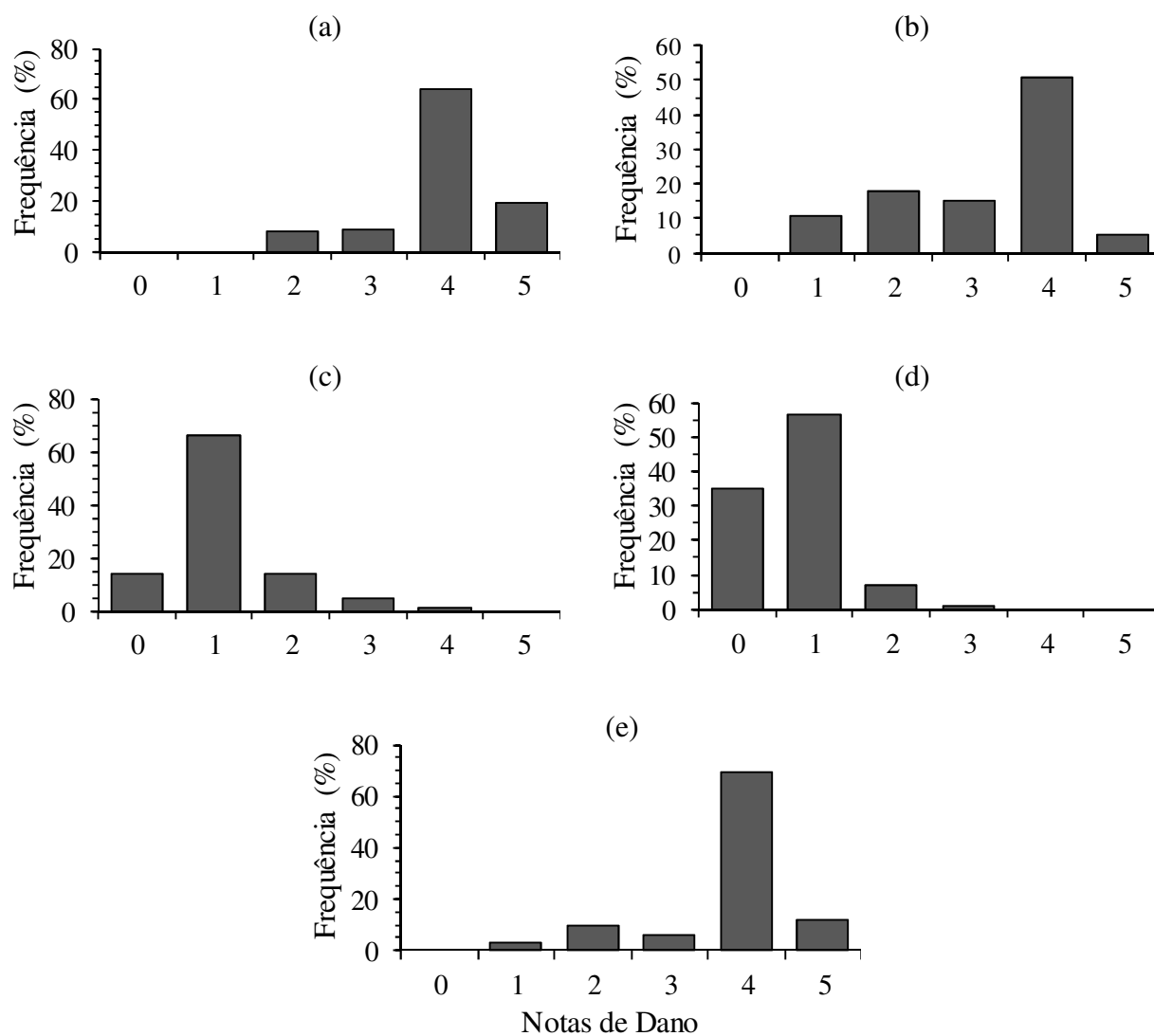


Figura 11. Frequência das notas de dano de *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho, aos 15 dias após a aplicação do inseticida Spinosad, no estágio de desenvolvimento V₁₀ da cultura do milho: (a) 100 L ha⁻¹ + AXI 11002; (b) 100 L ha⁻¹ + AVI 11002; (c) 200 L ha⁻¹ + AXI 11002; (d) 200 L ha⁻¹ + AVI 11002; (e) tratamento testemunha. Botucatu-SP, 2010.

No tratamento testemunha, houve concentração de notas quatro (Figura 11, “e”). Esses resultados se assemelham aos dados referentes ao número de lagartas por planta, onde a testemunha também apresentou maiores níveis de infestação (Figura 10). Neste caso, a incidência do maior número do inseto-praga resultou em maiores notas de dano.

Farinelli e Fornasieri Filho (2006) também apontaram relação direta entre notas de dano e o índice de infestação por lagartas-do-cartucho.

A Tabela 12 se refere aos parâmetros fitotécnicos da cultura do milho de acordo com os tratamentos estudados. A altura das plantas de milho foi afetada apenas no tratamento onde não houve aplicação do inseticida (tratamento testemunha). A semelhança entre os efeitos das diferentes tecnologias empregadas para o fator altura de plantas pode ser explicada pela alta capacidade de recuperação dos danos sofridos pela cultura em baixas infestações de lagartas-do-cartucho (AZEVEDO et al., 2004), pois onde houve aplicação, o número do inseto-praga por planta foi inferior à testemunha (Figura 9). Nota-se também, que a similaridade dos efeitos nos tratamentos pulverizados pode estar relacionada com o estágio de desenvolvimento das plantas, onde há amenização dos prejuízos quando as infestações ocorrem em estádios mais avançados de desenvolvimento, pois a quantificação do número de folhas nas plantas foi realizada na época de pleno florescimento (COSTA et al., 2005).

Tabela 12. Valores médios de altura de planta (AP), número de folhas (NF), índice de área foliar (IAF), diâmetro de colmo (DC) e massa de 1000 grãos relacionados à cultura do milho com diferentes volumes e pontas de pulverização. Botucatu–SP, 2010.

Tratamento	AP (cm)	NF	IAF	D.C. (cm)	1000 Grãos (g)
100 L ha ⁻¹ + AXI 11002	211,78 a	12,12 b	3,46 b	2,79 a	309,02 b
100 L ha ⁻¹ + AVI 11002	210,43 a	11,99 b	3,70 b	2,55 a	301,29 b
200 L ha ⁻¹ + AXI 11002	217,12 a	14,21 a	4,45 a	2,63 a	336,73 a
200 L ha ⁻¹ + AVI 11002	214,24 a	14,03 a	4,82 a	2,24 a	329,49 a
Testemunha	201,97 b	11,85 b	3,51 b	2,11 a	299,85 b
CV (%)	23,41	11,38	21,13	23,41	21,77
DMS	8,03	1,70	0,38	8,03	18,93

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P > 0,05$).

Quanto ao número de folhas (NF), o volume de calda foi fundamental para proporcionar diferenças entre os tratamentos, independente do tipo de ponta de pulverização. Houve superioridade para os volumes de 200 L ha⁻¹, onde apresentaram aproximadamente duas folhas a mais por planta, conforme descrito na Tabela 12. Segundo Valicente et al. (2004), altas infestações de lagartas-do-cartucho podem destruir completamente as folhas em formação. Portanto, essa interferência no número de folhas reflete a ineficácia dos tratamentos prejudicados (100 L ha⁻¹ e testemunha).

No que concerne ao aproveitamento de luz, a superfície da folha fotossinteticamente ativa em relação à unidade de superfície de solo é denominada de índice de área foliar (IAF). Tal parâmetro permite estimar o grau de desenvolvimento da planta e o potencial de interceptação de energia radiante. Novamente observa-se superioridade dos tratamentos com volume de 200 L ha⁻¹ em relação aos demais (Tabela 12). O IAF é diretamente proporcional à superfície foliar que, por sua vez, é influenciada pelo número de folhas. Observa-se, portanto, correlação entre essas duas variáveis, já que mantiveram a mesma tendência no experimento.

Para o caractere fenológico diâmetro de colmo, não houve constatação de variações significativas mediante os tratamentos estudados. No entanto, houve interferência para a massa de 1000 grãos, onde independentemente da ponta, o volume de 200 L ha⁻¹ proporcionou maiores valores para esta variável (Tabela 12).

A produtividade da cultura do milho em função das tecnologias empregadas está representada pela Figura 12. As plantas dos tratamentos cujo volume de calda foi de 200 L ha⁻¹ se destacaram, sendo mais produtivos que os demais. Quando não houve aplicação do inseticida (tratamento testemunha), a infestação de lagartas-do-cartucho acarretou uma redução de 19% na produtividade final.

A redução do número de folhas pode provocar diminuição na produção, devido à menor área total fotossinteticamente ativa da cultura (CASA et al., 2007). Quanto melhor as condições edafoclimáticas em que a cultura é submetida durante o ciclo, maior a taxa de crescimento individual do grão e, como consequência, maior a produtividade (GIMENES et al., 2008). Nesse caso, além do menor número de folhas das plantas (Tabela 12), a queda na produtividade onde não houve controle efetivo do inseto-praga pode ter sido

intensificado, provavelmente, pela condição climática adversa (escassez de chuva) em que a cultura foi exposta durante o florescimento (Tabela 3).

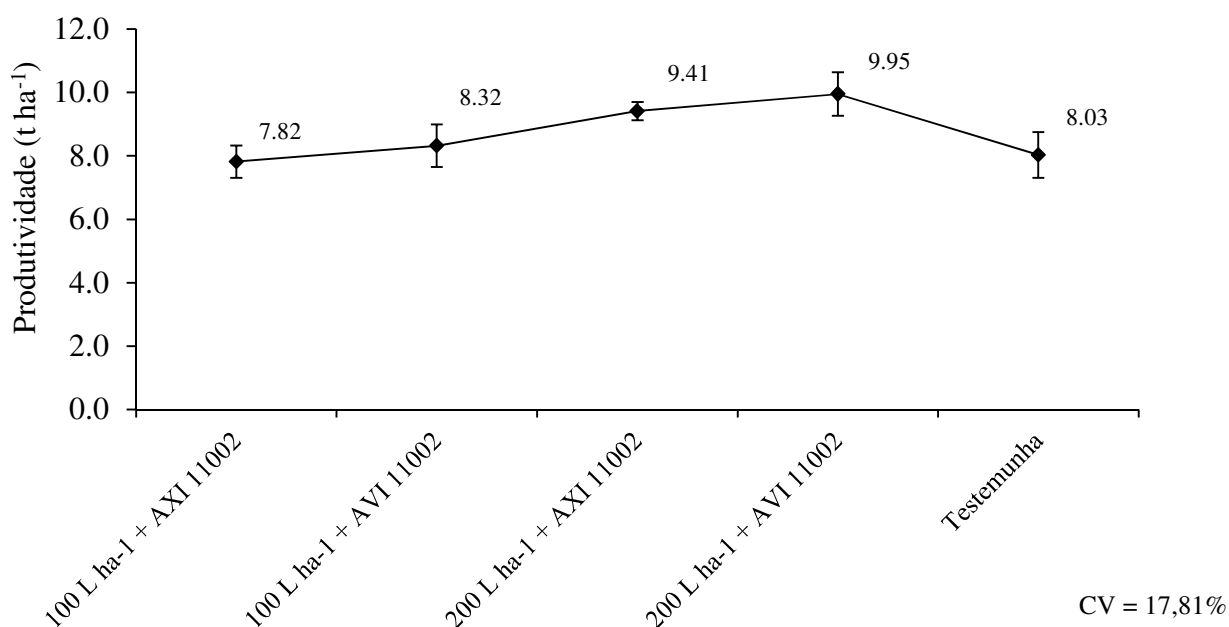


Figura 12. Valores médios de produtividade (t ha⁻¹) da cultura do milho com diferentes volumes e pontas de pulverização. Botucatu-SP, 2010.

A Figura 13 correlaciona a produtividade do milho em função da eficiência do controle das lagartas-do-cartucho. A correlação foi significativa, expressada pela equação $Y = 0,0207 X + 8,0586$, com coeficiente de determinação igual a 0,93. A produtividade foi sempre incrementada na medida em que melhores eficiências de controle foram alcançadas, pois o controle da lagarta-do-cartucho pode resultar em maior área foliar verde remanescente, com conseqüente manutenção do potencial produtivo. Figueiredo et al. (2006), avaliando o efeito de inseticidas na supressão de *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho, também encontraram correlação positiva entre eficiência de controle e produtividade, onde melhores controles resultaram em maiores produtividades.

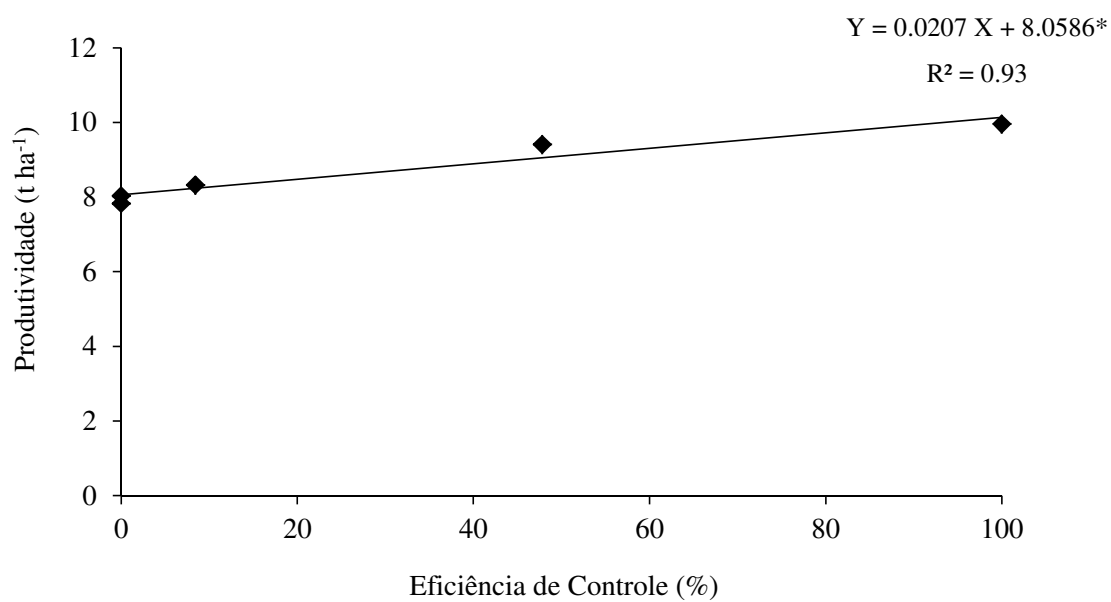


Figura 13. Relação da produtividade (t ha⁻¹) da cultura do milho com a eficiência de controle (%) da lagarta-do-cartucho aos 15 dias após a aplicação do inseticida Spinosad, no estágio de desenvolvimento V₁₀ da cultura. Botucatu-SP, 2010.

7 CONCLUSÕES

De acordo com as condições experimentais de desenvolvimento deste trabalho, é possível concluir que:

- I. A deposição da pulverização sobre plantas de milho, conduzido sob sistema adensado, é influenciada pela assistência de ar, pontas e volume de aplicação;
- II. A assistência de ar junto à barra de pulverização, volume de calda de 200 L ha⁻¹ e ponta de pulverização com indução de ar proporcionam níveis de controle de *Spodoptera frugiperda* satisfatórios na cultura do milho híbrido, conduzido no sistema adensado;
- III. Tratamentos fitossanitários, com aplicações em área total, reduzem os níveis de danos pela lagarta-do-cartucho sobre plantas de milho, em sistema adensado de cultivo;
- IV. A produtividade da cultura do milho é diretamente influenciada pela eficiência de controle da lagarta-do-cartucho, onde maiores eficiências proporcionam maiores produtividades;

- V. Os resultados obtidos podem auxiliar na implantação de programas de manejo integrado de *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho adensado, por meio de informações das tecnologias de aplicação de produtos fitossanitários adequadas no controle da lagarta-do-cartucho, bem como os danos deste inseto-praga no referido cereal.

8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M. L. et al. Relações hídricas, fenologia e produtividade do milho sob deficiência hídrica. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 18, n.1, p. 81-93, 2009.

ALBUQUERQUE, F. A. et al. Eficiência de inseticidas aplicados em tratamento de sementes e em pulverização, no controle de pragas iniciais do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 1, p. 15-25, 2006.

ALMEIDA, A. A. **Preparados homeopáticos no controle de *Spodoptera frugiperda* (J.E Smith, 1797) (Lepidóptera: Noctuidae) em milho**. 2003. 54 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2003.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Spray nozzle classification by droplet spectra. **ASAE Standards**, Saint Joseph, 2000. p. 389-391.

ANTUNES, P. M.; DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. Método prático para estimativa de índice de área foliar na cultura de milho (*Zea mays* L.). In: WORKSHOP ON SPECIAL TOPICS ABOUT SOIL PHYSICS AND CROP MODELING AND SIMULATION, 1997, Piracicaba. **Anais...** Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA, 1997. v. 1. p. 60-63.

ANTUNIASSI, U. R. et al. Avaliação da cobertura de folhas de soja em aplicações terrestres com diferentes tipos de pontas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 3., 2004, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FEPAF, 2004.

AZEVEDO, R. et al. Efeito do tratamento de sementes e aplicações foliares de inseticidas em diferentes volumes de calda, no controle de *Spodoptera frugiperda*, nas culturas do milho e sorgo em agroecossistema de várzea. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 10, n. 1, p. 71-77, 2004.

BALAN, M. G. et al. Deposição da calda pulverizada por três pontas de pulverização em diferentes condições meteorológicas. **Semina**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 293-298, 2008.

BARROS, E. M. et al. Development of *Spodoptera frugiperda* on different hosts and damage to reproductive structures in cotton. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 137, n. 3, p. 237-245, 2010.

BAUER, F. C.; RAETANO, C. G. Assistência de ar e perdas na deposição de produtos fitossanitários em pulverizações na cultura da soja. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 2, p. 271-276, 2000.

BAUER, F. C.; RAETANO, C. G. Distribuição volumétrica de calda produzida pelas pontas de pulverização XR, TP e TJ sob diferentes condições operacionais. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 2, p. 275-284, 2004.

BOLLER, W.; MACHRY, M. Efeito da pressão de trabalho e de modelos de pontas de pulverização sobre a eficiência de herbicida de contato em soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 722-727, 2007.

BORRÁS, L.; MADDONNI, G. A.; OTEGUI, M. E. Leaf senescence in maize hybrids: plant population, row spacing and kernel set effects. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 82, n. 1, p. 13-26, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Secretaria Nacional da Defesa Agropecuária, 1992. 365 p.

BUNTIN, G. D.; LEE, D.; WILSON, D. M.; McPHERSON, R. M. Evaluation of yield gardtransgenic resistance for control of fall armyworm and corn earworm (Lepidoptera: Noctuidade) on corn. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 84, n. 1, p. 37-42, 2001.

BUTLER-ELLIS, M. C.; BRADLEY, A.; TUCK, C. R. The characteristics of sprays produced by air induction nozzles. In: BRITISH CROP PROTECTION COUNCIL CONFERENCE WEEDS, 2001, Brighton. **Proceedings...** Surrey: The British Crop Protection Council, 2001. p. 665-670.

CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L. População de plantas na comparação do rendimento de grãos entre cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 2, p. 17-25, 2004.

CARVALHO, R. P. L. **Danos, flutuação da população, controle e comportamento de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith 1797) e susceptibilidade de diferentes genótipos de milho em condições de campo**. 1970. 170 f. Tese (Doutorado em Entomologia)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1970.

CASA, R. T. et al. Incidência de podridões de colmo, grãos ardidos e rendimento de grãos de milho submetidos ao aumento na densidade de plantas. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, n. 1, p. 353-357, 2007.

CASON, J. B.; PAVAN, L. A.; SANTOS, A. C. Spinosad no controle da lagarta militar *Spodoptera frugiperda* e do curuquerê *Alabama argillacea*, na cultura do algodoeiro. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 3., 2001, Campo Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2001, 672 p.

CHRISTOVAM, R. S. et al. Effect of nozzle angle and air-jet parameters in air-assisted sprayer on biological effect of soybean asian rust chemical protection. **Journal of Plant Protection Research**, Poznan, v. 50, n. 3, p. 347-353, 2010a.

CHRISTOVAM, R. S. et al. Assistência de ar em barra de pulverização no controle da ferrugem asiática da soja. **Bragantia**, São Paulo, v. 69, n. 1, p. 232-238, 2010b.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Indicadores na agropecuária. Brasília, DF, 2011. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=538&t=>>. Acesso em: 25 mar. 2011.

COOKE, B. K. et al. Air assisted spraying of arable crops, in relation to deposition, drift and pesticide performance. **Crop Protection**, London, v. 9, n. 4, p. 303-311, 1990.

COSTA, M. A. G. et al. Efficacy of different insecticides and suspension volumes to control *Spodoptera frugiperda* in corn and sorghum in low land areas. **Ciencia Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1234-1242, 2005.

COSTA, M. A. G. et al. Avaliação dos níveis de dano e controle econômico de *Spodoptera frugiperda* em milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 20., 2004. Gramado. **Anais...** Gramado: SBE, 2004.

CRUZ, I. Manejo de pragas da parte aérea da cultura do milho. In: SANDINI, I. E.; FANCELLI, A. L. (Eds.). **Milho: estratégias de manejo para a região Sul**. Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2000. p. 165-178.

CRUZ, I. Resistência de *Spodoptera* a inseticidas. **Revista Cultivar**, Pelotas, v. 37, n. 1, p. 12-14, 2002.

CRUZ, I.; GONÇALVES, E. P.; FIGUEIREDO, M. L. C. Effect of a nuclear polyhedrosis virus on *Spodoptera frugiperda* (Smith) larvae, its damage and yield of maize crop. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 2, p. 20-27, 2002.

CRUZ, I. et al. Damage of *Spodoptera frugiperda* (Smith) in different maize genotypes cultivated in soil under three levels of aluminium saturation. **International Journal of Pest Management**, London, v. 45, n. 4, p. 293-296, 1999.

CRUZ, J. C. et al. **A cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 517 p.

CUNHA, J. P. A. R.; DOS 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.; 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. et al. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 21, n. 2, p. 325-32, 2003.

CUNHA, J. P. A. R. et al. Efeitos de pontas de pulverização no controle químico da ferrugem da soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 283-291, 2008.

DERKSEN, R. C. et al. Coverage and drift produced by air induction and conventional hydraulic nozzles used for orchard applications. **Transactions of the ASABE**, Saint Joseph, v. 50, n. 5, p. 1493-1501, 2007.

DUARTE, J. O. Embrapa milho e sorgo: sistema de produção. Informações técnicas à respeito do cultivo do milho. 2005. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/importancia>>. Acesso em: 05 out. 2010.

EARL, H. J.; DAVIS, R. F. Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. **Agronomy Journal**, Salt Lake City, v. 95, n. 3, p. 688-696, 2003.

EVETT, S. R.; TOLK, J. A. Introduction: Can water use efficiency be modeled well enough to impact crop management? **Agronomy Journal**, Salt Lake City, v. 101, n. 3, p. 423-425, 2009.

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. **Milho**: estratégias de manejo para alta produtividade. Piracicaba: FEALQ, 2003. 208 p.

FARRE, I.; FACI, J. M. Deficit irrigation in maize for reducing agricultural water use in a Mediterranean environment. **Agricultural Water Management**, Washington, v. 96, n. 3, p. 383-394, 2009.

FARINELLI, R.; FORNASIERI FILHO, D. Avaliação de dano de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em cultivares de milho. **Científica**, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 197-202, 2006.

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), na cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete lagoas, v. 5, n. 3, p.325-339, 2006.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. FAOSTAT – Agriculture statistics. Rome, 2009. Disponível em: <<http://www.fao.org/corp/statistics>>. Acesso em: 09 jan. 2011.

FREEMAN, K. W. et al. By-plant prediction of corn forage biomass and nitrogen uptake at various growth stages using remote sensing and plant height. **Agronomy Journal**, Salt Lake City, v. 99, n. 3, p. 530-536, 2007.

FREITAS, F. C. L. et al. Distribuição volumétrica de pontas de pulverização turbo teejet 11002 em diferentes condições operacionais. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 23, n. 1, p. 164-167, 2005.

GADANHA JUNIOR, C. D.; ZAIDAN, S. E. Avaliação dos padrões de distribuição radial de bico de pulverização de jato cônico cheio. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 3., 2004, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FEPAF, 2004. 267 p.

GALLO, D. ET AL. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

GIMENES, M. J. et al. Interferência de espécies forrageiras com a cultura do milho. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v. 15, n. 1, p. 61-76, 2008.

GIMENES, M. J. et al. Interferência de densidades de *Brachiaria brizanta* sobre plantas daninhas em sistema de consórcio com milho. **Revista Trópica**, Chapadinha, v. 4, n. 1, p. 25-31, 2010.

GRAMKOW, A. W. et al. Insecticidal activity of two proteases against *Spodoptera frugiperda* larvae infected with recombinant baculoviruses. **Virology Journal**, London, v. 7, n. 1, p. 143-153, 2010.

GULER, H. et al. Spray characteristics and drift reduction potential with air induction and conventional flat-flan nozzles. **Transaction of the ASAE**, Saint Joseph, v. 50, n. 3, p. 745-754, 2007.

HAMMER, G. L. et al. Can changes in canopy and/or root system explain historical maize yield trends in the U.S. corn belt? **Crop Science**, Madison, v. 49, n. 3, p. 299- 312, 2009.

HENDERSON, C. F.; TILTON, E. W. Tests with acaricides against the brown wheat mite. **Journal of Economic Entomology**, Riverside, v. 48, n. 2, p. 157-161, 1955.

IGBADUN, H. E. et al. Effects of deficit irrigation scheduling on yields and soil water balance of irrigated maize. **Irrigation Science**, Sidney, v. 27, n. 1, p. 11-23, 2008.

ISLÃ, R.; ARAGUÉS, R. Yield and plant ion concentrations in maize (*Zea mays* L.) subject to diurnal and nocturnal saline sprinkler irrigations. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 116, n. 1, p. 175-183, 2010.

JORGENSEN, L.; WITT, K. L. Spraying and the impact on the environment: Spraying technique in relation to approval and use of pesticides in Northern Europe. **Hardi International Application Technology Course**, Taastrup, v. 1, n. 2, p. 4-16, 2000.

KATERJI, N.; MASTRORILLI, M.; CHERNI, H. E. Effects of corn deficit irrigation and soil properties on water use efficiency: a 25-year analysis of a Mediterranean environment using the STICS model. **European Journal of Agronomy**, Cordoba, v. 32, n. 2, p. 177-185, 2010.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 478 p.

LACERDA, C. F. et al. Morpho-physiological responses of cowpea leaves to stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campos dos Goytacazes, v. 18, n. 2, p. 455-465, 2006.

LEONARD, R. et al. The effect of air assistance on spray deposition and biological effect in the control *Phytophthora infestans* in potatoes. **Aspects of Applied Biology**, Warwick, v. 15, n. 57, p. 243-249, 2000.

LIMA, M. P. L. et al. Bioatividade de formulações de NIM (*Azadirachta indica* A. JUSS, 1797) e de *Bacillus thuringiensis* subsp *aizawai* em lagartas de *Spodoptera frugiperda*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 6, p. 1381-1389, 2010.

LINDQUIST, J. L. et al. Maize radiation use efficiency under optimal growth conditions. **Agronomy Journal**, Salt Lake City, v. 97, n. 1, p. 72-78, 2005.

MARCHÃO, R.L. et al. Densidade de plantas e características agronômicas de híbridos de milho sob espaçamento reduzido entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 2, p. 93-101, 2005.

MARTINS, D. **Deposição de calda de pulverização em cultivares de batata**. 2004. 249 f. Tese (Livre Docente em Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

MATUO, T.; PIO, L. C.; RAMOS, H. H. Módulo 2: tecnologia de aplicação dos agroquímicos e equipamentos. In: ABEAS. **Curso de proteção de plantas**. Brasília, DF: ABEAS, 2002. 91 p.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods**. 3. ed. London: Balckwell, 2000. 432 p.

MILLER, P. C. H., BUTLER-ELLIS, M. C. Extending the international (BCPC) spray classification scheme. **Aspects of Applied Biology**, Warwick, v. 66, n. 3, p. 17-24, 2002.

MOREIRA, H. J. C.; ARAGÃO, F. D. **Manual de pragas do milho**. Campinas: FMC, 2009. 132 p.

NUYTTENS, D. et al. Effect of nozzle type, size and pressure on spray droplet characteristics. **Biosystems Engineering**, London, v. 97, n. 3, p. 333-345, 2007.

NEGRISOLI, A. S. et al. Efficacy of entomopathogenic nematodes (Nematoda: Rhabditida) and insecticide mixtures to control *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) in corn crops. **Crop Protection**, London, v. 29, n. 2, p. 677-693, 2010.

OZKAN, H. E. Reduzindo a deriva nas pulverizações. Boletim 816-00. Departamento de Alimentação, Agricultura e Engenharia Biológica. Universidade de Ohio – USA, 2001. Disponível em: <http://www.e-sprinkle.com.br/br/includes/artigos/como_reduzir_a_deriva>. Acesso em: 05 out. 2010.

PALLADINI, L. A. **Metodologia para a avaliação da deposição em pulverizações**. 2000. 110 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

PRADO, E. P. et al. Velocidade do ar em barra de pulverização na deposição da calda fungicida, severidade da ferrugem asiática e produtividade da soja. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 36, n. 1, p. 45-50, 2010.

RAETANO, C. G.; BAUER, F. C. Efeito da velocidade do ar em barra de pulverização na deposição de produtos fitossanitários em feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 2, p. 329-334, 2003.

RAETANO, C. G. Assistência de ar em pulverizadores de barras. In: RAETANO, C.G.; ANTUNIASSI, U. R. (Eds.). **Qualidade em tecnologia de aplicação**. Botucatu: FEPAF, 2004. p. 8-18.

RAETANO, C. G.; MERLIN, A. Avanços tecnológicos no controle da ferrugem da soja. In: ZAMBOLIM, L. **Ferrugem asiática da soja**. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 115-138.

SANGOI, L. et al. Desempenho de híbridos de milho com ciclos contrastantes em função da desfolha e da população de plantas. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 271-276, 2002.

SANTIAGO, G. P. et al. Efeitos de extratos de plantas na biologia de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) mantida em dieta artificial. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 792-796, 2008.

SANTOS, R. O. et al. Deposição de calda fungicida aplicada na cultura da soja, em função de ponta de pulverização e volume de calda. In: JORNADA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO, 1.; SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 3., 2005, Anápolis. **Anais...** Anápolis: UEG, 2005. p. 1-6.

SARMENTO, R. A. et al. Revisão da biologia, ocorrência e controle de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera, Noctuidae) em milho no Brasil. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 18, n. 2, p. 41-48, 2003.

SCUDELER, F.; RAETANO, C. G. Spray deposition and losses in potato as a function of air-assistance and sprayer boom angle. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 63, n. 6, p. 515–521, 2006.

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.

SILVA, M. T. B.; COSTA, E. C.; BOSS, A. Controle de *Anticarsia gemmatilis* Huebner (Lepidoptera: Noctuidae) com reguladores de crescimento de insetos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 4, p. 601-605, 2003.

SILVA, P. R. F. et al. Adequação da densidade de plantas à época de semeadura em milho irrigado. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 9, n. 1, p. 48-57, 2010.

SOARES, J. J.; ARAÚJO, L. H. A. Guerra à lagarta militar. **Revista Cultivar**, Pelotas, v. 1, n. 1, p. 6-8, 2001.

SPRAYING SYSTEMS. **Catálogo 46M-BR/P**: produtos de pulverização para a agricultura. Diadema: Spray Systems do Brasil, 1999. 104 p.

STEWART, D. W. et al. Canopy structure, light interception and photosynthesis in maize. **Agronomy Journal**, Salt Lake City, v. 95, n. 3, p. 1465-1474, 2003.

STRIEDER, M. L. et al. A resposta do milho irrigado ao espaçamento entre linhas depende do híbrido e da densidade de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 2, p. 634-642, 2007.

SUWA, R. et al. High temperature effects on photosynthate partitioning and sugar metabolism during ear expansion in maize (*Zea mays* L.) genotypes. **Plant Physiology and Biochemistry**, New Delhi, v. 48, n.2, p. 124-130, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 4 ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2009. 848 p.

TAYLOR, W. A.; ANDERSEN, P. G. A review of benefits of air assisted spraying trials in arable crops. **Aspects of Applied Biology**, Wellesbourne, v. 48, n. 1, p. 163-174, 1997.

THEISEN, G.; RUEDELL, J. **Tecnologia de aplicação de herbicidas: teoria e prática**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 2004. 90 p.

TOKATLIDIS I. S; KOUTROUBAS, S. D. A review of maize hybrids' dependence on high plant populations and its implications for crop yield stability. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 88, n. 1, 103-114, 2004.

TOMAZELA, M. S. **Efeito do estágio de desenvolvimento de *Brachiaria plantaginea* (Link) Hitch, volume e ângulo de aplicação na deposição de calda de aplicação**. Botucatu, 2001. 52 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

TOMQUELSKI, G. V.; MARTINS, G. L. M. Eficiência de inseticidas sobre *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho na região dos chapadões. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 6, n. 1, p. 26-39, 2007.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Grain:** world markets and trade. Foreign Agricultural Service, Washington: USDA, 2010. (Circular Series).

VALICENTE, F. H.; VIANA, P. A.; WAQUIL, J. M. Ocorrência e controle de pragas durante a safrinha de milho no Sudoeste Goiano. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Embrapa milho e sorgo**. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2004. (Circular Técnica, 48).

VIANA, R. G. et al. Distribuição volumétrica e espectro de gotas de pontas de pulverização de baixa deriva. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 28, n. 2, p. 439-446, 2010.

VIANA, P. A.; PRATES, H. T. Desenvolvimento e mortalidade larval de *Spodoptera frugiperda* em folhas de milho tratadas com extrato aquoso de folhas de *Azadirachta indica*. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 1, p. 69-74, 2003.

VIANNA, P. A.; CRUZ, I.; WAQUIL, J. M. **Embrapa milho e sorgo:** sistemas de produção. 3. ed. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2007.

VIGANÓ, L.; RAETANO, C. G. Assistência de ar e volumes de aplicação na deposição de calda e no controle do arroz vermelho (*Oryza sativa* L.). **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 734-741, 2007.

WAQUIL, J. M. Milho: manejo integrado de pragas decisivo para o sucesso da cultura. **Correio Agrícola**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 6-13, 2006.

WATSON, D. J. Comparative physiological studies on growth of field crops: variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. **Annals of Botany**, London, v. 11, n.1, p. 41-76, 1947.

ZHU, H. et al. Spray penetration into peanut canopies with hydraulic nozzle tips. **Biosystems Engineering**, London, v. 87, n. 3, p. 275-283, 2004.

ZHU, H. et al. A specially designed air-assisted sprayer to improve spray penetration and air jet velocity distribution inside dense nursery crops. **Transactions of the ASABE**, Saint Joseph, v. 49, n. 5, p. 1285-1294, 2006.

ZHU, H. et al. Development of a canopy opener to improve spray deposition and coverage inside soybean canopies. 2. Opener design with field experiments. **Transactions of the ASABE**, Saint Joseph, v. 51, n. 6, p. 1913-1922, 2008.