

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

**PONTAS E VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO NA DEPOSIÇÃO DE
GOTAS DA PULVERIZAÇÃO NA CULTURA DO ALGODÃO**

JHONATAN DIEGO CAVALIERI

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Mestre em
Agronomia (Proteção de Plantas)

BOTUCATU-SP
Agosto - 2013

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

**PONTAS E VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO NA DEPOSIÇÃO DE GOTAS DA
PULVERIZAÇÃO NA CULTURA DO ALGODÃO**

JHONATAN DIEGO CAVALIERI

Orientador: Prof. Dr. Carlos Gilberto Raetano

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Mestre em
Agronomia (Proteção de Plantas)

BOTUCATU-SP
Agosto – 2013

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

C376p Cavalieri, Jhonatan Diego, 1987-
Pontas e velocidade de deslocamento na deposição de gotas da pulverização na cultura do algodão / Jhonatan Diego Cavalieri. - Botucatu : [s.n.], 2013
viii, 73 f. : tabs., grafs., fots. color.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2013
Orientador: Carlos Gilberto Raetano
Inclui bibliografia

1. Defensivos agrícolas - Tecnologia de aplicação. 2. Pulverização. 3. Algodão - Cultura. I. Raetano, Carlos Gilberto. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônomicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "PONTAS E VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO NA DEPOSIÇÃO DE GOTAS DE PULVERIZAÇÃO NA CULTURA DO ALGODÃO"

ALUNO: JHONATAN DIEGO CAVALIERI

ORIENTADOR: PROF. DR. CARLOS GILBERTO RAETANO

APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA:



PROF. DR. CARLOS GILBERTO RAETANO



PROF. DR. ULISSES ROCHA ANTUNIASI



PROF. DR. CASIMIRO DIAS GADANIA JUNIOR

Data da Realização: 02 de agosto de 2013.

Dedico

“Aos meus amados pais Cidinês Cavaliéri e Tereza Geraldi de Lima, por todo amor, educação, carinho, dedicação, compreensão, incentivo e confiança, em todos os momentos desta e de outras caminhadas.”

AGRADECIMENTOS

A DEUS e a Santa Igreja Católica por me iluminar e me conduzir até esse momento, proporcionando-me força e sabedoria para enfrentar todas as dificuldades que a mim são confiadas.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas / UNESP e especialmente aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Proteção de Plantas), pela oportunidade de realização do Curso de Mestrado e pela excelente formação profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida durante a realização do Curso de Mestrado.

Ao amigo e professor Dr. Carlos Gilberto Raetano, pela orientação, confiança, amizade, companheirismo e valiosos ensinamentos científicos e profissionais.

Ao meu irmão, Sidnei Douglas Cavalieri, pela amizade, companheirismo, incentivo e confiança em todos os momentos.

À minha namorada, Lais Lorena Queiroz Moreira, pelo companheirismo, apoio, amizade e por ter tornado meus dias mais felizes em Botucatu. Também devo graças pelas ajudas concedidas na execução da parte a campo e demais etapas de realização desta pesquisa.

Aos funcionários e amigos da fazenda “Nossa Senhora do Carmo II”, Sr. José Carlos Dias Paião, esposa Ezilda Paião e filho Fábio Paião, Rudiele e Junior, pela grandiosa contribuição na execução da parte a campo, receptividade e solidariedade.

Ao proprietário da fazenda, Sr. Marcelo Swart, pela concessão da área experimental, maquinário e demais recursos necessários a realização dessa pesquisa.

Ao Engenheiro Agrônomo Guido Sanchez, Diretor da Assessoria e Consultoria “Holambra Agrícola”, pelas instruções no início dessa pesquisa.

Aos amigos acadêmicos do curso de agronomia Joáz Junior (Pai Jaú) e Luiz Eduardo, pela amizade, companheirismo, disponibilidade e contribuição com a parte a campo.

Aos amigos de mestrado André Junio Andrade Peres e Ronaldo Porto Madureira, pelo companheirismo durante todo o período de mestrado, conhecimentos transmitidos e experiências vivenciadas.

Ao amigo, professor da Universidade Estadual de Maringá (UEM), Fernando Alves de Albuquerque, pelo apoio, valiosos ensinamentos científicos e profissionais, sendo responsável pelos meus primeiros passos na área acadêmica.

Ao Dr. Marcos Vilela, pela concessão dos equipamentos, pela amizade e demais ensinamentos transmitidos durante o início da realização dessa pesquisa.

As empresas Jacto S.A e Hypro Systems Co., pelos equipamentos fornecidos para o desenvolvimento deste trabalho.

Enfim, a todos aqueles que de alguma forma cooperaram para o planejamento e execução deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	5
2 REVISÃO DE LITERATURA	7
2.1 A Cultura do algodão.....	7
2.2 Problemas fitossanitários.....	9
2.3 Pontas de pulverização de energia hidráulica e centrífuga.....	11
2.4 Velocidade de deslocamento e capacidade operacional.....	14
2.5 Depósito, cobertura e espectro de gotas da pulverização.....	15
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1 Experimento I.....	18
3.1.1 Delineamento experimental e caracterização dos tratamentos.....	19
3.1.2 Características do equipamento e pontas de pulverização.....	20
3.1.3 Condições meteorológicas.....	23
3.1.4 Quantificação dos depósitos da pulverização.....	23
3.1.5 Cobertura da pulverização.....	25
3.1.6 Padronização da quantidade do depósito obtido por unidade de área.....	26
3.1.7 Índice de área foliar (IAF) e altura das plantas.....	27
3.2 Experimento II.....	28
3.2.1 Depósito da pulverização.....	28
3.2.2 Cobertura da pulverização.....	29
3.3 Análise da cobertura e espectro de gotas.....	30
3.4 Análise estatística dos dados.....	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1 Experimento I.....	33
4.1.1 Fatores controlados pelo bloco (Erro experimental).....	33
4.1.2 Condições meteorológicas.....	33
4.1.3 Análise de variância do depósito da pulverização.....	34
4.1.4 Depósito da pulverização x Tecnologia de aplicação.....	35

4.1.5 Depósito da pulverização x Velocidade de deslocamento.....	38
4.1.6 Uniformidade da distribuição da calda.....	43
4.2 Experimento II.....	45
4.2.1 Fatores controlados pelo bloco (Erro experimental)	45
4.2.2 Análise de variância do depósito da pulverização.....	46
4.2.3 Depósito x Tecnologia de aplicação.....	47
4.2.4 Depósito x Velocidade de deslocamento.....	50
4.2.5 Uniformidade da pulverização.....	55
4.2.6 Cobertura da pulverização e espectro de gotas.....	57
5 CONCLUSÃO.....	65
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

RESUMO

Dois experimentos foram conduzidos em lavoura comercial de algodão, *Gossypium hirsutum* L., na safra agrícola 2012/2013, em estádios de desenvolvimento distintos (B9 e F13), para avaliar o efeito de pontas de pulverização de energia hidráulica e um sistema de pulverização de energia centrífuga sob diferentes velocidades de deslocamento do pulverizador sobre o depósito, cobertura e espectro de gotas da pulverização. O delineamento experimental foi o modelo de blocos casualizados, com doze tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram distribuídos em arranjo fatorial 3 x 4 (três técnicas de pulverização, sendo duas delas de energia hidráulica: jato plano simples; jato plano simples inclinado com indução de ar, sob taxa de aplicação de 120 L.ha⁻¹; e sistema de energia centrífuga - atomizador rotativo de disco - sob taxa de aplicação de 20 L.ha⁻¹, combinadas a quatro velocidades de deslocamento: 12, 15, 18 e 25 km.h⁻¹). Para a avaliação do depósito da pulverização, alvos artificiais foram fixados na superfície adaxial e abaxial das folhas do ápice e base do algodoeiro (Estádio B9) e também na parte média das plantas (Estádio F13). Após a pulverização de um marcador cúprico (oxicloreto de cobre), os alvos foram coletados, imersos em solução extratora de ácido nítrico a 1,0 mol.L⁻¹, procedendo-se a leitura da solução por espectrofotometria de absorção atômica. Para a análise da cobertura e espectro de gotas da pulverização foram fixados papéis hidrossensíveis em estacas correspondente a altura das partes superior, média e

inferior da planta. Após as pulverizações, os papéis hidrossensíveis foram retirados, digitalizados e analisados com o auxílio do programa computacional “DepositScan”. O sistema de pulverização de energia centrífuga produz espectro de gotas mais homogêneo, com maior penetração das gotas e uniformidade do depósito da pulverização no dossel do algodoeiro em ambos os estádios de desenvolvimento da cultura. O aumento da velocidade de deslocamento influenciou os níveis dos depósitos da pulverização, principalmente no ápice do algodoeiro. A cobertura e a densidade de gotas foram influenciadas negativamente pelo aumento da velocidade com pontas de energia hidráulica.

Palavras-chave: tecnologia de aplicação, pulverização, energia centrífuga, depósito, *Gossypium hirsutum*.

EFFECT OF NOZZLES AND DISPLACEMENT SPEED IN SPRAY DROPLET DEPOSITION ON COTTON CROP. Botucatu, 2013. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Proteção de Plantas). Faculdade de Ciências Agronômicas. Universidade Estadual Paulista.

Author: Jhonatan Diego Cavalieri

Adviser: Carlos Gilberto Raetano

SUMMARY

Two experiments were conducted in commercial cotton farming, *Gossypium hirsutum* L., in the 2012/2013 season, in different growth stages (B9 and F13), to assess the effect of centrifugal energy system and hydraulic energy spray nozzles under different displacement speeds of the sprayer on deposit levels, coverage and spray droplets spectrum. The experimental design was randomized blocks, with twelve treatments and four replications. The treatments were arranged in a factorial scheme 3 x 4 (three spray nozzles: standard flat-fan, flat-fan tilted with air-induction under application rates of 120 L.ha⁻¹, and centrifugal energy system - rotating disc atomizer - under application rates of 20 L.ha⁻¹, combined with four displacement speeds: 12, 15, 18 and 25 km.h⁻¹). To evaluation of spray deposit, artificial targets were fixed in upper side and underside of leafs on apex and base of cotton plants (growth stages B9), and also in the middle part of the plant (growth stages F13). After spraying of a cupric tracer (copper oxychloride), targets were collected and placed in nitric acid extractor solution at 1.0 mol L⁻¹. The tracer quantification was made by atomic absorption spectrophotometry. To analysis of spray coverage and droplet spectrum, water sensitive paper were fixed on stakes at the height upper, middle and lower parts of the plant. After spraying, the targets were removed, scanned and analyzed by "DepositScan" software. The droplet spectrum with centrifugal energy system was more homogeneous, with greater penetration of the droplets and uniformity of spray deposition on the canopy in both growth stages of crop. The increase of displacement speed affected the spray deposit especially at the

top part of the plant. The spray coverage and droplet density were negatively influenced with the increase of the displacement speed with hydraulic nozzles.

Keywords: application technology, spraying, centrifugal energy, spray deposit, *Gossypium hirsutum*.

1 INTRODUÇÃO

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) apresenta uma série de problemas relacionados ao controle fitossanitário dentre os quais diversas espécies de insetos fitófagos que incidem desde a fase de emergência até a maturação, ocasionando perdas tanto no rendimento quanto na qualidade do produto. Para o sucesso da produção é necessário adotar práticas que sejam eficientes e que possibilitem aumentar a sustentabilidade do tratamento fitossanitário.

O aumento na capacidade operacional passa a ser decisivo no manejo fitossanitário, principalmente em áreas de grande extensão. Para isso, o agricultor lança mão de algumas práticas como o aumento da velocidade de deslocamento e utilização de bicos de pulverização dotados de tecnologia que permitem trabalhar com taxas de aplicação menores, melhorando o aproveitamento dos maquinários e demais recursos utilizados no controle fitossanitário.

A busca pela maior capacidade operacional muitas vezes enfrenta problemas relacionados à menor uniformidade na deposição dos produtos fitossanitários e no aumento de deriva, sendo essas umas das principais causas da ineficiência no controle de insetos-praga, principalmente para aqueles que permanecem em locais de menor exposição direta a ação dos produtos fitossanitários. Por isso, torna-se necessário a realização de um

trabalho que auxilie na identificação da combinação dos recursos utilizados em uma pulverização, de forma a obter maior eficiência e uniformidade de distribuição das gotas sobre o dossel da cultura.

No mercado estão disponíveis tecnologias com características construtivas que podem oferecer vantagens tais como: controle da uniformidade das gotas proporcionadas pela tecnologia CDA - *Controlled Drop Application* (MATTHEWS, 1977); a redução das gotas suscetíveis a deriva pela indução de ar; a diminuição do impacto do vento contrário as pulverizações sob alta velocidade de deslocamento pela alteração do ângulo de aplicação em relação à cultura. Todas essas características podem ser úteis na melhoria do aproveitamento do ingrediente ativo e do volume de calda pulverizado, possibilitando reduzir a taxa de aplicação e maximizar a capacidade operacional das máquinas, além de diminuir os riscos de contaminação ambiental.

Assim, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito de pontas de pulverização de energia hidráulica e um sistema de energia centrífuga – atomizador rotativo de disco sob diferentes velocidades de deslocamento do pulverizador sobre o depósito, cobertura e espectro de gotas da pulverização, na cultura do algodão.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A Cultura do algodão

O algodão (*Gossypium hirsutum* L.) é classificado como uma cultura semi-perene, de hábito indeterminado, pertencente à família das Malváceas. Sua produção é essencialmente voltada à exploração da fibra, que é universalmente utilizada como matéria-prima têxtil. Outros produtos comerciais também podem ser obtidos a partir da planta do algodão, tais como matérias-primas para a fabricação de sabão, celulose, alguns cosméticos e papel, óleo e ração animal.

O algodão é uma das principais commodities comercializadas mundialmente, em relação ao volume produzido e valor da produção. Seu cultivo é também de grande importância social, pelo número de empregos que gera direta e indiretamente (RICHETTI & MELO FILHO, 2001).

Segundo dados fornecidos pelo Conselho Nacional de Algodão da América entre os principais países produtores dessa “commodity” estão: China, Índia, Estados Unidos da América, Paquistão, Brasil, Austrália e Uzbequistão, respectivamente (USDA, 2013). A China ocupa a posição de maior país produtor desta “commodity”, sua demanda é muito superior à produção, destacando-se como o principal importador do produto, com aproximadamente 50% das importações mundiais.

A cultura do algodão foi introduzida no Brasil pelos portugueses na época do descobrimento na região do semi-árido nordestino. Essa região apresentava condições edafoclimáticas propícias ao bom desenvolvimento da cultura, assim como a presença de mão-de-obra necessária a atividade (TAKEYA, 1985). Durante um período de tempo, o algodão se fez presente como uma cultura destinada exclusivamente à exportação. A partir de 1890, com o desenvolvimento e consolidação da indústria têxtil, a cotonicultura assumiu uma condição de estabilidade econômica no país como principal cultura agrícola dos estados nordestinos, tendo apenas 10 a 20% da produção destinada à exportação (BELTRÃO, 1996).

Apesar da importância econômica e social para a região nordestina, na década de 1987-1997, observou-se um declínio drástico na atividade algodoeira nesta região, passando da condição de produtora a importadora do produto. Diversos problemas ocorreram para inviabilizar a produção algodoeira no Nordeste, sobressaindo-se a incapacidade de convivência com o bicudo (*Anthonomus grandis* Boheman), preços subsidiados no mercado internacional, abertura do mercado brasileiro e as atrativas condições de financiamento externo do produto (BELTRÃO, 2008).

Diante deste cenário, a partir de meados dos anos 90 passou-se a observar mudanças drásticas na cotonicultura brasileira, como o deslocamento dos plantios das tradicionais áreas de cultivo caracterizadas pela agricultura familiar da região Nordeste, Sudeste e Sul para as áreas do Centro-Oeste brasileiro e Oeste do estado da Bahia com a adoção de novas práticas culturais (EMBRAPA, 2003).

O cultivo do algodão no cerrado brasileiro tornou-se uma atividade de elevado nível tecnológico explorado em grandes módulos de produção. Com a ocupação dessa nova fronteira agrícola para o cultivo do algodão, houve expressiva recuperação da cotonicultura nacional. As regiões Centro-Oeste e Nordeste têm se consolidado como locais de produção tecnificados, modernos e empresariais, que conferem ao algodão brasileiro qualidade e produtividade superior ou equivalente ao proveniente das melhores regiões produtoras do mundo (EMBRAPA, 2003).

Na região Centro-Oeste a cultura surgiu inicialmente como alternativa para rotação com a soja para os produtores que viram na cultura uma grande oportunidade de negócios. Entre os estados produtores desta “commodity” o Mato Grosso merece destaque, pois o estado representa metade do volume produzido no país, seguido da Bahia, com

aproximadamente 32% da produção. Somados, estima-se que os dois estados sejam responsáveis por 82% da produção nacional (IBGE, 2012).

Na maioria das áreas onde planta-se algodão, prevalece o sistema convencional, onde a semeadura inicia-se no mês de outubro, a cultura apresenta ciclo de desenvolvimento por volta de 180 a 220 dias. O espaçamento utilizado é de 0,76 a 0,90 m e a densidade populacional de plantas em torno de 90 a 120 mil plantas por hectare. Nesse sistema, as plantas são conduzidas à altura máxima de 1,3 m, com aproximadamente 10 a 15 estruturas frutíferas por planta e ramos grandes, conferindo assim um longo tempo gasto para o desenvolvimento da cultura (BELOT & VILELA, 2010).

Como desvantagem a esse grande período de desenvolvimento no sistema convencional, custos referentes à adubação e principalmente com o controle fitossanitário tornam-se extremamente altos, sendo necessário que as aplicações sejam feitas de forma eficaz, para que a produtividade seja mantida em níveis satisfatórios, dando viabilidade ao sistema de produção.

2.2 Problemas fitossanitários

O controle fitossanitário na cultura do algodão representa cerca de 50% dos custos variáveis (IMEA, 2013), fato este que confere ao manejo de pragas um componente de extrema importância, sendo a eficácia do controle fator preponderante para a obtenção de lucros e sucesso com a atividade.

Entre os problemas fitossanitários, as doenças fúngicas apresentam importância econômica quando incidentes em fases iniciais ao desenvolvimento da cultura, podendo ocasionar perdas significativas a produção (SUASSUNA & COUTINHO, 2007). A eficácia do tratamento está estreitamente relacionada à uniformidade de cobertura do alvo, sendo esta característica dependente da tecnologia de aplicação.

No algodoeiro também são bastante conhecidos os problemas enfrentados em relação aos insetos-pragas tanto pela diversidade de espécies, voracidade e danos provocados nas mais variadas estruturas da planta (como raízes, caule, folhas, botões florais, flores, maçãs e capulhos), aliado às grandes dificuldades na obtenção de sucesso no

controle decorrentes das características morfológicas da planta que servem geralmente como barreira a ação direta dos ingredientes ativos.

Como medida para evitar o insucesso no controle, recomenda-se que as aplicações sejam feitas nos momentos iniciais do surgimento do ataque das pragas, antes mesmo do fechamento do dossel foliar (SANTOS, 2010). Porém, durante o ciclo da cultura são necessárias várias aplicações no controle das pragas, não sendo possível que o controle seja satisfeito por tempo indeterminado utilizando apenas uma única aplicação em momento estratégico. Além disso, a maior parte das pragas é atraída por flores, cujo pico da emissão coincide ao fechamento do dossel foliar da cultura (ROSOLEM, 2007).

Apesar de ocupar menos de 2% da área plantada mundialmente, no algodoeiro são gastos, anualmente, em torno de 25% de todo o inseticida utilizado na agricultura. A atratividade da planta de algodão aos insetos está na presença de estruturas vegetativas e reprodutivas vistosas, compostos semioquímicos que exercem também atração, botões florais, maçãs e nectários florais, extraflorais e intraflorais largos e suculentos. Estes componentes funcionam como estimulantes à colonização de insetos fitófagos, inimigos naturais e outros artrópodes e são emitidos na maior parte do ciclo de desenvolvimento da planta. Além disso, a presença do algodoeiro por mais de seis meses na lavoura e em áreas extensas prolonga o período de atratividade aos insetos (MIRANDA et al., 2008).

Como boa parte das áreas vizinhas cultivadas junto ao algodoeiro apresenta culturas anuais em fase de maturação, são comuns os problemas enfrentados com relação a migrações e transferências populacionais de insetos-pragas de hábito polífago. Essas migrações intensificam os danos causados ao algodoeiro pela maior pressão populacional de insetos-pragas incidente nessa cultura (SANTOS, 2010).

Algumas espécies de insetos-pragas merecem destaque pela localização na cultura, é o caso da lagarta mede-palmo (*Trichoplusia ni*) e a falsa medeadeira (*Pseudoplusia includens*) que por hábito desenvolve-se nos terços médio e inferior da planta, apresentando dificuldades no controle químico em pulverizações com pontas hidráulicas, onde é relativamente reduzida a quantidade de substâncias que atingem tais partes da planta (CUNHA et al., 2008).

Outras pragas como a lagarta-da-maçã (*Heliothis virescens*), (*Helicoverpa zea*), e lagarta rosada (*Pectinophora gossypiella*) ovopositam em estruturas como

botões florais, flores e brácteas de botões florais (SANTOS, 2010). Para estas pragas, o contato direto do ingrediente ativo com a lagarta recém eclodida por meio da distribuição uniforme da pulverização sobre a planta, pode ser uma estratégia importante no aumento a eficácia do controle químico.

O pulgão-do-algodoeiro (*Aphis gossypii* Glover, 1877), ácaro rajado (*Tetranychus urticae*) e a mosca-branca (*Bemisia tabaci* Gennadius, 1899) possuem comportamento alimentar e de sobrevivência sob a superfície abaxial das folhas (NARANJO & FLINT, 1995). Além disso, relatos também comprovaram a resistência dessas espécies a inseticidas de diversos grupos químicos (OMER et al., 1993; CAHILL et al., 1996; AHMAD et al., 2002) diminuindo ainda mais a eficácia de controle, tornando necessário maior critério na seleção da técnica de pulverização de forma a possibilitar que o ingrediente ativo atinja o alvo biológico em concentração suficiente para que o controle satisfatório da praga.

Nas últimas safras, ataque severo de lagarta do gênero *Helicoverpa* spp. tem causado preocupações entre agricultores e pesquisadores pelos danos econômicos proporcionados por esta praga, de forma que em algumas regiões foram necessárias até seis aplicações em um único ciclo da cultura (INSTITUTO BIOLÓGICO, 2013) dando idéia da magnitude da resistência adquirida.

Mesmo que o ingrediente ativo seja empregado na dosagem recomendada, a distribuição irregular dos tratamentos pode proporcionar efeito de sobre dose em partes da planta mais exposta à pulverização, e/ou sub-dose em partes da planta menos exposta à pulverização, onde o controle da praga pode ser insatisfatório ou mesmo contribuir para o desenvolvimento de espécies resistentes. Neste caso, a adequação da tecnologia de aplicação poderia auxiliar no manejo de pragas de difícil controle e na prevenção do desenvolvimento de espécies resistentes, aumentando a viabilidade do tratamento fitossanitário.

2.3 Pontas de pulverização de energia hidráulica e centrífuga

Via de regra, o controle de pragas na cultura do algodoeiro é realizado por pulverização. Nessa modalidade, o componente mais importante são as pontas de pulverização, pois influenciam diretamente na qualidade e na segurança da aplicação, uma vez que são as responsáveis pela produção e pela distribuição das gotas (MATUO, 1990).

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

Convencionalmente, são mais utilizadas a campo as pontas de pulverização de energia hidráulica, graças à flexibilidade que oferecem em diferentes situações (OLIVEIRA et al., 2010). Entretanto, no processo de formação de gotas por meio da energia hidráulica, gotas grandes e pequenas são produzidas ao mesmo tempo, resultando em baixa homogeneidade do tamanho das gotas (TEIXEIRA, 1997). Nesta condição, maior porcentagem do ingrediente ativo pode concentrar-se em partes não-alvo da planta, atingir o solo, ou sofre deriva para fora da área de controle, refletindo em menor aproveitamento do ingrediente ativo.

Alguns sistemas de formação de gotas disponíveis no mercado enquadram-se dentro da tecnologia *Controlled Drop Application* (CDA) que em determinadas condições de regulagem, caracteriza-se por produzir um espectro de gotas mais uniforme, sendo os bicos rotativos os mais comercializados e utilizados a campo (DI OLIVEIRA et al., 2010).

Segundo Monteiro (2007), atomizadores rotativos são pontas que giram a alta rotação, fracionando o líquido em gotas uniformes, com tamanho de gotas pequeno, entre 100 e 200 μm , possibilitando trabalhar com volumes baixos de calda situando-se entre 20 e 40 L ha^{-1} . O atomizador rotativo é a base da tecnologia conhecida como Sistema BVO[®] - Baixo Volume Oleoso, desenvolvido pelo Centro Brasileiro de Bioaeronáutica -CBB em 1998, que trabalha com aplicações de volumes baixos de calda, com adição obrigatória de adjuvantes, que reduzem a evaporação das gotas, permitindo a aplicação de gotas finas com maior eficiência biológica.

Os atomizadores rotativos de disco utilizam a energia centrífuga para fragmentar gotas, que são libertadas a partir da borda do disco e caem sobre os alvos principalmente por gravidade. Na maioria dos casos, o disco gira em torno de um eixo vertical, a superfície de liberação do spray pode estar paralela ao solo, ou a um pequeno ângulo, e assim, as gotas são liberadas aproximadamente na horizontal. A liberação horizontal faz com que as gotículas produzidas pelos discos permaneçam por maior tempo no ambiente do que aquelas

produzidas a partir de bicos convencionais, sob condições semelhantes, conseqüentemente, podendo resultar em maior deriva (FROST, 1981).

Os bicos rotativos são amplamente adotados para pulverização em culturas arbóreas na Europa. Essa tecnologia também é usada em alguns países em desenvolvimento particularmente em áreas semi-áridas da Ásia e África, que exigem baixo custo de mão-de-obra e baixa exigência de água, sendo considerada uma ferramenta eficaz na aplicação de produtos fitossanitários (CLAYTON, 1993). Muitos produtores de algodão africanos utilizam pulverizadores portáteis com suporte para bicos rotativos, para produzir espectro de gotas de tamanho relativamente uniforme, com depósito e distribuição adequados sobre os alvos (COOPER et al., 1998).

Gotas com diâmetros ao redor de 100 μm maximizam a deposição sobre a praga ou folhagem, melhoram o nível de controle, reduzem os custos de pesticidas e minimizam a contaminação do solo, mas são propensas à deriva (MATTHEWS, 1977).

Nesta modalidade de aplicação o tamanho das gotas pode ser ajustado de acordo com o alvo objeto de controle, pela variação da rotação do disco ou do fluxo líquido (CLAYTON, 1993). A pulverização com os discos rotativos pode ser mais eficaz que a pulverização hidráulica em termos de utilização de produtos químicos e diluente.

Atomizadores rotativos de disco podem produzir tamanho de gotas mais uniformes que bicos hidráulicos, selecionando os melhores parâmetros de funcionamento, normalmente através da variação da velocidade de rotação e fluxo do líquido. A flexibilidade destes parâmetros operacionais pode ser utilizada para produzir tamanho de gotas mais apropriadas ao controle dos diversos alvos biológicos (BAYAT & BOZDOGAN, 2005).

Holland et al. (1997) obtiveram maiores níveis de depósito na cultura do trigo em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura quando utilizou-se um modelo atomizador rotativo de disco operado a 5000 rpm (DMV 80-90 μm), em comparação a rotação de 3500 rpm (130-140 μm) e com ponta de jato plano. Os autores também obtiveram controle similar do pulgão do trigo *S. avenue* utilizando um quarto da dose recomendada com a ponta de energia centrífuga em comparação com a metade da dose recomendada com a ponta de energia hidráulica.

No entanto, Costa (2013) e Christovam et al. (2010), comparando pontas de energia hidráulica e centrífuga, constataram maiores valores de depósito e níveis de controle de ferrugem da asiática da soja, com ponta de energia hidráulica.

De fato, não é consenso entre os pesquisadores a maior eficácia da pulverização por conta de uma determinada tecnologia em específico, podendo dentre outros fatores as condições de operação dos tratamentos, características da calda pulverizada e condições meteorológicas no momento das aplicações serem responsáveis pelas divergências encontradas entre os trabalhos.

2.4 Velocidade de deslocamento e capacidade operacional

A mudança na velocidade de deslocamento em uma aplicação influencia na capacidade operacional de um trator pulverizador. Com o aumento da velocidade de deslocamento, aumenta-se a capacidade operacional, menos recursos serão necessários para a aquisição de máquinas e maiores serão as possibilidades de aproveitamento dos horários quando as condições meteorológicas são mais favoráveis as aplicações. Entretanto, fatores como pressão de trabalho, vazão e o orifício de saída da ponta devem ser ajustados de tal forma a satisfazer a qualidade das aplicações. À medida que estes fatores são alterados, modifica-se também o espectro de gotas geradas e, conseqüentemente, a qualidade da pulverização (CUNHA, 2007).

Boller (2011) comenta que a consequência imediata do aumento da velocidade de deslocamento é o maior vento relativo entre a barra em deslocamento e a camada de ar existente entre a barra do pulverizador e a cultura alvo exercendo efeito de freio, opondo-se à velocidade de descida das gotas geradas na pulverização. Este processo poderia favorecer a evaporação e a deriva principalmente das gotas mais finas, dificultando a sua chegada no interior do dossel das culturas.

Qi et al. (2008), estudando o efeito do impacto do vento sobre a porcentagem de deriva das gotas em túnel de vento, observaram maiores porcentagens de deriva com pontas de energia centrífuga quando operadas em maiores velocidades de rotação dos discos. Nesta condição de trabalho constatou-se menor diâmetro de gotas entre os tratamentos avaliados.

Outro fator a ser levado em consideração são as características construtivas das pontas de pulverização. Pontas com indução de ar, por apresentar gotas com maior tamanho e menor porcentagem de gotas finas, podem ser mais eficientes em pulverizações a alta velocidade de deslocamento pelo menor impacto do vento contrário as gotas formadas. Além disso, a inclinação do jato aplicado pode compensar o efeito do vento contrário à pulverização, resultando em maior uniformidade na distribuição da calda (AGROTOP, 2008).

2.5 Depósito, cobertura e espectro de gotas da pulverização

O depósito, a cobertura e o espectro de gotas podem ser considerados três dos principais componentes em uma pulverização, podendo ser associado à bioeficácia do tratamento fitossanitário, as perdas do ingrediente ativo e ao impacto ambiental gerado (CÂMARA et al., 2008; CUNHA et al., 2011).

A análise do depósito da pulverização é feita utilizando substâncias marcadoras das mais diversas naturezas (corantes alimentícios; íons metálicos e pigmentos fluorescentes) que em combinação com o alvo de amostragem, fornecem a concentração do marcador recuperado por unidade de área (equivalente ao ingrediente ativo), podendo ser expressa em $\mu\text{L}\cdot\text{cm}^{-2}$ ou $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$. A eficiência desse método de avaliação depende, entre outros fatores, da estabilidade da substância marcadora às condições ambientais e do coeficiente de extração, levando em conta a interação alvo-marcador (REZENDE et al., 2012).

Devido à distribuição irregular dos produtos fitossanitários sobre o dossel das plantas, as diferenças apontadas entre o depósito obtidos por meio dos tratamentos geralmente dependem da parte da planta amostrada (BOSCHINI et al., 2008; PRADO et al., 2010, VILLALBA, 2009), bem como da superfície foliar (BAUER E RAETANO, 2003; MASKI & DURAIRAJ, 2009), sendo imprescindível que as amostragens sejam feitas em diversas posições da planta para aumentar a obtenção de conclusões mais específicas sobre o efeito dos tratamentos.

Além da quantidade de material depositado sobre o alvo, a eficácia dos tratamentos é função da uniformidade de cobertura (JOHNSTONE, 1977; MATTHEWS, 1979;

RAETANO, 2007), haja vista a restrição em que a maior parte dos produtos fitossanitários apresenta translocação limitada na planta.

Entre os métodos disponíveis para a avaliação da cobertura e espectro de gotas da pulverização, a utilização de papéis hidrossensíveis tem-se mostrado como uma técnica simples, rápida e viável (HOFFMANN & HEWITT, 2005). Esse método de avaliação tem sido utilizado em combinação a Softwares computacionais para a obtenção da cobertura da pulverização (expressa em número de gotas por cm^{-2} e em porcentagem da área coberta) e do espectro das gotas formadas (D_v 0,1; D_v 0,5; D_v 0,9 e tamanho de gotas individuais).

Apesar das características positivas do método de avaliação de cobertura por papéis hidrossensíveis, algumas limitações devem ser levadas em conta, como a dificuldade na determinação do tamanho das gotas quando a cobertura sobre o alvo excede 20% (FOX et al., 2003), e a menor precisão na determinação do tamanho de gotas, principalmente gotas muito finas, estando esta característica relacionada a resolução do scanner utilizado na avaliação (ZHU et al., 2011).

Por meio dos parâmetros relacionados ao espectro de gotas pode-se inferir sobre a capacidade de penetração e distribuição da calda sobre o dossel da cultura, perdas por deriva e evaporação, bem como o risco ambiental associado à pulverização (FAROOQ et al., 2001).

Quando objetiva-se monitorar e avaliar a qualidade e a segurança de um tratamento é importante caracterizar o diâmetro das gotas produzidas para adequar a tecnologia de aplicação ao controle que se deseja obter (RUAS et al., 2009).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos foram conduzidos em lavoura comercial de algodão, *Gossypium hirsutum* L., na safra agrícola 2012/2013, para avaliação do desempenho de pontas de pulverização de energia hidráulica e um sistema de energia centrífuga – atomizador rotativo de disco sob diferentes velocidades de deslocamento do pulverizador sobre o depósito, cobertura e espectro de gotas da pulverização.

Os experimentos foram conduzidos em Holambra II, Distrito municipal de Paranapanema, SP, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude 22°37'59" sul e longitude 47°03'20" oeste e altitude de 600 m em relação ao nível do mar.

A cultivar FIBERMAX fm 910 foi semeada em sistema de semeadura direta, em 30 de outubro de 2012, com densidade média de 10 plantas por metro linear e espaçamento de 0,96 m entre linhas, totalizando 104.167 sementes.hectare⁻¹.

O solo da área experimental era LATOSSOLO VERMELHO, com alta porcentagem de argila. A adubação seguiu as recomendações para a cultura do algodão considerando a análise de solo local.

3.1 Experimento I

Aos 74 dias após a semeadura (DAS), quando a cultura estava no estágio B9 (nono botão floral visível) (MARUR & RUANO, 2001) e antecedia o fechamento da entrelinha, realizou-se uma pulverização para avaliação do depósito, cobertura e espectro de gotas da pulverização nas plantas do algodoeiro. (Figura 1).



Figura 1. Condição da cultura do algodão aos 74 DAS. Imagens: A - pré-fechamento do dossel do algodoeiro; B - planta do algodão em estágio B9.

3.1.1 Delineamento experimental e caracterização dos tratamentos

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados e os tratamentos foram distribuídos em arranjo fatorial 3x4 (três técnicas de pulverização, sendo duas delas de energia hidráulica: ponta de jato plano simples; ponta jato plano simples de ângulo inclinado; e um sistema de energia centrífuga – atomizador rotativo de disco, combinados a quatro velocidades de deslocamento: 12, 15, 18 e 25 km.h⁻¹) em 4 repetições. Os tratamentos e respectivas condições operacionais estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Tratamentos para a avaliação do depósito e cobertura da pulverização, aos 74 DAS do algodoeiro.

Trat.	Ponta	Comb. ¹	Ponta ²	Calda ³	Vel. (km.h ⁻¹)	Pressão (kPa)	Volume (L.ha ⁻¹)	Vazão (L.min ⁻¹)
T1	TT-88B	D2-13	EC	Adj.+M	12	414	20	0,54
T2	TT-88B	D4-13	EC	Adj.+M	15	290	20	0,68
T3	TT-88B	D2-25	EC	Adj.+M	18	379	20	0,81
T4	TT-88B	D4-25	EC	Adj.+M	25	345	20	1,13
T5	AXI 11003	-	LS	H ₂ O+M	12	270	120	1,20
T6	AXI 11004	-	LS	H ₂ O+M	15	237	120	1,50
T7	AXI 11004	-	LS	H ₂ O+M	18	339	120	1,80
T8	AXI 11006	-	LS	H ₂ O+M	25	446	120	2,50
T9	GA 11002	-	LSAI	H ₂ O+M	12	725	120	1,20
T10	GA 110025	-	LSAI	H ₂ O+M	15	707	120	1,50
T11	GA 11003	-	LSAI	H ₂ O+M	18	690	120	1,80
T12	GA 11004	-	LSAI	H ₂ O+M	25	750	120	2,50

⁽¹⁾ Combinação entre ponta e core, regula a vazão de líquido nos bicos rotativos. ⁽²⁾ EC - sistema de energia centrífuga; LS - ponta jato plano simples; LSAI - ponta jato plano simples de ângulo inclinado. ⁽³⁾ Adj.+M – calda com adição de adjuvantes (5% de óleo vegetal + 0,5% de emulsificante) e um marcador cúprico (2,5 g.L⁻¹); H₂O+M – Calda com adição de um marcador cúprico (2,5 g.L⁻¹).

A unidade experimental (parcela) foi dimensionada com 12 m x 30 m (360 m²), onde 12 m correspondiam à meia barra do pulverizador e 30 m, o comprimento da parcela necessário para estabilizar a velocidade de deslocamento durante a pulverização e eliminar riscos de contaminação de áreas adjacentes. A área útil para coleta das amostras foi 8 m x 10 m (80 m²), na parte central da parcela. Cada repetição foi representada por 10 plantas, escolhidas ao acaso, no interior da área útil da parcela.

As pulverizações foram feitas cobrindo toda a parcela e iniciando o deslocamento 30 m de distância antes da parcela a ser pulverizada (divisor da parcela), a fim de obter estabilidade na velocidade de deslocamento.

3.1.2 Características do equipamento e pontas de pulverização

Um pulverizador autopropelido, modelo Uniport, 2011, tanque com capacidade de 2000 L e barra de 24 m de comprimento foi utilizado para as pulverizações, as quais foram realizadas no sentido da linha de semeadura das plantas de algodão utilizando meia barra do pulverizador de 12 m, equipada com 24 bicos de pulverização hidráulicos ou 8 atomizadores rotativo de disco, espaçados de 1,35 m e mantendo-a à 0,50 m de altura com relação ao ápice da planta.

O rastro de caminhamento do equipamento nas pulverizações foi mantido no carreador como divisor dos blocos no delineamento experimental (Figura 2).

As marchas e rotações de trabalho para cada velocidade de deslocamento foram previamente definidas utilizando um controlador eletrônico embarcado com GPS. Para a calibração da pressão trabalho e estabelecimento da vazão, o pulverizador foi acionado no sistema manual, onde as vazões necessárias para cada tratamento foram previamente calculadas e posteriormente conferidas através da vazão real média de oito pontas coletadas ao longo da meia barra do pulverizador.

As características das pontas de pulverização de energia hidráulica e do sistema de energia centrífuga estão descritas abaixo:



Figura 2. Pulverização na área experimental utilizando um dos lados da barra do pulverizador autopropeleido, seguindo o rastro de caminhamento do equipamento no carreador entre os blocos.

- Ponta de pulverização de jato plano simples, pertencente à série AXI[®], produzida pela empresa de Máquinas Agrícolas Jacto S.A. As principais características apresentadas pelo fabricante para esta série de pontas é a produção de um jato plano com ângulo do jato equivalente a 110° (103,45 kPa), baixa pressão de trabalho e prevalência de gotas de tamanho médio que permitem boa cobertura do alvo e menores riscos de deriva. Para as condições do trabalho em que o experimento foi realizado, buscou-se padronizar a aplicação dentro da faixa pressão para a geração de gotas médias, conforme especificado no catálogo do fabricante (JACTO, 2013);

- Ponta de pulverização jato plano simples com ângulo equivalente a 110° (300 kPa), pertencente à série Guardian AIR[™], produzida pela empresa Hypro GSS. Esta ponta de pulverização apresenta ângulo de inclinação único de 12 a 15° , sendo instalada na barra com ângulo do jato no sentido de deslocamento do pulverizador. Este modelo de ponta é destinada especialmente para operar em alta velocidade de deslocamento, pois apresenta ampla faixa de pressão de trabalho, aliada a característica de indução de ar, com a geração de gotas mais finas quando comparadas a outras pontas com indução de ar, deriva reduzida em

aplicações em alta velocidade e maior cobertura sobre o alvo. A faixa de pressão adotada nas pulverizações foi padronizada para a geração de gotas de espectro médio, conforme especificado no catálogo do fabricante (HYPRO, 2013). Para ambas as pontas de energia hidráulica foi utilizada a taxa de aplicação de o volume de calda de $120 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$, com espaçamento de 0,50 m entre pontas;

- Sistema de energia centrífuga (Turbo Trator® TT-88B), o qual se caracteriza pela produção de gotas mais uniformes (*Controlled Drop Application*), em pulverização com volume baixo. Utilizou-se o espaçamento entre atomizadores de 1,35 m e taxa de aplicação de $20 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$, sendo 5% do volume correspondente a óleo vegetal emulsionável (NATUR'L ÓLEO®) e 0,5% ao emulsificante nonil fenoxi poli etanol (AGRAL®), conforme a recomendação pelo fabricante (Centro Brasileiro de Bioaeronáutica – CBB, 2013).

No atomizador de disco rotativo, a pulverização é produzida por meio da rotação de três discos de polietileno sobrepostos com diâmetro de 8,7 cm, que apresentam ranhuras responsáveis por direcionar o líquido a periferia dos discos, onde são geradas as gotas. A rotação dos discos é comandada por um motor elétrico ligado a um controlador de rotação que por sua vez é conectado a bateria do pulverizador. Na pulverização o controlador foi regulado para produção de gotas de tamanho médio, com rotação dos discos correspondente a 103,3 Hz. O ângulo dos bicos foi ajustado a 30° em relação à vertical, a favor do deslocamento do pulverizador (Figura 3).

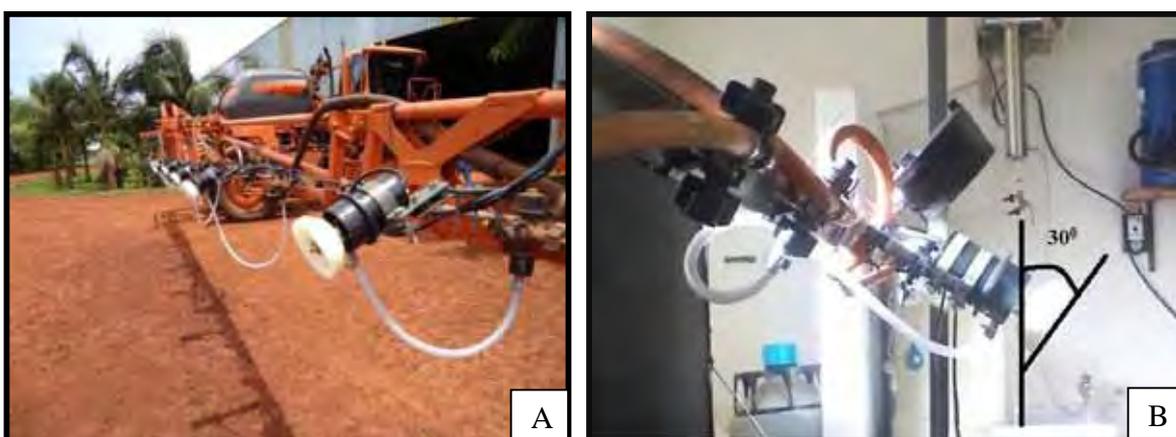


Figura 3. Atomizador rotativo de disco, modelo Turbo Trator® (TT-88B). Imagens: A - instalado na barra do pulverizador e B - ângulo de 30° em relação à vertical.

A vazão dos atomizadores de disco rotativo foi definida pela combinação entre ponta e core do tipo jato cônico “Disc Type TEEJET” da série D (Tabela 1), sendo alterada para cada velocidade de deslocamento conforme a necessidade.

3.1.3 Condições meteorológicas

Durante a pulverização dos tratamentos fez-se o monitoramento das condições meteorológicas locais com o auxílio de um anemômetro modelo AM-4201 e um termo-higrômetro portátil modelo HT-3003, respeitando-se os limites de velocidade do vento ($3-10 \text{ km.h}^{-1}$), temperatura (inferior a $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa do ar entre 60-80%, consideradas adequadas à realização de pulverizações (ANDEF, 2010).

3.1.4 Quantificação dos depósitos da pulverização

A quantificação dos depósitos da pulverização foi realizada seguindo a metodologia descrita por Christovam et al. (2010), utilizando como marcador um produto cúprico, na forma de oxiclreto de cobre (Cobox[®]) na concentração de $2,5 \text{ g.L}^{-1}$ de água, contendo 50% de cobre equivalente em sua formulação. Para verificação da concentração exata do íon cobre na calda, uma amostra foi coletada no início da pulverização em cada tratamento, possibilitando assim a quantificação do volume de calda depositado nos alvos. Esse marcador foi escolhido principalmente por apresentar elevada taxa de recuperação em alvos artificiais e estabilidade às condições ambientais (REZENDE, 2012).

Os alvos artificiais utilizados na avaliação dos depósitos foram papéis filtro de dimensão $0,03 \text{ m} \times 0,03 \text{ m}$ distribuídos em dez plantas dentro de cada unidade experimental, em direção perpendicular ao deslocamento do pulverizador. Os alvos artificiais foram fixados no ápice (última folha localizada no topo da planta com formação plena) e base (primeira folha definida da planta), sendo um na superfície adaxial e outro na superfície abaxial da folha em cada parte da planta, totalizando 40 alvos por parcela e 160 por tratamento (Figura 4).

Os valores dos depósitos do marcador nos alvos artificiais foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica. Para isso foi confeccionada uma curva padrão de linearidade com a mesma calda aplicada sobre as plantas de algodão. A faixa de linearidade da leitura da absorbância foi obtida com as concentrações 0,5; 1,0; 2,0; 4,0 e 6,0 mg. L⁻¹ do marcador cúprico.

Os dados de leitura do equipamento foram expressos em concentração (mg. L⁻¹) e, de posse da concentração inicial da calda, referente a cada tratamento, e do volume de diluição das amostras dos alvos artificiais (20 mL), determinou-se o volume extraído pelos alvos, de acordo com a Equação 1 (E1). A partir deste valor, dividiu-se o volume extraído pelos alvos pela respectiva área, obtendo-se assim, a quantidade em expressa em $\mu\text{L}\cdot\text{cm}^{-2}$.



Figura 4. Papel filtro utilizado para a avaliação de depósito da pulverização (Experimento I).

$$C_i \cdot V_i = C_f \cdot V_f \quad (\text{E1})$$

Onde,

C_i = concentração inicial na calda do tratamento pulverizado (mg L⁻¹)

V_i = volume extraído pelo alvo (mL)

C_f = concentração detectada em absorbância (mg L⁻¹)

V_f = volume de diluição da amostra (mL)

Após a pulverização do marcador, os alvos artificiais foram destacados das plantas com auxílio de uma pinça. Em cada parte da planta e na respectiva superfície da folha de algodão cinco papéis filtro foram armazenados de forma conjunta em sacos plásticos de dimensão de 0,06 x 0,22 m. Após o armazenamento dos papéis nos sacos plásticos, estes foram mantidos em caixa térmica e, posteriormente, levados ao Laboratório de Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas da Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP - Campus de Botucatu, SP, para realizar o preparo das amostras.

Os cinco papéis filtro colocados em cada saco plástico foram transferidos para frascos de vidro com capacidade de 50 mL, os quais foram devidamente identificados com os respectivos tratamentos, parte da planta, superfície da folha e repetição.

Após a transferência dos papéis para o frasco de vidro, cada saco plástico foi lavado utilizando 20 ml de solução extratora de ácido nítrico a $1,0 \text{ Mol.L}^{-1}$, procedendo-se a agitação por 30 segundos para em seguida transferir o líquido ao frasco específico. Os frascos que continham papel filtro foram tampados e levados para serem agitados durante 15 minutos a uma velocidade de 220 rpm em mesa agitadora, para melhor extração da substância marcadora.

Os vidros com as soluções foram mantidos em refrigerador ($8 \pm 3^\circ\text{C}$) por um período de 24h, para em seguida serem retirados até atingir temperatura ambiente. Posteriormente, os frascos foram levados ao Laboratório de Análise de Metais Pesados da FCA/UNESP – Campus de Botucatu, SP, para leitura em espectrofotômetro de absorção atômica marca PERKIN-ELMER, modelo 2380 (Figura 5).

3.1.5 Cobertura da pulverização

A avaliação qualitativa da pulverização foi realizada posicionando-se duas estacas de madeira em dois pontos aleatórios dentro de cada parcela, na entrelinha da cultura. Cada estaca continha dois suportes, um localizado na altura do ápice da planta e outro na parte inferior da mesma. Nestes suportes foram colocados papéis hidrossensíveis nas dimensões de 0,026 m x 0,076 m, sendo posicionados de forma horizontal e voltados para cima, totalizando 4 amostras por repetição e 16 por tratamento (Figura 6).

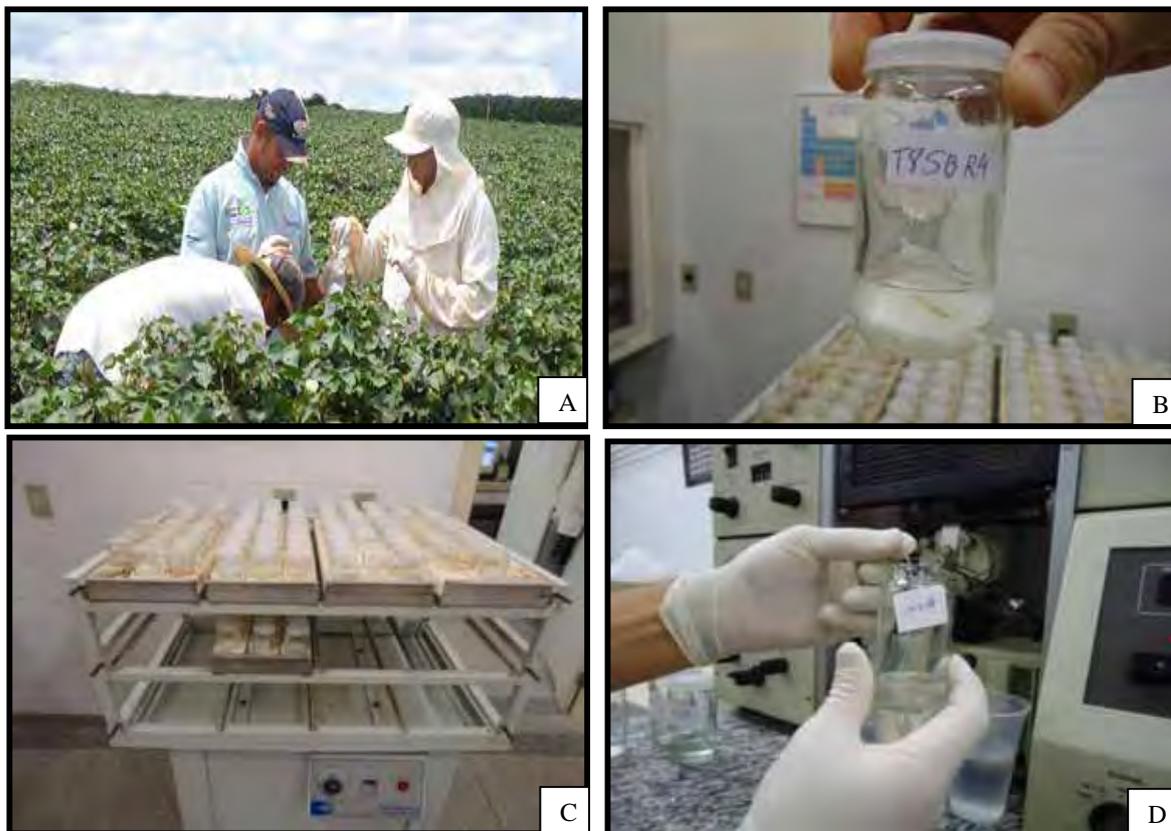


Figura 5. Etapas na preparação das amostras: coleta no campo (A); frascos utilizados no armazenamento (B); mesa agitadora (C) e leitura das amostras em espectrofotômetro de absorção atômica (D).

3.1.6 Padronização da quantidade do depósito obtido por unidade de área

Para permitir a comparação da eficiência das duas técnicas de pulverização (energia hidráulica e centrífuga) sobre o depósito nos alvos, fez-se a padronização da dosagem do marcador cúprico aplicado por unidade de área ($\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$). Para isso, o volume depositado nos alvos ($\text{uL}\cdot\text{cm}^{-2}$) dos tratamentos que utilizaram o atomizador rotativo de disco com taxa de aplicação de $20 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ foram multiplicados pelo o fator de correção ($\text{FC}=6$), sendo este proporcional a taxa de aplicação dos tratamentos com pontas de energia hidráulica ($120 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$).

Esse procedimento foi necessário para que a concentração do marcador cúprico fosse que ser mantida constante no tanque do pulverizador para prevenir a saturação e precipitação em tanque da substância marcadora.



Figura 6. Papel hidrossensível utilizado para a avaliação da cobertura da pulverização (Experimento I).

3.1.7 Índice de área foliar (IAF) e altura das plantas

O IAF da cultura corresponde à área foliar média das plantas de algodoeiro presente em um metro quadrado de superfície de solo, portanto, tal índice pode ser utilizado para expressar a condição real da cultura no momento das pulverizações, com possibilidade de relacioná-lo com os resultados de depósito e cobertura da pulverização. As medidas do IAF, bem como da altura das plantas do algodoeiro foram feitas individualmente em cada bloco, nas duas épocas de avaliação.

Para isso, com o auxílio de uma fita métrica, mediu-se o número de plantas por metro linear e o espaçamento entre linhas, em 24 pontos aleatórios dentro de cada bloco, para posterior cálculo da densidade populacional, necessária para o cálculo do IAF. Uma

amostra de vinte e quatro plantas foi coletada em cada bloco, retirando suas folhas e medindo a área foliar total com o auxílio de um medidor de área foliar de bancada, LICOR, modelo 3100.

3.2 Experimento II

O segundo experimento foi instalado aos 117 dias após a semeadura (DAS), quando as plantas estavam no estágio F13, primeiro botão floral no 13º ramo se transforma em flor, (MARUR & RUANO, 2001), etapa na qual o dossel da cultura apresentava-se completamente fechado (Figura 7).

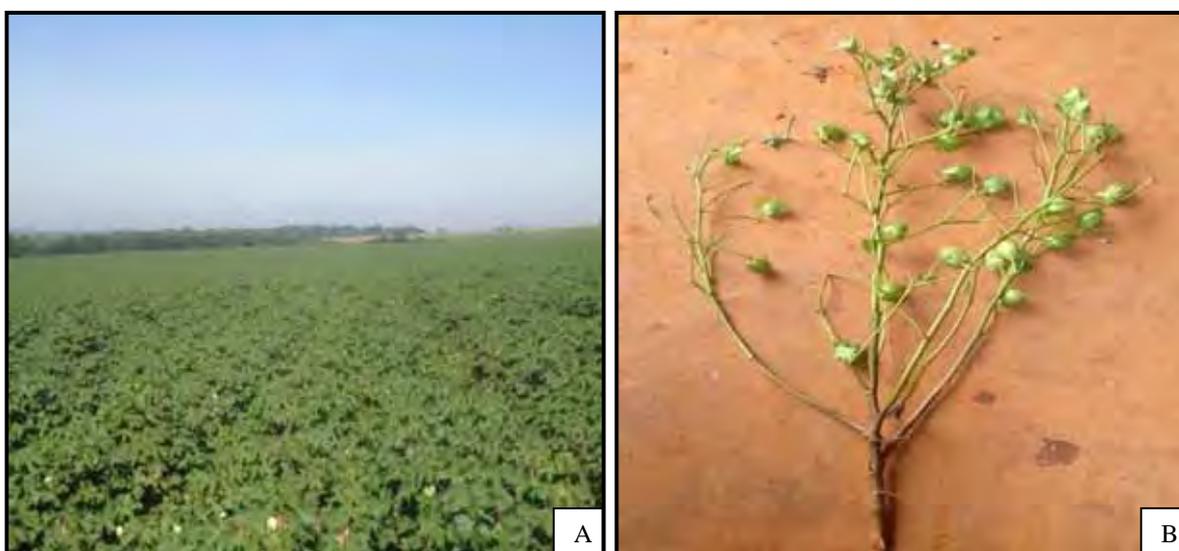


Figura 7. Condição da cultura do algodão aos 117 DAS: Imagens A - dossel do algodoeiro completamente fechado; B - planta do algodão no estágio F13.

O delineamento experimental, os respectivos tratamentos e a calda da pulverização foram os mesmos descritos no Experimento I.

3.2.1 Depósito da pulverização

A avaliação dos depósitos da pulverização nesse experimento, também foi realizada na parte média (folha definida na parte média da planta), nas duas superfícies

foliares (abaxial e adaxial) devido à maior altura das plantas em comparação àquela do experimento I. Dessa forma, nesse experimento, a avaliação de depósito foi realizada em três partes da planta (superior, média e inferior) seguindo as mesmas condições de fixação dos alvos presentes no experimento I, totalizando 60 alvos artificiais por parcela e 240 por tratamento. Os procedimentos para o processamento das amostras e cálculo da quantidade depositada foram idênticos aos praticados no Experimento I.

3.2.2 Cobertura da pulverização

Na avaliação da cobertura da pulverização também foram utilizadas as mesmas condições do Experimento I, com acréscimo de um suporte localizado na parte média de uma haste de ferro, necessário para fixação de papéis na altura da parte média da planta (Figura 8), totalizando 6 papéis hidrossensíveis (dimensão 0,026m x 0,076m) por repetição e 24 por tratamento.



Figura 8. Haste de ferro para fixação dos papéis hidrossensíveis na avaliação da cobertura da pulverização (Experimento II).

3.3 Análise da cobertura e espectro de gotas

A análise da cobertura e o estudo do espectro das gotas da pulverização foram feitos com base no sistema desenvolvido por Zhu et al. (2011) que integra um “scanner” portátil de cartão (WorldCard Office), um computador portátil e um Software denominado "DepositScan" desenvolvido pelo USDA/URS (2011). Após as pulverizações em cada parcela, os alvos artificiais (papéis hidrossensíveis de 0,026m x 0,076m) foram retirados imediatamente dos suportes fixados nas estacas, sendo devidamente identificados e armazenados em placa de Petri.

Para evitar que a umidade do ambiente pudesse alterar a condição de cobertura nos alvos, no mesmo dia da pulverização, realizou-se a digitalização das imagens dos papéis hidrossensíveis utilizando-se um “scanner” portátil de cartões com resolução de 600 pontos por polegada (dpi) e um computador portátil com Windows 7, conectados por um cabo USB.

As imagens processadas pelo “scanner” foram analisadas pelo Software “DepositScan” fornecendo parâmetros referentes a cobertura do alvo: densidade de gotas.cm⁻²; porcentagem de cobertura, e ao espectro das gotas depositadas: diâmetro mediano volumétrico (DMV); diâmetro mediano numérico (DMN); amplitude de relativa (AR); porcentagem de gotas inferiores a 100 µm. Estes parâmetros foram utilizados para a comparação entre os tratamentos. As etapas envolvidas na avaliação da cobertura estão apresentadas na Figura 9.

3.4 Análise estatística dos dados

Em posse dos dados dos depósitos, cobertura e tamanho das gotas da pulverização obtidos nos Experimentos I e II, realizou-se inicialmente o teste de normalidade pelo Programa Computacional SISVAR e a homogeneidade de variâncias (Teste de Hartley) utilizando o Programa Computacional Excel, a fim de identificar se os dados atendiam os pressupostos básicos da análise de variância.



Figura 9. Etapas na avaliação da cobertura e espectro das gotas da pulverização: coleta e armazenamento dos alvos artificiais a campo (A); digitalização da imagem (B); seleção da área analisada (C) e resultados fornecidos pelo programa Deposit Scan (D).

Para avaliar o desempenho das tecnologias em cada velocidade de deslocamento, foi aplicado teste de análise de variâncias (teste F) e, posteriormente, o teste de comparação de médias (Tukey) a 5% de probabilidade, utilizando o Programa Computacional SISVAR.

Para avaliar o efeito da velocidade de deslocamento em cada sistema de pulverização foi aplicado teste de regressão, utilizando o programa computacional SigmaPlot. Tais testes foram feitos isolando as diferentes partes da planta (superior, média e inferior), superfícies da folha (abaxial e adaxial) e época experimental.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A curva de calibração com as concentrações crescentes do marcador íon cobre em função da leitura (absorbância) no espectrofotômetro de absorção atômica com a respectiva equação linear ajustada estão representados na Figura 10.

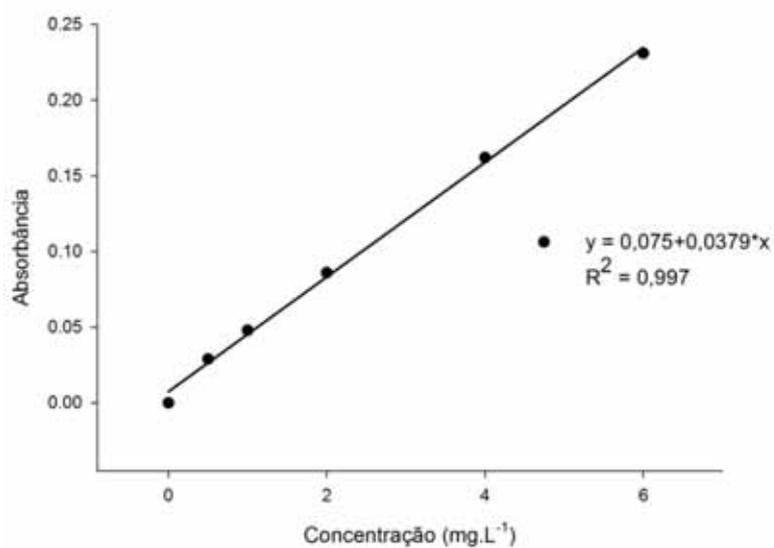


Figura 10. Curva de calibração com concentrações crescentes do marcador íon cobre na calda de pulverização.

Pela curva de calibração e respectiva equação verifica-se pelo valor do coeficiente de determinação ($R^2 = 0,997$) que o modelo linear explica de maneira precisa o ajuste da distribuição dos valores de absorvância em função do aumento da concentração do marcador na calda de pulverização.

4.1 Experimento I

4.1.1 Fatores controlados pelo bloco (Erro experimental)

O número médio de plantas por metro linear, a densidade média de plantas por metro quadrado, altura e o índice de área foliar (IAF), foram estabelecidos para quantificar a variabilidade entre blocos no arranjo experimental e estão especificados na Tabela 2.

Maior variabilidade nos parâmetros de avaliação foi constatada no bloco IV com menores números de plantas por metro linear, densidade de plantas por metro quadrado, altura de plantas e IAF, comparativamente aos blocos I, II e III.

Tabela 2. Número de plantas por metro linear, densidade, altura e IAF do algodoeiro aos 74 DAS.

Bloco	Pl.m ⁻¹	Dens.(pl.m ⁻²)	Altura (cm)	IAF
I	9,20	9,68	0,80	3,95
II	9,37	9,76	0,80	3,30
III	9,32	9,71	0,80	3,52
IV	8,62	9,07	0,74	2,53
Média	9,13	9,56	0,79	3,33

4.1.2 Condições meteorológicas

A velocidade do vento, temperatura e umidade relativa do ar no momento das pulverizações são apresentadas na Tabela 3.

As condições meteorológicas estavam adequadas durante a pulverização. Variações na temperatura e umidade relativa do ar foram pouco expressivas e consideradas favoráveis à pulverização (ANDEF, 2010).

Tabela 3. Velocidade do vento (km.h^{-1}), temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa (%) médias no momento da pulverização em cada bloco.

Bloco	Vel. Vento (km.h^{-1})	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	UR (%)
I	6.48	23.91	69.27
II	6.03	23.91	69.27
III	5.40	24.02	68.03
IV	4.74	24.40	68.08

4.1.3 Análise de variância do depósito da pulverização

Os sistemas de pulverização avaliados apresentaram diferenças significativas ($P < 0.01$) quanto ao depósito do marcador nos alvos artificiais fixados em todas as partes da planta (Tabela 4).

Tabela 4. Análise de variância com os valores de F da variável depósito do marcador cúprico aos 74 DAS, em alvos artificiais fixados no ápice e na base da planta do algodoeiro, em ambas as superfícies foliares, utilizando diferentes sistemas de pulverização e velocidades de deslocamento do pulverizador.

Causa de Variação	G.L.	Ápice/ Adaxial	Ápice/ Abaxial	Base/ Adaxial	Base/ Abaxial
Sistema (S)	2	43,00**	796,76**	115.80**	121.73**
Velocidade (V)	3	1,77 ns	18,09**	20.84**	7.87**
P vs V.	6	5,42**	11,78**	5.47**	13.02**
Bloco	3	1,41ns	0,08 ns	0.78 ns	1.40 ns

Nível de significância: ns = não significativo, * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$.

Em média, aos 74 DAS, a velocidade de deslocamento do pulverizador não influenciou significativamente ($P > 0,05$) os depósitos da pulverização no ápice da planta,

superfície adaxial da folha. Nas demais partes da planta o depósito foi significativamente influenciado ($P < 0,01$) por este fator. Houve interação significativa ($P < 0,01$) entre os fatores sistemas de pulverização e velocidade de deslocamento sobre o depósito da pulverização em todas as partes da planta do algodoeiro.

Os fatores controlados pelos blocos tais como: densidade, altura e IAF não influenciaram sobre depósito da pulverização nesta época de avaliação (Tabela 4).

4.1.4 Depósito da pulverização x Tecnologia de aplicação

No geral, os valores dos depósitos da pulverização no ápice da planta do algodoeiro com pontas de energia hidráulica (AXI e GA) foram significativamente superiores ($P < 0,05$) aos registrados com o atomizador rotativo de disco (TT88-B) na superfície adaxial da folha do algodoeiro (Tabela 4).

Entre as pontas de energia hidráulica, a única diferença significativa constatada foi na velocidade 12 km.h^{-1} , onde a ponta GA apresentou maior depósito na superfície abaxial da folha, em comparação com a ponta AXI.

Tabela 5. Depósito do marcador cúprico ($\mu\text{g.cm}^{-2}$) em alvos artificiais localizados no ápice da planta do algodoeiro aos 74 DAS, em função das diferentes sistemas de pulverização, nas respectivas velocidades de deslocamento do pulverizador.

Velocidade (km.h^{-1})	Ápice da planta					
	Superfície adaxial			Superfície abaxial		
	TT88-B	AXI	GA	TT88-B	AXI 110	GA
	----- $\mu\text{g.cm}^{-2}$ -----			----- $\mu\text{g.cm}^{-2}$ -----		
12	0,6930 a	1,1302 b	1,2450 b	0,5284 c	0,0991 a	0,1679 b
15	0,6041 a	1,1528 b	1,0768 b	0,5990 b	0,0905 a	0,1381 a
18	0,7686 a	1,0257 b	0,9828 b	0,5591 b	0,1509 a	0,2028 a
25	0,8852 a	1,0393 a	0,8765 a	0,3860 b	0,1111 a	0,1395 a
DMS	0,20			0,05		
CV (%)	12,16			11,85		

Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade ($P > 0,05$).

Em relação à superfície abaxial da folha, o uso do atomizador rotativo de disco proporcionou depósitos significativamente superiores ($P < 0,05$) aos registrados pelas demais pontas de energia hidráulica, com depósito em média de 3,8 vezes superiores aos verificados com essas pontas de jato plano. Os maiores depósitos nessa superfície foliar podem indicar possíveis vantagens quanto à utilização do sistema de energia centrífuga para fins do controle de alvos biológicos aí localizados, como exemplos do pulgão-do-algodoeiro, *Aphis gossypii* (Glover, 1877) e da mosca-branca, *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1899) (NARANJO & FLINT, 1995).

Com relação à base da planta, houve diferenças significativas entre as pontas de energia hidráulicas (AXI e GA), para a velocidade de 25 km.h^{-1} , na qual a ponta AXI apresentou depósito superior na superfície adaxial da folha quando comparada à ponta GA (Tabela 6). Na velocidade de 12 km.h^{-1} a ponta GA apresentou depósito do marcador superior ao modelo AXI na superfície abaxial das folhas.

Tabela 6. Depósito do marcador cúprico ($\mu\text{g.cm}^{-2}$) em alvos artificiais fixados na base da planta do algodoeiro, em função de diferentes sistemas de pulverização, nas respectivas velocidades de deslocamento do pulverizador.

Velocidade (km.h^{-1})	Base da planta					
	Adaxial			Abaxial		
	TT88-B	AXI 110	GA	TT88-B	AXI 110	GA
	----- $\mu\text{g.cm}^{-2}$ -----			----- $\mu\text{g.cm}^{-2}$ -----		
12	0,5219 b	0,1804 a	0,2186 a	0,4073 c	0,0738 a	0,1588 b
15	0,3298 b	0,1455 a	0,1984 a	0,2306 b	0,0873 a	0,1164 a
18	0,2930 b	0,1260 a	0,1079 a	0,2146 b	0,0836 a	0,1128a
25	0,3176 c	0,1577 b	0,0630 a	0,2691 b	0,1182 a	0,1226 a
DMS	0,08			0,06		
CV (%)	20,91			19,95		

Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem pelo teste de Tukey ($P > 0,05$)

Estes resultados contradizem as vantagens descritas pelo fabricante da ponta GA que sugerem que devido às características construtivas da ponta tais como a presença

do jato inclinado e indução de ar fino poderiam compensar o maior impacto do vento contrário proporcionando maior depósito sobre o alvo em pulverizações sob alta velocidade de deslocamento (Hypro, 2013).

Assim como constatado por Souza et al. (2007), as variações registradas nos valores dos depósitos (CV%) sobre os alvos fixados na base da planta foram superiores ao ápice da mesma, podendo inferir que na base da planta, além dos valores dos depósitos serem menores a variabilidade de distribuição é maior, provavelmente pela interceptação da pulverização pelas folhas das partes média e do ápice da planta.

Relatos na literatura podem auxiliar na compreensão das diferenças obtidas entre os tratamentos. Cunha et al. (2011), estudando o espectro de gotas em papel hidrossensível, obtiveram valores de DMV correspondentes a 112 μm com um modelo de ponta de energia centrífuga utilizado em aplicações aéreas, enquanto para as pontas de energia hidráulica, o DMV variou de 162 a 510 μm .

Esses autores, também avaliaram a penetração das gotas sobre o dossel da cultura e constataram maior penetração da calda na parte inferior da cultura da soja quando utilizada a ponta de energia centrífuga, apesar do espectro de gotas gerado por esta tecnologia ter produzido porcentagens significativamente superiores de gotas suscetíveis a deriva (100 μm).

Madureira et al. (2011), avaliando o mesmo modelo de bico rotativo utilizado no presente experimento, constataram valores de DMV muito inferiores aos encontrados com pontas de jato plano da série Air Mix e AXI.

Bayer et al. (2010), comparando diferentes tecnologias utilizadas em pulverização aérea, dentre as quais pontas de jato plano, eletrostática e bico rotativo, obtiveram maior penetração de gotas com bicos rotativos, atribuindo este resultado ao fato desta tecnologia produzir maiores porcentagem de gotas finas, aliado as características da calda oleosa que conferem maior vida útil as gotas.

Vários autores já identificaram menor DMV produzido por pontas de energia centrífuga (HOLLAND et al, 1997; WESTERN et al., 1985; COOPER et al., 1998; CAVALIERI et al., 2011), no entanto, a maior vida útil de gotas finas em pulverizações a base oleosa não é consenso entre pesquisadores (XU et al.,2010), sendo necessário mais trabalhos a respeito do assunto.

As gotas grossas produzidas por pontas de jato plano por serem mais pesadas e apresentarem maior velocidade terminal, sofrem menor desvio de sua trajetória pela ação do vento, apresentando maior acúmulo em superfícies mais expostas da planta, diferentemente de gotas finas que por serem mais leves, apresentam maior tempo de suspensão, ficando mais propensas a ação do vento para interceptar superfícies menos expostas. Gohlich (1985), também mostraram que retenção da pulverização em cereais aumentou quando o tamanho das gotas foi reduzido, e a melhor cobertura foi alcançada com gotas abaixo de 100 μm .

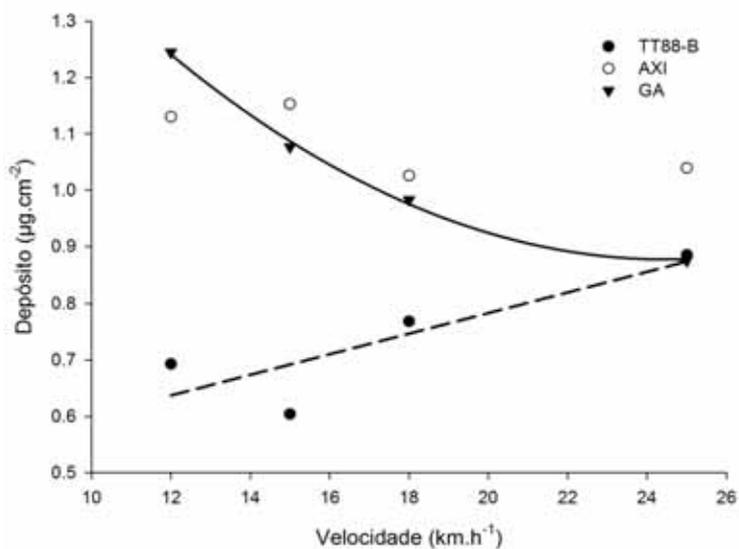
Se por um lado a redução do tamanho de gotas favorece a penetração e distribuição da calda sobre o dossel da cultura, por outro lado gotas menores aumentam os riscos de contaminação ambiental pela deriva e a evaporação das gotas, principalmente em condições meteorológicas menos favoráveis as aplicações. Bayat & Bozdogan (2005), avaliando o potencial risco de deriva em pontas de pulverização de energia centrífuga operadas em diferentes velocidades de rotação dos discos, submetidas a condições de vento variando entre 0 a 12,6 km.h^{-1} , obtiveram maior deriva a medida do aumento da velocidade do vento com destaque ao tratamento que utilizou maior velocidade de rotação (5000 rpm), portanto, com menor tamanho de gotas.

As diferenças entre os valores de depósito registrados no presente experimento no ápice e base das plantas do algodoeiro estão de acordo com os observados em literatura (BAUER & RAETANO, 2003; BOSCHINI et al., 2008; VILLALBA et al., 2009), demonstrando que mesmo no pré-fechamento da dossel do cultura do algodão, a tecnologia de aplicação utilizada é um fator de extrema importância para a melhoria na distribuição da calda pulverizada.

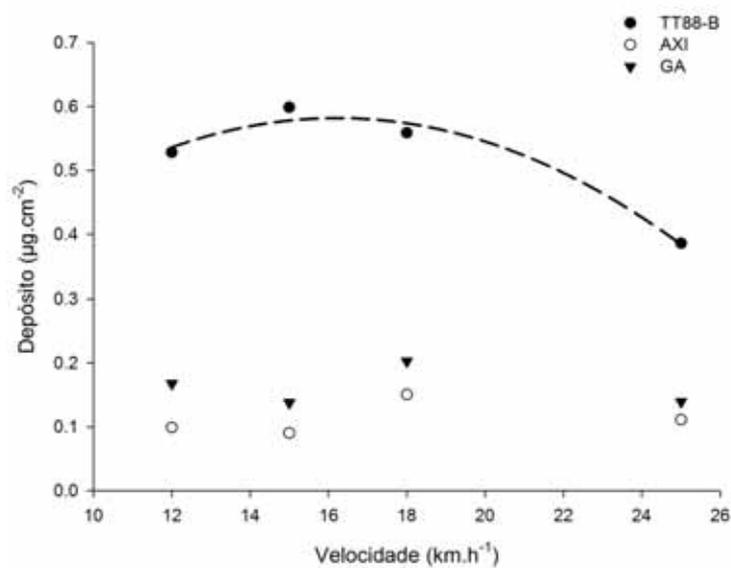
4.1.5 Depósito da pulverização x Velocidade de deslocamento

O efeito da velocidade de deslocamento do pulverizador sobre os depósitos da pulverização no ápice das plantas é mostrado na Figura 11.

No geral, o atomizador rotativo de disco (TT88-B) apresentou incremento linear do depósito do marcador na superfície adaxial da folha e redução do depósito na superfície abaxial com o aumento da velocidade de deslocamento da pulverização.



(A)



(B)

Figura 11. Depósito da pulverização ($\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$) em alvos fixados no ápice da planta de algodoeiro, superfícies adaxial (A) e abaxial da folha (B), aos 74 DAS, por pontas de energia hidráulica (AXI e GA) e atomizador rotativo de disco (TT88-B) sob em diferentes velocidades de deslocamento do pulverizador.

Para a ponta de jato plano com indução de ar (GA) houve redução no depósito nos coletores fixados na superfície adaxial da folha com o aumento da velocidade de deslocamento, enquanto na superfície abaxial a velocidade de deslocamento da pulverização não influenciou no depósito do marcador.

Para a ponta AXI, não foi observada alteração significativa do depósito em função da velocidade de deslocamento do pulverizador no ápice do algodoeiro, em ambas as superfícies foliares.

Os valores do coeficiente de determinação (R^2), bem como os modelos matemáticos que melhor explicam a relação entre depósito (ug.cm^{-2}) e velocidade de deslocamento do pulverizador no ápice da planta com as diferentes tecnologias para ambas as superfícies foliares são mostrados na Tabela 7.

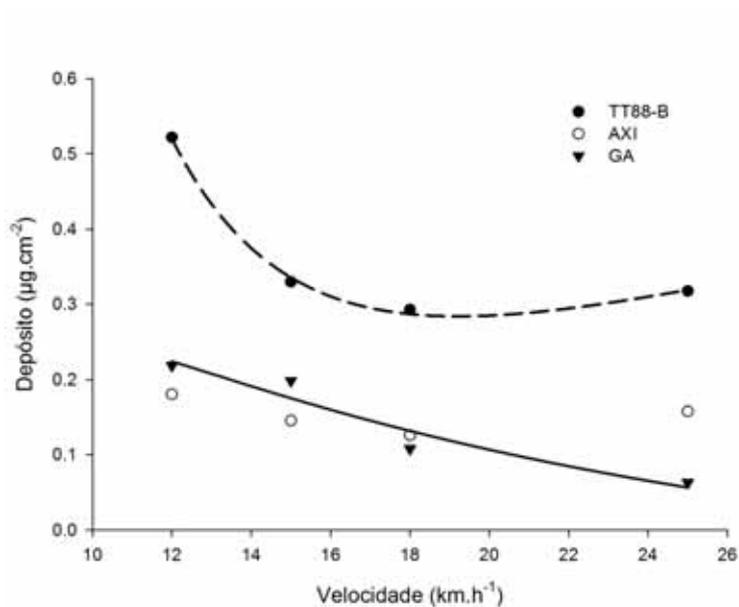
Tabela 7. Equações de regressão do depósito da pulverização (ug.cm^{-2}) do marcador cúprico, em alvos artificiais no ápice da planta do algodoeiro.

Superfície foliar	Tecnologia	Modelo matemático	F	R^2
Adaxial	TT88-B	$y = 0,4175 + 0,0183 * x$	9,20*	0,73
	AXI	-	-	-
	GA	$y = 2,2757 - 0,11412 * x + 0,0023 * x^2$	201,16*	0,99
Abaxial	TT88-B	$y = -0,0937 + 0,0833 * x - 0,0026 * x^2$	35,92*	0,97
	AXI	-	-	-
	GA	-	-	-

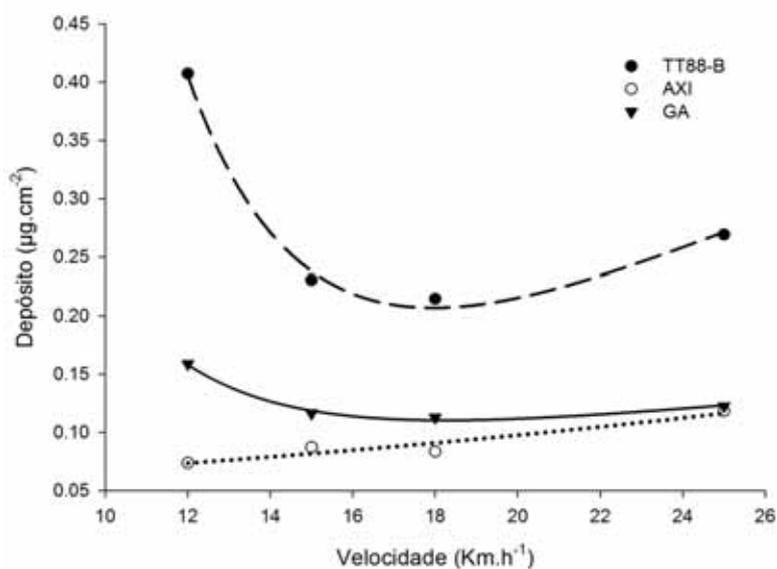
* Modelo matemático significativo ($P < 0,05$).

Pelos valores de F, verifica-se a significância dos modelos matemáticos que melhor explica a relação entre depósito e velocidade de deslocamento do pulverizador com os respectivos valores de R^2 . Denota-se que as equações quadráticas expressam melhor a relação entre essas variáveis no ápice da cultura.

O efeito da velocidade do pulverizador sobre os depósitos na base das plantas é mostrado na Figura 12. As tecnologias de aplicação apresentaram diferentes respostas em função da variação da velocidade de deslocamento do pulverizador.



(A)



(B)

Figura 12. Depósito da pulverização ($\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$) em função da velocidade de deslocamento do pulverizador, na base da planta do algodoeiro, aos 74 DAS, superfícies adaxial (A) e abaxial (B), por pontas de energia hidráulica (AXI e GA) e atomizador rotativo de disco (TT88-B), solos diferentes velocidades de deslocamento do pulverizador.

Para o atomizador rotativo de disco constatou-se diminuição do depósito, em ambas as superfícies foliares com o aumento da velocidade de deslocamento. Com essa tecnologia, a maior quantidade de depósito foi verificada na velocidade de 12 km.h⁻¹. O intervalo entre 12 e 15 km.h⁻¹ apresentou amplo decréscimo no depósito do marcador nesta parte da planta. A partir de 15 km.h⁻¹ os valores dos depósitos praticamente mantiveram-se constantes.

Para ambas as superfícies foliares houve redução dos valores dos depósitos com o aumento da velocidade de deslocamento do pulverizador utilizando-se a ponta de pulverização GA.

Em relação à ponta AXI, a velocidade de deslocamento não influenciou o depósito na superfície adaxial da folha. Houve incremento pouco expressivo do depósito na superfície abaxial da folha em maiores velocidades de deslocamento.

Os valores o coeficiente de determinação (R²), bem como os modelos matemáticos que melhor explicam a relação entre depósito (µg.cm⁻²) e velocidade de deslocamento do pulverizador (km.h⁻¹) na base da planta do algodoeiro, nas superfícies foliares adaxial e abaxial, com diferentes tecnologias são mostradas na Tabela 8.

Na base da planta, as equações inversa e exponencial explicam melhor a relação entre o depósito da pulverização e velocidade de deslocamento do pulverizador com os respectivos valores de R².

Tabela 8. Equações de regressão do depósito da pulverização (ug.cm⁻²) do marcador cúprico, em alvos fixados na base da planta do algodoeiro.

Superfície foliar	Tecnologia	Modelo matemático	F	R ²
Adaxial	TT88-B	$y = 0,9387 + (-25,1541/x) + (241,612/x^2)$	224,36	0,99
	AXI	-	-	-
	GA	$y = 0,7516 * \exp(-0,099 * x)$;	24,20	0,92
Abaxial	TT88-B	$y = 1,0154 + (-29,0233/x) + (260,4503/x^2)$	92,77	0,99
	AXI	$y = 0,0482 * \exp(0,0353 * x)$	23,30	0,92
	GA	$y = 0,2863 + (-6,4188/x) + (58,5786/x^2)$	57,29	0,99

* Modelo matemático significativo (p<0,05).

Os resultados obtidos com o atomizador rotativo de disco TT88-B demonstraram que a velocidade de 12 km.h⁻¹ foi a mais apropriada entre as velocidades de deslocamento quando avaliada a distribuição do depósito sobre o dossel da cultura. Conforme verificado por Cunha et al. (2007), o maior orifício de saída da ponta proporciona menor quebra do líquido, e conseqüentemente gera gotas mais grossas, passíveis de acumular-se nas superfícies expostas da planta. Observa-se que para esta tecnologia a pressão de trabalho foi mantida praticamente constante, mas o orifício de saída da ponta e a vazão nominal foram maiores em altas velocidades (Tabela 1) e provavelmente, uma das principais condições responsável pelos resultados obtidos. Para este sistema de pulverização o tamanho das gotas geradas é menor quando comparada as pontas de energia hidráulica, e isso pode conferir maiores problemas quanto ao impacto do vento contrário em pulverizações à alta velocidade de deslocamento, podendo esta a característica ser responsável pelos menores depósitos verificados na base da planta em altas velocidades.

Em relação à ponta GA, uma síntese geral entre as partes da planta analisadas indicam que a velocidade de 12 km.h⁻¹ proporcionou melhor distribuição da pulverização no dossel da cultura. No entanto, o maior impacto da velocidade de deslocamento foi verificado no ápice da planta, superfície adaxial da folha. Observa-se que para esta tecnologia maiores pressões de trabalho foram necessárias para manter-se a taxa de aplicação fixa em altas velocidades de deslocamento (Tabela 1), o que, segundo Cunha et al. (2003), pode gerar maior porcentagem de gotas finas suscetíveis a deriva (100 µm), proporcionando menor depósito do ingrediente ativo.

No geral, para a ponta AXI, a velocidade de deslocamento, não influenciou o depósito da pulverização e a sua distribuição sobre o dossel da cultura do algodoeiro.

4.1.6 Uniformidade da distribuição da pulverização

Para a avaliação da uniformidade de distribuição da pulverização nas diferentes partes da planta, foi feito um cálculo com base na quantidade do marcador depositado em cada superfície específica da planta em relação a soma do marcador depositado

nas diferentes superfícies da planta avaliadas. O fator tecnologia foi o principal responsável por influenciar a uniformidade dos depósitos da pulverização (Tabela 9).

O atomizador rotativo de disco destacou-se como a tecnologia mais apropriada quando objetiva-se melhorar a uniformidade e a penetração da calda de pulverização no dossel da cultura. As demais tecnologias de energia hidráulica foram menos eficientes quanto à uniformidade de aplicação, sendo semelhantes em relação à distribuição da calda, com acúmulo médio de 70% do marcador concentrado na superfície de maior exposição da planta (ápice da planta, superfície adaxial da folha).

Tabela 9. Uniformidade (% de acúmulo) do marcador cúprico ao longo do perfil da planta do algodoeiro, aos 74 DAS, utilizando diferentes tecnologias de aplicação e velocidades de deslocamento.

Parte da planta/ Superfície foliar	Velocidade (km.h ⁻¹)	Tecnologia		
		Rotativo	AXI (%)	GA
Ápice /Adaxial	12	32	76	70
Ápice /Abaxial		25	7	9
Base/Adaxial		24	12	12
Base/Abaxial		19	5	9
Ápice /Adaxial	15	34	78	70
Ápice /Abaxial		34	6	9
Base/Adaxial		19	10	13
Base/Abaxial		13	6	8
Ápice /Adaxial	18	42	74	65
Ápice /Abaxial		30	11	13
Base/Adaxial		16	9	7
Base/Abaxial		12	6	15
Ápice /Adaxial	25	48	73	73
Ápice /Abaxial		21	8	12
Base/Adaxial		17	11	5
Base/Abaxial		14	8	10

O fator velocidade de deslocamento foi mais importante em tratamentos que utilizaram o atomizador rotativo de disco. Nestes tratamentos a penetração das gotas foi mais prejudicada pelo aumento da velocidade. Este resultado pode estar relacionado ao maior impacto do vento contrário em altas velocidades de deslocamento sobre as gotas finas produzidas em maior porcentagem por esta técnica de pulverização.

Para as pontas hidráulicas de jato plano, a penetração da pulverização foi pouco influenciada pela velocidade de deslocamento, apresentando semelhança aos resultados encontrados por Zaidan et al. (2012).

4.2 Experimento II

4.2.1 Fatores controlados pelo bloco (Erro experimental)

As condições da cultura do algodão no momento da pulverização tais como número de plantas por metro linear, densidade de plantas por metro quadrado, altura e Índice de Área Foliar aos 117 DAS, foram estabelecidas para verificar a variabilidade entre blocos no arranjo experimental e estão especificados na Tabela 10.

Tabela 10. Número de plantas por metro linear, densidade de planta (pl.m^{-2}), altura (m) e IAF do algodoeiro aos 117 DAS.

Bloco	Nº de pl.m^{-1}	Dens. (pl.m^{-2})	Altura (m)	IAF
I	9,2	9,68	1,03	4,67
II	9,37	9,76	1,06	4,44
III	9,32	9,71	1,04	5,78
IV	8,62	9,07	1,02	4,92
Média	9.1275	9.555	1.0375	4.9525

A maior variabilidade entre os parâmetros avaliados foi constatada no bloco III com maior IAF, comparativamente aos blocos I, II e IV.

A velocidade do vento, temperatura e umidade relativa do ar no momento da pulverização, são apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11. Velocidade do vento (km.h^{-1}), temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa (%) no momento das pulverizações, aos 117 DAS do algodoeiro.

Bloco	Vel. Vento (Km.h^{-1})	Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	UR. (%)
I	7,75	28,21	63,08
II	6,31	28,75	59,92
III	8,82	29,77	60,70
IV	9,98	29,04	60,61
Média	8,215	28,9425	61,0775

As condições meteorológicas estavam adequadas no momento da pulverização. Variações entre a velocidade do vento, temperatura e umidade relativa do ar foram pouco expressivas e consideradas favoráveis a pulverização (ANDEF, 2010).

4.2.2 Análise de variância do depósito da pulverização

Houve diferença significativa ($P < 0,01$) entre os sistemas de pulverização avaliados quanto ao depósito do marcador nos alvos artificiais fixados em todas as partes do algodoeiro (Tabela 12), corroborando com os resultados obtidos na primeira época de avaliação.

Em média, a velocidade de deslocamento do pulverizador proporcionou diferenças significativas ($P < 0,05$) no depósito do marcador no ápice da planta do algodoeiro, superfície abaxial da folha e parte média da planta, superfície adaxial da folha. Nas demais posições de amostragens a velocidade de deslocamento não influenciou sobre o depósito do marcador.

Houve interação significativa entre os fatores velocidade de deslocamento e sistemas de pulverização sobre o depósito do marcador no ápice da planta, superfície adaxial e abaxial da folha e na parte média da planta, superfície adaxial da folha. Nas demais posições de amostragens, não houve interação significativa entre esses fatores.

O parâmetro IAF, variável entre os blocos (Tabela 4), não influenciou significativamente sobre o depósito do marcador em alvos fixados ao longo do perfil da planta.

Tabela 12. Análise de variância com os valores de F, para a variável depósito marcador cúprico aos 117 DAS, em alvos artificiais fixados no ápice, parte média e base das plantas do algodoeiro, superfícies adaxial e abaxial da folha, utilizando diferentes sistemas de pulverização e velocidades de deslocamento do pulverizador.

Causa de Variação	GL	Ápice/ Adaxial	Ápice/ Abaxial	Média/ Adaxial	Média/ Abaxial	Base/ Adaxial	Base/ Abaxial
Sistema (S)	2	20,70**	1135,62**	171,61**	637,11**	338,86**	583,09**
Velocidade (V)	3	2,38ns	32,14**	5,79**	2,53ns	2,72ns	1,39ns
P vs V	6	4,31*	18,62**	11,38**	1,16ns	1,20ns	0,31ns
Bloco	3	0,22ns	1,29ns	0,34ns	0,38ns	0,62ns	2,07ns

Nível de significância: ns = não significativo, *P < 0,05; **P < 0,01.

4.2.3 Depósito x Tecnologia de aplicação

Os valores dos depósitos do marcador no ápice das plantas do algodoeiro são mostrados na Tabela 13. Nas velocidades de 12 e 15 km.h⁻¹ as pontas de energia hidráulica (AXI e GA) apresentaram níveis de depósito do marcador significativamente superiores (P<0,05) quando comparados ao obtido com o atomizador rotativo de disco (TT88-B) na superfície adaxial das folhas. Em velocidades superiores (18 e 25 km.h⁻¹) não houve diferença significativa quanto ao depósito.

Na superfície abaxial das folhas, o atomizador rotativo de disco TT88-B destacou-se das demais pontas hidráulicas por apresentar depósito superior, em todas as velocidades de deslocamento do pulverizador. O atomizador rotativo de disco proporcionou depósitos de 9,1 vezes, em média, aos obtidos com as pontas de jato plano. Esta diferença entre os sistemas de pulverização supera a diferença encontrada aos 74 DAS, quando o depósito utilizando o atomizador rotativo de disco foi de 3,8 vezes, maior.

Nenhuma diferença significativa foi constada entre as pontas de energia hidráulica com relação ao depósito do marcador em alvos fixados nesta parte da planta.

Tabela 13. Depósito do marcador cúprico ($\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$) em alvos fixados no ápice da planta do algodoeiro, aos 117 DAS, em função de diferentes sistemas de pulverização, nas respectivas velocidade de deslocamento do pulverizador.

Velocidade ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	Adaxial			Abaxial		
	TT88-B	AXI	GA	TT88-B	AXI	GA
	----- $\mu\text{L}\cdot\text{cm}^{-2}$ -----			----- $\mu\text{L}\cdot\text{cm}^{-2}$ -----		
12	0,6727 a	0,9968 b	1,1103 b	0,3237 b	0,0289 a	0,0338 a
15	0,5893 a	1,0960 b	0,9634 b	0,5275 b	0,0529 a	0,0597 a
18	0,7286 a	0,9391 a	0,8356 a	0,5376 b	0,0727 a	0,0422 a
25	0,7936 a	0,7726 a	0,8298 a	0,3675 b	0,0512 a	0,0467 a
DMS	0,06			0,05		
CV (%)	14,59			14,98		

Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade ($P>0,05$)

No geral, na parte média da cultura, o atomizador rotativo de disco TT88-B apresentou depósito do marcador significativamente superior ($P<0,05$) aos verificados pelas pontas AXI e GA, com valores em média de 3,05 e 13,08 vezes superiores ao depósito obtidos por pontas de energia hidráulica, nas superfícies adaxial e abaxial da folha, respectivamente (Tabela 14).

Tabela 14. Depósito do marcador cúprico ($\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$) em alvos artificiais fixados na parte média das plantas do algodoeiro aos 117 DAS, em função de diferentes sistemas de pulverização, e respectivas velocidade de deslocamento do pulverizador.

Velocidade ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	Adaxial			Abaxial		
	TT88-B	AXI	GA	TT88-B	AXI	GA
	----- $\mu\text{L}\cdot\text{cm}^{-2}$ -----			----- $\mu\text{L}\cdot\text{cm}^{-2}$ -----		
12	0,2379 b	0,1026 a	0,0911 a	0,2742 b	0,0231 a	0,0119 a
15	0,4291 b	0,1023 a	0,0568 a	0,3348 b	0,0262 a	0,0177 a
18	0,2766 b	0,1411 a	0,1057 a	0,3163 b	0,0321 a	0,0396 a
25	0,2554 b	0,0733 a	0,1112 a	0,3067 b	0,0188 a	0,0190 a
DMS	0,06			0,05		
CV (%)	21,56			21,99		

Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade ($P>0,05$)

Não foi verificada nenhuma diferença significativa entre as pontas de energia hidráulica AXI e GA quanto ao depósito do marcador em alvos fixados nesta parte da planta.

Os valores dos depósitos do marcador na base da planta do algodoeiro são mostrados na Tabela 15. No geral, a tecnologia TT88-B destacou-se mais uma vez por apresentar depósito significativamente superior aos verificados por pontas de energia hidráulica, com depósitos em média de 2,63 e 9,13 vezes superiores as pontas de jato plano, nas superfícies adaxial e abaxial da folha, respectivamente.

A única diferença significativa do depósito constatada entre as tecnologias de energia hidráulicas nesta parte da planta foi na velocidade de 18 km.h⁻¹, onde a tecnologia AXI apresentou depósito superior à ponta GA na superfície adaxial da folha.

As variações do depósito (CV %) obtidas nesta parte da planta foram semelhantes às verificadas na parte média e superiores as encontradas no ápice da planta do algodoeiro, evidenciando a maior variabilidade do depósito presentes em partes menos expostas da planta e valores de depósitos menores.

Tabela 15. Depósito do marcador cúprico ($\mu\text{g},\text{cm}^{-2}$) em alvos fixados na base da planta do algodoeiro, aos 117 DAS, em função das diferentes sistemas de pulverização, e respectiva velocidade de deslocamento do pulverizador.

Velocidade (km h ⁻¹)	Adaxial			Abaxial		
	TT88-B	AXI 110	GA	TT88-B	AXI 110	GA
	----- $\mu\text{L},\text{cm}^{-2}$ -----			----- $\mu\text{L},\text{cm}^{-2}$ -----		
12	0,2306 b	0,0278 a	0,0349a	0,2216 b	0,0221 a	0,0218 a
15	0,2325 b	0,0481 a	0,0506a	0,2330 b	0,0398 a	0,0297 a
18	0,2614 C	0,0830 b	0,0350a	0,2179 b	0,0344 a	0,0116 a
25	0,2456 b	0,0518 a	0,0378a	0,2243 b	0,0227 a	0,0146 a
DMS	0,04			0,03		
CV (%)	22,12			20,98		

Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (P>0,05)

A superfície de maior exposição da planta (ápice da planta, superfície adaxial da folha) foi à única que apresentou depósitos significativamente superiores com pontas de energia hidráulica. Nas demais posições de amostragens, o atomizador rotativo de disco apresentou depósitos superiores. Estes resultados corroboram com o encontrado na primeira época de avaliação, com destaque a característica do espectro de gotas mais fino e uniforme gerado por esta tecnologia permitir a maior penetração no alvo (BAYER et al., 2011).

No presente experimento as diferenças no depósito constatadas entre as superfícies adaxial e abaxial da folha, em todas as partes da planta avaliadas, foram expressivas, e a comparação entre as médias dos tratamentos foram dependentes da superfície em questão.

Muitos trabalhos na literatura, realizados com o objetivo de avaliar o depósito da pulverização utilizam o processo metodológico de lavagem do material coletado (SOUZA et al. 2007; ZAIDAN et al 2011; CUNHA et al., 2011; GIMENES, 2012), sendo este procedimento responsável por negligenciar diferenças no depósito existentes entre as superfícies foliares, podendo mascarar diferenças entre tratamentos, principalmente aqueles que proporcionam melhor uniformidade de distribuição da calda sobre o alvo.

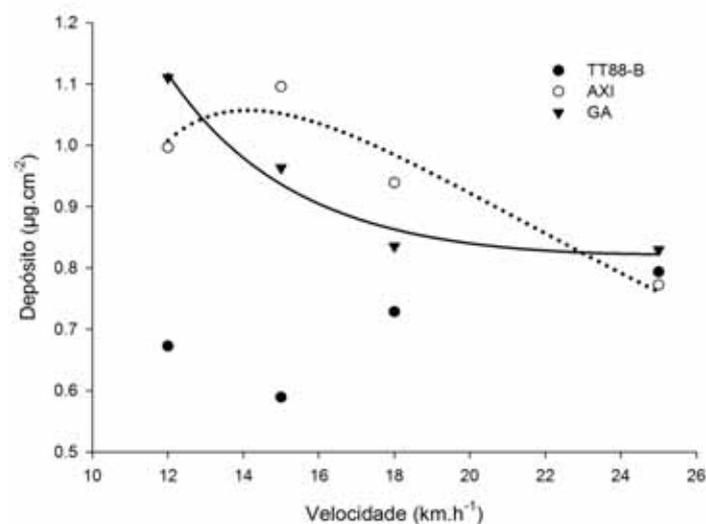
O atomizador rotativo de disco TT88-B proporcionou maior penetração e distribuição do depósito da calda sobre o dossel do algodoeiro, mesmo no estágio em que a cultura encontrava-se com dossel plenamente fechado, podendo servir como uma ferramenta importante haja vista as limitações que os agrotóxicos apresentam em se translocar pela planta, auxiliando no aumento da eficácia de controle e manejo de pragas resistentes, principalmente aquelas com hábitos sob superfícies menos expostas do algodoeiro.

4.2.4 Depósito x Velocidade de deslocamento

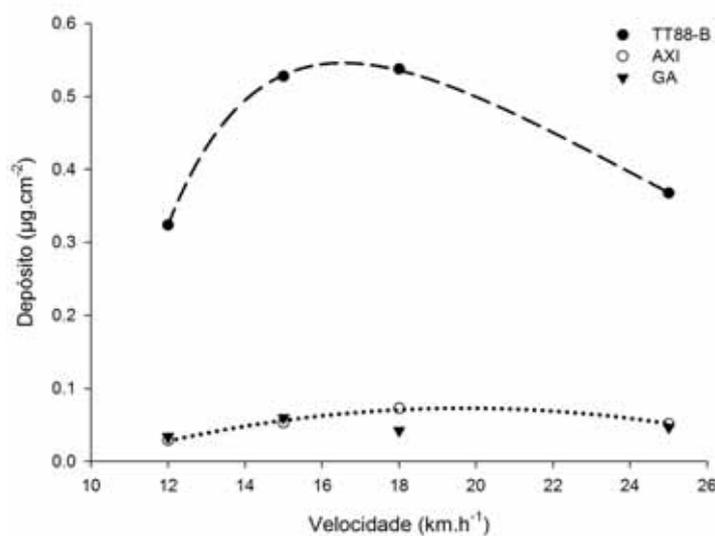
Os depósitos do marcador no ápice da planta do algodoeiro em função da velocidade de deslocamento do pulverizador são mostrados na Figura 13.

Para o atomizador rotativo de disco TT88-B, na superfície adaxial da folha não houve relação funcional significativa com explicação agrônômica entre essas variáveis, mesmo assim, maiores valores de depósito foram registrados em altas velocidades de deslocamento (18 e 25 km.h⁻¹), corroborando com os resultados encontrados aos 74 DAS. Na

superfície abaxial da folha foi constatada uma relação funcional significativa de ordem inversa, com incremento entre o intervalo de 12 a 15 km.h⁻¹, e decréscimo do depósito a partir de 18 km.h⁻¹.



(A)



(B)

Figura 13. Depósito da pulverização ($\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$) em alvos artificiais fixados no ápice da planta do algodoeiro, superfícies adaxial (A) e abaxial (B) da folha, aos 117 DAS, por pontas de energia hidráulica (AXI e GA) e atomizador rotativo de disco (TT88-B) sob diferentes velocidades de deslocamento do pulverizador.

O depósito na superfície adaxial da folha reduziu com o aumento da velocidade de deslocamento, sendo semelhante ao comportamento verificado aos 76 DAS. Na superfície abaxial, não foi observado alteração significativa do depósito em função da variação na velocidade de deslocamento do pulverizador.

Para a ponta AXI, na superfície adaxial da folha, houve incremento do depósito no intervalo de 12 a 15 km.h⁻¹. A partir dessa velocidade houve decréscimo do depósito com o aumento da velocidade de deslocamento. Na superfície abaxial, maiores valores de depósitos foram obtidos em velocidades intermediárias (15 e 18 km.h⁻¹), no entanto, verifica-se que a diferença no depósito nesta superfície foliar com a tecnologia AXI foi pouco expressiva.

Os valores de coeficientes de determinação (R²) bem como os modelos matemáticos que melhor explicam a relação entre depósito (μg.cm⁻²) e velocidade de deslocamento do pulverizador (km.h⁻¹) no ápice da planta do algodoeiro, superfícies adaxial e abaxial da folha, com diferentes tecnologias são representadas na Tabela 16.

Tabela 16. Equações de regressão do depósito da pulverização (ug.cm⁻²) do marcador cúprico, em alvos localizados no ápice da planta do algodoeiro, aos 117 DAS.

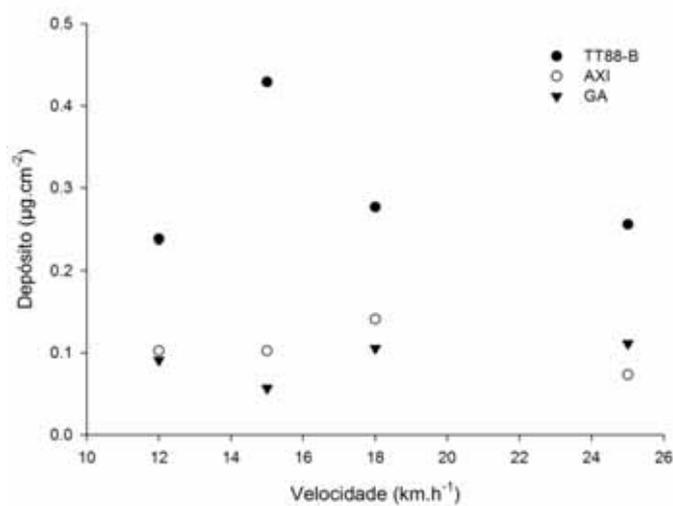
Superfície foliar	Tecnologia	Modelo matemático	F	R ²
Adaxial	TT88-B	-	-	-
	AXI	$y = -0.51 + (44.34/x) + (-313.23/x^2)$	10,46*	0,75
	GA	$y = 1,0533 + (11,8016/x) + (150,7691/x^2)$	16,31*	0,97
Abaxial	TT88-B	$y = -1,0078 + (51,40/x) + (-425.16/x^2)$	190,23*	0,99
	AXI	$y = -0,2221 + 0,0299*x - 0,0008*x^2$	31,20*	0,98
	GA	-	-	-

* Modelo matemático significativo (p<0,05).

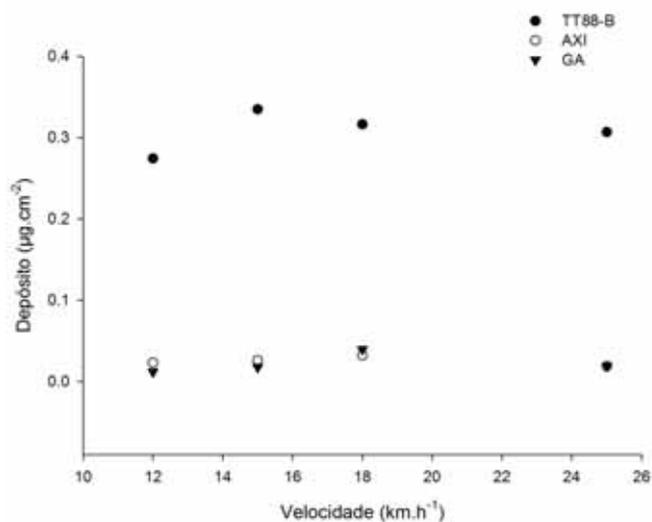
Pelos valores de F, verifica-se a significância do modelo matemático que melhor explica a relação entre depósito e velocidade de deslocamento do pulverizador com respectivos valores de R². Denota-se que as equações inversa e quadrática explicam melhor a relação entre essas variáveis.

Com relação ao depósito na parte média da cultura do algodão, não foi observada relação funcional significativa com explicação agrônômica entre o depósito e

velocidade de deslocamento do pulverizador, para ambas as superfícies foliares (Figura 14). No entanto, o gráfico de dispersão referente à superfície adaxial da folha revela maior valor de depósito do marcador com o atomizador rotativo de disco na velocidade de 15 km.h⁻¹.



(A)

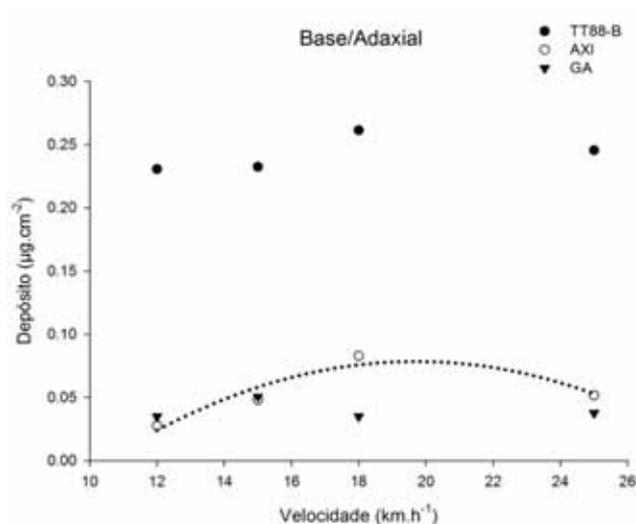


(B)

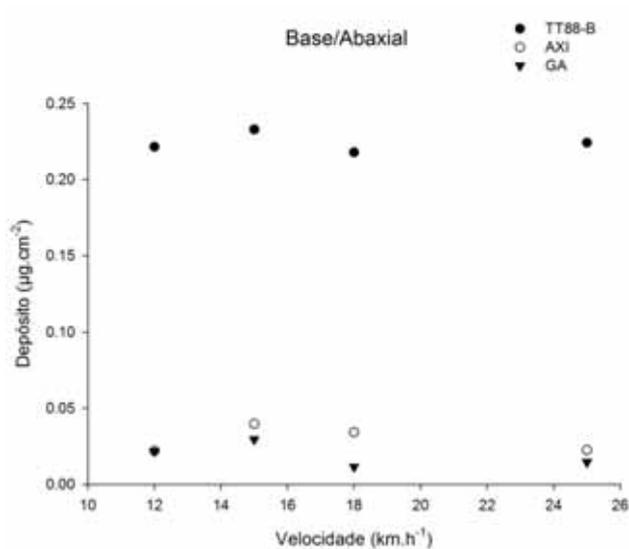
Figura 14. Depósito da pulverização ($\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$) em alvos artificiais fixados na parte média da cultura do algodoeiro, superfícies adaxial (A) e abaxial (B) da folha, aos 117 DAS, por pontas de energia hidráulica (AXI e GA) e atomizador rotativo de disco (TT88-B), operadas em diferentes velocidades de deslocamento do pulverizador.

Para as demais tecnologias de energia hidráulica, a velocidade de deslocamento não influenciou significativamente o depósito do marcador nesta parte da planta.

Na base da planta do algodoeiro, no geral, o depósito da pulverização foi pouco influenciado pela velocidade de deslocamento do pulverizador (Figura 15).



(A)



(B)

Figura 15. Depósito da pulverização ($\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$) em alvos artificiais fixados na base da planta do algodoeiro, superfícies adaxial (A) e abaxial (B) da folha, aos 117 DAS, por pontas de energia hidráulica (AXI e GA), e atomizador rotativo de disco (TT88-B), sob diferentes velocidades de deslocamento do pulverizador.

A única relação funcional significativa constatada nesta parte da planta ocorreu com a ponta AXI, apresentando maior valor de depósito na superfície adaxial da folha na velocidade de 18 km.h⁻¹, no entanto, este incremento foi pouco expressivo.

O valores de coeficientes de determinação (R²) bem como o modelo matemático que melhor explica a relação entre depósito (µg.cm⁻²) e velocidade de deslocamento do pulverizador (km.h⁻¹) na base da planta do algodoeiro, superfície adaxial da folha, para a ponta AXI, são apresentados na Tabela 17.

Tabela 17. Equação de regressão do depósito da pulverização (ug,cm⁻²) do marcador cúprico, em alvos artificiais na base da planta do algodoeiro, aos 117 DAS.

Superfície foliar	Tecnologia	Modelo matemático	F	R ²
Adaxial	AXI	$y = -0,2782 + 0,0362 * x - 0,0009 * x^2$	7,41*	0,89

* Modelo matemático significativo (p<0,05).

Pelos valores de F, verifica-se a significância do modelo matemático que melhor explica a relação entre depósito e velocidade de deslocamento do pulverizador com respectivos valores de R². A equação quadrática foi mais representativa para expressar a relação entre essas variáveis.

No geral, entre as tecnologias avaliadas o depósito médio na parte superior da planta foi mais influenciado pela velocidade de deslocamento do pulverizador, com variações do depósito em função da velocidade de deslocamento semelhantes às verificadas na primeira época de avaliação.

Nas demais partes da planta, independente da tecnologia utilizada, o depósito foi pouco alterado pela variação da velocidade de deslocamento do pulverizador, possivelmente por conta dos valores menores de depósito constatados nesta época de avaliação.

4.2.5 Uniformidade da pulverização

A tecnologia de aplicação foi o principal fator que influenciou na uniformidade da aplicação ao longo do perfil da planta do algodoeiro. Entre as tecnologias, o sistema de energia centrífuga com atomizador rotativo de disco conferiu maior penetração no dossel da cultura e uniformidade de distribuição da calda. Possivelmente essa tecnologia

mostrou-se mais vantajosa para o controle de alvos biológicos que habitam as partes menos exposta da planta (Tabela 18).

Tabela 18. Uniformidade (% de acúmulo) do marcador cúprico ao longo do perfil da planta do algodoeiro, aos 117 DAS, utilizando diferentes sistemas de pulverização e velocidades de deslocamento do pulverizador.

Parte da planta/	Velocidade	Tecnologia		
		Rotativo	AXI 110	GA
		------(%)-----		
Ápice /Adaxial	12	34	83	85
Ápice /Abaxial		17	2	3
Média/Adaxial		12	9	7
Média/Abaxial		14	2	1
Base/Adaxial		12	2	3
Base/Abaxial		11	2	2
Ápice /Adaxial	15	25	80	82
Ápice /Abaxial		22	4	5
Média/Adaxial		18	7	5
Média/Abaxial		14	2	1
Base/Adaxial		10	4	4
Base/Abaxial		10	3	3
Ápice /Adaxial	18	31	72	78
Ápice /Abaxial		23	6	4
Média/Adaxial		12	11	10
Média/Abaxial		14	2	4
Base/Adaxial		11	6	3
Base/Abaxial		9	3	1
Ápice /Adaxial	25	36	78	78
Ápice /Abaxial		17	5	4
Média/Adaxial		12	7	11
Média/Abaxial		14	2	2
Base/Adaxial		11	5	4
Base/Abaxial		10	2	1

O fator velocidade de deslocamento do pulverizador, nesta fase de desenvolvimento da cultura, assim como aos 74 DAS, causou maior impacto sobre o depósito no ápice da planta, superfície adaxial da folha, e menor impacto sobre a distribuição nas demais posições de amostragens da planta.

Nesta época de avaliação o marcador acumulou-se mais expressivamente na superfície de maior exposição da planta (ápice, superfície adaxial da folha), com porcentagens médias de acúmulo do marcador de 32 % e 80 %, para os sistemas de energia centrífuga e hidráulica, respectivamente.

Em média, a distribuição da calda proporcionada por pontas de energia hidráulica foi semelhante, com grande acúmulo do marcador no ápice da planta, superfície adaxial da folha. Isso na prática pode representar sobre dose do ingrediente ativo restrito a essa superfície foliar.

4.2.6 Cobertura da pulverização e espectro de gotas

Os valores das variáveis relacionadas à cobertura (número de gotas.cm⁻² e porcentagem da área coberta) e espectro de gotas (diâmetro mediano volumétrico; diâmetro mediano numérico; amplitude relativa e porcentagem de gotas inferiores a 100 µm) da pulverização sobre alvos artificial (papél hidrossensível) fixados em estacas na altura da parte superior do dossel, são mostrados na Tabela 19.

Denota-se que a cobertura da pulverização foi significativamente influenciada pela tecnologia de pulverização. As pontas de energia hidráulica proporcionaram porcentagem de cobertura por volta de 10 vezes maior à constatada pelo sistema de energia centrífuga, e densidade média de 120 gotas.cm⁻², enquanto aquele de energia centrífuga resultou em densidade de aproximadamente 80 gotas.cm⁻². A densidade média de gotas obtida com pontas de energia hidráulica superou a densidade mínima exigida para o controle satisfatório de pragas (HEWITT & MEGANASA 1993; CHISTOFOLETTI, 1999b; UGALDE, 2005), indicando haver quantidade mais do que suficiente da calda de pulverização na parte superior da planta.

Com relação ao espectro de gotas verifica-se que, no geral, as pontas de jato plano proporcionaram maiores valores de DMV e AR, indicando que as pulverizações com

pontas de energia hidráulica produzem gotas mais grossas e espectro mais heterogêneo, corroborando com os resultados constatados por Costa (2013). Não houve diferença significativa para as variáveis DMN e porcentagem de gotas suscetíveis à deriva (<100 µm) nos alvos dispostos na altura do dossel da cultura (parte superior da planta).

Para a interação sistema x velocidade o aumento da velocidade de deslocamento resultou em decréscimo do número de gotas.cm⁻² e da porcentagem de cobertura sobre os alvos com pontas de energia hidráulica, estando este resultado em conformidade com o observado no depósito da pulverização.

Tabela 19. Efeito de sistemas de pulverização com energia centrífuga e hidráulica sobre a cobertura e espectro de gotas da pulverização em alvos artificial (papel hidrossensível) fixados na parte superior de estacas, posicionadas na entrelinha da cultura do algodão, aos 74 DAS.

Ponta	Vel.	Gotas. cm ⁻²	% Cob.	DMV	DMN	AR	% G < 100 µm
TT88-B		68,02 a	4,06 a	223 a	135 a	0,79 a	33,32 a
AXI	12	160,58 b	45,92 b	1160 b	119 a	0,94 a	41,67 a
GA		109,58 a	50,12 b	1302 b	117 a	0,915 a	41,82 a
TT88-B		71,03a	3,73 a	216 a	115 a	0,96 a	40,21 a
AXI	15	149,29 b	34,16 b	850 b	136 a	1,23 b	34,52 a
GA		115,07 ab	46,68 c	1130 b	110 a	0,82 a	45,48 a
TT88-B		119,30 a	5,48 a	246 a	117 a	0,87 a	35,66 a
AXI	18	145,18 a	36,87 b	1079 b	135 a	0,98 a	32,29 a
GA		100,15 a	39,12 b	1510 b	124 a	1,03 a	40,57 a
TT88-B		63,57 a	5,07 a	269 a	139 a	0,89 a	28,39 a
AXI	25	83,36 a	40,51b	1788 b	132 a	0,92 a	38,22 a
GA		102,51 a	40,48 b	1448 b	120 a	1,08 a	39,15 a
F (T)		13,65**	276,92**	84,75**	1,45ns	5,70**	2,12ns
F (V)		3,88**	3,37*	5,60**	0,46ns	2,19ns	1,23ns
F (P xV)		2,56*	2,29ns	2,68*	0,83ns	4,46**	0,98ns

Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (P>0,05).

Nível de significância: ns = não significativo, *P < 0,05; **P < 0,01.

No geral, na parte inferior das estacas, as pontas de energia hidráulica proporcionaram maiores valores de cobertura, DMV e AR comparativamente aos obtidos com

o atomizador rotativo de disco (Tabela 20). Há que se destacar que nesta época de avaliação, o dossel da cultura apresentava-se aberto, não havendo restrição do acesso das gotas à parte inferior das estacas que foram posicionadas na entrelinha da cultura. E, por isso, estes resultados não são semelhantes aos encontrados no depósito da pulverização.

Na parte inferior da estaca, diferenças sutis também foram constatadas entre as tecnologias para as variáveis DMN e porcentagem de gotas menores que 100 μm . O sistema de energia centrífuga, proporcionou maior porcentagem de gotas suscetíveis à deriva (<100 μm), estando de acordo com o verificado por Cunha et al. (2011).

Tabela 20. Efeito de sistemas de pulverização com energia centrífuga e hidráulica sobre a cobertura e espectro de gotas da pulverização em alvos artificial (papel hidrossensível) fixados na parte inferior de estacas, posicionadas na entrelinha da cultura do algodão, aos 74 DAS.

Tecnologia	Vel.	Gotas. cm^{-2}	% Cob.	DMV	DMN	AR	% G < 100 μm
TT88-B		33,00 a	1,67 a	161 a	103,81 a	0,70 a	55,33 b
AXI	12	155,97 b	23,77 b	451 ab	164,78 b	1,23 b	26,47 a
GA		105,04 b	32,55 b	683 b	123,75 ab	1,02 b	41,73 ab
TT88-B		30,60 a	2,17 a	243 a	120,52 a	0,81 a	39,29 a
AXI	15	96,39 b	20,78 b	569 a	169,80 a	1,13 b	21,32 a
GA		100,81 b	22,10 b	509 a	134,38 a	0,95 ab	42,58 a
TT88-B		43,40 a	2,16 a	158 a	103,80 a	0,70 a	52,33 b
AXI	18	79,28 a	12,43 a b	484 a	158,43 a	1,09 b	25,38 a
GA		84,53 a	23,78 b	1021 b	136,17 a	0,99 b	34,53 a
TT88-B		20,87 a	2,25 a	175 a	127,79 a	0,63 a	41,08 a
AXI	25	67,58 a	18,29 b	822 b	154,64 a	1,12 b	30,96 a
GA		67,49 a	23,05 b	1112 b	180,32 a	1,01 b	21,73 a
F (P)		20,67**	33,723**	39,233**	8,912**	47,795**	40,039**
F (V)		4,17*	1,35ns	4,442**	1,303ns	0,607ns	2,232ns
F (P xV)		1,58ns	0,685ns	2,845*	0,908ns	0,953ns	4,21*

Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P > 0,05$).
Nível de significância: ns = não significativo, * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$.

O aumento da velocidade de deslocamento implicou na redução da densidade de gotas e aumento do DMV das gotas que atingiram os alvos nos tratamentos com

as pontas de energia hidráulica, assemelhando ao resultado verificado na parte superior das estacas. Esses resultados indicam haver maiores perdas principalmente associadas a gotas pequenas nos tratamentos com a ponta de energia hidráulica, em pulverizações sob alta velocidade de deslocamento, justificando os menores valores de depósito obtidos na parte superior da planta.

Aos 117 DAS, as diferenças constadas entre as tecnologias em alvos fixados na parte superior das estacas foram muito próximas aquelas verificadas aos 74 DAS, na cultura do algodoeiro, quando as pontas de energia hidráulica proporcionaram maiores valores da cobertura e DMV (Tabela 21).

Houve diferença significativa entre as velocidades de deslocamento sobre a cobertura da pulverização. As médias de cobertura menores foram constatadas na maior velocidade (25 km.h^{-1}), utilizando-se pontas de energia hidráulica.

Tabela 21. Efeito de sistemas de pulverização com energia centrífuga e hidráulica sobre a cobertura e espectro de gotas da pulverização em alvos artificial (papel hidrossensível) fixados na parte superior das estacas, posicionadas na entrelinha da cultura do algodão, aos 117 DAS.

Tecnologia	Vel.	Gotas. cm^{-2}	% Cob.	DMV	DMN	AR	% G < 100 μm
TT88-B		70,83 a	4,38 a	220 a	120,50 a	0,95 a	22,07 a
AXI	12	148,10 b	41,12 b	1156 b	138,76 a	1,26 b	38,53 b
GA		117,69 b	41,71 b	1322 b	123,14 a	1,13 ab	37,13 b
TT88-B		66,24 a	3,06 a	223 a	120,11 a	1,06 a	39,28 a
AXI	15	149,19 b	41,06 b	1177 b	122,33 a	1,06 a	40,26 a
GA		121,69 b	40,90 b	1047 b	108,57 a	1,07 a	40,10 a
TT88-B		108,93 a	5,52 a	233 a	112,31 a	1,10 a	37,49 a
AXI	18	151,64 b	44,75 b	1817 b	125,09 a	1,09 a	35,80 a
GA		118,82 ab	44,36 b	1499 b	120,02 a	0,94 a	36,32 a
TT88-B		62,45 a	5,36 a	289 a	151,78 a	0,99 a	27,22 a
AXI	25	127,40 b	41,91 c	1626 b	123,19 a	1,01 a	38,72 a
GA		88,70 a b	30,84 b	1092 b	135,01 a	1,12 a	35,56 a
F (T)		29,56**	506,12**	53,56**	0,99ns	0,95ns	3,59*
F (V)		4,06*	4,44*	2,43ns	2,42ns	0,51ns	2,10ns
F (T xV)		1,65ns	3,45**	1,28ns	1,01ns	1,59ns	1,47ns

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

Nível de significância: ns = não significativo, * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$.

A interação significativa entre tecnologia e velocidade para a variável porcentagem de cobertura demonstra que os sistemas de pulverização responderam diferentemente em função da velocidade de deslocamento. Nota-se que com o atomizador rotativo de disco TT88-B houve um acréscimo da porcentagem de cobertura em função do aumento da velocidade (Tabela 21). Este resultado está de acordo com o verificado para o depósito da pulverização.

No geral, para alvos da parte média da estaca, não houve diferença significativa entre os sistemas de pulverização sobre a densidade de gotas, demonstrando o efeito da maior densidade foliar da cultura presente nesta época de avaliação. No entanto, a tecnologia de aplicação influenciou significativamente sobre a porcentagem de cobertura, na velocidade de 18 km.h⁻¹. As pontas de energia hidráulica novamente apresentaram maior porcentagem de cobertura sobre o alvo em comparação ao atomizador rotativo de disco. Apesar disso, as diferenças entre as pontas foram menos expressivas do que as constatadas nos alvos da parte superior (Tabela 22).

Também houve diferença significativa entre os sistemas de pulverização sobre as variáveis DMV e AR. As pontas de energia hidráulica apresentaram maiores valores para estas variáveis, evidenciando a produção de espectro de gotas mais grosso e heterogêneo com pontas de energia hidráulica. Resultado que está em concordância ao constatado por Costa (2013).

A velocidade de deslocamento do pulverizador não influenciou sobre a cobertura e o espectro das gotas nos alvos presentes nessa parte da planta, estando em conformidade com resultados obtidos no depósito da pulverização.

Houve interação significativa entre os fatores tecnologia e velocidade de deslocamento sobre a densidade de gotas, DMN e porcentagem de gotas suscetíveis a deriva. Para o sistema de energia centrífuga com atomizador rotativo de disco o aumento da velocidade de deslocamento do pulverizador resultou em incremento na densidade de gotas, DMN, e redução da porcentagem de gotas finas suscetíveis a deriva (<100 µm), o que permite afirmar que nos tratamentos com que utilizaram atomizador rotativo de disco, gotas mais grossas foram geradas em alta velocidade de deslocamento, aliado a maiores perdas de gotas finas (<100 µm)

nesta condição de trabalho, possivelmente pelo maior impacto do vento contrário a pulverização.

O efeito do aumento da velocidade de deslocamento para pontas de energia hidráulica foi o contrário do verificado para o sistema de energia centrífuga, com decréscimo da densidade de gotas, DMN e aumento da porcentagem de gotas suscetíveis a deriva (<100 μm) e, possivelmente, sendo essa característica responsável pelo decréscimo observado no depósito da pulverização.

Tabela 22. Efeito de sistemas de pulverização com energia centrífuga e hidráulica sobre a cobertura e espectro de gotas da pulverização em alvos artificial (papel hidrossensível) fixados na parte média das estacas, posicionadas na entrelinha da cultura do algodão, aos 117 DAS.

Tecnologia	Vel.	Gotas. cm ⁻²	% Cob.	DMV	DMN	AR	% G < 100 μm
TT88-B		21,30 a	0,14 a	181,13 a	87,73 a	0,66 a	57,28 a
AXI	12	16,01 a	0,88 a	338,38 a	136,36 b	1,03 b	42,59 a
GA		32,96 a	0,82 a	368,38 a	130,84 b	0,92 ab	40,64 a
TT88-B		12,90 a	0,12 a	146,75 a	88,68 a	0,69 a	72,38 b
AXI	15	16,42 ab	0,84 a	378,00 b	144,55 b	0,92 a	35,27 a
GA		35,63 b	0,36 a	306,38 ab	116,66 ab	0,99 a	50,17 ab
TT88-B		39,46 a	0,33 a	153,78 a	106,52 a	0,69 a	46,32 a
AXI	18	27,11 a	1,16 ab	448,00 b	117,96 a	1,19 b	41,37 a
GA		27,74 a	1,48 b	451,00 b	111,39 a	0,92 ab	44,09 a
TT88-B		41,12 b	0,39 a	214,00 a	143,49 b	0,79 a	28,05 a
AXI	25	16,85 a	0,88 a	339,63 a	100,18 a	1,23 b	55,98 b
GA		8,48 a	1,20 a	397,63 a	100,46 a	0,81 a	50,58 ab
F (T)		2,84ns	10,05**	13,42**	3,05ns	15,45**	0,97ns
F (V)		1,80ns	2,62ns	0,72ns	0,21ns	0,51ns	0,83ns
F (T xV)		4,41**	0,77ns	0,51ns	5,58**	1,25ns	3,66**

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

Nível de significância: ns = não significativo, * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$.

Assim como na parte superior e média, na parte inferior das estacas constatou-se diferença significativa sobre a densidade de gotas, porcentagem de cobertura, DMV e amplitude relativa, com valores maiores obtidos nos tratamentos com as pontas de

energia hidráulica. No entanto, as diferenças entre os sistemas de pulverização para essas variáveis foram menos expressivas nas demais partes da estaca, demonstrando o efeito da folhagem da cultura, sendo esta responsável pela obstrução de gotas grossas (Tabela 23).

No geral, na parte inferior da estaca, a velocidade de deslocamento do pulverizador influenciou significativamente sobre DMN. Esta diferença deveu-se principalmente as pontas de energia hidráulica que apresentaram decréscimo do valor do DMN obtido pelos alvos com o aumento da velocidade de deslocamento, principalmente no intervalo de 12 a 15 km.h⁻¹, evidenciando novamente haver maiores perdas associadas a gotas pequenas em alta velocidade de deslocamento.

Tabela 23. Efeito de sistemas de pulverização com energia centrífuga e hidráulica sobre a cobertura e espectro de gotas da pulverização em alvos artificial (papel hidrossensível) fixados na parte inferior das estacas, posicionadas na entrelinha da cultura do algodão, aos 117 DAS.

Tecnologia	Vel.	Gotas cm ⁻²	% Cob.	DMV	DMN	AR	% G < 100 µm
TT88-B		2,40 a	0,09 a	151,86 a	124,73 a	0,66 a	47,22 a b
AXI	12	8,74 b	0,23 a	279,00 a	136,66 a	0,83 a	55,61 b
GA		7,96 b	1,04 b	230,50 a	137,63 a	0,83 a	26,96 a
TT88-B		2,63 a	0,40 a	169,67 a	89,17 a	0,54 a	61,55 a
AXI	15	5,48 a b	0,24 a	269,65 a	98,20 a	0,87 b	59,63 a
GA		7,03 b	0,44 a	282,56 a	121,68 a	0,99 b	43,44 a
TT88-B		5,40 a	0,19 a	165,17 a	99,83 a	0,69 a	52,46 a
AXI	18	5,80 a	0,41 a	184,75 a	93,93 a	0,80 a	58,05 a
GA		7,98 a	0,32 a	215,88 a	101,29 a	0,86 a	54,18 a
TT88-B		2,69 a	0,14 a	214,63 a	144,91 b	0,55 a	38,14 a
AXI	25	7,75 b	0,37 ab	237,63 a	107,21 ab	0,81 a	55,09 a
GA		5,64 a b	0,49 b	170,30 a	91,19 a	0,81 a	57,70 a
F (T)		14,31**	14,23**	3,42*	0,18ns	10,44**	3,21ns
F (V)		1,08ns	1,28ns	1,01ns	3,72*	0,46ns	2,13ns
F (T x V)		1,60ns	5,99**	1,14ns	1,87ns	0,65ns	2,37ns

Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (P>0,05).

Nível de significância: ns = não significativo, *P < 0,05; **P < 0,01.

Houve interação significativa entre os fatores Sistema (S) e Velocidade (V) sobre a porcentagem de cobertura. O aumento da velocidade de deslocamento de 12 a 15

km.h⁻¹ resultou em decréscimo desta variável nos tratamentos com a ponta de jato plano com indução de ar (GA).

Os maiores valores da porcentagem de cobertura com pontas de energia hidráulica, constatados na parte média e inferior da estaca, diferiram daqueles observados no depósito da pulverização. Para essa última variável, valores maiores foram observados nos tratamentos com o atomizador rotativo de disco.

Essas divergências constatadas entre variáveis depósito e cobertura, podem em parte, estar associada ao alvo utilizado. Segundo Zhu et al. (2011) o software “DepositScan” apresenta limitações na identificação de gotas muito finas. É oportuno mencionar que o atomizador rotativo de disco produz maiores porcentagens de gotas inferiores a 50 µm comparativamente as pontas de energia hidráulica (Madureira et al. 2011), e esta quantidade significativa das gotas possivelmente não foram registradas pelo programa computacional utilizado ou não foram impactadas no papel hidrossensível, o qual pode selecionar gotas numa determinada faixa de tamanho.

5 CONCLUSÃO

O atomizador rotativo de disco proporciona maior penetração das gotas e uniformidade do depósito no dossel do algodoeiro podendo servir como ferramenta importante para o controle de alvos biológicos localizados em partes da planta difíceis de serem atingidas pelas gotas;

A velocidade de deslocamento do pulverizador influencia o nível de depósito da pulverização, onde o atomizador rotativo de disco proporcionou maior acúmulo do marcador no ápice da planta com o aumento da velocidade de deslocamento;

O aumento da velocidade de deslocamento resulta em menor depósito na parte inferior da planta, sendo esta característica mais evidente no estágio B9 quando os níveis de depósitos foram maiores;

O sistema de pulverização e a velocidade de deslocamento influenciam a cobertura e a qualidade da pulverização. A cobertura da pulverização e a densidade de gotas são influenciadas negativamente pelo aumento da velocidade com pontas de energia hidráulica.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROTOP. **Düsen und Zubehör für den Pflanzenschutz**: Produktkatalog 106. Obertraubling: Agrotop GmbH, 2008. 128p.

AHMAD, M. et al. (2002) Cotton whitefly (*Bemisia tabaci*) resistance to organophosphate and pyrethroid insecticides in Pakistan. **Pest Management Science**, v.58, p. 203-208.

ANDEF – Associação Nacional de Defesa Vegetal. **Manual de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários**. Campinas: Línea Creativa, 2004. 50p.

ANDEF - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DEFESA VEGETAL. **Manual de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários**. Campinas, SP, 2010.

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. 4. Ed. Jaboticabal: FUNEP, 2008. 237p.

BAUER, F.C.; RAETANO, C.G. air-assisted boom sprayer and spray deposition on bean plants. **Scientia Agricola**, Piraicaba, São Paulo, v. 60, n. 2, p.211-215, jun. 2003.

BAYER, T. et al. Equipamentos de pulverização aérea e taxas de aplicação de fungicida na cultura do arroz irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, Paraíba, v. 15, n. 2, p.192-198, dez. 2010.

BAYER, T. et al. Aplicação aérea de fungicidas na cultura do arroz irrigado com diferentes bicos de pulverização. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 12, p.2185-2191, dez. 2012.

BAYAT, A.; BOZDOGAN, N. Y. An air-assisted spinning disc nozzle and its performance on spray deposition and reduction of drift potential. **Crop Protection**, Adana, v. 24, n. 11, p.951-960, Jan. 2005.

BELOT, J; VILELA, P.A. **O Sistema de cultivo do algodoeiro adensado em Mato Grosso: Embasamento e primeiros resultados**. Cuiabá: AMPA/IMAmt, 2010. 390 p.

BELTRÃO, N.E.M. **Informações sobre o algodão no Brasil:** situação, problemas, perspectivas e possíveis soluções. Campina Grande: CNPA-Embrapa, 1996. 20p (Embrapa-CNPA. Documentos, 48).

BELTRÃO, N.E.M.; AZEVEDO, D.M.P. **O agronegócio do algodão no Brasil.** In: Algodão brasileiro em relação ao mundo. Brasília: Revista e Ampliada, 2008. Cap. 1, p. 20 - 30.

BOLLER, W. **Avanços tecnológicos em pontas de pulverização.** Cuiabá, Mt: V SINTAG - Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação, 2011. 19 p.

BOSCHINI, L. et al. Avaliação da deposição da calda de pulverização em função da vazão e do tipo de bico hidráulico na cultura da soja. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.30, n.2, p.171-175, 2008.

CAHILL, M. et al. Baseline determination and detection of resistance to imidacloprid in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 86, 1996 p. 343-349.

CAMARA, F.T.; SANTOS, J.L.; SILVA, E.A.; FERREIRA, M. Distribuição volumétrica e espectro de gotas de bicos hidráulicos de jato plano de faixa expandida XR11003. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.4, p.740-749, 2008.

CARVALHO, W.P.A. Situação atual e perspectivas da aviação agrícola no Brasil e eficácia no controle de doenças. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.33, n.22, p.107-109, 2007.

CAVALIERI, J.D. et al. Influência da pressão de trabalho no espectro de gprodizadas em bicos de energia centrífuga. In: XLI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA - CONBEA. **Resumo...**Londrina, Paraná: SBEA, 2012. CD-Rom.

CLAYTON. J.S. **Ground spraying requirements for locust control.** International Workshop on research and planning for desert locust control. Marrakech, Morroco, 1993, p. 24-28.

CBB - CENTRO BRASILEIRO DE BIOAERONÁUTICA. **Equipamentos.** Disponível em: <<http://www.bioaeronautica.com.br/equipamentos/turboaero.php>>. Acesso em: 01 mar. 2013.

CHRISTOFOLETTI, J.C. Pulverização ou aplicação? São Paulo: **Teejet South America**. 1999. 71 p. Boletim Técnico BT-01, 1999.

COOKE, B.K. et al. A comparison of alternative spray techniques in cereals. RCPC Monogram No. 28, **Symposium on Application and Biology**, 1985, p. 299-309. BCPC publications, Surrey.

COOPER, J.F.; JONES, K.A.; MOAWAD, G. Low volume spraying on cotton: a comparison between spray distribution using charged and uncharged droplets applied by two spinning disc sprayers. **Crop Protection**, Dokki, Egypt, v. 17, n. 9, p.711-715, 1998.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Disponível em: <http://www.abrapa.com.br/estatisticas/6_levantamento_de_avaliacao_de_safra_2010_2011.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2011.

COSTA, L.L. **Eficiência de volumes e pontas de pulverização centrífuga e hidráulica na distribuição e deposição da calda no controle da ferrugem asiática da soja**. 2013. 40 f. Tese (Doutorado) - UNESP, Jaboticabal, SP, 2013.

CUNHA, J.P.A. R.; TEIXEIRA, M.M.; FERNANDES, H.C. Avaliação do espectro de gotas de pontas de pulverização hidráulicas utilizando a técnica da difração do raio laser. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, São Paulo, v. 27, n. , p.10-15, jan. 2007.

CUNHA, J.P.A.R.; MOURA, E.A.C.; SILVA JÚNIOR, J.L.; ZAGO, F.A.; JULIATTI, F.C. Efeito de pontas de pulverização no controle químico da ferrugem da soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.2, p.283-291, 2008.

CUNHA, J. P. A. R. et al. deposição de calda pulverizada na cultura da soja promovida pela aplicação aérea e terrestre. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, São Paulo, v. 31, n. 2, p.343-351, mar. 2011.

DIEZ-RODRÍGUEZ, G.I.; OMOTO, C., Herança da Resistência de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) a Lambda-Cialotrina, **Neotropical Entomology**, Piracicaba, São Paulo, v. 30, n. 2 , p,311-316, June 2001.

EMBRAPA. **Importância Econômica da Cultura do Algodão no Cerrado Brasileiro**. 2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoCerrado/index.htm> Acesso em: 04 mar. 2013.

FAROOQ et al. Agriculture sprays in cross-flow and drift. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v.78, n.4, p.347-358, 2001.

FOX, R.D., et al. Visual and image system measurement of spray deposits using water sensitive paper. **Appl. Eng. Agric.** v 19 n. 5, 549–552, 2003.

FROST. Rotary Atomization in the Ligament Formation Mode. **Agricultural Engineering Research**, Bedford, n.26 , p.63-78, Dec. 1981.

GOHLICH, H., Deposition and penetration of sprays. p. 173-183 In: British Crop Protection Council Monograph No. 28: Application and Biology, E.S.E. Southcombe (Ed); BCPC Publications, Croydon, England. 1985.

HEWITT, A. J.; MEGANASA, T. Droplet distribution densities of a pyrethroid insecticide within grass and maize canopies for the control of *Spodoptera exempta* larvae. **Crop Protection**, USA, v. 12, p.59-62, Feb. 1993.

HYPRO. **Hypro nozzles Guardian Air™**. Disponível em: <<https://www.canalagricola.com.br/ponta-bico-pulverizacao-inducao-ar-hypro-guardian-air-ga>>. Acesso em: 1 mar. 2013.

HOFFMANN, W.C., HEWITT, A.J. Comparison of three imaging systems for watersensitive papers. **Appl. Eng. Agric.** v. 21, n. 6, 961–964, 2005.

HOLLAND, J.M et al. A comparison of spinning disc atomisers and flat fan pressure nozzles in terms of pesticide deposition and biological efficacy within cereal crops. **Crop Protection**, v. 16, n. 2, p. 179-185, 1997.

IBGE. **LEVANTAMENTO SISTEMÁTICO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA - LSPA**. Rio de Janeiro, 2012. 126 p. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201202.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2013.

IMEA: INSTITUTO MATO-GROSSENSE DE ECONOMIA E AGROPECUÁRIA (Cuiabá). **Boletim semanal:** Análise de algodão. Elaborada por Carlos Ivam Garcia. Disponível em: <http://www.imea.com.br/upload/publicacoes/arquivos/R401_2013_07_05_BSAldodao.pdf>. Acesso em: 06 maio 2013.

INSTITUTO BIOLÓGICO. **Lagarta Helicoverpa: mais um sério problema.** São Paulo, SP. Disponível em: <http://www.biologico.sp.gov.br/artigos_ok.php?id_artigo=186>. Acesso em: 01 abr. 2013.

JACTO. **Especificações técnicas da série AXI.** Disponível em: <<http://www.jacto.com.br/pt/produto/detalhes/73/axi>>. Acesso em: 1 mar. 2013.

JOHNSTONE, D. R., READELI, C. H.; SUTHERLAND, J. A. The short-term fate of droplets of coarse aerosol size in ultra low volume insecticide application onto a tropical field crop. **Aerosol Science**, v.8, p. 395-407, 1977.

MADUREIRA, R. P. et al. Espectro de gotas produzido por pontas hidráulica e atomizador rotativo com o uso de adjuvantes. In: X Congresso Latinoamericano y Del Caribe de Ingeniería Agrícola 10, 2012. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 41 - CONBEA 2012. **Resumos...**Londrina, Paraná: SBEA, 2012. 1 CD - ROM.

MARUR, C.J.; RUANO, O. A reference system for determination of developmental stages of upland cotton. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, v.5, p.313-317, 2001.

MATTHEWS, G.A. CDA. - Controlled droplet application. **PANS**, v.23, p. 387-394, 1977.

MATTHEWS, G.A. **Pesticide Application Methods.** Longman, London, 1979, 336 p.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas.** Jaboticabal: Funep, 1990. 139 p.

MENES, M.J. et al. Air-assistance in spray booms which have different spray volumes and nozzle types for chemically controlling spodoptera frugiperda on corn. **Journal Of Plant Protection Research**, Botucatu, v. 52, n. 2, p.247-253, Jan. 2012.

MIRANDA, J. S.; RODRIGUES, S.. O Brasil agrícola: Algodão. **A Granja**, São Paulo,SP, p. 10-12. abr. 2008. Disponível em: <<http://www.edcentaurus.com.br/materias/granja.php?id=1363>>. Acesso em: 02 jun. 2013.

MONTEIRO, M.V.M. **Compêndio de aviação agrícola**. 2.ed. Sorocaba: Cidade, 2007. 298p.

NARANJO, S. E.; FLINT, H. M. Spatial distribution of adult *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in cotton and development and validation of fixedprecision sampling plans for estimating population density. **Environmental Entomology**, New York, v. 29, n. 2, p.261-270, 1995.

OLIVEIRA, J. R. G. di et al. Diferentes diâmetros de gotas e equipamentos para aplicação de inseticida no controle de *Pseudoplusia includens*. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, SP, v 30, n. 1, p.92-99, jan. 2010.

OMER A D, J. M. et al. Sweetpotato whitefl y resistance to insecticides in Hawaii: intra-island variation is related to insecticides use. **Entomologia Experimentalis et Applicata** v. 67, p. 173-182, 1993.

PAPA, G.; CELOTO, F.J. Lagartas na soja, 2007, Disponível em: www.ilhasolteira.com.br/colunas/index.php.acao=verartigo&idartigo=1189090532. Acesso em: 7 mar, 2013.

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, Mar. 2010.

QI, L.; MILLER, P.C.H.; FU, Z. The classification of the drift risk of sprays produced by spinning discs based on wind tunnel measurements **Biosystems Engineering**, Arizona, UA, n. 100, p.38-43, 2008.

REZENDE, D.T. et al. Agricultural spray deposit quantification methods. **Applied Engineering In Agriculture**, St. Joseph, v. 28, n. 6, p.1-7, 2012.

RICHETTI, A.;MELO FILHO, G.A. Aspectos socioeconômicos do algodoeiro. In: EMBRAPA. **Algodão: tecnologia de produção**. Dourados, MS: EMBRAPA Agropecuária Oeste, 2001. 296 p.

ROSOLEM, C.A. Fenologia e ecofisiologia no manejo do algodoeiro. In: **Algodão no cerrado do Brasil**. Brasília, DF: Abrapa, 2007. p. 649-688.

RUAS, R.A.A. et al. Desenvolvimento e avaliação de um sistema experimental de pulverização visando a determinação de parâmetros para a aplicação de agrotóxicos. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 17, n.1, p.31-41, 2009.

SANTOS, W.J.O sistema de cultivo adensado do algodoeiro e os artrópodes-pragas. In: **O sistema de cultivo do algodoeiro adensado em Mato Grosso: embasamento e primeiros resultados: Atas do Workshop de Cuiabá**. Instituto Matogrossense do Algodão. Cuiabá: Defanti Editora, 2010. 390 p.

SANTOS, J.M.F. **Aviação agrícola: manual de tecnologia de aplicação de agroquímicos**. São Paulo: Rhodia Agro, 1992. 100 p.

SANTOS, J.M.F. et al. **Pulverização. Citricultura Atual**, Cordeiropolis, v.10, n.59, 2007.

SOUZA, R.T.; CASTRO, R.D.; PALLADINI, L.A. Depósito de pulverização com diferentes padrões de gotas em aplicações na cultura do algodoeiro. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. , p.75-82, jan. 2007.

TAKEYA, D.M. **Um outro Nordeste: o algodão na economia do Rio Grande do Norte (1880-1915)**. Fortaleza: BNB/ETENE, 1985. 138p.

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

UGALDE, M.G. **Controle de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sidow) na cultura da soja**. 2005. 66 f. Dissertação (Mestrado) – UFSM, Santa Maria, 2005.

USDA. **Cotton: World Markets and Trade**. Disponível em:
<<http://www.cottonusa.org/files/economicData/CottonWMT-MAR-2013.pdf>>. Acesso em: 04
May. 2013.

VILLALBA, J.F.; DAGOBERTO, M.; COSTA, N.V.; DOMINGOS, V.D. Deposição da calda de pulverização em cultivares de soja no estádio R1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.6, p.1.738-1.744, 2009.

XU, L.; ZHU, H.; OZKAN, H.E.; THISTLE, H.W. Evaporation rate and development of wetted area of water droplets with and without surfactant at different locations on waxy leaf surfaces. **Biosystems Engineering**, v.106, n.1, p.58-67, 2010.

ZAIDAN, S.E. et al. performance of spray nozzles in land applications with high speed. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, São Paulo, v. 32, n. 6, p.1126-1132, Nov. 2012.

ZHU, H.; SALYANI, M.; FOX, R. A portable scanning system for evaluation of spray deposit distribution. **Computers and electronics in agriculture**, Wooster, v. 76, n. , p.38-43, 03 jan. 2011.

WESTERN, N. M. et al. Relationships of hydraulic nozzle and spinning disc spray characteristics to retention and distribution in cereals, BCPC Monograph No, 28, **Symposium on Application and Biology**, p. 191- 199, BCPC publications, Surrey.