

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

**VOLUME DE APLICAÇÃO NA QUALIDADE DA DEPOSIÇÃO DA
PULVERIZAÇÃO NA CULTURA DO ALGODOEIRO**

ANDRÉ JÚNIO ANDRADE PERES

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

BOTUCATU-SP
Fevereiro - 2014

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

**VOLUME DE APLICAÇÃO NA QUALIDADE DA DEPOSIÇÃO DA
PULVERIZAÇÃO NA CULTURA DO ALGODOEIRO**

ANDRÉ JÚNIO ANDRADE PERES

Orientador: Prof. Dr. Carlos Gilberto Raetano

Co-orientador: Prof. Dr. Fábio Henrique Rojo Baio

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

BOTUCATU-SP
Fevereiro – 2014

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

P437v Peres, André Júnio Andrade, 1984-
Volume de aplicação na qualidade da deposição da pulve-
rização na cultura do algodoeiro / André Júnio Andrade Pe-
res. - Botucatu : [s.n.], 2014
vi, 48 f. : tabs., ils., grafs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2014

Orientador: Carlos Gilberto Raetano

Coorientador: Fábio Henrique Rojo Baio

Inclui bibliografia

1. Algodão - Cultivo. 2. Algodão - Doenças e pragas.
3. Defensivos vegetais - Tecnologia de aplicação. 4. Equi-
pamento de pulverização. I. Raetano, Carlos Gilberto. II.
Baio, Fábio Henrique Rojo. III. Universidade Estadual Pau-
lista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Fa-
culdade de Ciências Agrônômicas. IV. Título.

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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “VOLUME DE APLICAÇÃO NA QUALIDADE DA DEPOSIÇÃO DA
PULVERIZAÇÃO NA CULTURA DO ALGODOEIRO”

ALUNO: ANDRÉ JÚNIO ANDRADE PERES

ORIENTADOR: PROF. DR. CARLOS GILBERTO RAETANO

APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA:



PROF. DR. CARLOS GILBERTO RAETANO



PROF. DR. EVANDRO PEREIRA PRADO



PROF. DR. ULISSES ROCHA ANTUNASSI

Data da Realização: 14 de fevereiro de 2014.

À minha família:

meu pai Floriano Correia Peres,

minha mãe Roseli Aparecida Andrade Peres,

minha irmã Floranilda Andrade Peres Silva

meu irmão José Andrade Peres

meu cunhado Antônio Custódio da Silva

meu sobrinho Guilherme Andrade da Silva e

à minha sobrinha Mirelly Andrade Silva

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, Campus de Botucatu, SP, pelas ótimas condições oferecidas para uma formação profissional respeitável.

À todos os professores e demais funcionários da FCA que com muito amor e dedicação mantém a instituição entre as melhores do país e de expressão internacional.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (Agricultura), por me acolher e acreditar no meu potencial.

Em especial ao Prof. Dr. Carlos Gilberto Raetano, pela sua perfeita orientação e paciência durante todo curso.

Ao Prof. Dr. Fábio Henrique Rojo Baio, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Chapadão do Sul (CPCS/UFMS), pela co-orientação na execução do trabalho.

Aos meus amigos da FCA, Jhonatan Diego Cavalieri e Ronaldo Porto Madureira, pelos conhecimentos e experiências transmitidos e pela verdadeira amizade.

Aos meus amigos do município de Chapadão do Sul-MS, Danilo Carvalho Neves, Heloisa Bueno de Souza, Raul Rodolfo Francischetti Gabriel, Herivelton da Silva Camolese, estudantes da CPCS/UFMS; Mônica Cristina Rezende Zuffo Borges, técnica de laboratório da CPCS/UFMS e demais companheiros que ajudaram na execução do trabalho.

Ao CNPq, pela bolsa de estudo concedida.

Enfim, à todos que entraram na história da minha vida durante esta fase para obtenção do título de mestre.

SUMÁRIO

	Páginas
RESUMO	1
SUMMARY	3
1 INTRODUÇÃO.....	5
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
2.1 A cultura do algodoeiro	8
2.2 Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários	10
2.3 Tamanho de gotas em pulverização de produtos fitossanitários	11
2.4 Aplicação localizada de produtos fitossanitários	13
2.5 Volume de aplicação de produtos fitossanitários	14
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1 Experimento 1: Qualidade de aplicação à taxa variada.....	16
3.1.1 Análise da deposição da pulverização	16
3.1.2 Análise do espectro de gotas	21
3.1.3 Análise do perfil de distribuição.....	22
3.2 Experimento 2: Deposição em função do volume de aplicação de ponta de jato plano e ponta de jato cônico.....	23
3.2.1 Análise da deposição	23
3.2.2 Análise do espectro de gotas	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1 Experimento 1: Qualidade de aplicação à taxa variada.....	27
4.2 Experimento 2: Deposição em função do volume de aplicação de ponta de jato plano e ponta de jato cônico.....	34
5 CONCLUSÕES	41
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42

RESUMO

Na agricultura, há tendência de diminuir o volume de aplicação dos produtos fitossanitários com intuito de aumentar a capacidade operacional dos pulverizadores e consequentemente diminuir os custos da operação, porém, sem prejudicar a eficiência do controle. As considerar que volumes menores podem ser suficientes para atender os objetivos propostos no manejo fitossanitário da cultura do algodoeiro, o presente estudo foi dividido em dois experimentos. O experimento 1 objetivou avaliar a qualidade de aplicação simulando uma pulverização à taxa variada, com variação do volume. A aplicação foi realizada em algodoeiro com espaçamento de 0,45 m com altura média de 0,85 m utilizando a ponta ULD 120-04. A calda foi constituída por água e o marcador Rhodamina B. Os volumes de aplicação foram 100 e 130 L/ha. Antes da aplicação, para cada volume, foram demarcados com auxílio de GPS, 15 pontos onde foram coletadas folhas da parte superior das plantas. A velocidade de deslocamento do pulverizador alcançada em cada ponto foi registrada pelo controlador eletrônico de pulverização da máquina aplicadora. Com estes dados foi possível obter as pressões de trabalho nas respectivas velocidades. A deposição da pulverização nas folhas foi analisada em espectrômetro de fluorescência; o espectro de gotas gerado nas pressões de trabalho foi determinado em analisador de gotas a laser e a análise do perfil de distribuição feito em mesa de testes para bicos hidráulicos. O experimento 2 objetivou avaliar o efeito da variação do volume de aplicação utilizando-se pontas de jato plano e jato cônico com variação de pressão de trabalho e velocidade de deslocamento sobre os depósitos da pulverização. A aplicação foi realizada em algodoeiro com espaçamento de 0,45 m e altura

média 0,75 m. O delineamento utilizado foi blocos casualizados com seis tratamentos e quatro repetições, montado em arranjo fatorial 2 x 3 (duas pontas e três volumes de aplicação) As pontas foram: API 110-04, de jato plano simples e ATR 3,0 de jato cônico vazio e os volumes de 50, 100 e 150 L/ha. Foi avaliada a deposição nas partes superior e inferior da cultura do algodoeiro, utilizando um marcador cúprico (oxicloreto de cobre). Os depósitos foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica e o espectro de gotas estabelecido em analisador de gotas a laser. No experimento 1, com o aumento da velocidade de deslocamento, houve aumento da pressão de trabalho e consequentemente diminuição do DMV, independentemente do volume de aplicação. No volume de 100 L/ha, o DMV variou de 410,13 a 565,18 μm . No volume de 130 L/ha, o DMV variou de 304,05 a 475,82 μm . A deposição foi maior com aplicação de maior volume de aplicação. Gotas com menor DMV proporcionaram maiores depósitos. A sobreposição das pontas ULD 120-04 não foi alterada com as diferenças de pressões de trabalho. No experimento 2, para ambas pontas de pulverização, o menor volume de aplicação proporcionou geração de gotas com maior DMV e maiores depósitos tanto na parte superior como na parte inferior da cultura do algodoeiro. A ponta API 110-04 gerou gotas de 295,86 μm no volume de 50 L/ha e gotas de 142,80 μm no volume de 150 L/ha. A ponta ATR 3,0 gerou gotas de 249,58 μm no volume de 50 L/ha e gotas de 134,85 μm no volume de 150 L/ha. Em uma aplicação à taxa variada com variação do volume de aplicação, com utilização de gotas médias a grossas, no dossel da cultura do algodoeiro, podem-se conseguir maiores depósitos da pulverização com maiores volumes. Maiores valores de deposição foram obtidos com a ponta API 110-04 em comparação com a ponta ATR 3,0.

Palavras-chave: Tecnologia de aplicação, Volume de pulverização, *Gossypium hirsutum*.

APPLICATION RATE IN THE QUALITY OF DEPOSITION ON COTTON CROP. Botucatu, 2014. 48 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: André Júnio Andrade Peres

Adviser: Carlos Gilberto Raetano

Co-adviser: Fábio Henrique Rojo Baio

SUMMARY. In agriculture, there is tendency to reduce the application rate of pesticides with intention to increase the operating capacity of sprayers and decrease costs, however, without affecting the efficiency of control. Considering that smaller volumes may be sufficient to achieve the goal to management of pesticides on cotton crop, this study consisted on conducting of two experiments. The first experiment aimed to evaluate the quality of application, simulating an application with variable rate, varying the application rate. The application in this experiment occurred on a crop with 0.45 m of line spacing, 0.85 m of average height of plants, and it was utilized for the pulverization the tip ULD 120-04. The spray liquid utilized in this experiment was composed by water and marker Rhodamina B. The application rate were 100 and 130 L/ha. Before proceeding with these application, were demarcated 15 points with a GPS (Global Position System), where were collected leaves of the top of cotton plants. An electronic controller recorded the forward speed of the sprayer in each of the fifteen points. With these data, it was possible to obtain the respective operating pressures of each application point marked. Deposition was examined in a fluorescence spectrometer; droplet spectrum generated in work pressure, it was determined with a laser analyser drops, and the analysis of distribution profile, it was determined in a test table for hydraulic nozzles. The second experiment aimed to evaluate the effect of variation of application rate with different pressures and forward speeds. This analysis occurred with nozzles flat fan and conical on the spray deposit. The application in this experiment occurred on a crop with 0.45 m of line spacing, 0.75 m of average height of plants. The experimental design was randomized block with six treatment and four replications in factorial arrangement 2 x 3 (two spray tips and three application rate). The spray tips were: API 11004, jet flat fan and ATR 3,0, jet conical and the application rate analysed were 50, 100 and 150 L/ha. It was evaluated deposition on the top and bottom of cotton crops, using a cupric marker (copper oxychloride). Deposition was examined in

atomic absorption spectrophotometer and droplet spectrum in a laser analyzer drops. On the first experiment, the increase of forward speed caused an increase pressure and consequently the decrease of VMD, independent of the application rate. In volume of 100 L/ha, VMD ranged from 410,13 to 565,18 μm . In volume of 130 L/ha, VMD ranged from 304,05 to 475,82 μm . Deposition was bigger with bigger application rate. Droplets with smaller VMD causes higher deposits. The overlap of the tip ULD 120-04 was not altered with pressure difference. The second experiment, for both spray tips, the lowest application rate generated droplets with higher VMD and larger deposits in top and bottom in cotton crop. API 11004 produced a droplet of the 295,86 μm with application rate 50 L/ha and 142,80 μm with 150 L/ha. ATR 3,0 produced droplet of the 249,58 μm with application rate 50 L/ha and 134,85 μm with 150 L/ha. Applying a variable rate, with volume variation, utilizing of medium and coarse droplets on the canopy of cotton, allows that occur a major deposits, with a bigger application rate. Larger deposit was obtained with the tip API 11004 compared with tip ATR 3,0.

Keywords: Application technology, spraying volume, *Gossypium hirsutum*.

1 INTRODUÇÃO

A produção de algodão no Brasil desempenha um importante papel para a economia do país. Segundo a coordenação de Planejamento Estratégico do Ministério da Agricultura, a agropecuária foi o setor que mais cresceu na década 2000 a 2010. Enquanto a média do crescimento anual do país foi de 3,59%, a agropecuária cresceu em média 3,67%, demonstrando sua participação positiva no cálculo do PIB (O Estado de São Paulo, 2011). Neste contexto do agronegócio brasileiro o algodão é destaque entre as culturas.

A cotonicultura é uma atividade de alto custo e alto risco econômico. O grande número de pragas e doenças na cultura está entre os principais fatores de risco, pois para evitar que estes agentes causem redução na produção são necessários inúmeras aplicações de produtos fitossanitários, colaborando para o aumento no custo de produção.

No manejo fitossanitário, são feitas várias aplicações durante a safra. Uma aplicação ineficiente dos produtos fitossanitários, aplicando a mais ou a menos que o necessário tem influência significativa no potencial produtivo da cultura e na lucratividade.

Uma ótima alternativa para evitar este desperdício e viabilizar agronomicamente e economicamente esta prática está no emprego da aplicação em taxa variada, na qual a quantidade de produto aplicado será realmente o necessário.

Aplicação em taxa variada de insumos agrícolas é uma ferramenta utilizada pela agricultura de precisão. Parte do princípio de reduzir uma área total em sub-áreas que seja a mais homogênea possível, possibilitando aplicar a quantidade do insumo necessária à cada sub-área. Aplicação em taxa variada de insumos na agricultura de precisão considera a variabilidade espacial do atributo em questão: teor de um nutriente, infestação de pragas, incidência de doenças, presença de plantas daninhas, como também altura de planta para uso de regulador de crescimento na cultura do algodoeiro.

Diferentemente do uso tradicional de realizar aplicações uniformes em toda área, a agricultura de precisão possibilita o uso mais racional dos insumos, proporcionando maior economia, evitando desperdícios com maior eficiência e disponibilizando à planta a quantidade ideal do insumo, além de preservar o ambiente pela menor contaminação.

Um ponto agravante nas aplicações em taxa variada é a inconsistência da velocidade de deslocamento do pulverizador devido à topografia irregular das áreas, como curvas-de-nível, além do processo de aceleração e desaceleração durante a pulverização no momento da entrada e saída da área de aplicação. Dessa forma, haverá variação no espectro de gotas gerado pelo equipamento para manter constante o volume ou dose.

A característica da topografia da área, o equipamento de aplicação, a ponta de pulverização selecionada e seu limite de variação de pressão de trabalho são fatores a serem observados quando se deseja realizar uma aplicação em taxa variada de produtos fitossanitários.

Um ponto importante para obter sucesso em uma aplicação é a taxa de aplicação adequada. Este ponto é dependente de fatores como o alvo a ser atingido em relação ao estágio fenológico da cultura, altura das plantas, índice de área foliar e juntamente com a qualidade desejada da cobertura e deposição da pulverização.

Porém, o que se observa no campo é a prática de aplicar volumes menores por apresentar vantagens como aumento da capacidade operacional e utilização de menor quantidade de água, sendo esta última, vantajosa não só ao produtor, mas também para toda sociedade.

No entanto, aplicação de baixo volume exige atenção, pois para alcançar cobertura e deposição satisfatórias é necessário diminuir tamanho de gota, aumentando o risco de perdas do produto, seja por deriva ou evaporação.

Diante deste cenário, as hipóteses são: com produção de espectro de gotas adequado ao alvo, não se faz necessária aplicação de volumes altos, possibilitando aplicar menores volumes com eficiência no processo de pulverização, maximizando a capacidade operacional das máquinas além de diminuir os riscos de contaminação ambiental. Sendo assim, os objetivos foram:

A) Avaliar a deposição na parte superior de plantas de algodoeiro, simulando uma aplicação em taxa variada, com variação do volume de aplicação.

B) Avaliar o efeito da variação do volume com diferentes pontas de pulverização e condições operacionais sobre a deposição na parte superior e inferior da cultura do algodoeiro nos volumes de aplicação de 50, 100 e 150 L/ha.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A cultura do algodoeiro

O algodoeiro pertence ao gênero *Gossypium*, da família Malvaceae, e conta com cerca de 50 espécies distribuídas nos continentes Asiático, Africano, Americano e na Oceania (BUSOLI et al., 2006).

No Brasil existem três espécies de algodão do gênero *Gossypium*, todas sexualmente compatíveis, das quais são representadas por *G. hirsutum*, *G. mustelinum* e *G. barbadense* (FREIRE, 2002).

A espécie *G. hirsutum* está distribuída por praticamente todos os países produtores de algodão. Domesticada na América Central (ADANS; WENDEL, 2004) esta espécie é representada por duas raças cultivadas, uma delas é a raça latifolium ou algodoeiro herbáceo, encontrada principalmente na forma de cultivares, que contribui com cerca de 90% da produção mundial (RAHMAN et al., 2002). A outra raça é marie galante, também conhecida por algodoeiro arbóreo, semelhante a uma árvore mediana, de cultivo permanente.

O algodoeiro é considerado mundialmente a principal fonte de fibras naturais na indústria têxtil, fazendo parte de um importante grupo de oleaginosas. É cultivado por pequenos e grandes produtores, contribuindo para o agronegócio brasileiro (LIMA et al., 2009).

No período entre 1998 e 2008, o Brasil passou de importador para exportador de algodão, ocupando a quinta colocação dentre os países que mais produzem a cultura no mundo, respondendo por 5,7% da produção (COSTA et al., 2008).

A produção de algodão em pluma dos últimos anos tem sido suficiente para abastecer as necessidades de consumo da indústria têxtil nacional e ainda gerar excedentes que são comercializados no mercado de exportação. Em relação às demais culturas brasileiras, a participação do algodão em termos percentuais do Valor Bruto da Produção Brasileira, equivale a 5,67%, conforme dados de junho de 2012 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (AQUINO, 2013).

Conforme dados publicados pelo International Cotton Advisory Committee – ICAC, em 1º de agosto de 2012, o Brasil se posicionou como o 4º e 5º maior produtor de algodão do mundo nas safras 2010/11 e 2011/12, respectivamente, e em 5º lugar no ranking das exportações mundiais na safra 2011/12. Nesta condição o Brasil é visto como importante *player* no mercado mundial de algodão (AQUINO, 2013).

Segundo Busoli et al. (2006) um dos principais fatores que beneficiaram o aumento na produção de algodão no Brasil foi a introdução de novos genótipos. Entre as vantagens que estes genótipos trouxeram pode-se destacar: maior rendimento e resistência das fibras e melhor adaptação à colheita mecanizada. Entretanto os autores também relatam que a utilização de técnicas inadequadas de cultivo, a incidência de pragas e de doenças e problemas no manejo de plantas infestantes podem causar redução na produção.

O ciclo de desenvolvimento do algodoeiro pode variar de 100 a 190 dias dependendo das condições ambientais (principalmente clima e altitude) e cultivares da planta. Os estádios fenológicos podem ser classificados em quatro fases: (1) germinação, (2) desenvolvimento foliar, (3) florescimento e formação dos frutos e (4) maturação (FONTES et al. 2006).

Devido ao longo período em que a cultura fica no campo, a cotonicultura se torna uma atividade econômica de alto custo para manter a integridade sanitária das plantas e garantir uma produtividade economicamente viável.

Aplicações de produtos fitossanitários são essenciais para evitar perdas de produtividade ocasionadas por agentes nocivos. Estes produtos são, na sua maioria, aplicados em forma de pulverização, exigindo maiores cuidados para garantir eficiência, evitar desperdícios de produto e contaminação do ambiente.

2.2 Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários

A contaminação ambiental causada pelo uso de produtos fitossanitários tem gerado preocupações quanto à utilização inadequada desses compostos. A crescente demanda da sociedade civil e de órgãos legisladores e fiscalizadores por processos produtivos com menor impacto ambiental têm levado à necessidade de avaliar a dinâmica e o destino dessas substâncias utilizadas nos agroecossistemas (LUCHINI; ANDRÉA, 2000; LUCHINI, 2004).

Estima-se que cerca de 50% dos produtos fitossanitários são desperdiçados devido às más condições de aplicação (FRIEDRICH, 2004). Portanto, o domínio da tecnologia de aplicação desses produtos é fundamental para assegurar a correta aplicação, com segurança ambiental, social e humana, bem como a obtenção de resultados econômicos positivos no controle de pragas, fitopatógenos e plantas invasoras que prejudicam a produção (AZEVEDO; FREIRE, 2006).

Os produtos fitossanitários são essenciais para qualquer sistema de produção agrícola e, por serem substâncias de alto risco, devem ser empregados de forma criteriosa. Trabalhar com esses produtos implica em obediência a um conjunto de leis, de normas e de técnicas que garantem a segurança do trabalhador, a saúde do consumidor e o equilíbrio do meio ambiente (GONÇALVES, 1999).

Mediante esses conceitos, a tecnologia de aplicação tem por objetivo propiciar a correta colocação de um produto biologicamente ativo sobre o alvo, de forma econômica e com o mínimo de contaminação do ambiente (MATUO, 1990).

Segundo Himel (1969) a eficiência da aplicação, redução do volume aplicado e menor contaminação do ecossistema estão relacionadas ao diâmetro de gotas produzido pela ponta, sendo este definido em função do alvo preconizado.

Segundo Johnson e Swetnam (1996), a seleção apropriada da ponta de pulverização é essencial para a correta aplicação, sendo o fator principal determinante da quantidade aplicada por área, da uniformidade de aplicação, da cobertura obtida e do risco potencial de deriva.

A deriva de produtos fitossanitários continua sendo um dos maiores problemas da agricultura moderna (SUMNER; SUMNER, 1999; TSAI et al., 2005). Além do prejuízo resultante da perda do produto e dos danos que podem ser causados em

culturas adjacentes, a deriva assume grande importância pela conscientização da população, nos últimos anos, em relação à saúde e ao ambiente (GIL e SINFORT, 2005).

A tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários em cultivo adensado do algodoeiro é de suma importância para o sucesso do sistema. Em depoimento de Santos (2010), a distribuição de plantas no sistema adensado determina um fechamento antecipado da lavoura desfavorecendo a cobertura e penetração das gotas dos produtos aplicados, possibilitando maior escape dos alvos a serem controlados, além do agravante de maiores densidades populacionais de pragas, como o bicudo e a lagarta rosada, proporcionada pelo estabelecimento mais tardio da lavoura.

Apesar de cada vez mais exigir do produtor rural a utilização correta e criteriosa dos produtos fitossanitários, o que se observa no campo é a falta de informação a respeito da tecnologia de aplicação. As aplicações podem, muitas vezes, produzir o efeito desejado, porém de forma ineficiente, porque não utilizou a técnica ou equipamento mais adequado, o que poderia implicar no emprego de menor quantidade de ingrediente ativo (CUNHA et al., 2004).

2.3 Tamanho de gotas em pulverização de produtos fitossanitários

A uniformidade no espectro das gotas em dimensões apropriadas é o que proporciona melhores resultados (BALS, 1978).

A gota de diâmetro adequado carrega consigo a quantidade de ingrediente ativo suficiente para deposição no alvo e controle da praga para qual foi necessária (FERREIRA, 2003).

Deriva, deposição e cobertura da pulverização são fatores dependentes da amplitude do tamanho de gotas produzidas pelo pulverizador. Gotas pequenas proporcionam boa cobertura, porém, má deposição pela deriva, já para as gotas maiores a deposição é melhor, mas a cobertura é inadequada (BODE; BUTLER, 1983).

Segundo os mesmos autores, as gotas produzidas devem ter boa uniformidade de diâmetro com baixa porcentagem de gotas menores que 100 μm , sujeitas à deriva, e excessivamente grandes, sujeitas ao escorrimento.

De acordo com Zhu et al. (1994), gotas com diâmetro acima de 500 μm têm pouco problema de deriva e gotas abaixo de 50 μm , em geral, evaporam antes de

atingir o solo. Etheridge et al. (1999) afirmam que gotas abaixo de 200 μm são mais susceptíveis à deriva.

Gotas menores que 100 μm são facilmente carregadas pelo vento, sofrendo mais intensamente a ação dos fenômenos climáticos (MURPHY et al., 2000; SUMNER, 1997; WOLF, 2000).

No que diz respeito à qualidade da pulverização, os aspectos mais importantes encontrados na literatura especializada dizem respeito ao tamanho das gotas e à densidade de cobertura destas sobre o alvo (BOLLER; RAETANO, 2011). Assim, Christofolletti (2001) comenta que o tamanho de gota ideal para uma pulverização deve ser ao mesmo tempo, pequeno o suficiente para produzir adequada cobertura do alvo e grande o necessário para provocar as menores perdas possíveis por deriva e evaporação. Por outro lado, as gotas não devem ser tão grandes ao ponto de provocar perdas por escorrimento do alvo biológico.

O tamanho das gotas é um importante aspecto que afeta sobremaneira a qualidade de uma pulverização e deve ser considerado para uma correta seleção de pontas, uma vez que interfere na dinâmica da névoa produzida, na deriva, na evaporação, na capacidade de penetração no interior do dossel das culturas e de deposição sobre alvos dos tratamentos fitossanitários (BOLLER; RAETANO, 2011).

Vários fatores interferem na formação do tamanho de gotas como a ponta de pulverização, a pressão de trabalho, como também a velocidade de deslocamento do pulverizador.

Os pulverizadores autopropelidos apresentam inovações que proporcionam maior estabilidade das barras porta-bicos, como sensores que controlam o posicionamento horizontal das barras, e com isso a velocidade de operação se elevam para valores próximos e até superiores a 16 km/h. A consequência imediata desta situação operacional é que o vento relativo entre a barra em deslocamento e a camada de ar existente entre a barra do pulverizador e a cultura alvo exercem um efeito opondo-se à velocidade de descida das gotas finas geradas nas pontas de pulverização. Este processo facilita a evaporação e a deriva das gotas mais finas de uma pulverização e dificulta a sua chegada ao interior do dossel das culturas. Uma segunda consequência recai sobre as gotas de tamanho médio, que conseguem manter a velocidade de descida apesar do efeito contrário gerado pela velocidade de deslocamento da barra (BOLLER; RAETANO, 2011).

A manutenção do tamanho de gotas em uma pulverização merece atenção especial, pois Baio e Antuniassi (2011), comentam que o planejamento de uma pulverização inclui a determinação da velocidade, do volume de calda e do tamanho das gotas, pois durante a aplicação a ponta deve operar em um regime de pressão dentro da faixa possível em que ocorre a manutenção do tamanho de gotas. Entretanto o controlador eletrônico do pulverizador altera a pressão de trabalho de acordo com as necessidades da operação (por exemplo, para manter o volume constante de acordo com variações de velocidade), podendo levar à formação de um tamanho de gotas inadequado para a aplicação.

2.4 Aplicação localizada de produtos fitossanitários

Há dois conceitos básicos para a aplicação localizada de insumos: por mapeamento do atributo de interesse e pelo conceito da aplicação em tempo real com uso de sensores (BAIO; ANTUNIASSI, 2011).

Segundo Antuniassi et al. (2007), aplicação em tempo real considera a detecção do alvo e controle da aplicação em um sistema “on-line”, onde o equipamento se desloca sobre o campo de aplicação, os alvos vão sendo identificados por sensores e a aplicação é realizada somente sobre as áreas desejadas, tudo em uma única operação. Já a aplicação localizada através de mapas compreende a coleta de informações para a elaboração de mapas georeferenciados dos alvos os quais são processados com o auxílio de sistemas de suporte a decisão, gerando os mapas de tratamento ou aplicação. Na sequência, tais mapas são utilizados pelo sistema de controle do equipamento aplicador para comandar a distribuição localizada do insumo.

A aplicação localizada de produtos fitossanitários pode ser realizada: (1) pela variação do volume de calda aplicada, (2) pela variação da dose do produto, (3) pela combinação das duas, ou (4) pela aplicação de taxa zero ou total num sistema liga-desliga. A variação do volume é realizada pela variação da pressão de aplicação, que pode ser realizada com um conjunto de bicos na barra (com variação máxima de 20% do volume aplicado) ou com dois conjuntos de bicos com vazões diferentes (permitindo uma ampla variação do volume aplicado). A variação da dose de produtos fitossanitários é realizada pela injeção direta de um ou mais produtos na linha de aplicação sem alterar o volume da calda aplicada. Na aplicação de taxas zero ou total o

volume de calda e a dose de produtos fitossanitários são mantidos constantes e a aplicação somente ocorre nos locais onde existe um alvo, sendo desligada quando o pulverizador se desloca em áreas sem alvos (PAICE, 1993; STAFFORD, 1995; FEKETE, 1996; ANTUNIASSI, 1999).

No campo, se verifica maior avanço na aplicação localizada à taxa variada em aplicações de corretivos e fertilizantes em comparação a aplicação de produtos fitossanitários como inseticidas, fungicidas, herbicidas e reguladores de crescimento. Entre estes a aplicação de reguladores de crescimento na cultura do algodoeiro tem apresentado avanço considerável.

2.5 Volume de aplicação de produtos fitossanitários

O volume de calda é um dos parâmetros fundamentais para o sucesso da aplicação. A definição do volume de calda depende do tipo de alvo a ser atingido, da deposição necessária, da forma de ação do defensivo e da técnica de aplicação, dentre outros fatores (ANTUNIASSI, 2004).

Matthews (1992) relata que a recomendação do volume líquido a ser aplicado varia para cada produto e situação da praga na cultura e que, na prática, se estabelecem faixas de volume para culturas agrícolas e arbóreas (alto, médio, baixo, muito baixo e ultrabaixo volume).

Atualmente, aplicações com volume alto são caracterizados pelo volume que atinge o limite máximo de saturação foliar, o que, na prática, denomina-se ponto de escorrimento. Portanto, deve-se considerar o estágio de desenvolvimento da cultura e não considerar somente o volume de aplicação, independente da cultura (RAETANO, 2011).

Assim, à medida que a planta cresce e aumenta o índice de enfolhamento, devem-se efetuar ajustes necessários nos demais fatores. Normalmente, esse ajuste se faz através do aumento do volume de aplicação (MATUO, 1990).

No entanto, busca-se obter a máxima eficiência do produto fitossanitário com o menor volume de calda possível, o que é uma variável de grande importância no momento da seleção de pontas de pulverização (RAETANO, 2011).

A redução do volume de calda requer, porém, um aprimoramento da tecnologia de aplicação empregada no campo (CUNHA et al., 2005).

O volume de aplicação deve ser o mais uniforme possível, sob pena de se exigirem volumes adicionais para compensar os pontos ou faixas que recebem menores volumes (PERECIN et al., 1994).

Para minimizar o volume de calda e, ao mesmo tempo, proporcionar a cobertura desejada do alvo biológico, costuma-se reduzir o tamanho das gotas (RAETANO, 2011).

Porém, Matuo et al. (2001) comenta que reduções no volume de calda podem ser alcançadas por meio do aumento da velocidade de deslocamento do pulverizador, da redução da pressão de trabalho e, principalmente, da utilização de pontas de baixa vazão, capazes de produzir gotas menores com boa cobertura do alvo. Deve-se, neste caso, ter mais atenção às condições ambientais, pois gotas menores estão mais sujeitas a perdas por deriva e por evaporação.

Esta tendência tem vantagem por minimizar o uso de água pela escassez mundial desse recurso natural e por constituir o principal diluente dos produtos formulados, com consequente redução no tempo de aplicação. Por outro lado, o uso de volumes menores de aplicação exige significativa redução do tamanho das gotas para manter o mesmo nível de cobertura, o que pode interferir na segurança das aplicações de líquidos sob forma de pulverização (RAETANO, 2011).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido em dois experimentos: no primeiro foi avaliada a deposição da pulverização na parte superior de plantas de algodoeiro e o espectro de gotas pulverizado, simulando uma aplicação à taxa variada, com variação do volume de aplicação, com a interferência das variações da velocidade de deslocamento do pulverizador com suas respectivas pressões de trabalho. No outro experimento foi avaliada a influência da velocidade de deslocamento do pulverizador para atingir diferentes volumes de aplicação com pontas de jato plano e jato cônico sobre a deposição da pulverização nas partes superior e inferior das plantas de algodoeiro.

3.1 Experimento 1: Qualidade de aplicação à taxa variada

3.1.1 Análise da deposição da pulverização

O trabalho foi conduzido na região dos Chapadões (latitude 18° 24' 27" S, longitude 52° 32' 56" W, altitude 725 m), no município de Chapadão do Céu/GO, na Fazenda Amambaí, de propriedade do Grupo Wink, em área cultivada com algodoeiro variedade FM 951 LL. A semeadura foi realizada no dia 04 de janeiro de 2013 e as linhas de semeadura espaçadas 0,45 m.

A pulverização foi realizada com pulverizador autopropelido marca John Deere 4730 (tamanho da barra de 30 m, espaçamento entre bicos de 0,50 m e altura de barra de 0,50 m), no dia 11 de maio de 2013, ocasião em que o algodoeiro estava em

seu máximo desenvolvimento vegetativo, com altura média de 0,85 m, apresentando de 10 a 11 nós.

A ponta de pulverização utilizada foi a ULD 120-04. De acordo com a definição da Hypro, fabricante do modelo, descrito em catálogo, a ponta de pulverização Hypro Ultra Low-Drift (ULD) de jato plano afilado produz gotas grandes com indução de ar, reduz drasticamente a deriva quando comparada com outras pontas. O ângulo de 120° possibilita alturas de barras menores, o que reduz ainda mais a deriva, desenvolvida para alta uniformidade em todas as pressões. A ponta ULD 120-04, de cor vermelha, é recomendada pelo fabricante trabalhar à pressões entre 100 e 800 kPa, com vazão de 0,92 a 2,61 L/min., produzindo gotas de tamanhos média a muito grossa.

A seleção desse modelo de ponta foi pelo seu uso com frequência nas aplicações cotidianas na fazenda, além de ser um modelo de ponta adequado para aplicação que exige gotas grossas, possibilitando obter resultados reais a campo.

A aplicação foi realizada no período da manhã. A velocidade do vento foi monitorada por um anemômetro digital portátil da marca Instrutherm, modelo AD-250. A temperatura e umidade relativa do ar foram monitoradas por termo-higrômetro da marca Instrutemp, modelo TH802A. O vento variou de 3,2 a 7,3 km/h, a umidade relativa do ar de 36 a 50% e a temperatura teve variação entre 27,8 e 30,9° C.

Como marcador foi utilizado a Rhodamina B, sendo preparado em laboratório uma solução contendo 40 ppm do corante marcador e acondicionado em recipiente de vidro de cor escura para proteção contra ação da luz. A solução contendo o marcador foi colocada no tanque do pulverizador minutos antes da realização da pulverização, diminuindo o risco de degradação. A calda de pulverização foi composta somente por água e o marcador.

A pulverização foi realizada em dois volumes de aplicação, 100 e 130 L/ha. Antes da aplicação, cada ponto de coleta foi marcado com GPS. Após a aplicação foram coletados os dados no controlador de pulverização da máquina nas velocidades em cada ponto, possibilitando a obtenção da velocidade de deslocamento nos respectivos pontos de coleta dos alvos.

Em uma área plana, o pulverizador foi deslocado nas respectivas velocidades registradas pelo controlador de pulverização de cada ponto marcado para registrar a pressão de trabalho em cada velocidade. Para normalizar a velocidade de deslocamento com a respectiva pressão de trabalho para obtenção dos volumes de

aplicação (100 e 130 L/ha), foi estipulada uma distância de 50 metros para o deslocamento do pulverizador. A Figura 1 ilustra os pontos marcados pelo GPS. As velocidades de deslocamento do autopropelido nos respectivos pontos marcados pelo GPS são apresentados na Tabela 1.

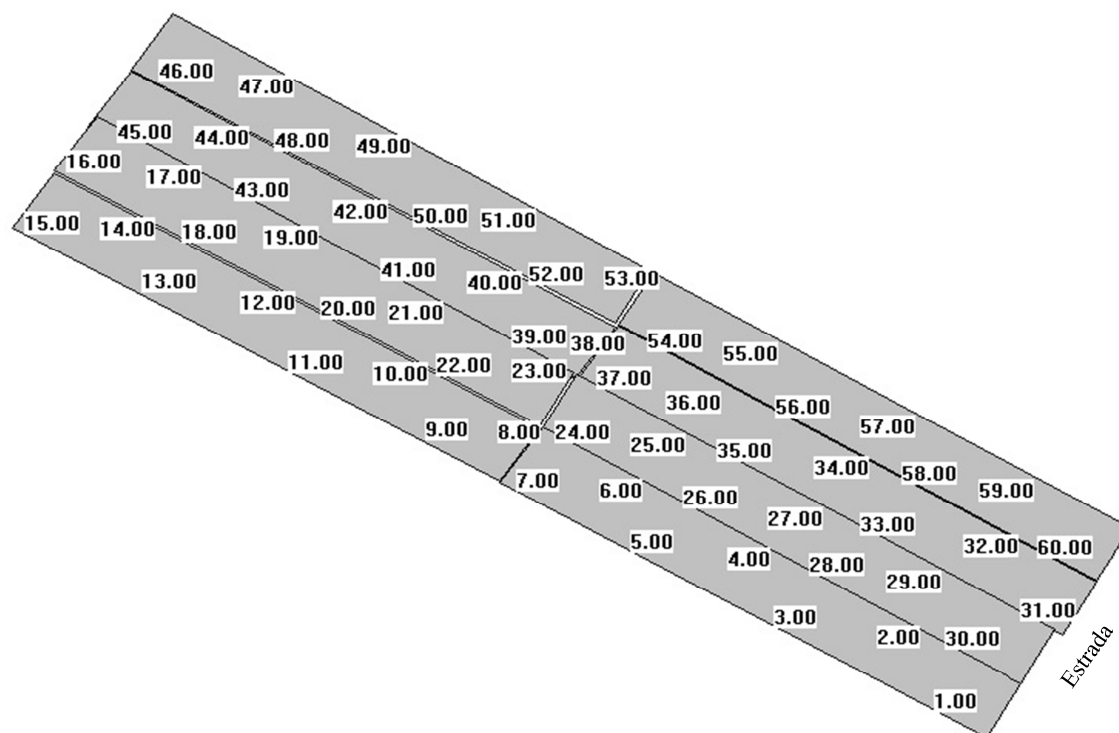


Figura 1. Ilustração dos pontos demarcados pelo Sistema de Posicionamento Global (GPS).

Tabela 1. Pontos demarcados na Figura 1 e as respectivas velocidades de deslocamento do pulverizador autopropelido John Deere 4730 na área de teste.

Ponto	Velocidade (km/h)	Rampa	Ponto	Velocidade (km/h)	Rampa
1	16,8	1	31	17,8	3
2	18,3		32	19,8	
3	18,7		33	20,1	
4	19,6		34	23,7	
5	20,4		35	24,1	
6	21,3		36	24,8	
7	24,7		37	25,2	
8	25,7	1	38	25,8	3
9	24,3		39	24,2	
10	22,1		40	23,8	
11	21,8		41	22,5	
12	20,1		42	21,1	
13	19,7		43	19,9	
14	18,7		44	19,2	
15	18,4		45	18,1	
16	18,1	2	46	18	4
17	18,8		47	18,2	
18	19,4		48	20,2	
19	20,1		49	20,2	
20	20,3		50	22,3	
21	22,8		51	22,5	
22	23,1		52	25,1	
23	23,4		53	24,9	
24	25,5	2	54	25	4
25	23,1		55	23,5	
26	22,2		56	22,7	
27	20,1		57	22,1	
28	19,7		58	20,3	
29	18,3		59	20	
30	16,9		60	19,9	

O volume de 100 L/ha foi aplicado nas rampas 1 (ponto 1 ao 15) e 3 (ponto 31 ao 45) e o volume de 130 L/ha foi aplicado nas rampas 2 (ponto 16 ao 30) e 4 (ponto 46 ao 60).

Para avaliação da deposição foram utilizados alvos naturais, sendo coletada a primeira folha totalmente expandida de cima para baixo do algodoeiro, que de forma geral é a quinta folha, assim como é preconizado por Ribeiro et al. (1999) para coleta de amostragem foliar de nutrientes em plantas de algodão, tendo como justificativa ser a primeira folha completamente desenvolvida a partir do ápice. A seleção da folha mais

desenvolvida para coleta da deposição possibilita recuperar o maior número de gotas da pulverização.

Em cada ponto de amostragem, previamente marcado, foi coletada uma folha de cinco plantas próximas entre si. Após a pulverização, cada folha foi acondicionada em saco plástico e colocada em caixas com isolamento térmico (isopor) para serem levadas ao laboratório para proceder à extração do marcador. A extração do marcador Rhodamina B foi realizada com Tween 80.

Em laboratório da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, em Chapadão do Sul, foi adicionado 30 ml do extrator Tween 80 à cada saco plástico para extração do marcador, sendo levados para mesa agitadora orbital da marca Tecnal modelo TE-45, a 120 rpm, por 30 minutos.

A solução extraída foi colocada em recipientes de vidro e levados ao refrigerador ($8 \pm 3^\circ \text{C}$) para posterior leitura do depósito.

A leitura do depósito da pulverização foi feita em espectrômetro de fluorescência da marca Turner Desings (Sunnyvale, CA, EUA), modelo Trilogy. Este equipamento permite a leitura da radiação eletromagnética retornada após as moléculas sofrerem uma excitação a 550 nm (nanômetros) de comprimento de onda. Isso possibilitou leituras da concentração de Rhodamina com resolução mínima de $0,02 \mu\text{g L}^{-1}$, com leitura máxima de $500 \mu\text{g L}^{-1}$ e com precisão de 0,7%. O aparelho foi instalado em laboratório com temperatura ambiente mantida a 24°C com controle permanente.

Para obtenção dos valores dos depósitos foi confeccionada a curva padrão de linearidade com a mesma solução aplicada.

A medição da área foliar de cada folha coletada, para a quantificação do nível do depósito, foi realizada logo após a extração do marcador. As folhas foram digitalizadas em “scanner” de mesa com resolução de 150 dpi da marca HP modelo Deskjet F4280 e para determinação da área foliar em cm^2 por meio digital utilizou-se o programa ImageJ 1.45. Esse programa de processamento e análise de imagens foi desenvolvido por Wayne Rasband no National Institute of Mental Health, USA, em linguagem de programação Java, disponível gratuitamente na internet (BAUERMAN, 2009).

Com as concentrações obtidas através da leitura das amostras no espectrômetro de fluorescência (ppm), sabendo a concentração inicial (40 ppm) e o volume de diluição para extração do marcador (30 mL), determinou o volume retido nos alvos,

conforme a Equação 1 (E1). De posse deste valor e da área foliar, proporcionou transformar os dados para microlitro por cm^2 ($\mu\text{l}/\text{cm}^2$).

(E1)

$$C_i \times V_i = C_f \times V_f$$

Onde:

C_i = concentração inicial na calda de pulverização (40 ppm)

V_i = volume extraído pelo alvo (mL)

C_f = concentração obtida pela leitura do espectrômetro de fluorescência (ppm)

V_f = volume de diluição da amostra (30 mL)

3.1.2 Análise do espectro de gotas

No Laboratório de Análises de Partículas (LAPAR) da Unesp, Jaboticabal-SP, foi avaliado o espectro das gotas da pulverização por meio de um analisador a laser em tempo real. Este equipamento baseia-se na medição da difração do feixe do raio laser durante a passagem das gotas pulverizadas pela região de amostragem do aparelho (SCHICK, 1997). O espectro das gotas produzidas é determinado de forma direta no analisador de tamanho de partículas em tempo real (Mastersizer S[®], versão 2.19), ajustado para avaliar gotas de 0,5 a 900 μm (lente 300 mm). O diâmetro das gotas do espectro pulverizado é determinado pelo desvio de trajetória sofrido pelos raios de um feixe de laser ao atingi-las. O grau de difração que o raio de luz sofre é inversamente proporcional ao tamanho da partícula (ETHERIDGE et al., 1999).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, cada repetição constituída por um exemplar da ponta ULD 120-04. A pulverização foi realizada somente com água.

Foram avaliados o $Dv_{0,1}$, $Dv_{0,5}$, $Dv_{0,9}$ e amplitude relativa (índice span) das respectivas pressões utilizadas nos diferentes pontos de coleta de acordo com a velocidade de deslocamento do pulverizador autopropelido (Tabela 2).

Tabela 2. Velocidades de deslocamento do pulverizador e suas respectivas pressões de acordo com os volumes de aplicação de 100 e 130 L/ha.

Volume de 100 L/ha		Volume de 130 L/ha	
Velocidade (km/h)	Pressão (kPa)	Velocidade (km/h)	Pressão (kPa)
16	200	16	420,6
17	248,2	17	455,1
18	281,6	18	496,5
19	317,2	19	551,7
20	344,8	20	600
21	386,2	21	689,6
22	420,6	22	744,8
23	455,1	23	841,3
24	496,5	24	896,5
25	551,7	25	965,5
26	600	26	1048,2

Para o cálculo da amplitude relativa (SPAN), os seguintes parâmetros foram levados em consideração: $Dv0,1$ (diâmetro de gota tal que 10% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas menores que esse valor); $Dv0,5$ (diâmetro de gota tal que 50% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas menores que esse valor, também conhecido como diâmetro mediano volumétrico - DMV); $Dv0,9$ (diâmetro de gota tal que 90% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas menores que esse valor); seguindo a Equação 2 (E2):

(E2)

$$span = \frac{Dv0,9 - Dv0,1}{Dv0,5}$$

Durante as avaliações a temperatura se manteve em 25°C e a umidade relativa do ar em 59%. As análises foram realizadas em laboratório e com as luzes apagadas para evitar interferências com o feixe de laser.

Os dados do espectro das gotas foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.1.3 Análise do perfil de distribuição

A análise do perfil de distribuição da ponta ULD 120-04 foi realizada no Laboratório de Tecnologia de Aplicação de Produtos Fitossanitários do

Departamento de Proteção Vegetal da Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, SP.

Para isso, foi utilizado uma mesa de testes para bicos hidráulicos construída de acordo com a Norma ISO 5.682-1:1996. A mesa consta de 60 canaletas de alumínio de 5 cm de largura e 200 cm de comprimento cada, totalizando 300 cm x 200 cm de área útil de coleta. Ao final de cada canaleta está conectado um tubo de drenagem que conduz o líquido a uma proveta graduada e numerada, de acordo com a canaleta correspondente. A barra pulverizadora, onde os bicos ficam fixados, é independente da mesa, em forma de “U” invertido, com o travessão ficando a 230 cm de altura, porém sendo possível sua regulagem a cada 5 cm, podendo-se trabalhar com a barra desde 10 até 150 cm de altura em relação à superfície da mesa. O sistema funciona com energia proveniente de motor elétrico trifásico com potência de 2,9 kW (4 cv), que, por meio de correia, movimenta a bomba de três pistões marca Jacto, com vazão de 42 L.min⁻¹ e pressão máxima de 3.431 kPa (BAUER et al., 2006).

Para analisar a sobreposição nas diferentes pressões de trabalho, foram utilizadas duas pontas modelo UDL 120-04, espaçadas de 0,50 m e altura de 0,50 m da superfície da mesa, seguindo a mesma configuração da aplicação realizada no campo.

As pressões foram as mesmas utilizadas para análise do tamanho de gota, apresentadas na Tabela 2, no item 3.1.2.

3.2 Experimento 2: Deposição em função da variação do volume de aplicação com pontas de jato plano e de jato cônico

3.2.1 Análise da deposição

O experimento foi conduzido na safra 2011/12, na Fazenda Catléia, do Grupo JCN, município de Chapadão do Sul, MS (latitude 18° 46' 44" S, longitude 52° 36' 59", altitude 786 m). A variedade cultivada foi Fiber Max 966, espaçamento de 0,45 m, altura média de 0,75 m, quantidade média de 10 nós. A pulverização foi realizada com pulverizador autopropelido Uniport 2000 (comprimento da barra de 24 m, espaçamento entre bicos de 0,50 m e altura da barra de 0,50 m).

A deposição da pulverização foi avaliada nas partes superior e inferior da planta utilizando duas pontas em três volumes de aplicação.

Assim, o delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com seis tratamentos e quatro repetições, montado no arranjo fatorial 2 x 3, sendo duas pontas e três volumes de aplicação com suas respectivas velocidades de deslocamento (pontas: API 11004, de jato plano simples e ATR 3,0 de jato cônico vazio e três volumes: 50, 100 e 150 L/ha). Cada parcela foi constituída por 50 m de comprimento e 30 m de largura. Foram utilizados 20 m para estabilizar a velocidade de deslocamento do pulverizador e 30 m para realizar a pulverização.

A ponta API 11004 tem formato de jato plano padrão, com ângulo de aplicação de 110° a 310,3 kPa, faixa de pressão entre 137,9 e 413,7 kPa, cor vermelha variando vazão entre 1,15 e 1,85 L/min., produzindo gotas médias. Já a ponta ATR 3,0 tem formato de jato cônico vazio, com ângulo de aplicação de 80° a 517,2 kPa, faixa de pressão entre 400 e 2000 kPa, cor laranja variando vazão entre 0,89 e 1,94 L/min., produzindo gotas finas a muito finas (JACTO, 2013).

A pulverização foi realizada no período da manhã e as condições climáticas foram monitoradas com a temperatura variando de 26,3° a 33,2° C, umidade relativa do ar de 42,5 a 59% e velocidade de vento variando entre 4 e 8 km/h.

A velocidade de deslocamento do pulverizador e sua respectiva pressão para alcançar os volumes desejados com a respectiva ponta de pulverização, estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Pressão de trabalho e velocidade de deslocamento do pulverizador em cada volume de aplicação.

Ponta	Volume de aplicação (L/ha)	Pressão de trabalho (kPa)	Velocidade de deslocamento (km/h)
API 11004	50	89,7	15
	100	441,6	13
	150	282,9	8
ATR 3,0	50	351,9	13
	100	524,4	7,5
	150	1345,5	7,5

O marcador utilizado foi à base de cobre (oxicloreto de cobre), na concentração de 2,5 g/L. A aplicação foi realizada somente com água e o marcador. A concentração do marcador foi proporcional a cada volume de aplicação.

Para avaliação da deposição da pulverização foi utilizado papéis filtro de tamanho 2 x 2 cm, totalizando 4 cm², como alvos artificiais, fixando um total de

10 papéis no ápice da planta, de forma que a pulverização atingisse completamente o alvo, e 10 papéis em folhas da parte inferior, em cada parcela. Cada papel foi fixado em uma planta diferente e na parte adaxial das folhas.

Após a pulverização, os alvos foram retirados das plantas e colocados em sacos plásticos individualmente, sendo identificados e colocados em caixa com isolamento térmico (isopor).

Os sacos plásticos com os papéis foram levados ao Laboratório de Análise de Metais Pesados da Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, para extração do marcador cúprico. Como extrator foi utilizada 20 mL de solução de ácido nítrico a $1,0 \text{ mol.L}^{-1}$. Logo após a extração, foi realizada a leitura do marcador em aparelho de espectrofotometria de absorção atômica marca PERKIN-ELMER, modelo 2380.

Com as concentrações obtidas pela leitura do aparelho de espectrofotometria (ppm) sabendo a concentração inicial (2500 ppm) e o volume de diluição para extração do marcador (20 mL), determinou o volume retido nos alvos, conforme a Equação 1 (E1). De posse deste valor e da área do alvo artificial (4 cm^2), proporcionou transformar os dados para microlitro por cm^2 ($\mu\text{l}/\text{cm}^2$).

Os dados da deposição foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.2.2 Análise do espectro de gotas

No Laboratório de Análises de Partículas (LAPAR) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Jaboticabal, SP, foi avaliado o espectro da pulverização por meio de um analisador de gotas a laser em tempo real.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, cada repetição foi constituída por um exemplar das pontas API 11004 e ATR 3,0. A pulverização foi realizada somente com água. As pressões de trabalho adotadas foram as mesmas indicadas na Tabela 3.

Na caracterização do espectro de gotas foram avaliados o $Dv_{0,1}$, $Dv_{0,5}$, $Dv_{0,9}$ e amplitude relativa (índice span) das respectivas pressões alcançadas durante a aplicação no campo para atingir os volumes desejados, conforme apresentado na Tabela 3.

Durante as avaliações a temperatura se manteve em $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e a umidade relativa do ar em 59%. As análises foram realizadas em laboratório e com as luzes apagadas para evitar interferências com o feixe de laser.

Os dados do espectro do tamanho de gotas foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento 1: Qualidade de aplicação à taxa variada

A faixa de linearidade da leitura observada foi obtida com as concentrações de 6,25; 12,5; 25 e 50 ppb. A curva de calibração, com a respectiva equação linear ajustada com linearidade ($R^2=0,9713$) está apresentada na Figura 2.

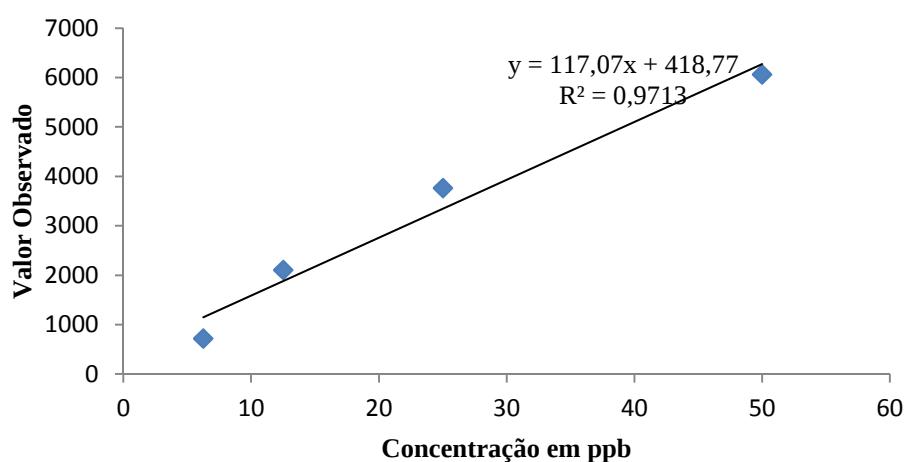


Figura 2. Curva de calibração com as concentrações crescentes do marcador Rhodamina B em solução aquosa.

Pela análise do tamanho das gotas gerado em função da velocidade de deslocamento do pulverizador, pode-se observar que tanto para o volume de 100 L/ha quanto para 130 L/ha, o aumento da pressão de trabalho, pelo aumento da velocidade, proporciona redução no tamanho de gota (Figura 3).

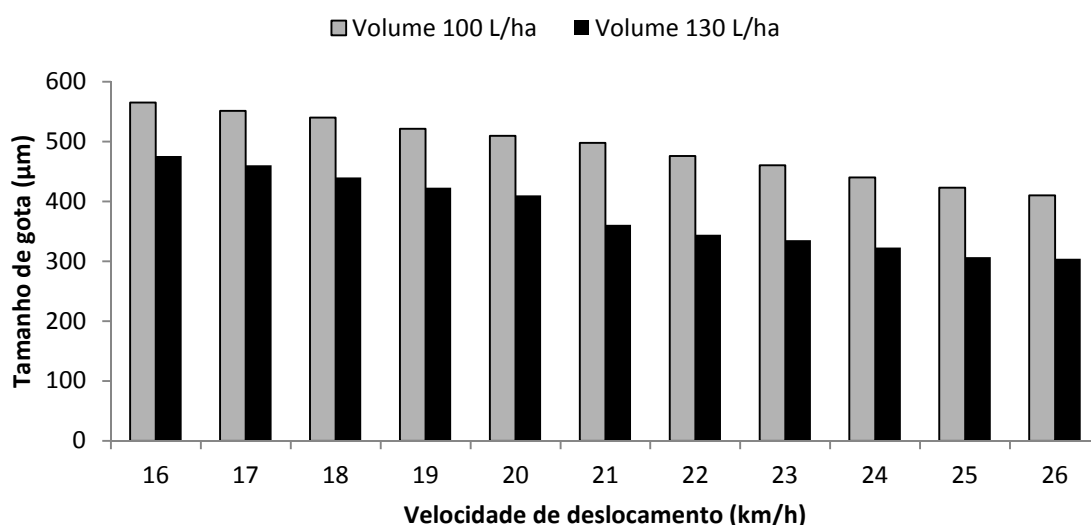


Figura 3. Tamanho de gota em função da velocidade de deslocamento do pulverizador autopropelido John Deere 4730, no volume de 100 e 130 L/ha, equipado com pontas Hypro ULD 120-04.

Esta relação já era esperada, pois para manter o mesmo volume com aumento da velocidade, torna-se necessário o aumento da pressão de trabalho. Assim, quanto maior a pressão aplicada à calda de pulverização, maior será a vazão e o número de gotas produzidas com um mesmo volume e menores serão os seus diâmetros (BOLLER; RAETANO, 2011). Porém, os autores advertem que a variação da pressão sobre o líquido aplicado afeta a qualidade da pulverização e deve ser devidamente acompanhado, uma vez que a variação da pressão pode ser uma ferramenta para obter a taxa de aplicação desejada, ao mesmo tempo também influencia a qualidade da pulverização pela mudança no tamanho das gotas.

Nas Tabelas 4 e 5 estão apresentados os espectros de gotas da pulverização formado em diferentes pressões de trabalho pela ponta ULD 120-04, nos respectivos volumes de aplicação.

Tabela 4. Dv0,1, Dv0,5, Dv0,9 e Amplitude Relativa (Índice Span) da ponta ULD 120-04 em diferentes pressões no volume 100 L/ha.

Tratamento pressão (kPa)	Velocidade km/h	Dv 0,1		Dv 0,5		Dv 0,9		ÍNDICE SPAN	
200	16	223,62	a	565,18	a	796,55	a	1,01	a
248,2	17	204,82	ab	551,35	a	792,02	a	1,06	ab
281,6	18	199,57	bc	540,06	ab	651,50	a	1,09	abc
317,2	19	188,91	bcd	521,67	bc	773,37	a	1,12	bc
344,8	20	179,15	cde	509,85	c	771,40	a	1,16	cd
386,2	21	178,60	cde	497,78	cd	759,97	a	1,17	cde
420,6	22	169,25	def	475,82	de	754,46	a	1,23	def
455,1	23	164,02	ef	460,24	ef	739,85	a	1,25	ef
496,5	24	157,81	ef	439,98	fg	730,93	a	1,30	fg
551,7	25	150,10	f	422,83	gh	720,69	a	1,35	g
600	26	147,66	f	410,13	h	715,32	a	1,38	g
C. V. %		4,15		1,79		9,57		2,40	

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 5. Dv0,1, Dv0,5, Dv0,9 e Amplitude Relativa (Índice Span) da ponta ULD 120-04 em diferentes pressões no volume 130 L/ha.

Tratamento pressão (kPa)	Velocidade km/h	Dv 0,1		Dv 0,5		Dv 0,9		ÍNDICE SPAN	
420,6	16	169,25	a	475,82	a	754,46	ab	1,23	a
455,1	17	164,02	ab	460,24	ab	739,85	ab	1,25	a
496,5	18	157,81	ab	439,98	bc	730,93	bc	1,30	ab
551,7	19	150,10	bc	422,83	c	720,69	bc	1,35	abc
600	20	147,66	bc	410,13	c	715,32	c	1,38	bc
689,6	21	133,54	cd	360,79	d	663,15	d	1,47	cd
744,8	22	127,55	de	344,12	de	653,99	de	1,53	d
841,3	23	122,70	de	335,51	def	647,17	def	1,56	de
896,5	24	119,60	de	322,68	ef	635,25	efg	1,59	de
965,5	25	114,26	e	306,66	f	623,91	fg	1,66	e
1048,2	26	110,62	e	304,05	f	619,85	g	1,67	e
C. V. %		4,31		2,90		1,18		2,96	

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Como pode ser observado nas Tabelas acima, tanto no volume de 100 L/ha quanto no volume de 130 L/ha, houve diferença significativa no diâmetro mediano volumétrico (DMV), com diminuição gradual no diâmetro da gota devido o aumento da pressão de trabalho.

No volume de 100 L/ha o maior DMV foi obtido com pressão de 200 kPa (velocidade de 16 km/h) com 565,18 μm , e o menor DMV na pressão de 600 kPa (26 km/h) com 410,13 μm . Já para o volume de 130 L/ha a menor pressão de 420,6 kPa (16 km/h) formou gotas com DMV de 475,82 μm e a maior pressão de 1048,2 kPa (26 km/h) proporcionou formação de gotas com DMV de 304,05 μm .

Nota-se também que o espectro de gotas mais homogêneo com a ponta ULD 120-04 foi obtido com pressões mais baixas, pois a amplitude relativa aumenta conforme aumenta a pressão.

No volume de 100 L/ha o índice span foi de 1,01 na pressão de 200 kPa e 1,38 na pressão 600 kPa. Já no volume de 130 L/ha o índice span foi de 1,23 na pressão de 420,6 kPa e 1,67 na pressão 1048,2 kPa.

Lembrando que a amplitude relativa indica a homogeneidade do espectro de tamanho das gotas (CUNHA et al., 2010), quanto mais distante de zero for a amplitude relativa mais desuniforme será o espectro de gotas.

Diante dos dados apresentados, uma aplicação localizada de produto fitossanitário à taxa variada, mediante variação do volume de aplicação, variando o volume entre 100 e 130 L/ha com a ponta ULD 120-04, há significativa alteração no espectro de gotas formado, com DMV variando de 304,05 a 565,18 μm , além da amplitude relativa variar de 1,01 a 1,67.

Segundo Boller e Raetano (2011) algumas pontas de pulverização com indução de ar atualmente disponibilizadas permitem variar a pressão entre 200 e 1000 kPa, o que lhes confere uma ampla variação na vazão, podendo ser utilizadas em máquinas cuja velocidade varia entre 6 e 23 km/h, sem trocar a ponta, bastando apenas alterar a pressão, como é o caso da ponta ULD 120-04. Porém os autores alertam da necessidade de ter cuidado neste aspecto, uma vez que a variação da pressão pode ser uma ferramenta para obter a taxa de aplicação desejada, porém, ao mesmo tempo influenciar a qualidade da pulverização.

Os resultados obtidos são condizentes com as especificações das características da ponta ULD 120-04 informadas pelo fabricante, o qual recomenda trabalhar à pressões entre 100 e 800 kPa, com vazão de 0,92 a 2,61 L/min., produzindo gotas média a muito grossa (HYPRO, 2013).

Segundo normas da Associação Americana de Engenharia Agrícola (ASAE), a classificação do tamanho de gota média varia de DMV aproximado de 250 -350 μm , gota grossa de 350 - 450 μm , gota muito grossa de 450 - 550 μm , além de classificar em extremamente grossa acima de 550 μm . Já na classificação do Conselho Britânico de Proteção de Culturas (BCPC), gota média varia de 217 a 352 μm , gota grossa de 353 - 464 μm e gota muito grossa acima de 464 μm , não classificando gotas em extremamente grossa

(COUTINHO et al., 2005; BROWN-RYTLEWSKI; STATON, 2006, citados por RAETANO, 2011).

Pelos valores de DMV obtidos nos respectivos volumes de calda, verifica-se, pelas Tabelas 4 e 5, que o tamanho das gotas variou de grossa a muito grossa.

Pelo valor do $Dv_{0,1}$ constata-se que no volume de 130 L/ha, 10% do volume aplicado é constituído por gotas muito fina, o que pode favorecer o processo de deriva com as velocidades de deslocamento adotados no experimento.

As médias dos depósitos da pulverização nos respectivos volumes de aplicação e tamanho das gotas são apresentadas na Figura 4.

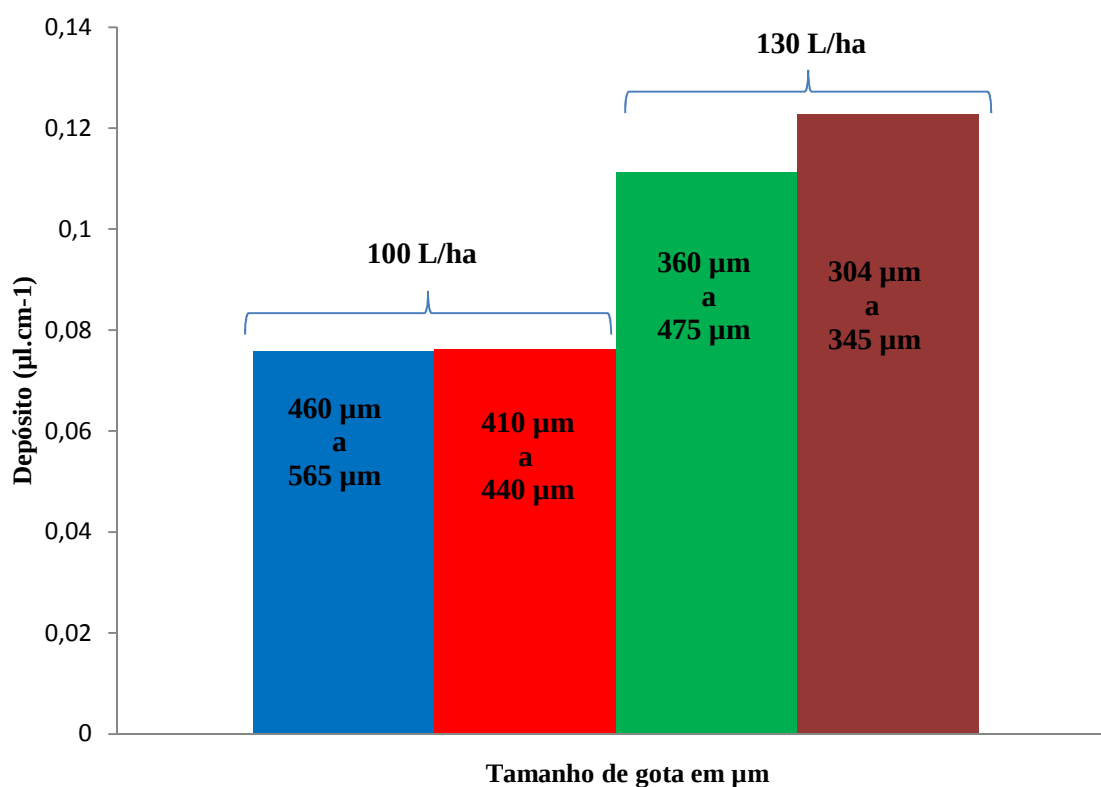


Figura 4. Média dos depósitos da pulverização em cada volume de aplicação.

Os maiores depósitos da pulverização foram obtidos com gotas de menor diâmetro e pela aplicação do maior volume (130 L/ha).

Gabriel e Baio (2013) relatam que o tamanho das gotas influencia na capacidade da pulverização cobrir o alvo e penetrar no dossel da cultura, pois gotas menores proporcionam melhor cobertura bem como propiciam maior capacidade de penetração, entretanto, podem estar mais suscetíveis à evaporação e aos processos de deriva.

Bals (1978) comenta que a uniformidade no espectro das gotas em dimensões apropriadas é o que proporciona melhores resultados de depósitos.

Vários trabalhos há muito tempo já evidenciam que maiores volumes de aplicação proporcionam maiores depósitos.

Boschini (2006) avaliando a quantidade de calda depositada em folhas de soja, variando o volume de aplicação em 100, 200 e 300 L/ha, verificou maiores depósitos nas partes superior, mediana e inferior das plantas com o volume de 300 L/ha. Estes resultados foram semelhantes aos resultados já relatados por Salyani e Whitney (1988) na citricultura.

Cunha et al. (2005b), avaliando a cobertura das folhas de feijoeiro utilizando-se volumes de 125 e 250 L/ha demonstraram que o volume de aplicação de 250 L/ha ocasionou maior retenção de calda na folhagem e também maior uniformidade de cobertura das plantas que o volume de 125 L/ha. Entretanto, há trabalhos que apresentam resultados distintos evidenciando maiores depósitos com menores volumes, quando aplicados com técnicas não convencionais.

Souza et al. (2007), avaliando o depósito da pulverização com as pontas JA3 (jato cônico vazio), AD-IA/D 11003 (jato duplo com indução de ar), AD-IA 11003 e AD-IA 11004 (ambas de jato plano com indução de ar) na cultura do algodoeiro, concluíram que pontas de jato plano com indução de ar, caracterizadas pela produção de gotas grossas, proporcionaram maiores depósitos nas folhas e maior uniformidade da pulverização nos diferentes níveis da planta. Os autores também concluíram que o aumento no tamanho da gota, até certo limite, melhora a eficiência da pulverização sob condições adversas de umidade e temperatura.

Boller e Raetano (2011) discutindo sobre a dinâmica das gotas de pulverização produzidas por autopropelidos sob a influência de alta velocidade, comentam que a camada de ar existente entre a barra do pulverizador e a cultura alvo exerce efeito de freio opondo-se à velocidade de descida de gotas finas, facilitando a evaporação e deriva. Porém, gotas de tamanho médio conseguem manter a velocidade de descida apesar do efeito contrário gerado pela velocidade de deslocamento da barra.

Assim, pressupõem-se que o tamanho de gotas gerado pelo aumento da velocidade, variando de 304 a 345 μm , proporcionado pelo volume de 130 L/ha, foi suficiente para não sofrer influência da ação da camada de ar entre a barra do pulverizador e o alvo e ao mesmo tempo proporcionar melhor cobertura da pulverização

em comparação às gotas de maior diâmetro obtido com menores volumes. Uma vez que gotas menores promovem maior cobertura do alvo, e assim, maiores depósitos.

Portanto, pulverizações agrícolas em taxas variadas, com variação no tamanho das gotas, podem proporcionar efeitos semelhantes, especialmente com reguladores de crescimento na cultura do algodoeiro. Sendo que os reguladores de crescimento atuam sistemicamente na planta, podendo a aplicação ser direcionada para a parte superior da planta.

Bethel et al (2003), em aplicação localizada de reguladores de crescimento em algodão utilizando duas metodologias, a primeira com taxas variáveis e a segunda com taxa zero ou total, observaram redução na quantidade de reguladores de crescimento de 12% a 51%, respectivamente.

Lewis et al. (2002) e Lewis et al. (2003) obtiveram reduções de 22 a 40% na quantidade e de 9 a 24% nos custos de reguladores de crescimento aplicados em taxas variáveis.

Os perfis de distribuição na sobreposição de duas pontas ULD 120-04 na menor pressão e na maior pressão de trabalho estão apresentados nas Figuras 5 e 6.

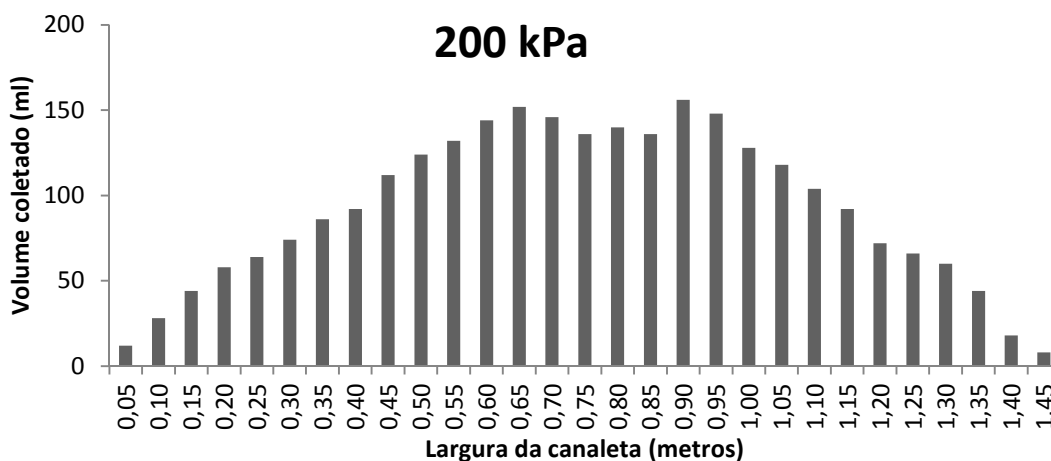


Figura 5. Sobreposição de duas pontas ULD 120-04 na pressão de 200 kPa. Espaçamento entre pontas de 0,50 m e altura de 0,50 m. Volume coletado em 1 minuto.

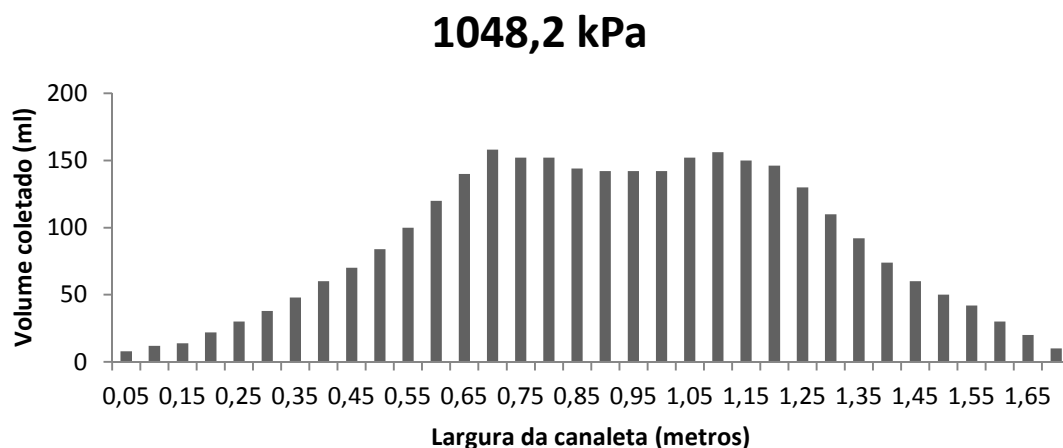


Figura 6. Sobreposição de duas pontas ULD 120-04 na pressão de 1048,2 kPa. Espaçamento entre pontas de 0,50 m e altura de 0,50 m. Volume coletado em 30 segundos.

Para manter o volume constante em 100 L/ha nas velocidades entre 16 e 26 km/h, a pressão de trabalho variou de 200 a 600 kPa. Já para manter o volume constante em 130 L/ha entre as mesmas velocidades, a pressão variou de 420,6 a 1048,2 kPa.

Como pode observar nas Figuras 6 e 7, o perfil da sobreposição da ponta ULD 120-04 foi semelhante nas diferentes pressões alcançadas durante a aplicação, entre 200 e 1048,2 kPa.

4.2 Experimento 2: Deposição em função da variação do volume de aplicação com ponta de jato plano e de jato cônico

Os valores dos depósitos da pulverização com as pontas API 11004 e ATR 3,0 na parte superior das plantas de algodoeiro nos diferentes volumes de aplicação são mostrados na Tabela 6.

Tabela 6. Depósito da pulverização ($\mu\text{l}/\text{cm}^2$) na parte superior da planta do algodoeiro em diferentes volumes.

Ponta	Volume de aplicação (L/ha)		
	50	100	150
API 11004	2,83 Aa	2,27 Ab	2,01 Ab
ATR 3,0	1,55 Ba	0,98 Bb	0,77 Bb
C.V.%	12,21		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A maior deposição da pulverização foi obtida com a ponta de jato plano API 11004 no menor volume de aplicação, 50 L/ha. Em contrapartida, a menor deposição foi obtida pela ponta de jato cônico ATR 3,0 no maior volume de aplicação, 150 L/ha (Tabela 6).

Em todos os volumes a ponta de jato plano proporcionou maior depósito quando comparado à ponta de jato cônico na parte superior da planta do algodoeiro.

Pela análise do depósito em função do volume de aplicação, as duas pontas proporcionaram maiores valores no menor volume. A deposição no volume de 100 L/ha e 150 L/ha não diferiram estatisticamente entre si.

Os resultados da deposição da pulverização na parte inferior das plantas de algodoeiro foram semelhantes à parte superior, como pode ser observado na Tabela 7.

Tabela 7. Depósito da pulverização ($\mu\text{l}/\text{cm}^2$) na parte inferior da planta do algodoeiro em diferentes volumes.

Ponta	Volume de aplicação (L/ha)		
	50	100	150
API 11004	0,66 Aa	0,44 Ab	0,46 Ab
ATR 3,0	0,44 Ba	0,20 Bb	0,12 Bb
C.V.%	17,95		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os maiores depósitos foram obtidos com a ponta API 11004 no volume de 50 L/ha e os menores valores com a ponta ATR 3,0 no volume de 150 L/ha. A ponta de jato plano atingiu maiores valores em todos os volumes em comparação ao jato cônico e o menor volume proporcionou os maiores depósitos para as duas pontas.

Resultados semelhantes foram encontrados por Shmidt (2006) trabalhando com pontas de jato plano simples, jato plano duplo, jato plano duplo com indução de ar e jato cônico vazio nos volumes de aplicação 150, 250 e 350 L/ha, na cultura da soja. Não houve diferença significativa entre as médias dos depósitos com as pontas e os volumes de calda em teste. O autor relata que era esperado que pontas que produzissem gotas de menor tamanho, propiciassem maior deposição; entretanto, na prática, isto não ocorreu, concordando com o trabalho desenvolvido por Cunha et al. (2005). Da mesma forma, Barcellos et al. (1998), estudando a deposição das gotas de pulverização no dossel da cultura da soja, não encontraram superioridade de deposição das pontas de jato cônico vazio em relação às pontas de jato plano.

No entanto, na literatura, vários autores citam que as pontas de jato cônico vazio proporcionam deposição maior e mais homogênea sobre o alvo (MATTHEWS, 1982; CHRISTOFOLETTI, 1991, citados por SHMIDT, 2006).

Nas aplicações de fungicidas e inseticidas, recomenda-se a utilização de gotas médias a finas, principalmente em culturas com grande massa foliar, em que a penetração das gotas no dossel e a cobertura do alvo são essenciais para se obter sucesso no controle (SRIVASTAVA et al., 1993; WILKINSON et al., 1999). De acordo com Christofolletti (1991) pontas de jato cônico trabalham à pressão de 200 a 1.000 kPa, produzem ângulo de abertura de 60° a 80° e gotas pequenas, o que pode favorecer a deriva.

As pontas de jato plano, bastante utilizadas na aplicação de herbicidas, por trabalharem em pressões menores, geralmente entre 100 e 400 kPa, geram gotas relativamente maiores. Portanto, constituem possível alternativa para reduzir os inconvenientes das aplicações de fungicidas e inseticidas com pontas de jato cônico vazio. No entanto, eles geralmente proporcionam pior cobertura do alvo e menor penetração do jato pulverizado no dossel da planta (CUNHA et al., 2004).

As maiores deposições, tanto na parte superior quanto na parte inferior do algodoeiro, proporcionado pela ponta API 11004 no volume de 50 L/ha pode ter sido ocasionado pelo seu maior DMV (Tabela 8).

Tabela 8. Diâmetro mediano volumétrico (DMV) das duas pontas e nos três volumes de aplicação.

Ponta	Volume de aplicação (L/ha)		
	50	100	150
API 11004	295,86 Aa	155,43 Ab	142,80 Ab
ATR 3,0	249,58 Ba	149,92 Ab	134,85 Ac
C. V. %	3,70		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A aplicação no menor volume (50 L/ha), tanto para a ponta de jato plano quanto para a ponta de jato cônico, apresentaram os maiores valores de DMV, em comparação com volumes de 100 e 150 L/ha, proporcionando maiores depósitos da pulverização.

No entanto, para a ponta API 11004, nos volumes 100 e 150 l/ha, não houve diferença significativa no diâmetro das gotas.

Os maiores valores de DMV apresentados pela aplicação do volume de 50 L/ha, para as duas pontas foram ocasionados pela menor pressão de trabalho exercida, quando comparados os volumes, sendo 89,7 kPa para a ponta API 11004 e 351,9 kPa para a ponta ATR 3,0.

No caso da ponta API 11004 não houve diferença significativa entre os volumes 100 e 150 L/ha, mesmo com a pressão maior exercida para o volume de 100 L/ha (441,6 kPa) em comparação ao volume de 150 L/ha (282,9 kPa).

Para a ponta ATR 3,0 houve diferença significativa nos valores de DMV entre os volumes 100 e 150 L/ha, cuja pressão de trabalho foram 524,4 kPa e 1345,5 kPa, respectivamente.

Porém, mesmo com diferentes pressões de trabalho exercidas para atingir os volumes de 100 e 150 L/ha para as duas pontas, não houve diferença significativa nos valores de depósitos, apresentados anteriormente (Tabelas 6 e 7), tanto para a parte superior e inferior das plantas.

Trabalho realizado por Cunha et al. (2004), avaliando o DMV das pontas de jato plano API 11002 e API 11004 nas pressões 200, 300 e 400 kPa e das pontas de jato cônico ATR Brown e ATR Red nas pressões 400, 500 e 600 kPa, obtiveram DMV da ponta de jato plano variando entre 124 e 214 μm e DMV da ponta de jato cônico

variando entre 83 a 129 μm . Assim, os autores concluíram que o potencial de deriva das pontas avaliadas, principalmente das pontas de jato cônico, é alto.

Sendo assim, em uma aplicação que não se faz necessária uma cobertura mais homogênea do alvo, é mais vantajoso adotar uma técnica que proporcione maior depósito em detrimento a uma maior cobertura. Considerando os resultados do presente trabalho seria mais recomendado a utilização de ponta de jato plano que a ponta de jato cônico. Além do mais, o menor risco de perda do produto por deriva/evaporação pela ponta de jato plano é outro ponto vantajoso.

A amplitude relativa do espectro de gotas (índice Span) para as pontas API 11004 e ATR 3,0 nos respectivos volumes são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Amplitude relativa do espectro de gotas nas duas pontas e nos três volumes de aplicação.

Ponta	Volume de aplicação (L/ha)		
	50	100	150
API 11004	1,76 Aa	1,50 Ac	1,57 Ab
ATR 3,0	1,67 Ba	1,27 Bc	1,35 Bb
C. V. %	2,06		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A ponta API 11004 proporcionou maior heterogeneidade no espectro de gotas no volume de 50 L/ha e o espectro de gotas mais homogêneo foi apresentado pela ponta ATR 3,0 no volume de 100 L/ha, completamente o inverso aos níveis de depósito. Isso mostra que a homogeneidade do espectro de gotas pode não ser fator decisivo para uma melhor deposição.

Sendo assim, de acordo com os dados deste trabalho, o DMV da gota pode ser o fator mais importante para obter uma melhor deposição, principalmente em condições ambientais desfavoráveis.

De acordo com Teixeira (1997) aplicação eficiente requer cobertura adequada da superfície-alvo com gotas de tamanho apropriado. No caso de serem produzidas gotas muito grandes, superiores a 800 μm , não ocorre boa cobertura da superfície, tampouco boa uniformidade de distribuição. As gotas muito grandes, pelo seu peso, normalmente não se aderem à superfície da folha e terminam no solo. No caso de gotas muito pequenas, geralmente ocorre boa cobertura superficial e uniformidade de

distribuição da calda, mas essas gotas podem evaporar em condições de baixa umidade relativa ou serem levadas pela corrente de ar.

Vale ressaltar que a calda pulverizada no presente trabalho foi constituída somente por água e o marcador cúprico, sem a utilização de adjuvantes, fazendo com que as gotas ficassem mais expostas à ação de evaporação/deriva, uma vez que gotas de menor diâmetro são mais propícias a esse fenômeno.

Além do mais, existe no mercado pontas de jato plano que proporcionam maior uniformidade em comparação com pontas de jato cônico, apresentando maiores depósitos. Souza et al. (2007), avaliando o depósito da pulverização com as pontas JA3 (jato cônico vazio), AD-IA/D 11003 (jato duplo com indução de ar), AD-IA 11003 e AD-IA 11004 (ambas de jato plano com indução de ar) na cultura do algodoeiro, concluíram que pontas de jato plano com indução de ar, caracterizadas pela produção de gotas grossas, proporcionaram os maiores volumes de depósitos nas folhas e maior uniformidade da pulverização nos diferentes níveis da planta.

A Figura 8 apresenta a relação entre o tamanho de gota gerado nos diferentes volumes de aplicação e sua respectiva deposição, comparativamente ao valor médio da deposição entre a parte superior e inferior da planta do algodoeiro com as duas pontas de pulverização em teste.

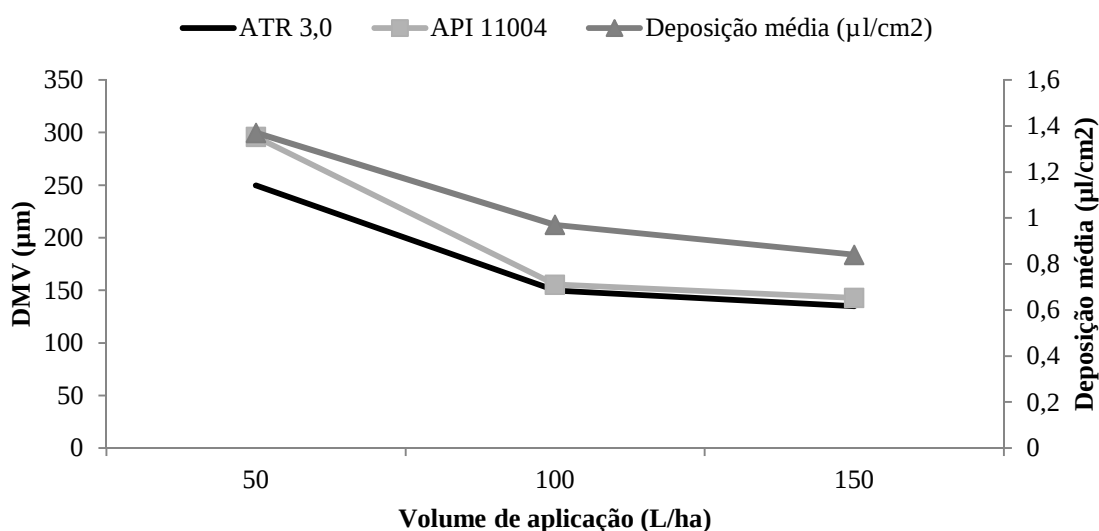


Figura 8. Relação entre o volume de aplicação e diâmetro mediano volumétrico das pontas de pulverização API 11004 e ATR 3,0 com a média da deposição ($\mu\text{l}/\text{cm}^2$).

Nota-se que os maiores depósitos foram alcançados com o maior DMV das gotas geradas no menor volume de aplicação. O maior DMV no menor volume foi ocasionado por utilizar pressões de trabalho menores.

A tendência no campo é utilização de volumes mais baixos nas aplicações aliado ao potencial das máquinas autopropelidas de deslocarem em velocidades que atingem até 25 km/h. Os resultados do presente trabalho evidenciam que gerando um tamanho de gota apropriado, esta configuração de taxa de aplicação menor aliado com velocidade de deslocamento maior, desde que mantenha um tamanho de gota apropriado com risco de deriva baixo, poderá conseguir melhores depósitos, obtendo dessa forma maior capacidade operacional com maior eficiência da pulverização. Porém, é necessário saber que a eficiência de controle do agente nocivo é dependente também de fatores inerentes à calda de aplicação, com as características específicas do produto fitossanitário, inerentes ao agente biológico, bem como inerentes à planta como características morfológicas relativas à superfície foliar.

5 CONCLUSÕES

Taxa de aplicação menor proporcionou maiores depósitos, tanto na parte superior quanto na parte inferior da cultura do algodoeiro com as pontas de jato plano API 11004 e de jato cônico ATR 3,0.

Valores de deposição maiores foram obtidos com a ponta API 11004 em comparação com a ponta ATR 3,0.

Aplicação à taxa variada com a ponta Hypro ULD 120-04 na sua faixa de variação de pressão, há uma relação inversa entre velocidade do equipamento e DMV e homogeneidade do espectro das gotas.

A utilização da ponta Hypro ULD 120-04 no volume de 130 L/ha proporcionou maior deposição da pulverização em comparação ao volume de 100 L/ha, na maior velocidade de deslocamento do pulverizador.

São necessários maiores estudos com aplicações em taxa variada em diferentes velocidades de deslocamento para melhor evidenciar a influência do volume de aplicação na deposição da pulverização.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADANS, K. L.; WENDEL, J. F. Exploring the genomic mysteries of polyploidy in cotton. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 82, p. 573-581, 2004.

ANTUNIASSI, U. R. **Avaliação de sistemas de injeção de defensivos para utilização em agricultura de precisão**. 1999. 83 f. Tese (Livre Docência / Mecanização Agrícola) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

ANTUNIASSI, U. R.; BAILO, F. H. R.; SHARP, T. C. Agricultura de precisão. In: FREIRE, E. C. (Ed.). **Algodão no cerrado do Brasil**. 2007, p. 889-918.

ANTUNIASSI, U. R. **Boletim técnico de soja 2004**. Fundação MT, Boletim de pesquisa de soja, nº 08, 2004, p. 165-172: Tecnologia de aplicação de defensivos.

AQUINO, D. F. de. **Prospecção para safra 2012/13 – Algodão**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_setoriais/Algodao/27RO/App_Pro_pespec%C3%A7%C3%A3o_safra_Algod%C3%A3o.pdf> Acesso em: 22/agosto/2013.

AZEVEDO, F. R. de; FREIRE, F. das C. O. Tecnologia de aplicação de defensivos. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical (**Documentos**), 47 p., 2006.

BAILO, F. H. R.; ANTUNIASSE, U. R. Sistemas de controle eletrônico e navegação para pulverizadores. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. (Org.) **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2011, p. 123-141.

BALS, E. J. Controlled droplet application today. **World crops**, London, v. 30, n. 4, p. 165-167, 1978.

BARCELLOS, L. C.; CARVALHO, Y. C.; SILVA, A. L. Estudo sobre a penetração de gotas de pulverização no dossel da cultura da soja [*Glycine max.* (L.) Merrill]. **Engenharia na Agricultura**. Viçosa, MG, v. 6, n. 2, p. 81-94, 1998.

BAUER, F. C.; RAETANO, C. G.; PEREIRA, F. A. R. Padrões de distribuição volumétrica de pontas de pulverização de jato plano 11002, com e sem indução de ar, sob diferentes espaçamentos e alturas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 546-551, 2006.

BAUERMANN, G. **Como usar o ImageJ**. 2009. Disponível em: <<http://www.imagesurvey.com.br/2009/02/como-usar-o-imagej>>. Acesso em: 01 ago 2013.

BETHEL, M. et al. Image-based, variable rate plant growth regulator application in cotton at Sheely farms in California. In: BELTWIDE COTTON CONFERENCE, 2003, Nashville. **Proceedings...** Memphis: National Cotton Council, 2003. p. 1755-71.

BODE, L. E.; BUTLER, B. J. Spray Characteristics of Rotary Atomizers. In: SEYMOUR, K. G. **Pesticide Formulations and Applications Systems**: Second Conference, ASTM STP 795. [S.I.]: American Society for testing and materials, 1983.

BOLLER, W.; RAETANO, C. G. Bicos e pontas de pulverização de energia hidráulica, regulagem e calibração de pulverizadores de barra. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. (Org.) **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2011, p. 51-80.

BUSOLI, A. C.; MICHELOTTO, M. D.; ROCHA, K. C. G. Controle biológico de pragas no MIP - algodoeiro no Cerrado Brasileiro. In: DE BORTOLI, S. A.; BOIÇA JÚNIOR, A. L.; OLIVEIRA, J. E. M. (Ed.) **Agentes de controle biológico**: metodologia de criação, multiplicação e uso. Jaboticabal: FUNEP, 2006. p. 330-353.

COSTA, A. C. P.; MACEDO, F. S.; HONCZAR, G. Algodao. In: **AGRONEGOCIO brasileiro**, Sao Paulo: Sonopress Grafica, 2008, p. 24-29.

CHRISTOFOLETTI, J. C. **Bicos de pulverização**: seleção e uso. Diadema: Spraying Systems, 1991. 9p.

CHRISTOFOLETTI, J. C. Pulverização ou aplicação? **A Granja**, Porto Alegre, n. 625, p. 35-37, jan. 2001.

CUNHA, J. P. A. R.; BUENO, M. R.; FERREIRA, M. C. Espectro de gotas de pontas de pulverização com adjuvantes de uso agrícola. **Planta Daninha**, v. 28. 2010.

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

CUNHA, J. P. A. R. et al. Espectro de gotas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano e de cônico vazio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 10, p. 977-985, 2004.

ETHERIDGE, R.E.; WOMAC, A.R.; MUELLER, T.C. Characterization of the spray droplet spectra and patterns of four venturi-type drift reduction nozzles. **Weed Tech**, Lawrence, v.13, n.4, p.765-70, 1999.

FEKETE, A. Fertilizer application rate control for precision farming. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 6., 1996. **Proceedings...** “s.n.t.”, 1996. p. 557-62.

FERREIRA, M. C. **Caracterização da cobertura de pulverização necessária para o controle do ácaro *Brevipalpus phoenicis* (G., 1939) em citros**. 2003. 64 f. Tese (Doutorado em agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

FONTES, E. M. G. et al. The cotton agricultural contesto in Brazil. In: HILBECK, A.; ANDOW, D. A.; FONTES, E. M. G. (Ed.). **Environmental risk assessment of genetically modified organisms: methodologies for assessing Bt cotton in Brazil**. Wallingford: CABI Publishing, 2006. v. 2. p. 21-66.

FREIRE, E. C. Fluxo gênico entre algodoeiros convencionais e transgênicos. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 6, p. 471-482, 2002.

FRIEDRICH, T. Quality in pesticide application technology. In: RAETANO, C.G.; ANTUNIASSI, U. R. **Qualidade em tecnologia de aplicação**. Botucatu: Fepaf, 2004. p. 93-109.

GABRIEL, R. R. F.; BAIO, F. H. R. Interação entre pressão e tamanho de gota por instrumentação eletrônica em pulverizador pressurizado por CO₂. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 2, p. 164-169, abr./jun. 2013.

GIL, Y.; SINFORT, C. Emission of pesticides to the air during sprayer application: a bibliographic review. **Atmospheric Environment**, Oxford, v. 39, p. 5183-5193, 2005.

GONÇALVES, P. C. T. **Manual Zeneca de manuseio e aplicação para agrotóxicos**. São Paulo: Zeneca Agrícola, 1999. 17 p.

HIMEL, C. M. The optimum size for insecticide spray droplets. **Journal of Economic Entomology**. v. 62, n. 4, p. 919-25, 1969.

HYPRO. **Catálogo de pontas de pulverização**. Disponível em: <<http://www.setapulverizacao.com.br/artigos/CatalogoBicosPulverizacaoHypro.pdf>> Acesso em: 06 de novembro de 2013.

Jacto. Disponível em: < <http://www.jacto.com.br>>. Acesso em: 09 de novembro de 2013.

JOHNSON, M. P.; SWETNAM, L. D. **Sprayer nozzles**: selection and calibration. Lexington: University of Kentucky, 1996. 6 p.

LEWIS, D. et al. Image-based site-specific plant growth regulator (SSPGR) applications at Perthshire farms. In: BELTWIDE COTTON CONFERENCE, 2003, Nashville. **Proceedings...** Memphis: National Cotton Council, 2003. p. 1772-86.

LEWIS, D. et al. Spatially variable plant growth regulator (SVPGR) applications based on remotely sensed imagery. In: BELTWIDE COTTON CONFERENCE, 2002, Atlanta. **Proceedings...** Memphis: National Cotton Council, 2002. 15 p.

LIMA, L. M. de et al. Análise molecular de plantas de algodão BRS Araçá submetidas à transformação via *ovary-drip*. In: **Anais do VII Congresso Brasileiro do Algodão**, Foz do Iguaçu – PR, 2009, p. 256-261.

LUCHINI, L. C.; ANDRÉA, M. M. Comportamento ambiental de agroquímicos. **Horticultura Brasileira**, v. 18, p. 33-35, 2000.

LUCHINI, L. C. Dinâmica ambiental dos agrotóxicos. In: RAETANO, C. G.; ANTUNIASSI, U. R. **Qualidade em tecnologia de aplicação**. Botucatu: Fepaf, 2004. p. 36-39.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods**. London: Longman, 1982. 336 p.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods**. 2ª ed. New York, Longman, 1992. 405 p.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal, Funep, 1990. 130 p.

MATUO, T.; PIO, L. C.; RAMOS, H. H.; FERREIRA, L. R. Tecnologia de aplicação e equipamentos. In: **ABEAS – Curso de proteção de plantas**. Módulo 2. Brasília, DF: ABEAS; Viçosa, MG: UFV, 2001, 85 p.

MURPHY, S. D.; MILLER, P. C. H.; PARKIN, C. S. The effect of boom section and nozzle configuration on the risk of spray drift. **Journal of Agricultural Engineering Resource**, London, v. 75, p. 127-137, 2000.

O Estado de São Paulo. **Expansão do PIB agrícola bate outros setores na década**. Disponível em: <<http://conteudoclipppingmp.planejamento.gov.br/cadastros/noticias/2011>> Acesso em: 16/maio/2011.

PAICE, M. Patch spraying. **Agricultural Engineer Inc.**, p. 112, 1993.

PERECIN, D. et al. Padrões de distribuição obtidos com bicos Twinjet em função da cultura e do espaçamento entre bicos. **Engenharia Agrícola**. Campinas, v. 14, p. 19-30, 1994.

RAETANO, C. G. Introdução ao estudo da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. (Org.) **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2011, p. 15 - 26.

RAHMAN, M. K.; HUSSAIAN, D.; ZAFAR, Y. Estimation of genetic divergence among elite cotton cultivars-genotypes by DNA fingerprinting technology. **Crop Science**, v. 42, p. 2137-2144, 2002.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação**. Viçosa: UFV, 1999. 359 p.

SANTOS, W. J. dos. 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.

SCHICK, R. J. **An engineer's practical guide drop size**. Wheaton: Spraying Systems, 1997. 28 p.

SCHMIDT, M. A. H. **Deposição da calda de pulverização na cultura da soja em função do tipo de ponta e do volume aplicado**. 2006. 47 f. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2006.

SRIVASTAVA, A. K.; GOERING, C. E.; ROHRBACH, R. P. Chemical Application. In: _____. **Engineering principles of agricultural machines**. St. Joseph: ASAE, 1993. p. 265-324.

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

STAFFORD, J. V. Precision agriculture: sensing, positioning and application machinery requirements. **Danish Inst. Plant Soil Science**, v. 1, n. 26, p. 10-20, 1995.

SUMNER, P. E. **Reducing spray drift**. Georgia: University of Georgia, 1997. 11 p.

SUMNER, P. E.; SUMNER, S. A. **Comparison of new drift reduction nozzles**. Saint Joseph: ASAE, 1999. 17 p.

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

TSAI, M. et al. The Washington aerial spray drift study: modeling pesticide spray drift deposition from an aerial application. **Atmospheric Environment**, Oxford, v. 39, p. 6194-6203, 2005.

WILKINSON, R.; BALSARI, P.; OBERTI, R. Pest control equipment. In: STOUT, B. A. (Ed.). **CIGR handbook of agricultural engineering**. St. Joseph: ASAE, 1999. v. 3. p. 269-310.

WOLF, R. E. **Strategies to reduce spray drift**. Kansas: Kansas State University, 2000. 4 p.

ZHU, H. et al. Simulation of drift of discrete sizes of water droplets from field sprayers. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 37, n. 5, p. 1401-1407, 1994.