

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

**DEANGELYS PETENE CALVI**

**DEPOSIÇÃO E UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO  
DA CALDA DE APLICAÇÃO EM PLANTAS DE CAFÉ  
CONILON UTILIZANDO A PULVERIZAÇÃO  
PNEUMÁTICA**

**São Mateus, ES  
2015**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

**DEPOSIÇÃO E UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO  
DA CALDA DE APLICAÇÃO EM PLANTAS DE CAFÉ  
CONILON UTILIZANDO A PULVERIZAÇÃO  
PNEUMÁTICA**

**DEANGELYS PETENE CALVI**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, para a obtenção do título de mestre em Agricultura Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Edney Leandro da Vitória

**São Mateus, ES  
2015**

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Divisão de Biblioteca Setorial do CEUNES - BC, ES, Brasil)

---

Calvi, Deangelys Petene, 1989-

C168d Deposição e uniformidade de distribuição da calda de aplicação em plantas de café conilon utilizando a pulverização pneumática / Deangelys Petene Calvi. – 2015.

44 f. : il.

Orientador: Edney Leandro da Vitória

Coorientador: Marcelo Barreto da Silva, Mauri Martins Teixeira

Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo.

1. Coffea canephora. 2. Tecnologia. 3. Agrotóxicos. I. Vitória, Edney Leandro da. II. Silva, Marcelo Barreto da. III. Teixeira, Mauri Martins. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Universitário Norte do Espírito Santo. V. Título.

CDU: 63

---

# DISTRIBUIÇÃO DA CALDA DE APLICAÇÃO EM PLANTAS DE CAFÉ CONILON UTILIZANDO A PULVERIZAÇÃO PNEUMÁTICA

**DEANGELYS PETENE CALVI**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, para obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Aprovada em 31 de março de 2015.



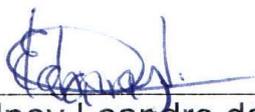
---

Prof. Dr. Elcio das Graça Lacerda  
IFES campus Santa Teresa  
Membro Externo



---

Prof. Dr. Marcelo Barreto da Silva  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Co-Orientador



---

Prof. Dr. Edney Leandro da Vitória  
Universidade Federal do Espírito Santo  
(Orientador)

*Em memória do meu eterno amigo e tio ELIOMAR PETTENE.*

*À minha família:*

*meu pai Antônio Cavalini Calvi,  
minha mãe Elena Petene Calvi,  
meu irmão Geangelo Petene Calvi,  
minha esposa Janaina Alves Mota e  
ao meu querido filho Léo Tiago Alves Petene.*

“Confia no Senhor de todo o teu coração e, não te estribes no teu próprio entendimento. Reconhece-o em todos os teus caminhos e, Ele endireitará as tuas veredas. Feliz é o homem que acha sabedoria, e o homem que adquire entendimento, pois melhor é o lucro que ela dá do que o lucro da prata, e a sua renda do que o ouro. Mais preciosa é do que as jóias, e nada do que possas desejar é comparável a ela”.

*Provérbios 3: 5-6, 13-15 (Bíblia Sagrada)*

## AGRADECIMENTOS

Ao todo poderoso e eterno DEUS. Por seu infinito, ímpar, incomensurável e transcendental amor. Sou grato a ti, ó DEUS, pois sem ti nada sou e nada posso fazer.

À minha mãe, Elena Petene Calvi, por me amar, pelas orações em meu favor, pelo apoio, por estar diretamente relacionada na formação do meu caráter e por me ensinar que sem luta não há vitória.

ao meu pai, Antônio Cavalini Calvi, por me amar, pelo apoio, pela incansável luta do dia a dia, na preocupação de sempre me oferecer o melhor.

Ao meu irmão, Geangelo Petene Calvi, que nunca mediu esforços para me ajudar quando precisei.

À minha esposa, Janaina Alves Mota, que sempre foi fonte de amor, carinho, suporte, apoio nas derrotas, alegria nas vitórias e pela preocupação de sempre me oferecer o melhor.

Ao meu filho, Léo Tiago Alves Petene, que é fonte de muitas alegrias e pela realização do sonho de ser pai.

Ao professor e amigo, Dr. Edney Leandro da Vitória, pela orientação na condução deste e de outros trabalhos e ainda por possibilitar que o outrora sonhado se tornasse uma realidade.

Aos primos, tias e tios que lutaram pelo meu sucesso e sempre se preocuparam em me ensinar o que a vida tem de melhor a oferecer.

Aos demais professores do curso de Agronomia pelo ensino, amizade, disponibilidade de sempre atender-me e por despojar seus conhecimentos em favor da minha formação.

Ao Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEUNES) e ao PPGAT, por me acolher, conferindo-me o título de Mestre em Agricultura Tropical.

Aos amigos Kristhiano, Luciano, Helder, Joel, Francisco C. Rocha Neto, Francisco, Alessandra, Joice e demais colegas, pelo constante incentivo, bom humor e cumplicidade nos momentos de trabalho e, também, de diversão.

## **BIOGRAFIA**

DEÂNGELYS PETENE CALVI, filho de Antônio Cavalini Calvi e Elena Petene Calvi, nasceu na cidade de Nova Venécia, ES, em 10 de dezembro de 1989.

No segundo semestre de 2007 ingressou na segunda turma do curso de Agronomia da Universidade Federal do Espírito Santo no Centro Universitário Norte do Espírito Santo, onde se graduou em bacharelado no ano de 2012. No período de graduação, desenvolveu trabalhos de iniciação científica nas áreas de fertilidade do solo e fitopatologia na cultura do café conilon e pimenta-do-reino.

Em 2012, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical da Universidade Federal do Espírito Santo, em nível de Mestrado, onde se especializou em Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas, especificamente na cultura do cafeeiro conilon, submetendo-se à defesa de dissertação em 31 de março de 2015.

**SUMÁRIO**

LISTA DE TABELAS .....	x
LISTA DE FIGURAS .....	xi
LISTA DE FIGURAS .....	xi
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	xii
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT .....	xv
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1. Café .....	3
2.2. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas.....	4
2.3. Deposição de defensivo agrícola .....	6
2.4. Alvos .....	7
2.5. Traçadores.....	7
2.6. Análises .....	8
2.7. Fatores que influenciam a aplicação de defensivos agrícolas .....	10
2.8. Condições ambientais.....	11
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	13
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	17
5. CONCLUSÕES .....	26
REFERÊNCIAS.....	27

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Análise de variância pelo teste de F em nível de 5% de probabilidade.....	18
Tabela 2. Análise de deposição de gotas ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ) para a interação entre linha de plantio e velocidade de deslocamento do pulverizador .....	23
Tabela 3. Análise de deposição de gotas ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ) para a interação entre linha de plantio e posição das plantas .....	244

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Esquema de montagem do experimento.....	14
Figura 2. Medições da umidade relativa do ar, temperatura ambiente e velocidade do vento. ....	15
Figura 3. Curva de leitura de absorvância para inferir concentração em $\text{mg L}^{-1}$ .....	17
Figura 4. Deposição de gotas ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ) nas seis linhas de plantio da faixa aplicada. ....	19
Figura 5. Deposição de gotas ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ) no tratamento variando velocidades de deslocamento do pulverizador.....	19
Figura 6. Deposição de gotas ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ) no tratamento variando posições da planta. ....	20
Figura 7. Distribuição da população de gotas durante aplicação .....	221
Figura 8. Deposição de calda fora do alvo. ....	22
Figura 9. Gotas grandes depositadas nas folhas de café sujeitas a escorrimento....	25

**LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS**

cm - centímetro

cm<sup>2</sup> - centímetro quadrado cm<sup>-2</sup>- por centímetro quadrado cv - cavalo-vapor

°C - graus Celsius

KCl - Cloreto de potássio

km h<sup>-1</sup> - quilometro por hora

KW - kilowatt

L - litro

L ha<sup>-1</sup> - litro por hectare

L min<sup>-1</sup> - litro por minuto

M – metro mm - milímetro

m s<sup>-1</sup> - metro por segundo

mg L<sup>-1</sup> - miligrama por litro

mL - mililitro

NaCl - Cloreto de sódio

nm - nanometro

S - sul

W - oeste

% - porcentagem

µL cm<sup>-2</sup> - micro litro por centímetro quadrado

CEUNES - Centro Universitário Norte do Espírito Santo

UFES - Universidade Federal do Espírito Santo

## RESUMO

CALVI, Deangelys Petene, M.Sc., Universidade Federal do Espírito Santo, março de 2015. **Deposição e uniformidade de distribuição da calda de aplicação em plantas de café conilon utilizando a pulverização pneumática.** Orientador: Edney Leandro da Vitória. Coorientadores: Mauri Martins Teixeira e Marcelo Barreto da Silva.

O controle químico vem contribuindo há anos para garantir que as plantas expressem todo seu potencial genético, aumentando assim a produtividade em diversas culturas agrícolas, porém é vítima de constante preconceito por ocasionar contaminações ao meio ambiente, aplicadores e principalmente ao alimento. A utilização do pulverizador pneumático do tipo canhão é comumente contestada por apresentar baixa uniformidade na deposição e alta susceptibilidade a deriva e evaporação das gotas. Ainda assim, em cafeeiros do estado do Espírito Santo nas aplicações de fungicidas, inseticidas e adubos foliares tem-se aumentado o uso desse implemento, principalmente pela boa adaptação a terrenos com relevo acidentado, e bom rendimento operacional. Este trabalho tem como objetivo avaliar a uniformidade na deposição de gotas em lavoura de café conilon e a capacidade de penetração da calda no interior do dossel da planta utilizando um pulverizador pneumático em três velocidades de deslocamento do pulverizador. O experimento foi montado em lavoura de café conilon com três anos de idade, altura média de 1,6m utilizando delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial (6x3x3) sendo seis linhas de plantio espaçadas em 3,5 m, três velocidades de deslocamento (5,4 km h<sup>-1</sup>, 7,8 km h<sup>-1</sup> e 10,5 km h<sup>-1</sup>) em três posições de avaliação na planta (parte frontal, interna do dossel e posterior ao pulverizador). A solução pulverizada foi preparada com corante alimentício azul brilhante (FD&C nº 1) a 1.500 mg L<sup>-1</sup>, após aplicação foram coletadas quatro folhas de cada parcela e lavadas ao laboratório para análise em espectrofotômetro para posterior cálculo da deposição. Para comparar as médias encontradas foi utilizado o teste de Tukey a um nível de 5% de probabilidade. Os valores médios da velocidade do vento, umidade relativa do ar e temperatura ambiente no momento da aplicação foram respectivamente de 1,1 m s<sup>-1</sup>, 87% e 21,7°C. A deposição da aplicação utilizando pulverizador pneumático apresentou baixa uniformidade, com maior deposição na primeira e terceira linha de plantio, e redução na medida em que se aumenta a distância do conjunto

pulverizador, além do baixo potencial de penetração de calda no dossel da planta. A segunda marcha (7,8 km h<sup>-1</sup>) mostra-se a mais indicada para as aplicações, nas mesmas condições do experimento.

Palavras-chave: Tecnologia de aplicação, uniformidade de gotas, *Coffea canephora*.

## ABSTRACT

CALVI, Deangelys Petene, M.Sc., Universidade Federal do Espírito Santo, March, 2015. **Deposition and uniformity of spray distribution in coffee plants using pneumatic spray.** Adviser: Edney Leandro da Vitória. Co-advisers: Mauri Martins Teixeira and Marcelo Barreto da Silva.

Chemical control has been contributing for years to increase productivity in several crops, but is the victim of constant bias by causing contamination to the environment, applicators and especially the food. The use of pneumatic spray gun type is commonly challenged by present lack of uniformity in the deposition and high susceptibility to drift and evaporation of the droplets. Still in coffee of the Espírito Santo, Brazil, in the applications of fungicides, insecticides and foliar fertilizers has increased the use of this implement, mainly by adjusting well to land with rugged terrain, and good operating performance. This study aims to evaluate the uniformity of droplet deposition in conilon coffee plantation and the syrup penetration capacity within the plant using a pneumatic spray at three speeds. The experiment was a farm with three years old, average height of 1.6 m in a randomized design, factorial (6x3x3) with six planting rows spaced at 3.5 m, three different speeds (5.4 km h<sup>-1</sup>, 7.8 km h<sup>-1</sup> and 10.5 km h<sup>-1</sup>) and three evaluation positions on the plant (front, rear and internal to the sprayer). The spray solution was prepared with bright blue food dye (FD & C # 1) and 1,500 mg L<sup>-1</sup> after application were collected four sheets of each installment and washed the laboratory for analysis in spectrophotometer for subsequent calculation of the deposition. To compare the means we used the Tukey test at a level of 5% probability. The wind speed at the time the application was 1.1 m s<sup>-1</sup>, relative humidity of 87% and a temperature of 21.7°C. The speed of 7.8 km h<sup>-1</sup> appears to be the most suitable for the use of pneumatic spray; however, spraying was low uniformity with greater deposition on the first and third rows, and reduced syrup tank to the extent that the distances are increased, in addition to the low potential syrup penetration in the plant canopy.

Keywords: Application technology, uniformity of drops, *Coffea canephora*.

## 1. INTRODUÇÃO

Durante anos a agricultura desenvolveu novas técnicas de cultivo, visando principalmente o aumento da produtividade com o intuito de alimentar a população mundial em constante crescimento. Porém, junto a essas técnicas, surgiram também patógenos limitando a produção, necessitando assim evolução constante nos métodos de produção.

O método mais utilizado para o manejo fitossanitário é o controle químico, sendo o mais fácil, rápido e eficaz. No Brasil essa técnica é praticada de forma intensiva no ciclo produtivo, trazendo resultados satisfatórios aos produtores rurais. Entretanto, o uso desses fitossanitários é alvo de constante críticas por parte da população, devido a possíveis contaminações ao meio ambiente, alimento e aplicadores por uso incorreto dos pulverizadores, condições inadequadas de aplicação e erro na dosagem dos agrotóxicos (GIL et al., 2008; YU et al., 2009).

Visando minimizar essas possíveis contaminações e aumentar a sustentabilidade na agricultura, pesquisadores buscam o desenvolvimento das máquinas utilizadas para as pulverizações e técnicas de aplicação mais criteriosas. Notam-se evoluções no mecanismo de funcionamento dos pulverizadores, buscando aumento da eficiência e capacidade operacional, uniformidade do espectro de gotas e volumes de caldas menores.

Atualmente é comum na região norte do estado do Espírito Santo pequenos produtores desprovidos de equipamentos maiores de pulverização, sendo necessário terceirizar a aplicação, pois além de suprir as necessidades existentes, conseguem diminuir o contato direto com os defensivos, uma vez que

com o uso de pulverizadores costais o rendimento é inferior, aumentando assim o contato e a exposição direta dos aplicadores aos agrotóxicos.

Dentre os equipamentos utilizados nas aplicações de produtos fitossanitários, os pulverizadores pneumáticos, também conhecidos como “canhões atomizadores”, tem-se destacado o seu uso em lavouras de café conilon, principalmente em grandes propriedades e em regiões montanhosas por apresentar um bom rendimento operacional. No entanto, sua eficiência na aplicação é muito questionada, por exigir volumes de calda maiores, em torno de  $500 \text{ L ha}^{-1}$  (MATIELLO et al., 2005), e principalmente por apresentar gotas pequenas, que aplicadas por cima da copa das plantas em grandes distancias, tende a aumentar a deriva e a evaporação das gotas.

Apesar do constante aumento no uso desse equipamento, ainda é escasso pesquisas no âmbito de analisar sua eficiência na aplicação. Os produtores, em geral, não têm definido a melhor largura da faixa de aplicação e a velocidade de deslocamento ideal do pulverizador.

Este trabalho tem como objetivo avaliar a deposição e distribuição de gotas em aplicações com a utilização de um pulverizador pneumático do tipo “canhão” na cultura do café conilon.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Café

O café pertence ao gênero *Coffea*, que representa mais de 120 espécies, na qual se destaca em plantios comerciais o *C. arabica* e *C. canephora* (Davis et al., 2011). No agronegócio consagra-se como a segunda maior *comodite* no mundo, tornando-o muito popular em toda parte de mundo.

A produção mundial de café nos últimos anos foi superior a 140 milhões de sacas (Ico, 2013). O Brasil destaca-se como maior produtor e exportador mundial de café, produzindo aproximadamente 50 milhões de sacas (Conab, 2013). A produção no estado do Espírito Santo é de aproximadamente 13 milhões de sacas, sendo 22% de arábica e 78% de Conilon, com produtividade média das variedades conilon e arábica de 27,8 sc há<sup>-1</sup>.

No estado do Espírito Santo o café conilon é o mais importante para agricultura, dos 78 municípios da federação, 65 produzem essa variedade em 35 mil propriedades com 78 mil famílias envolvidas (FASSIO & SILVA, 2007). sendo que sua produção está centralizada na região norte e noroeste do estado.

O desenvolvimento de novas variedades melhoradas e técnicas de cultivo mais elaborados foram responsáveis pelo aumento da produtividade e qualidade do café Conilon do Estado, apresentando um incremento de 100% na produção total sem aumento de área em dez anos (FERRÃO et al., 2007).

Devido o aumento na demanda do produto no mercado mundial, existe a necessidade de elevar a produtividade das lavouras. A melhor maneira de alcançar essa meta é aplicar fatores técnicos que possibilite as plantas manifestarem seu potencial genético, minimizando perdas destacando a nutrição da planta, tratos

culturais e manejo de doenças e pragas. Para Zambolim, 2001 o ataque de patógenos é um dos principais limitantes da produção.

## **2.2. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**

Com o modelo atual de agricultura moderna e a expansão das áreas agricultáveis em todo o mundo, ocorreu o aparecimento de novas espécies de insetos-pragas, doenças e plantas daninhas, em função de possíveis desequilíbrios trazidos ao ambiente. Estes patógenos vem promover redução, muitas vezes drástica, da produção, como também uma grande perda da qualidade dos produtos agrícolas.

Com o propósito de controlar o ataque essas pragas e doenças afim de reduzir as perdas e melhorar a qualidade dos produtos, utiliza-se da aplicação de defensivos agrícolas, também conhecidos como: agroquímicos, agrotóxicos, fitossanitários, entre outros.

A tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas é uma ciência que envolve muito mais do que o ato de simplesmente aplicar um produto sobre a planta. Segundo Reis e Casa (2007), a eficácia do controle químico está diretamente relacionada com a tecnologia de aplicação.

O sucesso na aplicação de defensivos agrícolas envolve uma série de fatores, como a grande diversidade de equipamentos e métodos de pulverização, diferenças entre produtos químicos, diversidade de culturas e hábitos de crescimento, condições meteorológicas, segurança do trabalhador, volume de calda, tamanho da copa e relação custo-benefício das aplicações (LLORENS et al., 2010; XU et al., 2010; JEON et al., 2011).

No modelo atual de agricultura leva-se em consideração os níveis de dano econômico causado as culturas, as condições adequadas para a aplicação, o melhor uso dos equipamentos de aplicação, diminuindo os prejuízos, impactos ao ambiente e intoxicação de organismos não-alvo.

Para Matuo et al. (2002), a tecnologia de aplicação consiste no emprego de todos os conhecimentos científicos, que proporcionem a colocação correta do produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica e com o mínimo de contaminação ambiental.

Sendo também, o estudo de qualquer técnica recomendada para aplicação de fitossanitários que venha a conseguir controlar a praga, utilizando de dose mínima, distribuindo o produto de maneira que se alcance a maior eficácia, sem causar efeitos negativos ao ambiente (MIGUELA & CUNHA, 2011).

Visando aprimorar os conhecimentos científicos sobre a tecnologia de aplicação de defensivos, a busca por melhorias nas metodologias e técnicas para a avaliação é constante. Muitas vezes, os métodos que vêm sendo utilizados são onerosos ou não possuem uma confiabilidade tão grande, quando comparado com o que realmente acontece no campo.

Um dos problemas nas aplicações é o ajuste do volume de calda utilizado, volumes maiores proporcionam gotas maiores, que podem causar, dependendo das condições climáticas (umidade relativa do ar, temperatura do ambiente e velocidade do vento), contaminação do solo, devido à grande quantidade de gotas que se perdem por caírem na entrelinha da cultura. Ao contrário, quando utiliza-se de gotas com menor diâmetro e um menor volume de calda, estas ficam sujeitas à evaporação e deriva, proporcionando perdas para o ambiente e efeito reduzido de controle.

O objetivo da pulverização é produzir um tamanho de gotas que possibilite bom equilíbrio e uniformidade entre cobertura de plantas, penetração no dossel e deposição de gotas nas folhas com o mínimo de desperdício (Paulsrud e Montgomery 2005).

Nesse sentido, se torna de fundamental importância estudos que possam obter calibração mais adequada para os equipamentos, como por exemplo, ensaios de pulverizadores; como também o estudo das aplicações dos fitossanitários, a fim de se obter a melhor velocidade de deslocamento do equipamento durante a aplicação, pressão de trabalho, volume de calda, espectro de gotas, redução da deriva, uniformidade de aplicação, cobertura e deposição.

### 2.3. Deposição de defensivo agrícola

O estudo de deposição envolve a quantificação do material depositado sobre o alvo, podendo ser expresso em relação à área foliar da planta.

A qualidade na deposição depende de diversos fatores, como a escolha do momento ideal para se pulverizar, frequência suficiente de aplicações, volume de calda adequado a lavoura e calibração ajustada ao alvo e à cultura (CUNHA et al., 2010).

Desta forma, a deposição de produtos sobre a planta, está diretamente ligada à características das plantas como também do pulverizador utilizado, permitindo assim, mudar a calibração de um mesmo equipamento para plantas com diferentes arquiteturas ou de outras espécies, como também utilizar outros pulverizadores para uma mesma espécie.

Há uma grande diversidade nos tipos de pulverizadores, desde os mais simples, do tipo costal, utilizados para atender pequenas áreas, até os pulverizadores auto propelidos, com alta tecnologia e elevada capacidade operacional, capazes de atender grandes áreas com qualidade na pulverização (CASALI et al., 2012).

De acordo com Tavares Júnior et al. (2002), Pezzopane et al. (2003), Scudeler et al. (2004) e Ramos et al. (2007), a arquitetura da planta (altura, comprimento de ramos e densidade foliar), pode ser considerada como obstáculo à penetração das gotas de pulverização.

A deposição é um parâmetro importante dentro da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários, pois é usada, juntamente com outras avaliações, como instrumento para desenvolver e melhorar as técnicas de aplicação (PALLADINI, 2000).

Para avaliação da deposição existem diversas metodologias, que variam entre o alvo utilizado, o traçador com características que menos afetam as propriedades físico-químicas da calda, a utilização de coletores e o método para mensuração da quantidade de produto no alvo.

## 2.4. Alvos

Os tipos de alvos utilizados para avaliações de deposição dos defensivos agrícolas podem ser classificados de acordo com sua natureza, sendo que, existem os alvos naturais (folhas, frutos, caules, solo, etc ), que são exatamente das espécies em que estejam sendo analisada a pulverização.

Já os alvos artificiais são aqueles utilizados para fazer estimativas de como seria a aplicação sobre a cultura em estudo. São análises onde não é necessário destruir a planta para realização da metodologia. Esse tipo de alvo não apresenta a mesma precisão de quando utilizado o alvo natural, devido às características morfofisiológicas da planta não serem as mesmas dos coletores utilizados.

São utilizados como alvos artificiais: bandejas, copos, tampinhas, placas de fórmica, placas de acrílico, cartão de papel mata-borrão, faixa de papel, papel hidrossensível, papel Kromekote ou fotográfico, placa de Petri coberta com magnésio metálico, entre outros.

A opção de se utilizar por um coletor ou alvo biológico (folhas) depende de como será realizada a avaliação, de modo que se pode trabalhar com mais de um tipo por experimento. Sendo que, alguns são específicos para utilização no solo, tentando demonstrar a deposição feita sobre este na aplicação, enquanto outros são específicos para fixação na planta.

A escolha e a utilização de um devido tipo de alvo podem acarretar a vantagens e desvantagens. No entanto, Miller (1993), afirma que as superfícies naturais deveriam ser as mais utilizadas, por melhor representarem as condições ambientais. Maciel et al. (2001), também fazem inferência sobre a menor eficiência nas avaliações de deposição quando se utiliza de alvos artificiais.

Apesar disso, substratos naturais são mais difíceis de amostrar, com análise de resíduo trabalhosa, demorada e nem sempre se conseguiu obter a recuperação total dos padrões de deposição.

## 2.5. Traçadores

Traçador é qualquer tipo de substância que será detectada e quantificada por algum método posterior a pulverização, através de análise laboratorial, sendo utilizado em larga escala em testes de deposição e deriva (ALVES, 2014).

Pode-se utilizar como traçadores: Os próprios produtos fitossanitários a serem testados, partículas fluorescentes, produtos marcantes, radioisótopos, corantes fluorescentes (Rodamina, Poliglow laranja), corantes alimentícios (Saturn Yellow, Azul brilhante, Amarelo Tartrasina, Azul FCF), outros corantes (Croceína vermelha, Negrosina, Azul de bromofenol, mesmo utilizado em papel hidrossensível), sais (NaCl, KCl).

No entanto, a utilização de alguns desses traçadores torna a prática da quantificação de deposição cara, por exemplo, quando se utiliza o próprio defensivo agrícola, visto a necessidade de reagentes apropriados para a futura extração. Dessa forma a utilização de outros traçadores é facilitada e barata pelo fácil extração desses pela água, a exemplo os corantes alimentícios (MARCHI et al., 2005).

Além de que, os traçadores devem apresentar características especiais para sua utilização, como estabilidade à luz solar, e não serem absorvidos pelas folhas, o que influenciaria nos resultados da posterior quantificação.

Outras características importantes são citadas por Yates e Akesson (1963), onde além dos fatores acima, ainda são lembradas a sensibilidade a detecção, a quantificação com rapidez, a boa solubilidade quando misturado a calda, apresentar o mínimo de efeito físico na pulverização e a menor evaporação das gotas, serem estáveis, atóxicos e de baixo custo.

Posteriormente os traçadores permitem avaliação da deposição, de forma que se pode optar por métodos baseados em análises visuais, na mensuração ótica e na análise química.

## **2.6. Análises**

As análises de deposição buscam quantificar de diversas metodologias os traçadores utilizados no teste, de pulverização, podendo ser uma simples observação visual como utilizando equipamentos sofisticados.

A análise visual é um método mais rápido e fácil, mas apresenta baixa precisão, quando comparada com as que envolvem análise química, principalmente quando se deseja saber o volume depositado, possibilitando apenas uma estimativa.

Um exemplo de análise visual seria quando se tem a utilização de traçador fluorescente, sobre um alvo natural, com posterior contagem das gotas, com a utilização de luz negra.

A mensuração óptica é um tipo de análise que pode ser realizada no próprio campo ou em laboratório. Essa metodologia aplica técnicas que utilizam de análise computadorizada de imagens, através de programas que quantificam o número de gotas depositado por unidade de área e o diâmetro dessas gotas, dando idéia do volume depositado por unidade de área.

Na utilização de software para mensuração óptica, pode-se citar o programa e-Sprinkle, que faz o cálculo do volume de gotas aplicadas a uma lavoura, por meio de imagens das amostras de gotas, coletadas em papel sensível à água.

Já as análises químicas, são aquelas que apresentam maior precisão na quantificação e identificação de compostos. Infelizmente são análises que dependem de equipamentos, algumas vezes de alta sofisticação, de mão de obra especializada para o manuseio e com conhecimento químico apurado, devido às extrações que devem ser realizadas.

Dentre os métodos químicos mais precisos para quantificação da deposição pode-se citar:

- Análise da condutividade elétrica de uma solução através de condutivímetro. Este tipo de análise é principalmente utilizado quando o traçador escolhido foi um sal (NaCl ou KCl). A obtenção da quantidade de material depositado é feita através da concentração destes sais, proveniente da diferença de condutividade elétrica da água utilizada para preparo da calda e da calda coletada após aplicação. Nogueira et al. (1996) utilizaram esse método para um estudo de uniformidade de deposição e perdas na aplicação com pulverizador de herbicidas em ferrovias, na qual utilizaram o NaCl (1%) na calda de pulverização.
- Análise utilizando espectrofotometria, através da determinação da concentração de uma substância pela medida da absorção relativa de luz, tomando-se como referência a absorção da substância numa concentração definida (curva de concentração por absorção a luz). Para essa determinação pode-se fazer uso tanto dos corantes, como de sais metálicos ou do próprio produto fitossanitário.

- Análise utilizando cromatografia, que ocupa lugar de destaque por conseguir separar, identificar e quantificar as espécies químicas. Esta técnica apesar de ser excelente, é onerosa e às vezes complexa, principalmente em virtude da dificuldade de recuperação do produto fitossanitário. A cromatografia é classificada de acordo com a natureza das fases móveis e estacionária. Sendo a cromatografia gasosa, aquela que apresenta como fase móvel um gás; e a cromatografia líquida, aquela que apresenta fase móvel um líquido. A utilização de cada um destes métodos depende principalmente do composto que está sendo analisado. Ambas as formas conseguem separar os compostos de um determinado composto, pela diferença de tempo com que estes passam pela fase estacionária do equipamento. Assim, ao final da coluna de sílica (fase estacionária), existe um detector que identifica e quantifica o composto.
- Determinação colorimétrica é aquela que utiliza de corantes, onde o aparelho (colorímetro) realiza verificação da concentração de uma substância através da sua absorbância.
- A fluorimetria refere-se à determinação da concentração de uma substância pela medida da fluorescência de certos compostos. Para essa determinação são utilizados como traçadores corantes que apresentem fluorescência.

## **2.7. Fatores que influenciam a aplicação de defensivos agrícolas**

Segundo Cunha et al. (2010) e Hoffmann et al. (2011), a eficácia do tratamento fitossanitário e a dispersão do líquido pulverizado dependem das características físico-químico das caldas.

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, do tamanho das gotas, da cobertura necessária, da forma de ação do defensivo e da técnica de aplicação, dentre outros fatores. Na cafeicultura os produtores variam de 100 a 300 L ha<sup>-1</sup>, com os pulverizadores costais motorizados e de até 400 a 500 L ha<sup>-1</sup> com os pulverizadores do tipo “canhão” (MATIELLO et al., 2005). O volume de calda influencia também a eficiência operacional da aplicação, aumentando os custos de produção, pois o tempo gasto nas atividades de reabastecimento altera significativamente a capacidade operacional dos pulverizadores (número de hectares tratados por hora), assim como o consumo de combustível.

A aplicação excessiva de calda tende a aumentar perdas e conseqüentemente, diminui a eficiência da aplicação. Essas perdas podem ser de até 33% do volume pulverizado (Bueno Jr. 2002).

Usualmente as aplicações de volume de calda muito baixo acabam sendo realizadas com menor diâmetro de gotas (RUAS et al., 2011), o que aumenta o risco de perdas, principalmente por evaporação (ALVARENGA, 2012) e/ou deriva que de acordo com Fritz et al. (2009), é o arrasto de gotas para fora do local da praga alvo a qual se deseja controlar. Entretanto, dados práticos de campo mostram que este volume de calda varia quando se trata da aplicação de inseticidas e fungicidas. Sendo que, aplicações terrestre de fungicidas podem consumir de 100 a 600 L ha<sup>-1</sup>, dependendo da região.

Outro parâmetro importante para a uniformidade de uma pulverização é a densidade de gotas, geralmente expressa em gotas cm<sup>-2</sup>, sendo influenciado pelas propriedades do líquido (viscosidade, densidade e tensão superficial), e pressão de trabalho (GALLO et al., 2002; RAMOS et al., 2004; GARCIA, 2006). A eficiência de uma maior ou menor densidade de gotas está ligada à forma de ação do defensivo (sistêmico, de contato etc.).

## **2.8. Condições ambientais**

Além do volume de calda, outro parâmetro fundamental para o sucesso em uma aplicação é a adequação da tecnologia de aplicação às condições climáticas no momento da aplicação. Para a maioria dos casos, devem ser evitadas aplicações com umidade relativa do ar inferior a 50% e temperatura ambiente maior que 30°C. No caso do vento, o ideal é que as aplicações sejam realizadas quando a velocidade do vento esteja entre 3 e 10 km h<sup>-1</sup>. Para Gu et al. (2011), a velocidade do ar é um importante fator na qualidade da deposição e na uniformidade do tamanho de gotas.

Ausência de vento também pode ser prejudicial, em função de haver chance de ocorrer “Inversão térmica” podendo fazer com que as gotas finas se dissipem na atmosfera (JESUS JR. et al., 2007; BOLLER, 2007).

Magdalena et al. (2010), afirmam que o controle dessas perdas durante as aplicações é relevante, uma vez que podem causar efeitos negativos sobre a saúde humana e ao meio ambiente.

No início da manhã, no final da tarde e a noite são os períodos onde a umidade relativa do ar é maior e a temperatura ambiente é menor, sendo considerados mais adequados para as aplicações. Do ponto de vista prático, é possível e recomendável a utilização de gotas finas nestes horários. Porém, é necessário um monitoramento das condições ambientais com o passar das horas do dia, pois no caso de haver um aumento considerável da temperatura (com redução da umidade relativa), o padrão de gotas precisa ser mudado (passando-se a usar gotas maiores). Neste caso, o volume de aplicação deve ser aumentado, para não haver efeito negativo na cobertura dos alvos (ANTUNIASSI, 2006).

Na aplicação noturna deve considerar, ainda, a existência de limitações técnicas relativas aos próprios defensivos, no que se refere às questões de eficiência e velocidade de absorção nas situações de ausência de luz ou baixas temperaturas (ANTUNIASSI, 2006).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado no município de Nova Venécia, localizado no norte do estado do Espírito Santo, com latitude de 18°37'43"S e longitude de 40°22'18"W e altitude de 60 m. Conforme a classificação de Koppen (1948) o clima da região se enquadra no tipo Aw, com inverno seco, precipitação média anual de 1.212 mm e temperatura média anual de 23,8°C.

O ensaio dos parâmetros técnicos da pulverização foi montado em um esquema fatorial com três fatores (6x3x3), sendo, seis linhas de plantio pulverizadas, três velocidades (5,4 km h<sup>-1</sup>, 7,8 km h<sup>-1</sup> e 10,5 km h<sup>-1</sup>) e três posições na planta (Figura 1), em um delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições para o teste de deposição e três repetições para o teste com papel hidrossensível. No trabalho utilizou-se um espectrofotômetro da marca Thermo Scientific modelo GENESYS 10 UV, para quantificar a deposição do corante (µL cm<sup>-2</sup>).



Figura 1. Esquema de montagem do experimento.

As aplicações foram realizadas em lavoura de café conilon, da variedade Vitória Incaper 8142, com três anos de idade, plantado num espaçamento de 3,50 m entre linhas e 1,0 m entre plantas com altura média das plantas de 1,6 metros. As aplicações foram realizadas utilizando pulverizador pneumático do tipo canhão de ar da marca Jacto, modelo AJ-401 LH, tanque com capacidade de 400 L com sistema de agitação da calda pelo retorno da bomba, dotado de bomba centrífuga com capacidade de recalque de até  $120\text{ L min}^{-1}$ , acoplado aos três pontos do sistema hidráulico de levante do trator da marca John Deere, modelo 5078 E com 78 cv (57,4 KW).

A pulverização foi realizada entre cinco e oito horas da manhã, com o objetivo de aplicar em melhores condições ambientais, minimizando erros experimentais. Durante a aplicação os valores médios da umidade relativa do ar, temperatura ambiente e velocidade do vento foi respectivamente de 87%,  $21,7^{\circ}\text{C}$  e  $1,1\text{ m s}^{-1}$ , medidos com auxílio de termo-higrômetro digital da marca Thermo, modelo T 512 e um anemômetro digital da marca Selectech, modelo Se-8908,

posicionado a dois metros de altura da superfície do solo, conforme metodologia utilizada por Scudler et al. (2004).



Figura 2. Medições da umidade relativa do ar, temperatura ambiente e velocidade do vento.

A solução pulverizada em todos os tratamentos foi preparada com o corante alimentício azul brilhante (FD&C nº 1) a na dose de  $1500 \text{ mg L}^{-1}$  (PALLADINI, 2005), após a pulverização as folhas foram coletadas com auxílio de luvas cirúrgicas e acondicionadas em sacos plásticos identificados, que foram colocados em caixa de isopor e imediatamente levado ao laboratório.

As cada folha adicionou-se 100 mL de água destilada, mantendo-a por agitação por cerca de 30 segundos para remoção do corante. A solução resultante foi usada para quantificar o depósito por um espectrofotômetro pela leitura de absorbância no comprimento de onda de 630 nm conforme Quirino (2010).

Os valores de absorbância lidos pelo espectrofotômetro proporcionaram a sua transformação em  $\text{mg L}^{-1}$  de acordo com a equação da curva-padrão estabelecida pelas diluições das amostras (1/100, 1/200, 1/500, 1/1000, 1/2000, 1/5000, 1/10000) da calda de pulverização coletada no campo, resultando na equação  $y = 60,027x + 0,0284$  para todos os tratamentos. Substituindo o valor x da equação pelo valor da leitura da absorbância da amostra aferida no espectrofotômetro, calculamos a concentração em  $\text{mg L}^{-1}$  do corante azul brilhante.

Após a remoção do corante, calculou-se a área das folhas em centímetro quadrado ( $\text{cm}^2$ ) a partir da fórmula proposta por Partelli et AL. (2006):

$$AF = 0,3064 \cdot I^{-0,0556} \cdot CNC^{2,0133}$$

em que AF é a estimativa da área foliar para plantas de idades diferentes ( $\text{cm}^2$ ); I, idade da planta (meses); e CNC, comprimento da nervura central (cm).

Em seguida, determinou-se o volume depositado nas folhas através da seguinte equação:

$$C_i \cdot V_i = C_f \cdot V_f$$

em que  $C_i$  é a concentração inicial da calda ( $1500 \text{ mg L}^{-1}$ );  $V_i$ , volume inicial a ser calculado;  $C_f$ , concentração final que corresponde à concentração encontrada na leitura do espectrofotômetro; e  $V_f$ , volume utilizado para lavar as folhas.

Com o volume depositado, calculou-se a deposição em microlitros de calda por centímetro quadrado ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ) de superfície foliar.

Para fins de análise estatísticas dos resultados obtidos, estes foram submetidos à análise de variância, (ANOVA) e posteriormente submetidos ao teste de média de Tukey a 5% de probabilidade, para comparação das médias, usando o software Assisat 7.7 Beta (SILVA, 2006).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A quantificação do corante marcador, das amostras diluídas, possibilitou o estabelecimento da seguinte equação, com coeficiente de determinação  $R^2 = 0,9999$  para todos os tratamentos:

$$Y = 60,027x + 0,0284$$

em que X é a leitura da densidade óptica (absorbância); Y, concentração em  $\text{mg L}^{-1}$ , pois a concentração de corante foi igual em todos tratamentos (Figura 3).

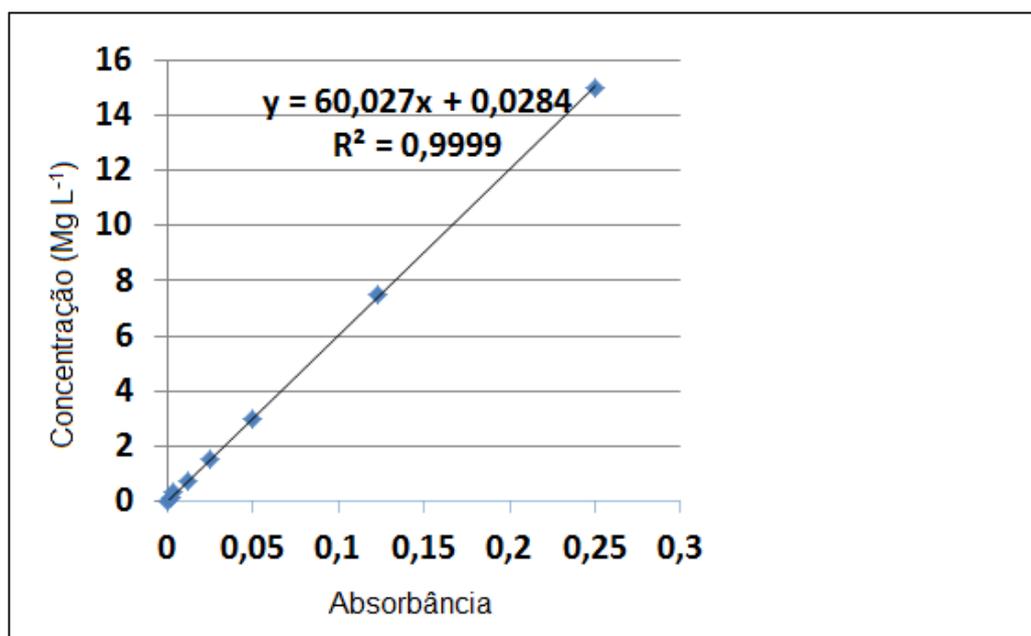


Figura 3. Curva de leitura de absorbância para inferir concentração em  $\text{mg L}^{-1}$ .

Pelo valor do coeficiente de determinação  $R^2$ , verifica-se que a equação explica com precisão os valores da concentração em  $\text{mg L}^{-1}$  das soluções em função da absorvância lidos no espectrofotômetro, dado que 99% da variação do volume depositado pode ser explicado pela concentração.

Na Tabela 1, apresenta-se a análise de variância das médias de deposição pelo teste de F, em nível de 5% de probabilidade. As interações foram significativas, exceto para velocidade x deposição, indicando independências das mesmas.

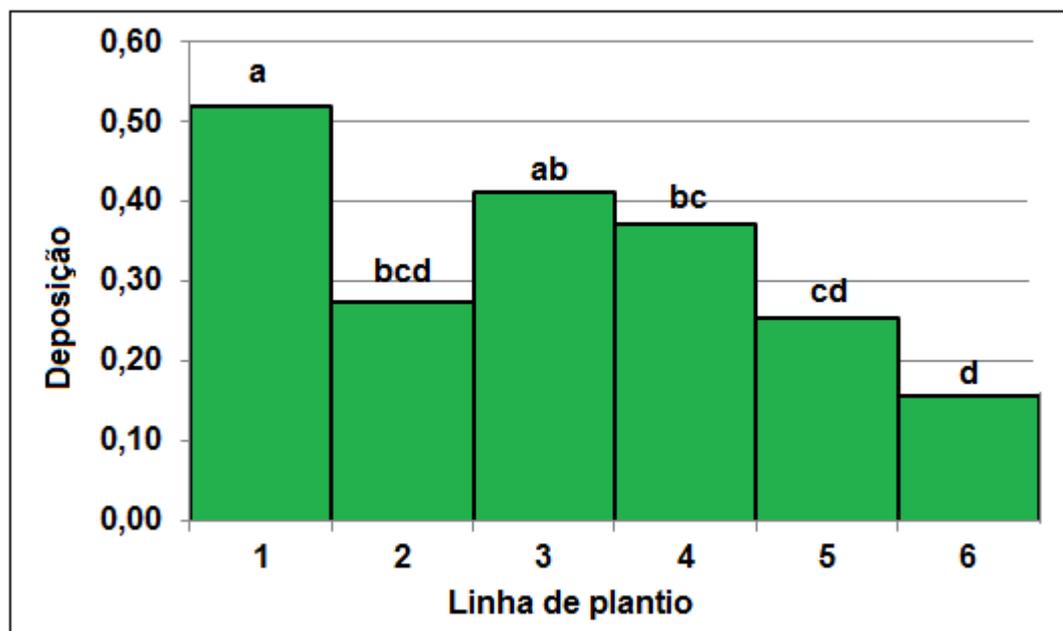
Tabela 1. Análise de variância pelo teste de F em nível de 5% de probabilidade

FV	GL	SQ	QM	F
Fator 1 (linha plantio)	5	3,00593	0,60119	13,3425**
Fator 2 (velocidade)	2	0,91815	0,45907	10,1885**
Fator 3 (posição)	2	5,34453	2,67227	59,3074**
Int. F1xF2	10	2,57918	0,25792	5,7241**
Int. F1xF3	10	1,99399	0,1994	4,4254**
Int. F2xF3	4	0,15631	0,03908	0,8672 <sup>ns</sup>
Int. F1xF2xF3	20	2,36843	0,11842	2,6282**
Tratamentos	53	16,36651	0,3088	6,8535**
Resíduo	162	7,29938	0,04506	
Total	215	23,66589		

\*\* significativo em nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ).

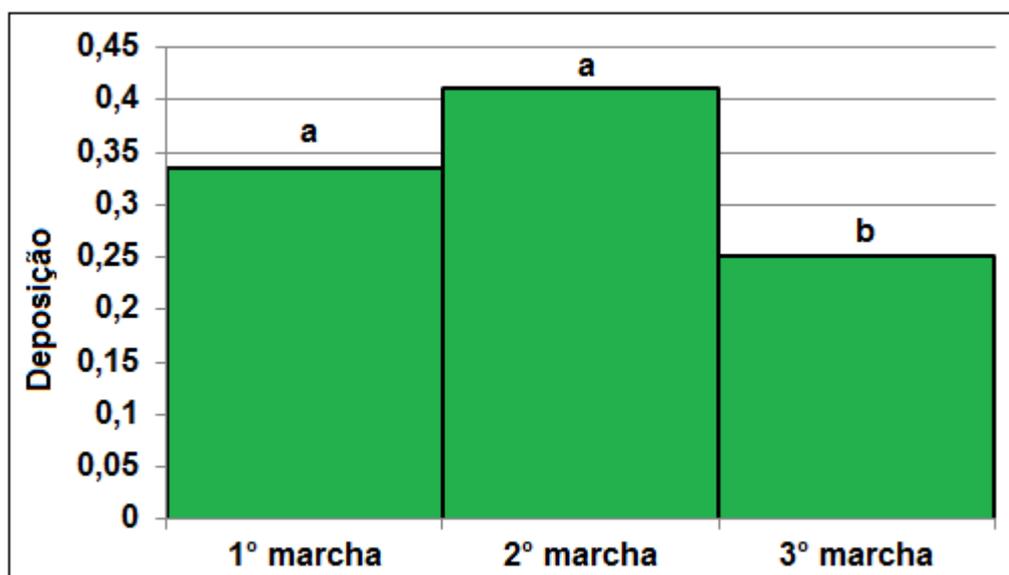
<sup>ns</sup> não significativo ( $p \geq 0,05$ ).

Demonstrou-se os resultados da deposição para os tratamentos de linha de plantio (Figura 4), velocidade (Figura 5) e posição (Figura 6), analisado pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.



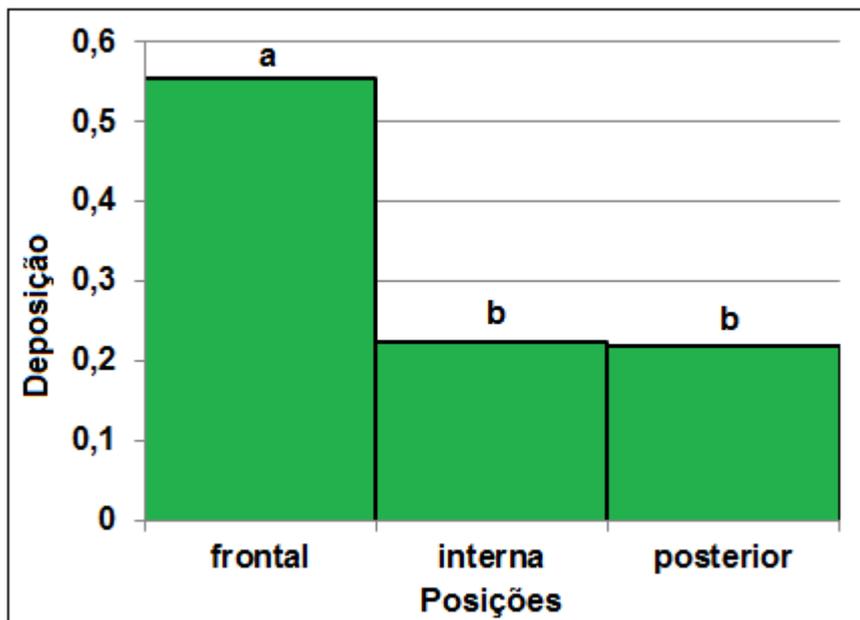
Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Figura 4. Deposição de gotas ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ) nas seis linhas de plantio da faixa aplicada.



Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Figura 5. Deposição de gotas ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ) no tratamento variando velocidades de deslocamento do pulverizador.



Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Figura 6. Deposição de gotas ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ) no tratamento variando posições da planta.

A deposição sob as plantas da primeira linha de plantio e da terceira mostram-se superior as demais, o que pode ser explicado pelo foco dos jatos, uma vez que o pulverizador é dotado de duas turbinas, o que justifica a menor deposição na segunda linha de plantio. A partir da terceira linha, as deposições vão diminuindo conforme se aumenta a distância em relação ao pulverizador. Bócoli et al. (2012) e Scudeler et al. (2004) verificaram com uso de corantes traçadores que o volume de calda atingido na parte inferior do cafeeiro é maior que o volume de calda atingido na parte superior em pulverização com turbo pulverizador e pulverizadores costais. Ressalta-se que estes autores estudaram partes do cafeeiro, dividindo-o em três partes da altura da planta.

Verifica-se, na pulverização com canhão, que os níveis de depósitos são bem menores quando comparados com os verificados por Miranda (2009) e Scudeler et al. (2004) utilizando turbo pulverizador e pulverizadores costais.



Figura 7. Distribuição da população de gotas durante aplicação.

Para a velocidade, não apresentou diferença estatística entre a primeira e segunda marcha ( $5,4 \text{ km h}^{-1}$  e  $7,8 \text{ km h}^{-1}$ ) que apresentaram maior deposição que a terceira marcha ( $10,5 \text{ km h}^{-1}$ ).

Entre as posições nota-se que a deposição é maior na parte frontal a aplicação, e não diferem estatisticamente entre o interior da planta e a parte posterior a aplicação. Podendo ser explicado pela dificuldade de penetração da calda no interior da planta, enquanto na parte posterior o líquido pulverizado por cima da planta, é depositado nas folhas quando as gotas estão caindo. Essa característica de deposição contribui para o aumento da perda de calda depositada no solo, contribuindo também para contaminação do solo.

Aubertot et al. (2006) afirmam que as aplicações com assistência de ar é acompanhada de perdas de gotas para o solo e para atmosfera. Segundo eles, durante uma aplicação as perdas por evaporação estão entre 10% e 20%.

Raetano et al. (2004) constataram que os valores médios de perda de calda para o solo estão, relacionados ao volume de calda aplicado assim como a deposição total nas plantas. Na pulverização em feijoeiro com pulverizador em barra o valor depositado no solo chega a ser 2,13 vezes maior do que nas plantas.

Essas condições revelam que mais de 60% do volume aplicado foi perdido para o solo.

Balan et al. (2006) observaram perdas de até 69,9% quando pulverizaram com turboatomizador, videiras da cultivar Rubi, com aproximadamente cinco anos de idade, implantada em espaçamento de três metros entre linhas e seis metros entre plantas desencontradas com volume de calda de  $1674L\ ha^{-1}$ .

A Figura 8 apresenta depósito de calda com o corante azul brilhante em plantas daninhas e pedaços de madeira posicionados na entre linha, evidenciando perdas de produtos químicos.

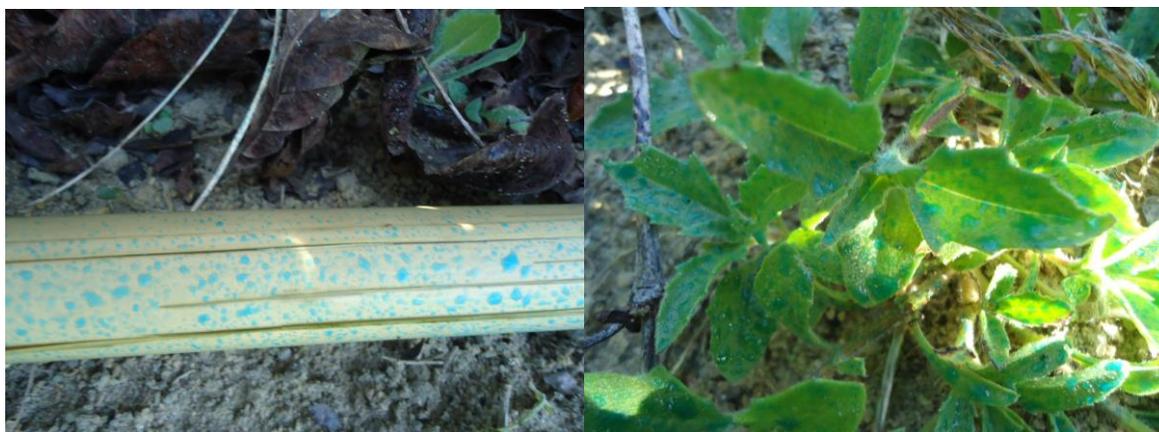


Figura 8. Deposição de calda fora do alvo.

Com menor movimentação do ar, as gotas que, na pulverização com canhão, se depositam de cima para baixo, têm menor potencial de penetração no interior da planta e nas folhas presentes na parte inferior do cafeeiro. Além do mais, a distribuição é desuniforme, dada a diferença entre os lados estudados, sendo necessária a complementação do trabalho com uma segunda passagem de sobreposição. Estes resultados confirmam Matuo (1983) e Schroder (2009), que afirmam que a pulverização com pulverizador do tipo canhão apresenta deposição desuniforme.

Como consequência, pode-se inferir que quando não se consegue uma boa uniformidade de distribuição de gotas no dossel do cafeeiro, principalmente com produtos de contato, as pragas podem desenvolver-se em áreas que não

receberam quantidade satisfatória de líquido. Neste caso, a baixa eficiência de controle, existe o risco de ocorrer resistência do patógeno (KONNO et al., 2001).

Na Tabela 2 verifica-se que a deposição entre as linhas de plantio não diferem estatisticamente quando pulverizado com a terceira marcha (10,5 km h<sup>-1</sup>), enquanto na primeira marcha (5,4 km h<sup>-1</sup>) as linhas três e quatro apresentaram maior deposição comparado as demais médias. Para as linhas dois, três e seis, a deposição foi igual estatisticamente para as velocidades estudadas. Apesar da baixa uniformidade na pulverização utilizando a segunda marcha (7,8 km h<sup>-1</sup>), o volume depositado nas linhas foram superiores em todas as linhas com exceção da quinta.

Tabela 2. Análise de deposição de gotas ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ) para a interação entre linha de plantio e velocidade de deslocamento do pulverizador

Linha de plantio	Velocidade		
	1° marcha	2° marcha	3° marcha
1	0,34 bB	0,85aA	0,37aB
2	0,25 bA	0,34 bcdA	0,23aA
3	0,41abA	0,50 bA	0,33aA
4	0,59aA	0,24 cdB	0,28aB
5	0,23 bAB	0,39 bcA	0,15aB
6	0,20 bA	0,13 dA	0,14aA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Cavaliere et al. (2013) observaram que há redução no depósito de calda nas duas partes da folha (adaxial e abaxial) de algodão com o aumento da velocidade de deslocamento do pulverizador. A velocidade de deslocamento do conjunto trator-pulverizador influenciou significativamente a deposição da calda nas linhas de plantio. Independente da velocidade observa-se um aumento da deposição na terceira linha, explicado pelo direcionamento do canhão e pela diminuição da energia potencial das gotas na medida em que aumenta a distância de aplicação (Tabela 2).

Tabela 3. Análise de deposição de gotas ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ) para a interação entre linha de plantio e posição das plantas

Linha de plantio	Posições		
	Frontal	Interna	Externa
L1	0,92 aA	0,35 aB	0,29 aB
L2	0,37 cdA	0,17 aA	0,29 aA
L3	0,77 abA	0,19 aB	0,28 aB
L4	0,58 bcA	0,35 aB	0,19 aB
L5	0,47 cdA	0,15 aB	0,15 aB
L6	0,22 dA	0,13 aA	0,12 aA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A deposição na região interna e posterior da planta não apresentou diferença estatística ao longo das seis linhas de plantio. Enquanto na posição frontal a pulverização, apresentou baixa uniformidade de deposição, sendo maior nas linhas um e três, e decrescendo à medida que se aumenta a distância ao pulverizador, indicando a necessidade de aplicação em sobreposição.

Entre as posições, o volume de calda recebido na linha dois e seis foi igual estatisticamente e superior que a deposição nas posições interna e externa da planta nas demais linhas. Percebe-se ainda que nas linhas dois e seis, onde é menor a deposição na região frontal, não há diferença estatística entre as posições na planta, ao contrario das demais linhas de plantio.

Escola et al. (2006) afirmam que as maiores gotas do espectro são depositadas na parte externa da copa devido ao efeito parede produzido pelas folhas. Desta forma, apenas as menores gotas, tem a capacidade de penetrarem no dossel da planta. Alvarenga et al. (2014), pulverizando laranjeiras com pulverizador hidropneumático, observaram menor população de gotas no interior do dossel da planta e nas posições mais distantes do ponto de lançamento das gotas (Figura 9).



Figura 9. Gotas grandes depositadas nas folhas de café sujeitas a escoamento.

Em futuros experimentos com pulverizador do tipo canhão, sugiro coletar os dados de deposição de gotas no solo, principalmente nos estágios em que a planta apresenta menor volume foliar ou plantio menos adensado.

## 5. CONCLUSÕES

A velocidade de deslocamento de  $7,8 \text{ km h}^{-1}$  apresenta maior rendimento operacional sem afetar a deposição de gotas.

Na velocidade de  $5,4 \text{ km h}^{-1}$  a uniformidade de deposição nas linhas de plantio é maior.

O potencial de penetração de calda no dossel da planta é baixo, uma vez que a deposição nas posições interna e externa são inferiores que na posição frontal.

A uniformidade da aplicação principalmente na região frontal é baixa.

## REFERÊNCIAS

ALVARENGA, C.B. **Automatização de um pulverizador hidropneumático visando o controle do espectro de gotas em função do déficit de pressão de vapor d'água no ar**. 2012. 128 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

ALVARENGA, C.B.; TEIXEIRA, M.M.; ZOLNIER, S.; CECON, P.R.; SIQUEIRA, D.L.; RODRIGUES, D.E. Efeito da morfometria da laranjeira na pulverização hidropneumática. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 8, n. 1, p. 49-58, 2014.

ALVES, G. S. Seleção de traçadores e deriva nas aplicações foliares de produtos fitossanitários na cultura do café (*Coffea arábica* L.). 2014. 67 f. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

ANTUNIASSI, U.R. Tecnologia de aplicação de defensivos na cultura da soja. In: SUZUKI, S.; YUYAMA, M.M.; CAMACHO, S.A. **Boletim Técnico de Pesquisa Soja 2006**. Rondonópolis, MT: Fundação Mato Grosso, 2006.

AUBERTOT, J.; BARBIER, J.; CARPENTIER, A.; GRIL, J.; GUICHARD, L.; LUCAS, P.; SAVARY, S.; SAVANI, I.; VOLTZ, M. **Pesticides, agriculture and environment**. CEMAGREF, 2006. (Expert Report INRA).

BALAN, M.G.; SAAB, O.J.G.A.; SILVA, C.G. Depósito e perdas em sistema de pulverização com turboatomizador em videira. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 2, p. 470-477, 2006.

BÓCOLI, M.A.; MIRANDA, R.B.; CARVALHO, A.R.; ALVES, A.D. Quantificação de depósitos do pulverizador tipo canhão em lavoura cafeeira com espaçamento convencional. **Revista Agrogeoambiental**, v. 4, n. 2, p. 223-231, 2012.

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

BUENO JR., J.A.S. **Deposição e distribuição de pulverizações no controle de ácaro branco (*Polyphagotarsonemus latus* (Banks) em limoeiro 'Siciliano'**. 2002. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2002.

CASALI, A.L. **Condições de uso de pulverizadores e tratores na região Central do Rio Grande do Sul**. 2012. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2012.

CAVALIERI, J.D. **Pontas e velocidade de deslocamento na deposição de gotas da pulverização na cultura do algodão**. 2013. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2013.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira. Terceira estimativa Safra Café 2013 setembro/2013**. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_09\\_09\\_15\\_34\\_48\\_boletim\\_cafe\\_-\\_setembro\\_2013.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_09_09_15_34_48_boletim_cafe_-_setembro_2013.pdf). Acesso em 25 de novembro de 2014.

CUNHA, J.P.A.R.; ALVES, G.S.; REIS, E.F. Efeito da temperatura nas características físico-químicas de soluções aquosas com adjuvantes de uso agrícola. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 28, n. 3, p. 665-672, 2010.

DAVIS, A. P.; TOSH, J.; RUCH, N.; FAY, M. F. Growing coffee: *Psilanthus* (Rubiaceae) subsumed on the basis of molecular and morphological data implications for the size, morphology, distribution and evolutionary history of *Coffea*. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London v. 167, n. 4, p. 357-377, 2011.

ESCOLA, A.; CAMP, F.; SOLANELLES, F.; PLANAS, S.; GARCIA, F.; ROSSE, J.R.; GIL, E.; VAL, L. **Spray application volume in apple pear orchards in Catalonia (Spain) and variable rate technology for dose adjustment**. St. Joseph, Mich.: ASAE, 2006. (Paper, 1620).

FASSIO, L.H.; SILVA, A.E.S. Importância econômica e social do café conilon. In: **Café Conilon**. Vitória, ES: Incaper, 2007. Cap. 1, p. 37-49.

FERRÃO, R.G.; FONSECA, A.F.A.; FERRÃO, M.A.G.; BRAGANÇA, S.M.; VERDIN, A.C.F.; VOLPI, P.S. Cultivares de café Conilon. In: **Café Conilon**. Vitória, ES: Incaper, 2007. Cap. 7, p. 205-225.

FRITZ, B.K.; HOFFMANN, W.C.; PARKER, C.; LÓPEZ, J.D. Development and testing of a laboratory spray table methodology to bioassay simulated levels of aerial spray drift. **Journal of ASTM International**, v. 6, n. 6, 2009.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BAPTISTA, G.C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

GARCIA, L.C. **Avaliação de tecnologias de aplicação de nematóides entomopatogenicos visando o controle de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepdoptera: Noctuidae) na cultura do milho.** 2006. 55 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2006.

GIL, Y. Influence of micrometeorological factors on pesticide loss to the air during vine spraying: data analysis with statistical and fuzzy inference models. **Biosystems Engineering**, Columbus, v. 100, n. 2, p. 184-197, 2008.

GU, J.; ZHU, H.; DING, W.; JEON, H.Y. Droplet size distributions of adjuvant-amended sprays from an air-assisted five-port PWM nozzle. **Atomization and Sprays**, v. 21, n. 3, p. 263-274, 2011.

HOFFMANN, W.C.; FRITZ, B.K.; MARTIN, D.E. Air and spray mixture temperature effects on atomization of agricultural sprays. **Agricultural Engineering International: The CIGR Journal**, v. 13, n. 1, 2011.

ICO, International Coffee Organization. **Trade statistics**. Available via dialog: [http://www.ico.org/trade\\_statistics.asp](http://www.ico.org/trade_statistics.asp). Acesso: 11 nov. 2013.

JEON, H.Y. Evaluation of ultrasonic sensor for variable-rate spray applications. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 75, n. 1, p. 213-221, 2011.

JESUS JÚNIOR, W.C.; POLANCZYK, R.A.; PRATISSOLI, D.; PEZZOPANE, J.E.M.; SANTIAGO, T. **Atualidades em defesa fitossanitária.** Alegre: Universidade Federal do Espírito Santo, 2007. 476 p.

KONNO, Roberto Hiroyuki; FRANCO, Claudio Roberto; OMOTO, Celso. Suscetibilidade de populações de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae) a acaricidas organoestânicos em citros. **Sci. Agric.**, v. 58, p. 703-709, 2001.

KÖPPEN, W. **Climatologia como um estúdio de los climas de tierra.** México: Fondo de Cultura Econômica, 1948. 478 p.

LLORENS, J. Variable rate dosing in precision viticulture: use of electronic devices to improve application efficiency. **Crop Protection**, Oxford, v. 29, n. 3, p. 239-248, 2010.

MACIEL, C.D.G.; VELINI, E.D.; RAETANO, C.G.; SOUZA, R.T.; NEGRISOLI, E.; CAVENAGHI, A.; SILVA, M.A.S.E. Estimativa de depósito e distribuição da calda de pulverização em papel hidrossensível e plantas de *Ipomoea grandifolia*. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 2, 2001, Jundiaí. **Anais...** Jundiaí: IAC, 2001.

MAGDALENA, J.C.; FERNÁNDEZ, D.; DI PRINZIO, A.; BEHMER, S. Pasado y presente de la aplicación de agroquímicos em agricultural. In: \_\_\_\_\_. **Tecnología de aplicación e agroquímicos**. Argentina: Área de Comunicaciones del INTA Alto Valle, 2010. Cap. 1, p. 17-26.

MARCHI, S.R.; MARTINS, D.; COSTA, N.V.; TERRA, M.A.; NEGRISOLI, E. Degradação luminosa e retenção foliar dos corantes azul brilhante FDC-1 e amarelo tartasina FDC-5 utilizados como traçadores em pulverização. **Planta Daninha**, v. 23, n. 2, p. 287-294, 2005.

MATIELLO, J.B.; FREITAS J.L.; GOUVÊA, L. Fernando. Controle da ferrugem do cafeeiro via canhão-atomizador com formulações de triazóis e estrubirulinas. **Revista Brasileira de Tecnologia Cafeeira – Coffea**, ano 2, n. 5, 2005.

MATIELLO, J.B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A.W.R.; ALMEIDA, S.R.; FERNANDES, D. R. **Cultura do café**: novo manual de recomendações. Varginha: Fundação Procafé, 2005. 438 p.

MATUO, T. Fitossanidade do algodoeiro. In: SIMPÓSIO HOECHST, 1983, Rio de Janeiro. **Trabalhos apresentados...** Rio de Janeiro, 1983. p. 33-36.

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

MIGUELA, J.V.; CUNHA, J.P.A.R. **Manual de aplicação de produtos fitossanitários**. Viçosa: Aprenda Fácil Editora, 2011. p. 558-569.

MILLER, P.C.H. Spray drift and its measurement. In: MATTHEWS, G.A.; HISLOP, E.C. **Application technology for crop protection**. Trowbridge: CAB International, 1993. p. 101-122.

MIRANDA, G.R.B. **Distribuição de inseticidas em frutos do cafeeiro**. 2009. 105 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Proteção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2009.

NOGUEIRA, H.C.; ANTUNIASSI, U.R.; VELINI, E.D. Avaliação da uniformidade de deposição e perdas de calda na utilização de um pulverizador de herbicidas em ferrovias. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 11, n. 2, p. 27-43, 1996.

PALLADINI, L.A. **Metodologia para avaliação da pulverização em pulverizadores**. 2000. 111 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Proteção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2009.

PALLADINI, L.A.; RAETANO, C.G.; VELINI, E.D. Choice of tracers for the evaluation of spray deposits. **Scientia Agrícola**, v. 62, n. 5, p. 440-445, 2005.

PARTELLI, F.L.; VIEIRA, H.D.; DETMANN, E.; CAMPOSTRINI, E. Estimativa da área foliar do cafeeiro conilon a partir do comprimento da folha. **Revista Ceres**, v. 53, p. 204-210, 2006.

PAULSRUD, B.E.; MONTGOMERY, M. Characteristics of fungicides used in field crops. **Report on Plant Disease**, n. 1002, 2005.

PEZZOPANE, J.R.M.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; THOMAZIELLO, R.A.; CAMARGO, M.B.P. Escala para avaliação de estádios fenológicos do cafeeiro arábica. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 3, p. 499-505, 2003.

QUIRINO, A.L.S. **Parâmetros técnicos para aplicação do Glyphosate visando o aumento da eficácia segurança ambiental e do aplicador**. 2010. 75 p. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.

RAETANO, G.R.; BAUER, F.C. Deposição e perdas da calda em feijoeiro em aplicação com assistência de ar na barra pulverizadora. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 2, p. 348-356, 2004.

RAMOS, H.H.; SANTOS, J.M.F.; ARAÚJO, R.M.; BONACHELA, T.M. **Manual de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários**. Campinas: ANDEF, 2004. 43 p.

RAMOS, H.H.; YANAI, K.; ARAÚJO, D.; AGUIAR, V.C. Tecnologia de aplicação de defensivos na cultura do café. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM CAFÉ, 7, 2007, Campinas. **Anais...** Campinas: Instituto Agrônômico, 2007. 91 p. (Documentos IAC, 80).

REIS, E.M.; CASA, R.T. **Doenças dos cereais de inverno: diagnose, epidemiologia e controle**. 2.ed. Lages: GraPHeI, 2007. 176 p.

RUAS, R.A.A.; TEIXEIRA, M.M.; SILVA, A.A.; FERNANDES, H.C.; VIEIRA, R.F. Estimativa de parâmetros técnicos da tecnologia de aplicação do glyphosate no controle de *Brachiaria decumbens*. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 3, p. 299-304, 2011.

SCHRODER, E.P. **Proteção com tecnologia**. Disponível em: <[http://www.megabio.com.br/ambiente\\_2.html](http://www.megabio.com.br/ambiente_2.html)>. Acesso em: 17 fev. 2015.

SCUDELER, F.; RAETANO, C.G.; ARAUJO, D.; BAUER, F.C. Cobertura da pulverização e maturação de frutos do cafeeiro com ethephon em diferentes condições operacionais. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 1, p. 129-139, 2004.

SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. A new version of the assistat - statistical assistance software. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 4, 2006, Orlando. **Proceedings...** Reno, NV: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2006. p. 393-396.

TAVARES JÚNIOR, J.E.; FAVARIN, J.L.; DOURADO NETO, D.; MAIA, A.H.N.; FAZUOLI, L.C.; BERNARDES, M.S. Análise comparativa de métodos de estimativa de área foliar em cafeeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 2, p. 199-203, 2002.

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

YATES, W.E.; AKESSON, N.B. Fluorescent tracers for quantitative microresidue analyses. **ASAE**, v. 6, p. 105, 1963.

YU, Y.; ZHU, H.; OZKAN, H.E.; DERKSEN, R.C.; KRAUSE, C.R. Evaporation and deposition coverage area of droplets containing insecticides and spray additives on hydrophilic, hydrophobic, and crabapple leaf surfaces. **Transactions of the ASAE**, v. 52, p. 39-49, 2009.

ZAMBOLIM, L. **Tecnologias de produção de café com qualidade**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2001. 646p.