

JOÃO EDUARDO RIBEIRO DA SILVA

DEPOSIÇÃO DE CALDA APLICADA EM FOLHAS DE CAFEIEIRO COM
DIFERENTES VOLUMES E PONTAS DE PULVERIZAÇÃO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha

Co-orientador

Prof. Dr. Quintiliano Siqueira Schroden Nomelini

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2013

JOÃO EDUARDO RIBEIRO DA SILVA

DEPOSIÇÃO DE CALDA APLICADA EM FOLHAS DE CAFEIEIRO COM
DIFERENTES VOLUMES E PONTAS DE PULVERIZAÇÃO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Agronomia – Mestrado, área de
concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de
“Mestre”.

APROVADA em 28 de fevereiro de 2013.

Prof. Dr. Quintiliano Siqueira Schroden Nomelini
(Co-orientador)

UFU

Prof. Dr. Carlos Alberto Alves de Oliveira

IFTM

Prof. Dr. Leomar Paulo de Lima

IFTM

Prof. Dr. João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha
ICIAG-UFU
(Orientador)

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2013

|

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, que nos dá sabedoria e direção para realizarmos nossas tarefas. A Ele dedico este trabalho.

À minha família, que sempre me deu apoio incondicional, obrigado pelo estímulo.

Ao Professor Dr. João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha, que me orientou na execução desta dissertação, seus conselhos fizeram a diferença nesta produção científica.

Aos colegas de mestrado Mariana, Guilherme e Alberto, pela contribuição e amizade durante o mesmo.

|

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1 – INTRODUÇÃO	1
2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 – A cultura do café arábica (<i>Coffea arábica</i> L.)	4
2.2 – Pragas e doenças	5
2.3 – Tecnologia de aplicação	6
2.3.1 – Pontas de pulverização	6
2.3.2 – Volume de calda	8
2.4 – Cartas de controle	9
2.5 – Modelos lineares generalizados	9
3 – MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1 – Preparo da calda	14
3.2 – Características avaliadas	14
3.3 – Análise laboratorial	15
3.4 – Índice de área foliar	15
3.5 – Vazão de ar do ventilador	16
3.6 – Análise estatística	17
3.6.1 – Cartas de controle	18
4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4.1 – Cartas de controle	25
5 – CONCLUSÕES	30
REFERÊNCIAS	31
ANEXOS	37

RESUMO

SILVA, J. E. R. **Deposição de calda em folhas de cafeeiro com diferentes volumes e pontas de pulverização.** 2013. 41 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

A cafeicultura é no Brasil uma importante atividade agrícola e econômica. O País é o maior produtor e exportador mundial, tendo o estado de Minas Gerais como o principal produtor nacional. Um dos grandes problemas enfrentados pelos cafeicultores é a suscetibilidade das plantas a várias pragas e doenças. Dentre estas, destaca-se o bicho-mineiro, considerado praga-chave da cultura, ocorrendo em praticamente todas as regiões produtoras. Para o manejo desta praga, tem sido empregado o controle químico, no entanto a cultura apresenta diversos desafios para a tecnologia de aplicação dos produtos fitossanitários; as plantas apresentam densa folhagem e variações nos aspectos da copa. O objetivo deste trabalho foi estudar a deposição de calda pulverizada em folhas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) e a perda para o solo proporcionada pela aplicação com dois volumes de calda e dois tipos de pontas de pulverização. O trabalho foi conduzido na Fazenda do Glória, de propriedade da Universidade Federal de Uberlândia, em Uberlândia-MG, em lavoura de café arábica cultivar Catuaí IAC 99 com 11 anos de idade, em setembro de 2012. O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e oito repetições, em esquema fatorial 2x2, com duas pontas de pulverização, jato cônico vazio (ATR) e jato cônico vazio com indução de ar (TVI), e dois volumes de calda, 200 e 500 L ha⁻¹. Adicionou-se à calda o traçador Azul Brilhante, em dose fixa de 300 g ha⁻¹. Foram coletadas folhas das metades superior e inferior da copa das plantas, bem como lâminas de vidro posicionadas no solo sob a copa das mesmas, das quais foi retirado e quantificado o traçador contido nas amostras por espectrofotometria de absorção de luz. Foi conduzido também um estudo de Controle Estatístico de Processo (CEP), que permitiu avaliar o comportamento das variáveis em suas repetições dentro dos tratamentos. O uso de pontas de jato cônico vazio com indução de ar mostrou-se viável quanto à deposição de calda no cafeeiro, principalmente junto com o uso do maior volume de calda (500 L ha⁻¹). Na parte inferior da cultura, a deposição de calda foi semelhante empregando-se 200 L ha⁻¹ ou 500 L ha⁻¹, o que demonstra a viabilidade do uso do volume de calda reduzido. O uso da

ponta de jato cônico vazio com indução de ar proporcionou maiores perdas para o solo. A análise das cartas de controle referentes aos tratamentos avaliados mostrou que não ocorreu grande variabilidade entre os pontos amostrais, indicando bom padrão de qualidade sob o ponto de vista estatístico.

Palavras-chave: tecnologia de aplicação, bico de pulverização, pulverizador hidropneumático, volume de aplicação, controle estatístico de processo.

Orientador: Prof. Dr. João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha – ICIAG/UFU.

Co-orientador: Prof. Dr. Quintiliano Siqueira S. Nomelini - FAMAT/UFU

ABSTRACT

SILVA, J. E. R. **Spray deposition in coffee leaves with different volumes and spray nozzles.** 2013. 41 p. Dissertation (Masters Program in Agronomy) – Agricultural Sciences Institute, Federal University of Uberlândia, Uberlândia, 2013.

Coffee crop is an important agricultural and economic activity in Brazil. The country is the greatest coffee producer and exporter, and has in the state of Minas Gerais the major national producer. One of the biggest problems faced by coffee farmers is the susceptibility of the plants to several pests and diseases. Among these, the leaf-miner, considered a key pest of the crop, occurs in almost all producing regions. Pest management has been successful by employing chemical control; however, the crop presents many challenges for application technology, such as dense foliage development and variations in the canopy. This study evaluated spray deposition on leaves of coffee arabica (*Coffea arabica* L.), and its loss to soil resulting from the pulverization of two application volumes and two spray nozzle types. The work was conducted at Glória's farm, property of the Federal University of Uberlândia, Uberlândia-MG, in 11 years old coffee arabica cultivar Catuaí IAC 99, in september 2012. The experiment was a 2x2 factorial, with two nozzles, (ATR) hollow cone and (TVI) hollow cone with air induction, and two volumes, 200 L ha⁻¹ and 500 L ha⁻¹. Brilliant Blue coloring was added to the tank mixture, at a fixed concentration of 300 g ha⁻¹. Leaves were collected from upper and lower halves of plant canopies and glass slides were positioned on the ground under the plant canopy to collect spray drippings. The concentration contained in the samples was determined by light absorption spectrophotometry. Also, a study of statistical process control (SPC) was conducted, allowing the evaluation of the behavior of the variables in their repetitions within treatments. The use of hollow cone tips with air induction together with greater spray volume (500 L ha⁻¹) was a good option for spray deposition in coffee leaves. At the lower half of the canopy, spray deposition was similar using both 200 L ha⁻¹ and 500 L ha⁻¹, which demonstrates the feasibility of using the reduced spray volume. The hollow cone with air induction nozzle resulted in greater losses to the soil. The analysis of the control charts (SPC) related to treatments showed that no great variability among the sampling points was found, indicating good quality standard from the statistical point of view.

Key-words: application technology, spray nozzle, airblast sprayer, spray volume, statistical process control.

Supervisor: Prof. Dr. João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha – ICIAG/UFU.

Co-supervisor: Prof. Dr. Quintiliano Siqueira S. Nomelini – FAMAT/UFU.

1 - INTRODUÇÃO

A cafeicultura é no Brasil uma importante atividade agrícola e econômica. O País é o maior produtor e exportador mundial, tendo o estado de Minas Gerais como o principal produtor nacional, com 52% da produção. A cadeia produtiva também se destaca pelo seu grande potencial gerador de renda e empregos. O parque cafeeiro brasileiro é composto por basicamente duas espécies, *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, que correspondem, respectivamente, à 77,74% e 22,26% da área cultivada (CONAB, 2012a).

Um dos grandes problemas enfrentados pelos cafeicultores é a suscetibilidade da planta de café a várias pragas e doenças, que aparecem desde a fase de viveiro até a lavoura no campo, elevando os custos e reduzindo tanto a produção quanto a qualidade do produto final (CARVALHO et al., 2012).

Dentre as doenças foliares, destacam-se a ferrugem (*Hemileia vastatrix*) e a cercópora (*Cercospora coffeicola* Berk. & Cooke), sendo a primeira uma das mais importantes do cafeeiro, ocorrendo em todas as regiões produtoras de café arábica (CARRÉ-MISSIO et al., 2012).

Dentre as pragas, tem-se o bicho-mineiro (*Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville)), considerada praga chave da cultura no Brasil (SOUZA et al., 1998), e os ácaros, ambas favorecidas pelo clima na região do cerrado, com estações quentes e secas, e pelo tipo de manejo geralmente aplicado nesta cafeicultura, no qual se empregam maiores espaçamentos entrelinhas.

O uso de produtos fitossanitários é uma prática muito importante nos cultivos em escala comercial, pois, somente ao controlar com eficácia pragas, doenças e plantas infestantes, a cultura passa a ter plenas condições de expressar seu potencial genético. No entanto, o cultivo do café arábica representa enormes desafios técnicos. A correta deposição e distribuição do ingrediente ativo na parte aérea da planta depende de diversos fatores, tais como, o tamanho e forma da planta, densidade de plantio, tamanho de gota produzida pela ponta de pulverização, volume de calda, velocidade de deslocamento do pulverizador, velocidade do vento, tipo de equipamento utilizado e vazão de ar do ventilador (RAETANO, 1996).

As plantas de café têm desenvolvimento vegetativo com densa folhagem, além de diferentes alvos de controle com localizações específicas nestas. Isso muitas vezes

resulta na necessidade de aplicações com grande penetração no dossel para o controle de pragas e doenças, mesmo com o uso de produtos sistêmicos, o que em muitos casos é dificultado pela barreira imposta pelas folhas (CUNHA et al., 2011).

Nesse contexto, observa-se a importância da tecnologia de aplicação dos produtos fitossanitários, que busca o melhor controle do organismo alvo, aliando menor custo, maior eficiência e menor risco para o trabalhador e o ambiente.

A qualidade da cobertura do alvo está condicionada ao diâmetro de gotas e ao volume de calda, bem como a fatores do clima, como umidade, vento e temperatura, e da planta, como altura, arquitetura e densidade de folhas. Em geral, gotas menores proporcionam melhor cobertura, além de maior capacidade de penetração no dossel da planta, enquanto gotas maiores contribuem para uma aplicação mais segura, com menor risco de deriva. De fato, o tamanho de gota tem sido uma preocupação cada vez mais constante quanto à tecnologia de aplicação, por ser este também um dos principais fatores relacionados com a perda de agroquímicos para o ambiente. Além disso, alguns trabalhos têm demonstrado a viabilidade do uso de gotas médias a grossas para aplicação de fungicidas e inseticidas, contudo isso precisa ser melhor estudado.

Em áreas extensas, como é praticada boa parte da agricultura atualmente, a necessidade de controle de pragas e doenças com o uso de fitossanitários, muitas vezes num período de tempo pequeno, leva à necessidade de pulverizações em condições climáticas não favoráveis, exigindo deste modo uma série de mecanismos que garantam a eficácia, bem como a segurança da aplicação. Também se tem buscado a redução nos volumes de calda aplicados por área, o que promoveria a otimização da operação, a redução de custos e permitiria o controle do problema no momento necessário.

Pontas hidráulicas são componentes fundamentais nos pulverizadores, sendo responsáveis por definir a vazão, o tamanho da gota e a característica do jato pulverizado. Existem no mercado diferentes modelos. As pontas tipo cone vazio são largamente utilizadas na cafeicultura para aplicações foliares em função da boa cobertura proporcionada. Já as pontas com indução de ar mesclam ar ao líquido, gerando gotas aeradas, de maior tamanho, as quais são menos arrastadas pelo vento e, portanto, menos sujeitas à deriva, motivo pelo qual podem operar em situações onde se mostre necessário aumentar a segurança da aplicação, diminuindo os riscos de perda de produto.

Outro parâmetro importante na tecnologia de aplicação é o volume de calda. Este deve ser ajustado de forma a permitir um ótimo molhamento da planta e um mínimo de

perda por escoamento de gotas para o solo. No entanto, grande parte dos produtos recomendados para pulverização foliar na cultura do café arábica apresenta este dado em sua recomendação de aplicação de forma imprecisa ou vaga, e não adequada a cada estágio da cultura.

Desta forma, o objetivo do trabalho foi estudar a deposição de calda pulverizada em folhas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) e a perda para o solo proporcionada pela aplicação com dois volumes de calda e dois tipos de pontas de pulverização. Também foi objetivo deste trabalho analisar a qualidade dos tratamentos avaliados por meio de cartas de controle.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - A cultura do café arábica (*Coffea arabica* L.)

A espécie *Coffea arabica* L. tem sua distribuição geográfica original limitada ao sudoeste da Etiópia e possivelmente ao sudeste do Sudão do Sul, em região montanhosa, com altitude entre 1000 a 2000 metros, onde cresce em estado semi-silvestre nos estratos inferiores da floresta (CARVALHO, 1959).

Os árabes foram os responsáveis pela domesticação desta espécie e os primeiros a difundirem seu cultivo no continente asiático. São porém os holandeses que, a partir do final do século XVII, levam a expansão desta cultura à Ásia, Ceilão (1690) e Java (1696 e 1699) e, desta última ilha, ao continente americano, onde a introduziram no Suriname em 1718 (CARDOSO, 1994).

O café foi introduzido no Brasil em 1727 por Francisco Mello Palheta, trazido de sua visita à Guiana Francesa. As primeiras sementes e mudas foram plantadas em Belém, no Pará, e em seguida no Maranhão. Em 1760 vieram mudas do Maranhão para o Rio de Janeiro, expandindo-se a cultura pela encosta da Serra do Mar e atingindo em 1780 o Vale do Paraíba (ORMOND et al., 1999).

Atualmente no Brasil, 98,6% da produção de café está concentrada nos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Paraná, Rondônia e Goiás. Na safra 2011/2012 a produção brasileira foi de 50,83 milhões de sacas de café beneficiado (arábica e conilon), sendo esta de alta produção dentro do ciclo de bienalidade do cafeeiro (especialmente o café arábica). Este fator, aliado aos melhores tratamentos culturais oferecidos às lavouras em função da boa retomada dos preços, tanto no mercado externo como no mercado interno, resultaram numa produção recorde, superando a maior alcançada até então, na safra 2002/2003 (CONAB, 2012b).

O País ocupa o posto de maior produtor mundial e o seu café exportado em 2012 respondeu por 27,24% do mercado internacional (PODESTÁ, 2013), sendo esta atividade agrícola responsável pela geração de mais de 3,5 milhões de empregos (WALLER et al., 2007).

2.2 - Pragas e doenças

No Brasil, a ferrugem (*Hemileia vastatrix*) é a principal doença e o bicho-mineiro (*Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville), um dos principais insetos que causam prejuízo à cultura do café (WALLER et al., 2007). Dentre outras pragas e doenças que afetam a produção, destacam-se também a broca-do-café (*Hypothenemus hampei*), cochonilhas da parte aérea, ácaros e a cercóspora (*Cercospora coffeicola* Berk. & Cooke).

O bicho-mineiro é considerado praga-chave da cultura no País, ocorrendo em praticamente todas as regiões produtoras. Os danos são causados pela formação de galerias no interior das folhas, quando as larvas se alimentam do tecido parenquimático, causando necrose e queda prematura das mesmas, reduzindo assim a área foliar (DIEZ-RODRIGUEZ et al., 2006; FRAGOSO et al., 2001; RODRIGUES et al., 2012). A literatura mostra que o local de atuação do inseto na planta é variável, podendo ocorrer na parte mediana e apical do dossel (SOUZA et al., 1998), ou na parte basal (OLIVEIRA; ALVES, 1988).

As condições favoráveis para a rápida evolução da praga são alta temperatura, baixa umidade relativa do ar, distribuição irregular de chuvas, com períodos secos prolongados, e lavouras mais arejadas (REIS; SOUZA, 1998).

Segundo alguns autores, o inseto pode causar redução de 30% a 80% da produção em uma safra (CUSTÓDIO et al., 2009; SOUZA et al., 2006), além de danos ao rendimento do café produzido e à longevidade do cafeeiro (SOUZA; REIS, 2000).

O controle químico tem se mostrado eficaz, sendo o principal método utilizado pelos produtores de café para o controle do bicho-mineiro, seja via aplicação foliar ou via solo (DIEZ-RODRIGUEZ et al., 2006; FRAGOSO et al., 2001). Segundo Periotto et al. (2004), o uso de fitossanitários é o método principal para o controle das pragas que atacam o cafeeiro, dado que inexistem métodos de controle biológico capazes de controlar simultaneamente o grande número de espécies de insetos-praga que ocorrem neste ecossistema. Contudo, o uso indiscriminado destes produtos pode levar à redução dos inimigos naturais e causar seleção de genótipos resistentes (RODRIGUES et al., 2012).

2.3 - Tecnologia de aplicação

Em lavouras que ocupam extensas áreas, como a cafeicultura empregada no Cerrado Mineiro, o modelo de produção adotado é dependente do uso de produtos fitossanitários, que atuam como importante componente no manejo da cultura (BAUER; RAETANO, 2004). No entanto, nas últimas décadas muito se tem pensado a respeito de desenvolvimento de novas moléculas de produtos, e pouco se tem avançado em relação ao desenvolvimento da técnica de aplicação destes produtos.

A correta tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários visa colocar a quantidade certa de ingrediente ativo no alvo, com a máxima eficiência, da maneira mais econômica possível e minimizando os impactos ao ambiente (MATTHEWS, 2002). A alta demanda por produtos fitossanitários no sistema de produção posiciona a tecnologia de aplicação como um dos principais meios de se otimizar a eficiência dos produtos e evitar perdas (GIMENES et al., 2012).

No Brasil, dos 91 produtos registrados no Ministério da Agricultura para controle do bicho-mineiro do cafeeiro, 63 apresentam como recomendação a aplicação empregando volumes de calda entre 200 e 500 L ha⁻¹(AGROFIT, 2012). Isso demonstra uma imprecisão em relação à forma de aplicação desses produtos, e ficando a cargo do responsável técnico a decisão sobre qual o volume de calda mais adequado a ser utilizado. Dos mesmos 91 produtos, 68 apresentam modo de ação por contato, sendo ainda mais importante que se obtenha uma boa cobertura foliar com a pulverização para que o princípio ativo aja sobre o alvo.

Associado a isso está um fator complicador no momento de se tomar uma decisão sobre a técnica de aplicação a ser utilizada, que é o enfolhamento da lavoura. Esse nível de enfolhamento é medido através do índice de área foliar (IAF, adimensional), que expressa a relação entre a área das folhas (m²) e a área ocupada pela planta no solo (m²). Porém, esse índice não é fixo para cada espécie ou cultivar, apresentando variação temporal (FAVARIN et al., 2002) e também variação devido à densidade de plantio e idade da planta (VALENCIA, 1973).

2.3.1 - Pontas de pulverização

Dentre os componentes de um pulverizador, a ponta, órgão responsável pela transformação do líquido em gotas, pode ser considerada muito importante. Ela

determina diversos fatores relacionados à qualidade da aplicação, entre eles a vazão e a uniformidade de distribuição do líquido (BAUER; RAETANO, 2004).

Existem atualmente no mercado pontas hidráulicas desenvolvidas para as mais diversas aplicações e situações, sendo que uma das formas de se obter boa deposição da pulverização sob alvos biológicos é a seleção correta destas (SCUDELLER et al., 2004).

Pontas tipo jato cônico vazio trabalham em geral à pressões de 200 a 1000 kPa e produzem gotas pequenas (CHRISTOFOLETTI, 1991), sendo comumente recomendadas para as aplicações de inseticidas e fungicidas em culturas com grande enfolhamento, onde se requer boa penetração no dossel (CUNHA et al., 2006; WILKINSON, 1999).

As pontas com indução de ar utilizam o princípio de venturi para induzir ar ao líquido, e têm como característica a geração de gotas de maior diâmetro, com ar em seu interior, as quais normalmente apresentam baixo risco de deriva (GULLER et al., 2007).

De acordo com Fritz et al. (2012), o tamanho das gotas é indiscutivelmente um fator decisivo na deposição destas, tanto dentro como fora do alvo. Em geral, gotas menores são mais eficazes no combate a pragas e doenças, por proporcionarem uma melhor cobertura do alvo, porém pouco seguras do ponto de vista ambiental, pois são mais propensas à deriva. Gotas grossas são menos propensas à evaporação e deriva (exoderiva), sendo, no entanto, mais sujeitas a não se fixarem no alvo e escorrerem para o solo (endoderiva) (CUNHA et al., 2006; CZACZYK et al., 2012).

A deriva é o desvio da trajetória das partículas liberadas pelo processo de aplicação e que não atingem o alvo, ocasionando, portanto, perdas do produto. Essa perda dentro da cultura (material que não é coletado pela planta e cai no solo) pode ser considerada como endoderiva, enquanto a perda para fora da área tratada pode ser considerada exoderiva (SOUZA et al., 2011).

Perdas em pulverizações nas culturas perenes podem ser ocasionadas por espaços vazios na copa das plantas, espaços entre as plantas ou perdas por cima ou abaixo da copa destas. A recomendação mais comum para a redução de deriva é o uso de gotas maiores, que não atingem distâncias tão grandes, e reduzir o número de gotas pequenas, sujeitas à deriva. No entanto, esta indicação pode estar em conflito direto com a necessidade de se aumentar a cobertura em pulverizações e com isso a eficácia dos pesticidas (DERKSEN et al., 2007).

Pontas com indução de ar, como citado anteriormente, têm a característica de gerarem gotas aeradas, mais pesadas, sendo menos arrastadas pelo vento. No entanto, mais estudos são necessários para se entender o processo de deposição destas gotas no alvo, que muitas vezes são mais sujeitas ao escorrimento (WENNEKER; ZANDE, 2008; CZACZYK et al., 2012; SOUZA et al., 2011).

Estudos têm sido feitos com estas pontas devido à sua praticidade de uso e segurança do ponto de vista ambiental e operacional. Wicke et al. (1999) mostraram que o uso de pontas com indução de ar, quando comparadas com pontas tipo cone vazio, reduziram a exposição do operador consideravelmente durante a aplicação, sendo considerada por estes autores uma maneira eficiente e econômica de se obter segurança durante a aplicação.

2.3.2 - Volume de calda

Na agricultura moderna, a busca por operacionalidade e otimização de processos tem levado ao desenvolvimento de novas técnicas de aplicação sem desperdício de produto, água e tempo.

Existe pouca informação concernente à quantidade e distribuição do volume de calda aplicado para um controle efetivo de pragas e doenças na cultura do café (SILVA et al., 2008). Cunha et al. (2005) observaram que, dentre outras razões, as perdas e desperdícios de produtos se dão por uma não adequação do volume aplicado com as características da cultura. Dentre estas, destacam-se os aspectos estruturais da copa (ROSELL POLO et al., 2009). O volume de calda de 500 L ha⁻¹ tem sido frequentemente usado por produtores em aplicações cujos alvos se localizam nas folhas do cafeeiro.

Segundo Viana et al. (2010), obtendo-se uma distribuição uniforme com um determinado diâmetro e número de gotas, seria possível obter sucesso em uma aplicação mesmo com um volume aplicado menor. Estudos têm sido feitos com o uso de reduzidos volumes de calda em culturas arbóreas (BALAN et al., 2006; FERNANDES et al., 2010), e esta técnica tem se mostrado viável.

2.4 – Cartas de Controle

O uso do Controle Estatístico de Processo - CEP, a princípio, foi desenvolvido e utilizado por empresas buscando melhoria de qualidade e de produtividade. Bons resultados e a possibilidade de utilizar-se dessas ferramentas na agropecuária abriram caminhos para que estudos fossem realizados, principalmente em operações mecanizadas (SILVA et al., 2008b).

De acordo com Carvalho e Paladini (2005), Crosby define qualidade como sendo conformidade às especificações. Nesse contexto quando há grande variabilidade em um determinado processo, há um aumento da probabilidade de resultados fora das especificações, conseqüentemente a qualidade torna-se um alvo distante.

Diversos autores utilizam a carta de controle em seus experimentos, possibilitando observar variações ou oscilações em operações agrícolas que estejam fora dos padrões especificados para o processo. A carta de controle é composta por uma linha média e outras duas linhas (superior e inferior), que representam os limites de controle e os valores característicos do processo. Os limites de controle são estimados pelo valor médio, somado ou subtraído a três vezes o desvio-padrão. Quando todos os pontos do gráfico se localizam entre os limites de controle e ainda não há nenhum outro padrão de não-aleatoriedade, considera-se que o processo está sob controle. Quando, no mínimo um ponto se localiza fora desses limites, considera-se que o processo está fora de controle (SILVA et al., 2008b).

2.5 – Modelos Lineares Generalizados

Existe uma vasta literatura sobre modelos lineares clássicos (RAO, 1973; SEBER, 1977; DRAPER; SMITH, 1981; ATKINSON, 1985) e neste contexto destacam-se os modelos de análise de variância ou modelos lineares clássicos, propostos inicialmente por Scheffé (1959). Muito empregado em Ciências Agrárias, apresentam pressuposições específicas, o que limita seu uso amplo. Gauss introduziu a distribuição normal dos resíduos como um dispositivo para descrever a variabilidade (MCCULLAGH; NELDER, 1989). No entanto, mostrou que muitas propriedades importantes das estimativas dos mínimos quadrados não dependem de normalidade, mas dos pressupostos de variância constante e não correlacionadas (MCCULLAGH; NELDER, 1989). Até recentemente, a maioria desses modelos tem envolvido o resíduo

aleatório de média zero, sendo homocedástico. Estes requisitos são a essência de um modelo linear (MCCULLOCH; SEARLE, 2000).

A pressuposição de normalidade, embora importante como base para a teoria de pequenas amostras, não é tão relevante para grandes amostras. Para tanto, o teorema central do limite oferece proteção a desvios da normalidade, podendo haver, no entanto, uma perda modesta de eficiência, que pode ser recuperada se a verdadeira distribuição for conhecida e usada no lugar da distribuição normal (MCCULLOCH; SEARLE, 2000). Essa informação é muito importante, principalmente nas situações em que raramente se tem certeza da distribuição assumida. Atualmente, tem-se que um pressuposto importante é a homogeneidade da variância. Esta é uma suposição que deve ser verificada por meio de testes estatísticos (MCCULLAGH; NELDER, 1989).

Os modelos lineares generalizados (MLG) são essencialmente uma extensão dos modelos lineares clássicos (análise de variância), o que permite estudar os padrões de variação sistemática da mesma maneira como os modelos lineares são usados para estudar os efeitos conjuntos de tratamentos e covariáveis. Como os modelos clássicos, apresentam uma parte aleatória e uma sistemática. A parte aleatória vem de uma família da distribuição exponencial, sendo a distribuição normal um caso especial da mesma família. Outras distribuições que se enquadram nesta classe são Poisson, Gama, Binomial, Inversa da normal, dentre outras. A parte sistemática descreve, por exemplo, o delineamento estudado. Assim, não há necessidade dos dados seguirem uma distribuição normal e os modelos aceitam também a heterogeneidade das variâncias, como é o caso de muitas destas distribuições (MCCULLAGH; NELDER, 1989; MCCULLOCH; SEARLE, 2000; LEE et al., 2006).

3 - MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental do Glória, no Setor de Cafeicultura, pertencente à Universidade Federal de Uberlândia, em Uberlândia-MG. A localização geográfica é de 18°58'52" latitude Sul e 48°12'24" longitude Oeste, e altitude de 912 m. O clima segundo a classificação de Koppën é do tipo Aw, com estações bem definidas, inverno seco e verão quente e chuvoso. A temperatura média mínima do mês mais frio (julho) está acima de 18 °C e a média máxima anual próxima de 23 °C. O solo é classificado como latossolo vermelho distrófico, de textura argilosa.

No local encontram-se plantações experimentais de café, dentre as quais uma área de aproximadamente 1,5 ha com a cultivar Catuaí Vermelho IAC 99, com 11 anos de idade, espaçada em 3,5 x 0,7 m, onde foi realizado o experimento.

Utilizou-se, em todos os tratamentos, um pulverizador hidropneumático (turboatomizador) montado novo, modelo ARBO 360 da empresa Montana (Figura 1), que possui 6 porta-bicos em cada um dos dois arcos laterais, totalizando 12 porta-bicos, tanque com capacidade de 300 L, bomba de pulverização do tipo de membrana com vazão de 40 L min⁻¹, controle de sessões manual, e ventilador com 615 mm de diâmetro e 9 pás de ângulo fixo. Para acioná-lo, empregou-se um trator Massey Ferguson 4 x 2, modelo 265E, com potência de 47,8 kW (65 cv).

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e oito repetições. Cada repetição foi composta por cinco pontos amostrais. Utilizou-se um esquema fatorial 2 x 2 para os tratamentos, sendo o primeiro fator o volume de aplicação e o segundo, o tipo de ponta de pulverização. Os tratamentos encontram-se detalhados na Tabela 1. As pontas utilizadas (Albuz, França) são de jato cônico vazio confeccionadas em cerâmica com ângulo de 80°, sendo o modelo ATR convencional e o TVI, com indução de ar, por meio de um sistema venturi. Utilizou-se duas pontas ATR (laranja e amarelo), bem como duas pontas TVI (80015 e 8002), com o objetivo de se obter as vazões necessárias nos tratamentos. No entanto, considerou-se no fator ponta de pulverização somente os dois tipos de ponta, ATR (jato cônico convencional) e TVI (jato cônico com indução de ar).



Figura 1 - Pulverizador montado, marca Montana, modelo Arbo 360, acoplado a um trator Massey Ferguson 265E, aplicando calda contendo traçador + água em lavoura de café arábica cultivar Catuaí IAC 99.

Após a passagem do pulverizador pela área foram avaliadas a deposição de calda na parte superior e inferior das plantas e as perdas para o solo. O ensaio foi conduzido no mês de setembro de 2012, após a realização da colheita mecanizada do café, feita no mês de julho. Trata-se de um período no qual é comum a realização de tratamentos fitossanitários visando principalmente o controle do bicho-mineiro.

Tabela 1 – Descrição dos tratamentos.

Tratamento	Volume de aplicação (L ha ⁻¹)	Ponta	Pressão de Pulverização (kPa)	Tamanho de gotas (DMV*)
1	500	Jato cônico vazio (ATR Laranja)	1207	151 µm (1000 kPa)
2	500	Jato cônico vazio com indução de ar (TVI 8002)	1158	544 µm (1000 kPa)
3	200	Jato cônico vazio (ATR Amarelo)	345	148 µm (500 kPa)
4	200	Jato cônico vazio com indução de ar (TVI 80015)	296	646 µm (500 kPa)

* Diâmetro da mediana volumétrica, conforme dados fornecidos pelo fabricante da ponta, de acordo com a pressão mais próxima à utilizada no ensaio.

Em cada parcela foram realizadas todas as repetições do tratamento, portanto o experimento conteve 4 parcelas, e cada uma foi constituída de quatro linhas de café de 160 m de comprimento. Como parcela útil, foram consideradas apenas as duas linhas centrais. Na parcela útil foram realizadas coletas em quarenta pontos amostrais (cinco pontos amostrais para cada uma das oito repetições), espaçadas de aproximadamente 4 m. Desprezaram-se 5,0 m no início e no final das linhas, relativos à bordadura.

Para a regulagem do pulverizador, inicialmente determinou-se a rotação do motor do trator necessária para que se tivesse 540 rpm na tomada de potência. Para tanto, utilizou-se um tacômetro digital (Minipa, MDT 2238A). Desta forma, o trator funcionou a uma rotação fixa do motor de 1900 rpm, operando em 1ª marcha simples, desenvolvendo uma velocidade de 6,2 km h⁻¹, sendo assim realizado todos os tratamentos. Trata-se de uma velocidade compatível com a área do ensaio e de uso comum na região dada às semelhanças topográficas.

Para se conhecer a velocidade do trator na marcha escolhida, mediu-se 50 m no chão com uma fita métrica e cronometrou-se o tempo gasto pelo trator para percorrer esta distância. Após marcado o tempo de deslocamento, prosseguiu-se com a divisão da distância percorrida (50 m) pelo tempo gasto (29 segundos), multiplicando-se então o resultado obtido por 3,6 para que se tivesse a velocidade em km h⁻¹.

A partir dessa velocidade e do volume de pulverização desejado, ajustou-se a pressão necessária para a obtenção da vazão adequada a cada tratamento (Tabela 1). Para isto, empregou-se um manômetro previamente calibrado, e coletou-se o líquido diretamente na saída do bico com uma mangueira de borracha, durante 30 segundos, medindo a quantidade obtida em uma proveta. A pressão foi ajustada por tentativa e erro; esta era levemente aumentada ou abaixada à medida que se precisava de uma maior ou menor vazão. Dados de pressão foram obtidos nas tabelas dos fabricantes das pontas de pulverização (Anexos 4 e 5), relacionando a vazão por ponta com a pressão correspondente no manômetro do pulverizador. Estes serviram como parâmetro inicial para o ajuste a campo.

Utilizou-se um termo-higro-anêmetro digital (Lutron, LM-8000) para monitorar as condições ambientais. Mediu-se a velocidade do vento, assim como a temperatura e a umidade relativa do ar no início da aplicação de cada tratamento.

3.1 - Preparo da calda

Para a avaliação da deposição de calda no dossel do cafeeiro e perdas para o solo, foi utilizado um traçador composto do corante alimentício azul, catalogado internacionalmente pela “Food, Drug & Cosmetic” como FD&C Blue n.1 (Azul Brilhante), na dose de 300 g ha⁻¹, para ser detectado por absorvância em espectrofotometria. Para o preparo da calda utilizada nos tratamentos de 200 L ha⁻¹, foram colocados no tanque do pulverizador 100 L de água, usando-se um balde graduado. No preparo da calda para os tratamentos de 500 L ha⁻¹, foram colocados 200 L de água, também usando-se o balde. O corante foi previamente pesado em laboratório e acondicionado em sacos plásticos identificados, para que a dose em toda a área experimental fosse mantida. As quantidades de corante utilizadas foram 150 e 120 g, para os volumes de 200 L ha⁻¹ e 500 L ha⁻¹, respectivamente.

Na troca da calda o tanque foi alijado através de uma abertura no fundo do mesmo e lavado com água. Isso foi feito para evitar que resíduos do corante da primeira calda interferissem na concentração da calda seguinte.

3.2 - Características avaliadas

Foram estudadas três características: deposição de calda em folhas da metade superior do dossel, deposição em folhas da metade inferior e escorrimento de calda da planta para o solo. Para a avaliação das perdas de calda para o solo, foram colocadas lâminas de vidro com 36 cm² cada, sob a copa das plantas de café da parcela útil (duas linhas centrais), dentro da área de projeção, a 0,2 m do caule, sendo uma lâmina para cada sub-amostra. As lâminas ficaram na linha do lado direito (em relação à passagem do trator). Após a passagem do pulverizador, as lâminas no solo foram recolhidas e acondicionadas em sacos plásticos.

Para a avaliação da deposição na copa das plantas, após a passagem do pulverizador foram coletadas dez folhas da metade superior da planta e dez da metade inferior, nas duas linhas da parcela útil, sendo cinco folhas de cada uma das linhas que formam a rua. As folhas foram retiradas do terceiro e quarto pares de folhas do ramo plagiotrópico. Estas foram acondicionadas em sacos plásticos, separadamente para cada extrato da planta, e posteriormente foram levadas ao Laboratório de Mecanização Agrícola da Universidade Federal de Uberlândia para análise.

3.3 - Análise laboratorial

Em laboratório, adicionou-se 100 mL de água destilada a cada saco plástico contendo as folhas e promoveu-se a agitação por 30 segundos. Nos sacos contendo as lâminas de vidro adicionou-se 5 mL de água destilada, prosseguindo com uma cuidadosa lavagem para remoção do corante. O líquido resultante da lavagem, tanto das lâminas quanto das folhas, foi acondicionado em copos plásticos sendo um para cada saco plástico de folha ou lâmina. Posteriormente, efetuou-se a leitura de absorvância dessas soluções em um espectrofotômetro (fotômetro fotoelétrico de filtro, Biospectro, modelo SP-22, com lâmpada de tungstênio-halogênio), regulado para medir a absorvância num comprimento de onda de 630 nm. Para tanto, retirou-se do líquido contido nos copos plásticos uma alíquota de 4 mL com uma seringa, quantidade esta que foi colocada em uma cubeta de vidro, na qual se realizou a leitura.

A área das folhas foi medida com um medidor de área foliar (ADC BioScientific Ltd., modelo AM 300). As folhas foram medidas individualmente, sendo a soma das 10 folhas de cada amostra computada para posterior uso.

Com o uso das curvas de calibração, obtidas por meio de soluções-padrão (0,5; 1,0; 5,0; 10,0; 20,0; 30,0; 40,0 e 50,0 ppm), os dados de absorvância foram transformados em concentração (mg L^{-1}) e, de posse da concentração inicial da calda e do volume de diluição das amostras, determinou-se a massa de corante retida no alvo. Procedeu-se, então, a divisão do depósito total pela área de remoção, obtendo-se, assim, a quantidade em $\mu\text{g cm}^{-2}$ de folha ou lâmina.

3.4 - Índice de área foliar

O índice de área foliar (IAF) do cafeeiro foi estimado de maneira indireta em 36 plantas aleatoriamente, através das medidas do diâmetro inferior e da altura da copa (Figura 2). Com o auxílio de uma haste graduada, foi efetuada a medida do diâmetro inferior da copa a partir das extremidades do primeiro par de ramos plagiotrópicos. A medida da altura da copa foi feita a partir do primeiro ramo plagiotrópico até o ponto mais alto da planta (gema apical).

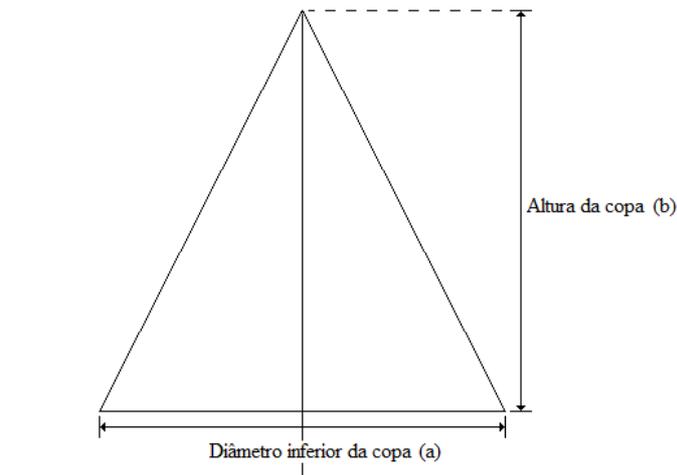


Figura 2 – Medidas do diâmetro inferior (a) e altura da copa (b), realizadas nas plantas de café.

Posteriormente, por meio da Equação (1), proposta por Favarin et al. (2002), estimou-se o IAF do cafeeiro.

$$IAF = 0,0134 + 0,7276 D_i^2 Hd \quad (1)$$

em que,

IAF – índice de área foliar;

Di – diâmetro inferior da copa, m;

Hd – altura da copa, m.

3.5 - Vazão de ar do ventilador

Para caracterização do pulverizador utilizado, determinou-se a vazão de ar do ventilador por meio da velocidade do ar e da área de saída do ar, segundo metodologia proposta de Rodrigues et al. (2008), com adaptações. A velocidade do vento produzido foi medida com um termo-higro-anêmetro digital (Lutron, LM-8000), posicionado a 5,0 cm da saída, em frente a cada um dos 12 porta-bicos do arco do pulverizador. A área da seção de saída foi calculada dividindo-se a circunferência de saída por 12, onde se obteve o comprimento de cada seção e, posteriormente, mediu-se a largura de saída na posição de cada um dos 12 porta-bicos. Multiplicando-se o comprimento pela largura em cada uma das 12 posições, obteve-se a área de cada seção.

Por meio da Equação (2), obteve-se o resultado da vazão total de ar do pulverizador, bem como a relação entre a vazão do lado direito e esquerdo.

$$Q = \sum a_i v_{0i} \quad (2)$$

em que,

Q – vazão total de ar, $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$;

a_i – área da seção, m^2 ;

v_{0i} – velocidade do ar na seção, m s^{-1} .

3.6 - Análise estatística

Para a análise estatística, foram utilizadas técnicas de modelos lineares usuais, como a análise de variância, e modelos lineares generalizados.

Para o estudo das pressuposições do modelo, foram empregados os testes de Durbin-Watson (DW) para testar a independência dos resíduos, o de Shapiro-Wilk (W) para a normalidade dos resíduos e, para homogeneidade das variâncias, o teste de Levene (F), todos ao nível de 0,05 de significância. Efetuou-se a análise de variância dos dados de deposição de corante, para as variáveis deposição em folhas da metade superior e deposição em folhas da metade inferior da planta. Quando o teste de F foi significativo, comparou-se as médias obtidas pelos quatro tratamentos pelo teste de Tukey. As análises foram realizadas no programa estatístico “R”.

Com a variável deposição em lâminas de vidro no solo, que não atendeu a pressuposição de normalidade, foi feita transformação e, persistindo o problema, foi utilizada a metodologia de modelos lineares generalizados, verificando-se a diferença significativa entre os fatores pela análise de desvios ou deviance.

Diferente dos modelos lineares, o modelo linear generalizado define-se como uma distribuição para a variável resposta que representa os dados, e não uma distribuição para o resíduo aleatório (NOMELINI, 2012).

Seja um delineamento inteiramente casualizado, com n_k repetições, em um esquema fatorial com dois fatores, volume de calda e ponta de pulverização, com respectivamente, níveis n_j e n_i , e interação em que o preditor linear do modelo foi definido por:

$$\eta = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{ij}, \quad (3)$$

em que,

μ : média do preditor, α_i : efeito da i-ésima ponta de pulverização, β_j : efeito do j-ésimo volume de calda e γ_{ij} : efeito da interação na i-ésima ponta com o j-ésimo volume.

A distribuição utilizada foi a Normal com função de ligação logarítmica. O teste na análise de desvio (semelhante à análise de variância) consistiu em comparar o valor da diferença de desvio com os percentuais da distribuição qui-quadrado. Assim, quando $D_0 - D_{volume} < \chi^2_{(n_j-1),\alpha}$, ou seja, quando a diferença de desvio foi menor que o valor crítico, considerou-se o teste para os fatores não significativos (NOMELINI, 2012). E, para se comparar os fatores que foram significativos, foi utilizado o teste de Wald.

Para se verificar a melhor distribuição e função de ligação foi utilizado o gráfico normal de probabilidade (“Normal plots”). Ele é relevante por identificar a distribuição originária dos dados e valores que se destacam no conjunto (WEISBERG, 2005). A medida utilizada no “Normal plots” foi o componente do desvio estudentizado dada por:

$$r_i = \frac{\delta(y_i - \hat{\mu}_i) \sqrt{2} \{v(y_i) - v(\hat{\mu}_i) + q(\hat{\mu}_i)(\hat{\mu}_i - y_i)\}^{0,5}}{\sqrt{1 - h_{ii}}} \quad (4)$$

em que,

$$v(x) = xq(x) - b(q(x)); \quad q(\cdot) = [b'(\cdot)]^{-1} \quad \text{e } \delta \text{ é o sinal da diferença } (y_i - \hat{\mu}_i).$$

Para facilitar a análise visual deste gráfico, eles foram gerados com um envelope simulado com intervalos de 95% de confiança, onde os pontos, em sua maioria, deveriam estar dentro dos limites de confiança. Quanto aos resíduos fora dos limites ou muito próximos destes, merecem uma pesquisa adicional. E as tendências não aleatórias são indícios de que a escolha da distribuição de probabilidade ou função de ligação foi incorreta (ANEXO 1).

3.6.1 – Cartas de controle

As cartas de controle foram construídas com o objetivo de estudar o depósito de corante nas folhas da cultura, bem como nas lâminas localizadas no solo, de forma que fosse possível visualizar as tendências de comportamento das repetições dentro de cada tratamento.

Foi conduzida uma análise de controle estatístico de processo, em que foi utilizado o gráfico de controle para medidas individuais (cada repetição) e a estimativa dos parâmetros do gráfico foi elaborada no programa Minitab16®.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a condução das aplicações, a temperatura variou de 22 a 30°C e a umidade relativa do ar esteve entre 32% e 51%. Embora sabidamente sejam condições inadequadas de umidade para a pulverização, estas são as condições nas quais geralmente se realiza o controle das pragas, principalmente o bicho-mineiro, nesta época do ano na região do Cerrado Mineiro, entre os meses de setembro e outubro.

Desta forma, buscou-se aproximar das condições normais executadas pelos produtores da região. A velocidade do vento variou entre 6 e 10 km h⁻¹. O índice de área foliar das plantas, medido de maneira indireta, foi de 5,96.

Como parâmetro de controle, mediu-se também a vazão de ar gerada pelo ventilador do pulverizador, sendo esta separada em lado esquerdo e direito da máquina, visto que devido ao movimento de rotação da hélice, um dos lados apresenta maior fluxo de ar. A vazão total, na rotação de trabalho (540 rpm na tomada de potência), foi de 3,22 m³ s⁻¹, sendo 1,64 m³ s⁻¹ do lado esquerdo e 1,58 m³ s⁻¹ do lado direito (Figura 3).

Nota-se que o lado esquerdo apresentou uma vazão 3,65% superior ao lado direito, diferença esta que segundo Rodrigues et al. (2008) pode ser considerada pequena, não afetando a qualidade da cobertura das árvores pela corrente de ar. Em geral, ela ocorre devido às características construtivas de cada modelo de ventilador.

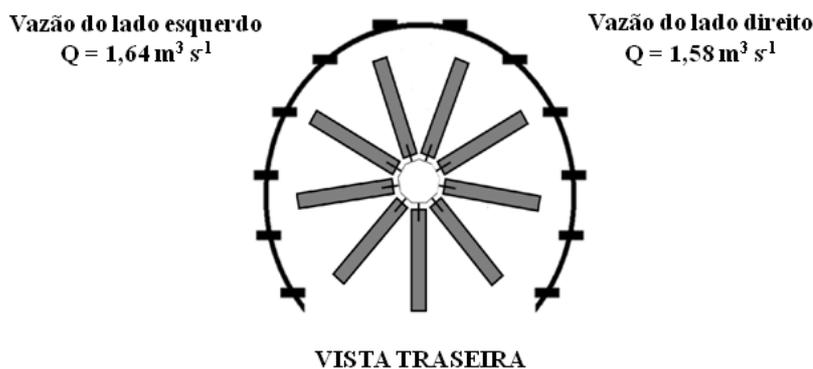


Figura 3 – Vazão de ar do ventilador do pulverizador hidropneumático empregado nos ensaios.

A velocidade de deslocamento do trator foi mantida constante em todos os tratamentos para que se tivesse igual condição de agitação da folhagem pelo ventilador do turboatomizador.

Na Tabela 2, tem-se os dados de deposição de calda nas folhas superiores do cafeeiro. A interação entre os fatores ponta e volume de calda foi significativa, indicando a dependência entre eles. Observa-se que no volume de 200 L ha⁻¹, a ponta ATR promoveu maior deposição do que a ponta TVI, sendo que para o volume de 500 L ha⁻¹ o mesmo não ocorreu, considerando-se que as deposições para as duas pontas foram estatisticamente iguais. Com o uso da ponta ATR, o menor volume apresentou maior deposição, e o maior volume apresentou maior deposição quando se usou a ponta com indução de ar (TVI).

Tabela 2 – Deposição de calda nas folhas superiores do cafeeiro ($\mu\text{g cm}^{-2}$), após aplicação utilizando pontas de jato cônico sem indução de ar (ATR) e com (TVI) e volumes de calda de 200 e 500 L ha⁻¹.

Volume de calda (L ha ⁻¹)	Deposição de calda ($\mu\text{g cm}^{-2}$)		
	Ponta ATR	Ponta TVI	
200	1,0297 aA	0,8041 bB	
500	0,8824 aB	0,9028 aA	
<i>CV</i> = 7,64%	<i>W</i> = 0,9479 ^{ns}	<i>F</i> = 2,393 ^{ns}	<i>DW</i> = 2,0961 ^{ns}
<i>F</i> _{volume} = 0,9862 ^{ns}	<i>F</i> _{ponta} = 17,6008*	<i>F</i> _{interação} = 25,3205*	

1 - Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey, a 0,05 de significância.

2 - *CV*: coeficiente de variação; *W*, *F*, *DW* e *F*: estatísticas dos testes de Shapiro-Wilk para normalidade dos resíduos, Levene para homogeneidade das variâncias, Durbin-Watson para independência dos resíduos e teste de *F*.

3 - ^{ns} indica resíduos normalmente distribuídos, variâncias homogêneas, resíduos independentes e aceitação da hipótese *H*₀, todos à significância de 0,05.

4 - * indica resíduos não normalmente distribuídos, variâncias não homogêneas, resíduos não independentes e rejeição da hipótese *H*₀, todos à significância de 0,05.

O menor tamanho de gotas (DMV) obtido no tratamento com 200 L ha⁻¹ e ponta ATR (Tabela 1), em relação a ponta TVI, provavelmente permitiu maior penetração e fixação nas folhas, o que não deve ter ocorrido com as gotas grossas, as quais podem ter escorrido do alvo.

Alguns trabalhos mostram que, com um menor tamanho de gota, obtêm-se maior porcentagem de cobertura do alvo. Oliveira et al. (2012), avaliando deposição de calda em alvos artificiais, constataram que pontas que geraram gotas menores proporcionaram maior cobertura em alvos artificiais em condições de laboratório, independente da presença ou não de vento. Também Feng et al. (2003) concluíram que a deposição do

herbicida glifosato em folhas de milho (*Zea mays* L.) foi maior quando se usou gotas finas, quando comparada com a deposição de gotas médias e grossas.

Neste mesmo sentido, Jamar et al. (2010), trabalhando com dois modelos de pulverizadores e com as pontas ATR (convencional) e TVI (indução de ar), concluíram que a deposição de calda em alvos artificiais colocados nas copas de maçã anã (*Malus pumila*) foi significativamente menor com o uso da ponta com indução de ar.

Empregando a ponta com indução de ar (TVI), o volume de 500 L ha⁻¹ proporcionou maior deposição do que o volume de 200 L ha⁻¹. Isso provavelmente se deu por um maior número de gotas presentes, pois os diâmetros das gotas nos dois tratamentos foram muito semelhantes (gotas grossas). O maior número de gotas presente no tratamento de 500 L ha⁻¹ proporcionou, apesar do escorrimento, melhor deposição do que o volume de 200 L ha⁻¹ com o mesmo modelo de ponta, gerando um maior molhamento da metade superior.

Analisando-se os tratamentos com o volume de aplicação de 500 L ha⁻¹, possivelmente com a ponta tipo jato cônico convencional (ATR), as gotas pequenas podem ter sido arrastadas pela corrente de ar do ventilador, enquanto as gotas grossas (TVI), mesmo sofrendo um maior escorrimento, se depositaram mais eficientemente no alvo. No entanto, o mesmo não foi observado nos tratamentos de 200 L ha⁻¹, em que as gotas pequenas geradas pela ponta ATR apresentaram maior deposição do que as gotas grossas geradas pela ponta TVI.

Outro fator que deve ser analisado é a velocidade do ar do ventilador, especificada pela rotação constante do motor. Segundo Balan et al. (2006), com um volume de aplicação muito baixo ou com baixa velocidade de ar produzida pelo ventilador, o produto aplicado alcançará o objetivo irregularmente. Com velocidade muito alta do ar, o produto é soprado através e acima dos alvos.

Fato que também pode ter contribuído com os resultados encontrados refere-se à grande distância existente entre as pontas de pulverização e a parte superior da copa do cafeeiro, o que dificultou a deposição de gotas que vieram de uma posição abaixo. O pulverizador empregado mostrou-se pequeno em relação à cultura (altura da copa de 2,00 m em média).

Oliveira et al. (2012), estudando alguns parâmetros de aplicação como a disposição do alvo e a posição das pontas em relação ao mesmo, concluíram que a deposição na face superior dos alvos artificiais cobertos com papel “contact” foi de 2,0 a 2,5 vezes maior do que quando se aplicou com a ponta de cima para baixo em relação

ao alvo, comparado com a deposição na face inferior quando a aplicação se deu de baixo para cima, em alvos posicionados paralelos ao solo. Essa mesma relação foi de 1,6 a 3,0 vezes superior, na mesma situação, porém quando os alvos se encontravam inclinados a 45°. Isso demonstra a dificuldade que as gotas enfrentam, na ausência de assistência de corrente de ar, em executarem rotas ascendentes e se fixarem em alvos posicionados acima.

Ramos et al. (2007) concluíram que, após a aplicação com diferentes volumes de calda utilizando um pulverizador tipo turboatomizador em citros (*Citrus sinensis* L. Osbeck), a deposição foi maior no terço inferior da planta, seguido pelo terço médio e terço superior, para todos os tratamentos. Segundo os autores, esse resultado precisaria ser mais bem estudado, e estaria relacionado à posição da máquina em relação à cultura.

A deposição de calda nas folhas da metade inferior do cafeeiro está apresentada na Tabela 3. A interação entre os fatores ponta e volume de calda não foi significativa, bem como o fator ponta e o fator volume de calda isoladamente. Nesta condição, a hipótese H_0 , que diz que a deposição em folhas da metade inferior do café não difere entre os tratamentos aplicados, não é rejeitada. Assim sendo, nenhum tratamento diferiu entre si quanto à deposição em folhas da metade inferior da planta de café.

Tabela 3 – Deposição de calda nas folhas inferiores do cafeeiro ($\mu\text{g cm}^{-2}$), após aplicação utilizando pontas de jato cônico sem indução de ar (ATR) e com (TVI) e volumes de calda de 200 e 500 L ha⁻¹.

Volume de calda (L ha ⁻¹)	Deposição de calda ($\mu\text{g cm}^{-2}$)		Médias
	Ponta ATR	Ponta TVI	
200	1,0501	1,0039	1,0270 a
500	0,9887	1,0758	1,0322 a
Médias	1,0194 a	1,0397 a	
$CV = 9,88\%$	$W = 0,9508^{\text{ns}}$	$F = 0,5556^{\text{ns}}$	$DW = 1,7349^{\text{ns}}$
$F_{\text{volume}} = 0,0203^{\text{ns}}$	$F_{\text{ponta}} = 0,3187^{\text{ns}}$	$F_{\text{interação}} = 0,0747^{\text{ns}}$	

1 - Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de F, a 0,05 de significância.

2 - CV: coeficiente de variação; W, F, DW e F: estatísticas dos testes de Shapiro-Wilk para normalidade dos resíduos, Levene para homogeneidade das variâncias, Durbin-Watson para independência dos resíduos e teste de F.

3 - ^{ns} indica resíduos normalmente distribuídos, variâncias homogêneas, resíduos independentes e aceitação da hipótese H_0 , todos à significância de 0,05.

4 - * indica resíduos não normalmente distribuídos, variâncias não homogêneas, resíduos não independentes e rejeição da hipótese H_0 , todos à significância de 0,05.

Observa-se que nenhum dos tratamentos diferiu entre si quando se analisou a deposição nas folhas da metade inferior das plantas de café. Os dados mostram que a ponta com indução de ar (TVI) foi capaz de proporcionar a mesma deposição nas folhas do cafeeiro, quando comparada com a ponta tipo jato cônico vazio (ATR). Também o menor volume de calda (200 L ha^{-1}) apresentou deposição igual ao maior volume (500 L ha^{-1}), mostrando a capacidade de molhamento foliar deste primeiro.

A proximidade das pontas do pulverizador com a parte inferior da copa do cafeeiro auxiliam-nos a explicar os resultados obtidos. Também, provavelmente devido ao local de amostragem, terceiro e quarto pares de folhas dos ramos plagiotrópicos, não muito internos na planta, os dois volumes utilizados proporcionaram deposições semelhantes. Vale ressaltar que, embora os volumes de calda tenham sido diferentes, a dose de traçador empregada por área foi igual.

No entanto, Fernandes et al. (2010) concluíram que a deposição no terço inferior de plantas de café se mostrou crescente com o aumento no volume de calda aplicado, dentro do intervalo de 250 a 700 L ha^{-1} . No experimento, foram amostradas folhas mais internas da copa, local de preferência do organismo alvo em estudo, o ácaro da mancha-anular (*Brevipalpus phoenicis* (Geijskes)).

Apesar da ausência de um teste de eficácia biológica, os dados mostram que tanto o uso de um volume de calda menor, quanto o uso de pontas com indução de ar, foram tratamentos viáveis do ponto de vista da deposição de produto na folha.

Esses resultados estão de acordo com os apresentados por Frießleben (2004), o qual mostrou que o uso de pontas com indução de ar apresentou eficácia biológica semelhante ao uso de pontas tipo jato cônico vazio no controle de diversas pragas da macieira (*Malus communis* L.), quando o volume de aplicação esteve entre 300 L ha^{-1} e 600 L ha^{-1} . Ainda segundo esse mesmo autor, a aplicação de gotas grossas via uso de pontas com indução de ar aparenta ser uma solução promissora contra o risco de deriva em aplicações de fitossanitários, por ser uma tecnologia relativamente simples, de fácil uso e baixo investimento inicial.

Também Knewitz et al. (2002), em uma série de experimentos conduzidos durante três anos, concluíram que o uso de pontas com indução de ar não diminuiu a eficácia biológica em aplicações visando o controle das principais pragas e doenças da macieira.

Na literatura existem outras situações em que as pontas com indução de ar apresentaram desempenho semelhante às demais pontas, com característica de gerarem gotas menores, em termos de eficácia de controle e deposição.

Por exemplo, Sánches-Hermosilla et al. (2012) verificaram que a deposição em folhas de tomateiro (*Lycopersicon esculentum*) tutorado não diferiu quando a aplicação foi realizada usando-se pontas tipo jato plano convencional e jato plano com indução de ar.

A grande vantagem do uso de pontas com indução de ar está no menor risco de deriva (exoderiva). Devido ao maior tamanho, as gotas grossas apresentam uma balística diferente das gotas pequenas, tendendo a um caimento mais rápido, sendo menos arrastadas pelo vento (WENNEKER; ZANDE, 2008).

O escorrimento foi estudado pela deposição da calda em lâminas de vidro localizadas no solo, sob a área de projeção da copa do cafeeiro (Tabela 4). Para esta variável, apenas o fator ponta apresentou diferença significativa entre os tratamentos.

Tabela 4 - Deposição de calda em lâminas de vidro no solo, sob a área de projeção da copa do cafeeiro ($\mu\text{g cm}^{-2}$), após aplicação utilizando pontas de jato cônico sem indução de ar (ATR) e com (TVI) e volumes de calda de 200 e 500 L ha⁻¹.

Volume de calda (L ha ⁻¹)	Deposição de calda ($\mu\text{g cm}^{-2}$)		Médias
	Ponta ATR	Ponta TVI	
200	0,8802	1,3525	1,1163 a
500	0,6857	1,4800	1,0828 a
Médias	0,7829 b	1,4162 a	
CV = 45,69%	W = 0,556*	F = 1,1995 ^{ns}	DW = 2,4552 ^{ns}
$\chi^2_{\text{volume}} = 0,0355^{\text{ns}}$	$\chi^2_{\text{ponta}} = 12,7075^*$		$\chi^2_{\text{interação}} = 0,8217^{\text{ns}}$

1 - Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Wald, a 0,05 de significância.

2 - CV: coeficiente de variação; W, F, DW e χ^2 : estatísticas dos testes de Shapiro-Wilk para normalidade dos resíduos, Levene para homogeneidade das variâncias e Durbin-Watson para independência dos resíduos e qui-quadrado da distribuição Normal com função de ligação Log.

3 - ^{ns} indica resíduos normalmente distribuídos, variâncias homogêneas, resíduos independentes e aceitação da hipótese H₀, todos à significância de 0,05.

4 - * indica resíduos não normalmente distribuídos, variâncias não homogêneas, resíduos não independentes e rejeição da hipótese H₀, todos à significância de 0,05.

Observa-se que a deposição nas lâminas foi maior quando se utilizou a ponta com indução de ar. Isso provavelmente se deu devido ao maior tamanho de gota

produzido por esse modelo de ponta, o que favoreceu o escoamento pela folha das plantas.

Wenneker e Zande (2008) afirmam que as gotas com indução de ar, devido ao seu tamanho, apresentam um caimento vertical mais rápido, tendendo a acumularem no solo próximo ao local de aplicação. Czaczyk et al. (2012) afirmam que gotas grandes podem ressaltar, quebrar e escorregar das folhas ou outros alvos.

Também Souza et al. (2011) constataram que pontas tipo jato plano com indução de ar proporcionaram maior escoamento para o solo quando aplicaram o herbicida 2,4-D amina na dessecação de plantas infestantes, comparado com pontas tipo jato plano convencional e jato plano com pré-orifício. Entretanto, essa perda de produto para o solo não resultou em menor eficácia no controle dos organismos alvo.

Deve-se considerar também que no experimento realizado não foi medida a deriva de produto para a atmosfera, devido à complexidade desse tipo de medição. De fato, gotas menores que 100 μm , que são mais propensas à deriva, podem ter sido geradas em maior quantidade nas pontas tipo jato cônico convencional (ATR), o que geraria uma perda não quantificada.

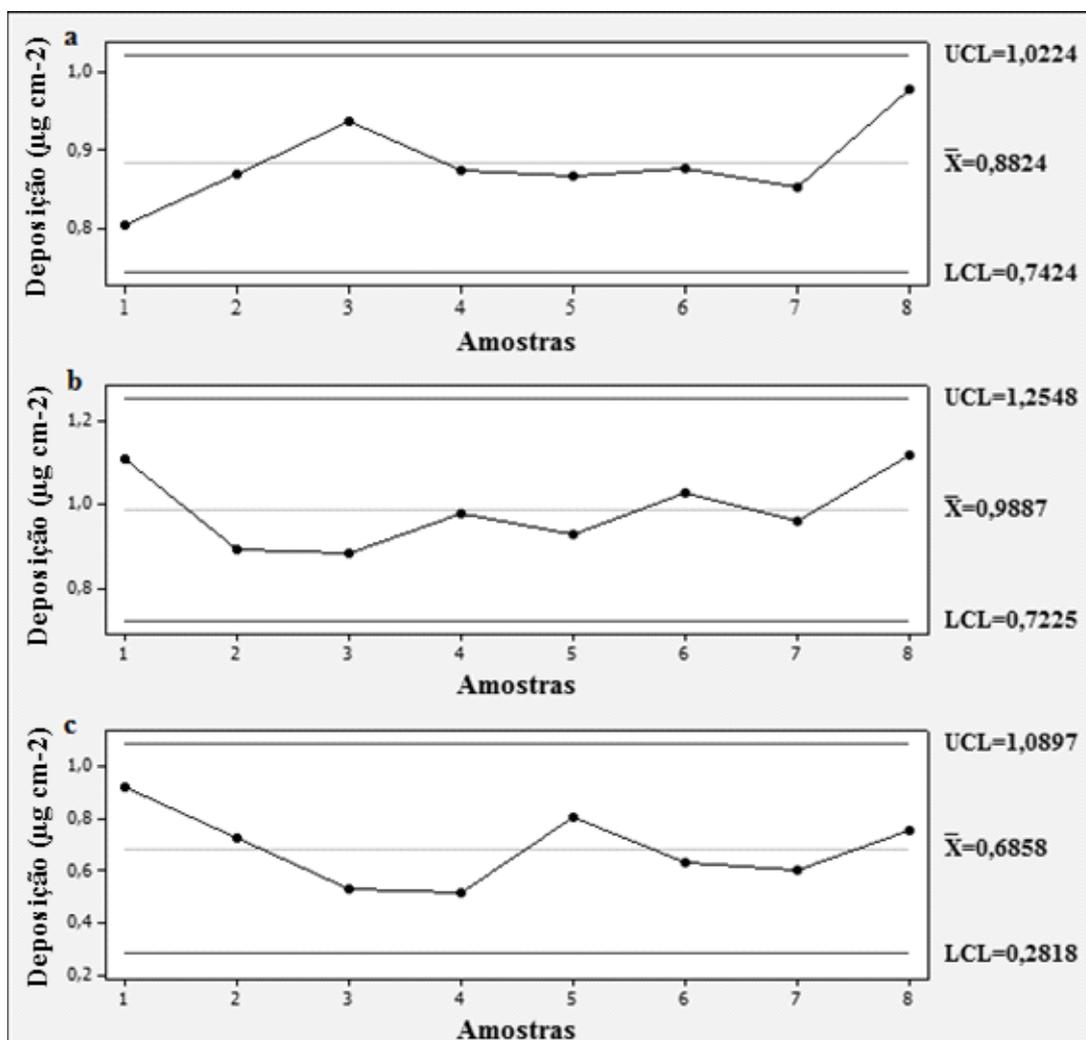
Concordando com o exposto acima, Balan et al. (2006) concluíram que em uma pulverização com turboatomizador em videira (*Vitis vinifera* L.), a gota grossa foi a que proporcionou menor perda total (endo e exoderiva).

De acordo com os resultados, nota-se que na metade inferior da planta, a deposição foi igual em todos os tratamentos, o que permite afirmar que o menor volume de calda associado com a ponta com indução de ar foi viável do ponto de vista da deposição. Para a metade superior da planta, a ponta com indução de ar se mostrou eficaz quando se usou o maior volume de calda. No entanto, a perda por escoamento para o solo foi maior para esse tipo de ponta.

4.1 - Cartas de controle

Na Figura 4, têm-se as cartas de controle referentes à aplicação utilizando a ponta ATR e 500 L ha⁻¹. Nelas não foram detectados padrões de não aleatoriedade, o que significa a não rejeição da hipótese nula ($\mu=\mu_0$); ou seja, as amostras observadas não se diferem da média do processo. A amostra 8, nas duas metades da planta obteve valores elevados, bem como a amostra 1 na variável deposição em lâminas no solo. As

demais amostras apresentaram valores próximos a média geral. Contudo, pode-se afirmar que o processo encontra-se sob controle estatístico.

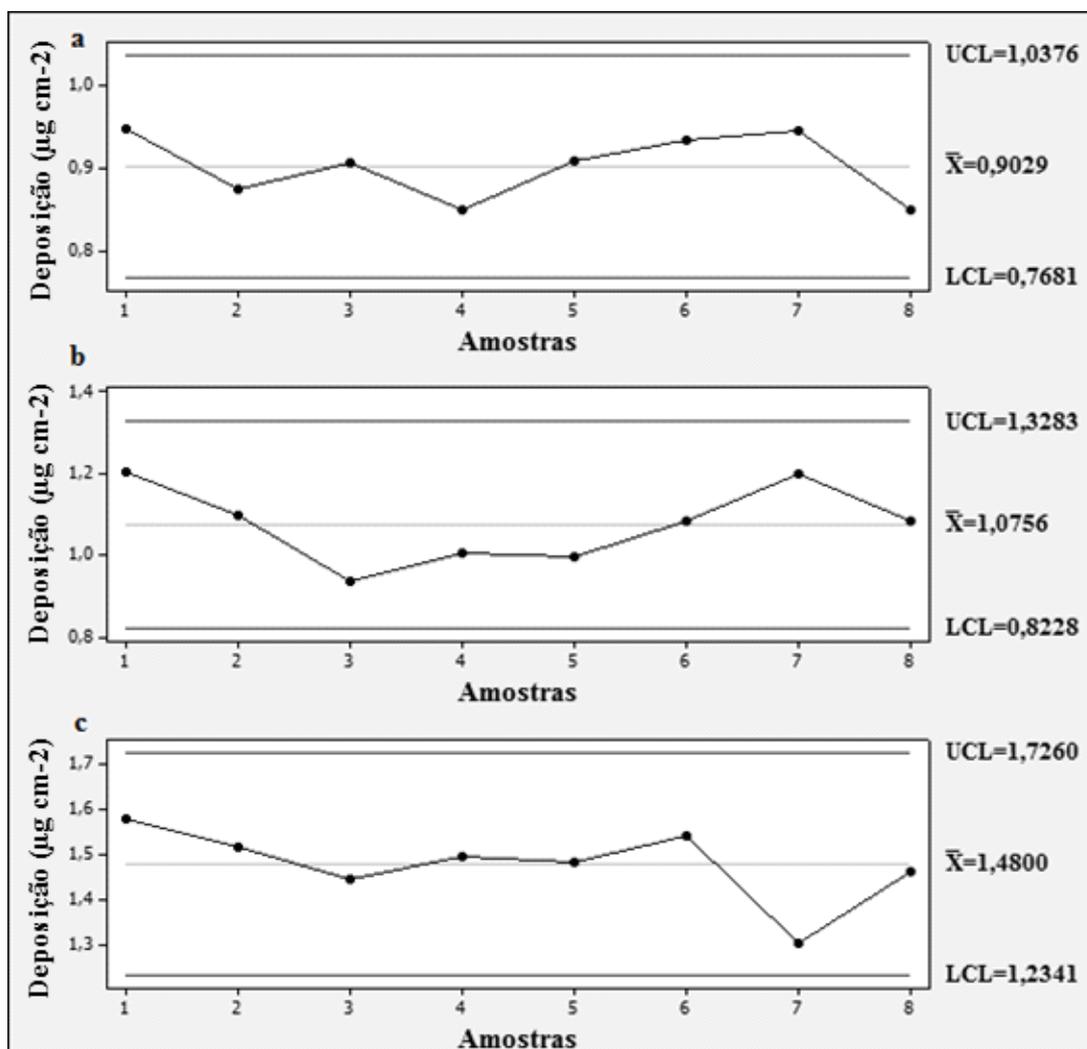


*UCL: limite superior de controle; LCL: limite inferior de controle.

Figura 4 - Cartas de controle da deposição de calda no cafeeiro, após aplicação utilizando a ponta de jato cônico ATR e 500 L ha⁻¹: a) Folhas da metade superior da planta; b) Folhas da metade inferior da planta; c) Lâminas no solo.

As cartas de controle referentes ao tratamento com a ponta TVI e 500 L ha⁻¹ (Figura 5) mostraram que não foram detectados padrões de não aleatoriedade e, portanto, o processo encontra-se sob controle estatístico. Na variável deposição em lâminas no solo, a amostra 7 apresentou valor próximo ao limite inferior de controle. Isso provavelmente se deu devido a algum fator não controlado, como a heterogeneidade das plantas ou fatores ligados à máquina, que eventualmente podem ter proporcionado deposições diferentes. Observa-se um padrão semelhante para a

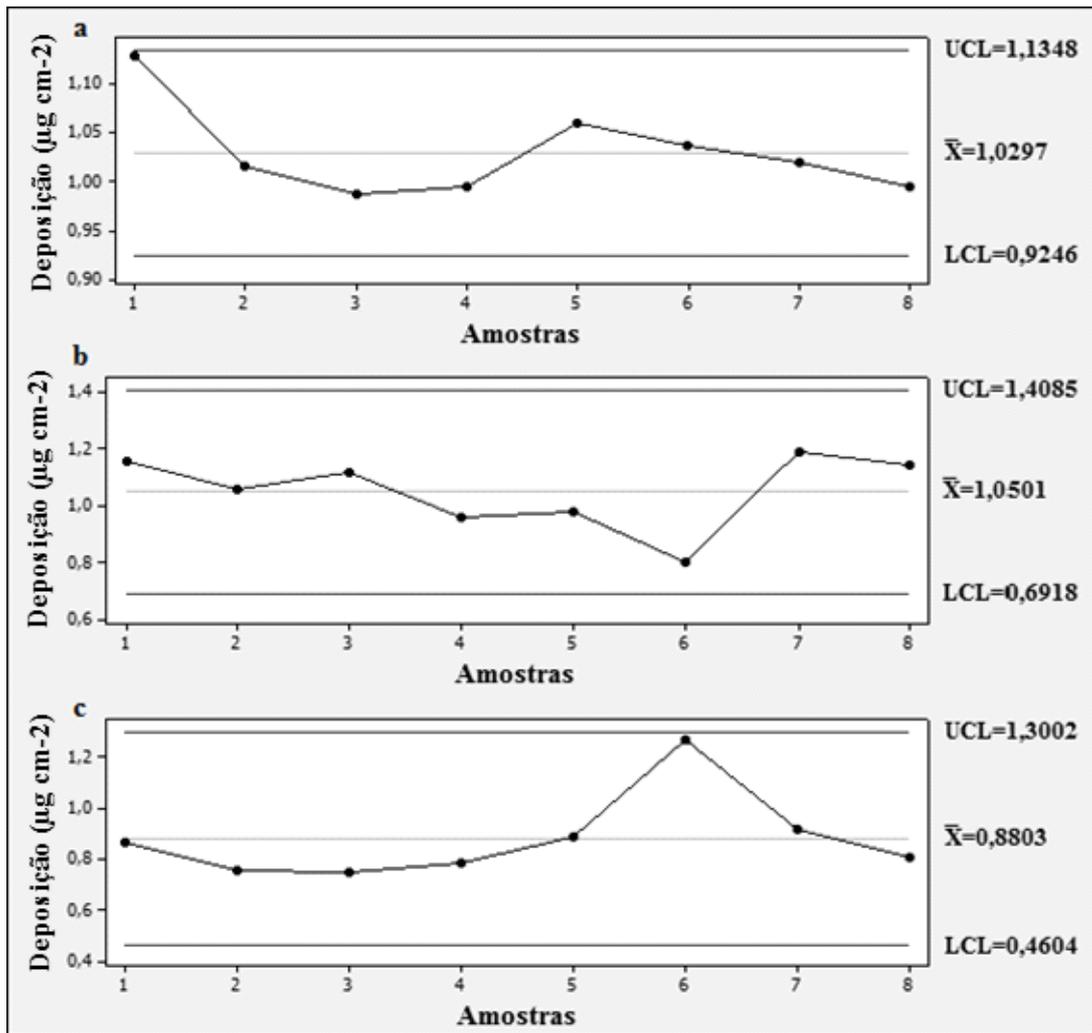
deposição nas duas metades da planta, o que pode ter sido proporcionado pela conformação da copa destas.



*UCL: limite superior de controle; LCL: limite inferior de controle.

Figura 5 – Cartas de controle da deposição de calda no cafeeiro, após aplicação utilizando a ponta de jato cônico com indução de ar TVI e 500 L ha⁻¹: a) Folhas da metade superior da planta; b) Folhas da metade inferior da planta; c) Lâminas no solo.

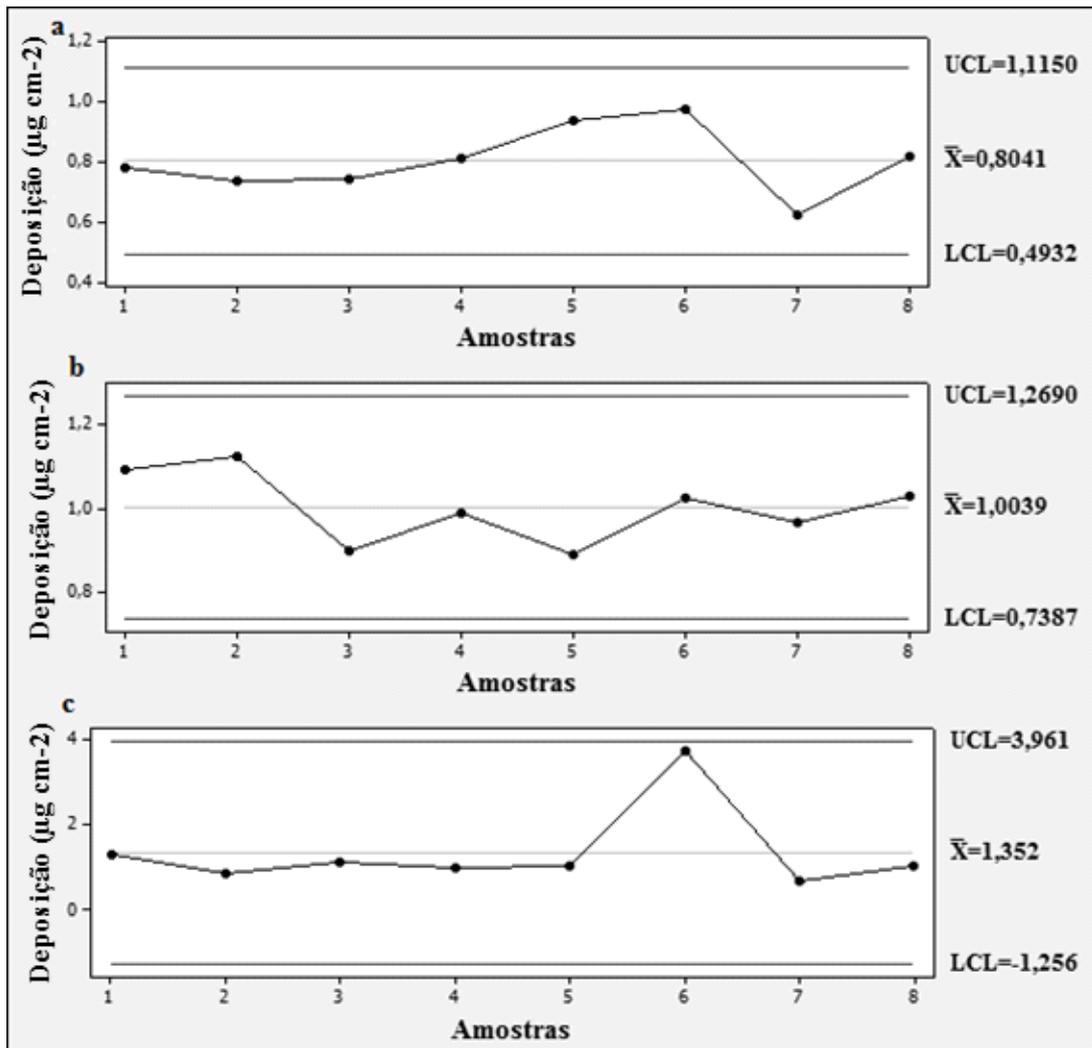
As cartas de controle na Figura 6 também mostram que não foram detectados padrões de não aleatoriedade. Na metade superior da planta, a amostra 1 apresentou valor de deposição elevado, próximo ao limite superior. Na deposição em lâminas no solo, o mesmo ocorreu na amostra 6, sendo que neste mesmo ponto, a deposição na metade inferior da planta foi próxima ao limite inferior de controle. Provavelmente, alguma anormalidade na copa das plantas neste ponto, levou a esse resultado. Foram observadas durante o experimento plantas de café com a copa, principalmente o baixeiro ou saia, danificada, com ausência de ramos plagiotrópicos.



*UCL: limite superior de controle; LCL: limite inferior de controle.

Figura 6 – Cartas de controle da deposição de calda no cafeeiro, após aplicação utilizando a ponta de jato cônico ATR e 200 L ha⁻¹: a) Folhas da metade superior da planta; b) Folhas da metade inferior da planta; c) Lâminas no solo.

Na Figura 7, observa-se novamente que não foram observados padrões de não aleatoriedade e, portanto, as amostras não se diferem da média do processo para as três variáveis estudadas. No ponto 6 ocorreu aumento expressivo do valor da deposição em lâminas no solo. Isso provavelmente ocorreu em função de diferenças na conformação das plantas, proporcionando maior exposição das lâminas, ou de um comportamento anormal da máquina. Observou-se também valor baixo na deposição na metade superior da copa no ponto 7, porém não superando o limite inferior de controle.



*UCL: limite superior de controle; LCL: limite inferior de controle.

Figura 7 – Cartas de controle da deposição de calda no cafeeiro, após aplicação utilizando a ponta de jato cônico com indução de ar TVI e 200 L ha⁻¹: a) Folhas da metade superior da planta; b) Folhas da metade inferior da planta; c) Lâminas no solo.

5 - CONCLUSÕES

O uso da ponta jato cônico vazio com indução de ar (TVI) mostrou-se viável quanto à deposição de calda no cafeeiro, principalmente junto ao maior volume de calda (500 L ha^{-1}).

A ponta jato cônico vazio se mostrou viável junto ao volume de 200 L ha^{-1} . Na parte inferior da cultura, a deposição de calda foi semelhante empregando-se 200 L ha^{-1} ou 500 L ha^{-1} , o que demonstra a viabilidade do uso do volume de calda reduzido.

O uso da ponta de jato cônico vazio com indução de ar proporcionou maiores perdas para o solo.

A análise das cartas de controle referentes aos tratamentos avaliados mostrou que não ocorreu grande variabilidade entre os pontos amostrais, indicando bom padrão de qualidade sob o ponto de vista estatístico.

Estudos complementares quanto à eficácia biológica dos tratamentos são necessários, uma vez que os dados de deposição podem ser insuficientes para se inferir sobre o controle de pragas e doenças.

REFERÊNCIAS

- AGROFIT. Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, [Brasília], 2012. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 20 de Out. de 2012.
- ATKINSON, A. C. **Plots, Transformations and Regression.** Oxford: Clarendon Press, 1985. 296 p.
- BALAN, M. G.; ABI SAAB, O. J. G.; SILVA, C. G. Depósito e perdas de calda em sistemas de pulverização com turboatomizador em videira. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 470-477, 2006.
- BAUER, F. C.; RAETANO, C. G. Distribuição volumétrica de calda produzida pelas pontas de pulverização XR, TP e TJ sob diferentes condições operacionais. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 275-284, 2004.
- CARDOSO, A.P.S. **Café: cultura e tecnologia primária.** Lisboa: Instituto de Investigação Científica, 1994. 169 p.
- CARRÉ-MISSIO, V.; RODRIGUES, F. A.; SCHURT, D. A.; REZENDE, D. C.; MOREIRA, W. R.; KORNDÖRFER, G. H.; ZAMBOLIM, L. Componentes epidemiológicos da ferrugem do cafeeiro afetados pela aplicação foliar de silicato de potássio, **Tropical Plant Pathology**, [Brasília], v. 37, n. 1, p. 50-56, 2012.
- CARVALHO, A. Genética de *Coffea*: XXIV mutantes de *Coffea arabica* procedentes da Etiópia. **Bragantia**, [Campinas], v. 18, n. 25, p. 353-371, 1959.
- CARVALHO, M. M.; PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade: teoria e casos.** Campus, Rio de Janeiro, 2005. 304 p.
- CARVALHO, V. L.; CUNHA, R. L.; SILVA, N. R. N. Alternativas de controle de doenças do cafeeiro, **Coffee Science**, Lavras, MG, v. 7, n. 1, p. 42-49, 2012.
- CHRISTOFOLETTI, J. C. **Bicos de pulverização: seleção e uso.** Diadema: Spraying Systems, 1991. 9 p.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira Café, Safra 2012, terceira estimativa, setembro/2012.** Brasília, 2012a. 19 p
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira Café, Safra 2012, quarta estimativa, dezembro/2012.** Brasília, 2012b. 16 p.
- CUNHA, J. P. A. R.; NETO, J. G.; BUENO, M. R. Evaluation of a device for the application of pesticides on mechanized coffee crops (*Coffea arabica* L.), **Interciência**, Caracas, Venezuela, v. 36, n. 4, p. 312-316, 2011.

CUNHA, J. P. A. R.; REIS, E. F.; SANTOS, R. O. Controle químico da ferrugem asiática da soja em função da ponta de pulverização e de volume de calda. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 36, n. 5, p. 1330-1336, 2006.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, R. F.; FERNANDES, H. C. Deposição e deriva de calda fungicida aplicada em feijoeiro, em função de bico de pulverização e de volume de calda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, Campina Grande, v. 9, n. 1, p.133-138, 2005.

CUSTODIO, A. A. P.; MORAES, J. C.; LIMA, L. A.; FARIA, M. A.; GOMES, N. M. Incidência do bicho-mineiro do cafeeiro em lavoura irrigada sob pivô central. **Coffee Science**, Lavras, v. 4, n. 1, p. 16-26, 2009.

CZACZYK, Z.; KRUGER, G.; HEWITT, A. Droplet size classification of air induction flat fan nozzles. **Journal of Plant Protection Research**, [Poznan, Polônia], v. 52, n. 4, p. 415-420, 2012.

DERKSEN, R. C.; ZHU, H.; FOX, R. D.; BRAZEE, R. D.; KRAUSE, C. R. Coverage and drift produced by air induction and conventional hydraulic nozzles used for orchards applications. **Transaction of the ASABE**, [St. Joseph, MI, USA], v. 50, n. 5, p.1493-1501, 2007.

DIEZ-RODRIGUEZ, G. I.; BAPTISTA, G. C.; TREVIZAN, L. R. P.; HADDAD, M. L.; NAVA, D. E. Resíduos de tiametoxam, aldicarbe e de seus metabólitos em folhas de cafeeiro e efeito no controle de *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera:Lyonetiidae). **Neotropical Entomology**, [Londrina], v. 35, n. 2, p.257-263, 2006.

DRAPER, N. R.; SMITH, H. **Applied Regression Analysis**. 2 ed. New York: J. Wiley & Sons, 1981. 736 p.

FAVARIN, J. L.; NETO, D. D.; GARCÍA, A. G.; VILLA-NOVA, N. A.; FAVARIN, M. G. G. V. Equações para estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 769-773, 2002.

FENG, P. C. C.; CHIU, T.; SAMMONS, R. D.; RYERSE, J. S. Droplet size affects glyphosate retention, absorption, and translocation in corn. **Weed Science**, [Champaign, IL, USA], v. 51, n. 3, p. 443-448, 2003.

FERNANDES, A. P.; FERREIRA, M. C.; OLIVEIRA, C. A. L. Eficiência de diferentes ramais de pulverização e volumes de calda no controle de *Brevipalpus phoenicis* na cultura do café. **Revista Brasileira de Entomologia**, [São Paulo], v. 54, n. 1, p. 130-135, 2010.

FRAGOSO, D. B.; JUSSELINO-FILHO, P.; GUEDES, R. N. C.; PROQUE, R. Seletividade de inseticidas a vespas predadoras de *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae). **Neotropical Entomology**, [Londrina] v. 30, n.1, p. 139-144, 2001.

- FRIEßLEBEN, R. Balancing drift management with biological performance and efficacy. In: International Conference on Pesticide Application for Drift Management, 2004, [Waikoloa, Hawaii, USA]. Invited Presentation Articles. **Proceedings of the International Conference on Pesticide Application for Drift Management**, [Washington State University, Washington, D.C., USA], p. 72-79, 2004.
- FRITZ, B. K.; HOFFMANN, W. C.; CZACZYK, Z.; BAGLEY, W.; KRUGER, G.; HENRY, R. Measurement and classification methods using the ASAE S572.1 reference nozzles. **Journal of Plant Protection Research**, [Poznan, Polonia], v. 52, n. 4, p. 447-457, 2012.
- GIMENES, M. J.; RAETANO, C. G.; DAL POGETTO, M. H. F. A.; PRADO, E. P.; REZENDE, D. T.; CHRISTOVAM, R. S. Effects of spray nozzles and spray volume on *Spodoptera frugiperda* management and narrow row corn performance. **International Journal of Agricultural Research**, [New York], v. 7, n. 3, p. 134-143, 2012.
- GULLER, H.; ZHU, H.; OZKAN, H. E.; DERKSEN, R. C.; YU, Y.; KRAUSE, C. R. Spray characteristics and drift reduction potential with air induction and conventional flat-fan nozzles. **Transaction of ASABE**, [St. Joseph, MI, USA], v. 50, n. 3, p. 745-754, 2007.
- JAMAR, L.; MOSTADE, O.; HUYGHEBAERT, B.; PIGEON, O.; LATEUR, M. Comparative performance of recycling tunnel and conventional sprayers using standard and drift-mitigation nozzles in dwarf apple orchards. **Crop Protection**, [Guildford, UK] v. 29, n.6, p. 561-566, 2010.
- KNEWITZ, H.; WEISSER, P.; KOCH, H. Drift-reducing spray application in orchards and biological efficacy of pesticides. In: International Advances in Pesticide Application, 2002, [Guildford, UK]. **Aspects of Applied Biology**, [Wellesbourne, Warwick, UK], n. 66, p. 231-236, 2002.
- LEE, Y.; NELDER, J. A.; PAWITAN, Y. **Generalized Linear Models with Random Effects**. New York: Chapman & Hall, 2006. 416 p.
- MATTHEWS, G. A. The application of chemicals for plant disease control. In: WALLER, J. M.; LENNÉ, J. M.; WALLER, S. J. **Plant pathologist's pocketbook**. 3. ed., London: CABI Publishing, 2002. p. 345-353.
- MCCULLAGH, P.; NELDER, J. A. **Generalized linear models**. 2. ed. London: Chapman and Hall, 1989. 532 p.
- MCCULLOCH, C. E.; SEARLE, S. R. **Generalized, Linear, and Mixed Models**. New York: John Wiley & Sons, 2000. 424 p.
- MINGOTI, S. A.; FIDELIS, M. T. Aplicando a geoestatística no controle estatístico de processo. **Revista Produto e Produção**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 55-70, 2001.
- NOMELINI, Q. S. S. **Enfoque estatístico na validação de métodos para teste de germinação de sementes florestais**. 2012. 163 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

OLIVEIRA, G. M.; BALAN, M. G.; FONSECA, C. B.; SAAB, O. J. G. A. Sentidos de aplicação e pontas de pulverização no percentual de cobertura em alvos artificiais, para diferentes situações de orientação de alvo e vento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 4, p. 581-586, 2012.

OLIVEIRA, M. A. S.; ALVES, P. M. P. **Flutuação populacional do bicho-mineiro *Perileucoptera coffeella* Guérin-Mèneville, 1842, em Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 13 p., 1988. (EMBRAPA. Comunicado Técnico, 54).

ORMOND, J. G. P.; PAULA, S. R. L.; FILHO, P. F. Café: (Re)Conquista dos Mercados. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 10, p. 3-56, 1999.

PERIOTO, N. W.; LARA, R. I. R.; SELEGATTO, A.; LUCIANO, E. S. Himenópteros parasitóides (Insecta: Hymenoptera) coletados em cultura de café *Coffea arabica* L. (Rubiaceae) em Ribeirão Preto, SP, Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 71, n. 1, p. 41-44, 2004.

PODESTÁ, I. **Café é sexto item da pauta das exportações do agronegócio**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, (Assessoria de Comunicação Social), 2013. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/noticias/2013/01/cafe-e-sexto-item-da-pauta-das-exportacoes-do-agronegocio>>. Acesso em: 22 jan. 2013.

RAETANO, C. G. **Condições operacionais de turboatomizadores na distribuição e deposição da pulverização em citros**. 1996. 93 f. Tese (Doutorado em Entomologia Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

RAMOS, H. H.; YANAI, K.; CORRÊA, I. M.; BASSANEZI, R. B.; GARCIA, L. C. Características da pulverização em citros em função do volume de calda aplicado com turbopulverizador. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, no. esp., p. 56-65, 2007.

RAO, C. R. **Linear Statistical Inference and its Applications**. 2 ed. New York: J. Wiley & Sons, 1973. 656 p.

REIS, E. F.; QUEIROZ, D. M.; CUNHA, J. P. A. R. Dependência espacial da deposição de calda promovida por uma aplicação aérea na cultura da soja, **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 3, p. 79-85, 2012.

REIS, P. R.; SOUZA, J. P. Manejo integrado das pragas do cafeeiro em Minas Gerais. Cafeicultura: tecnologia para produção. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte: EPAMIG, v.19, n. 193, p. 17-25, 1998.

RODRIGUES, G. J.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C.; ALVARENGA, C. B. Otimização da pulverização de inseticidas visando o controle do bicho-mineiro do cafeeiro. **Revista Agrotecnologia**, Anápolis, v. 3, n. 1, p. 70-80, 2012.

RODRIGUES, G. J.; TEIXEIRA, M. M.; FILHO, E. I. F.; PICANÇO, M. C. Características do fluxo de ar de um pulverizador hidropneumático para aplicação de

agroquímicos em plantas arbustivas. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 16, n. 2, p. 199-207, 2008.

ROOSELL POLO, J. R.; SANZ, R.; LLORENS, J.; ARNO, J.; ESCOLA, A.; RIBES-DASI, M.; MASIP, J.; CAMP, F.; GRACIA, F.; SOLANELLES, F.; PALLEJA, T.; VAL, L.; PLANAS, S.; GIL, E.; PALACÍN, J. A tractor mounted scanning LIDAR for the non-destructive measurement of vegetative volume and surface area of tree-row plantations: a comparison with conventional and destructive measurements. **Biosystem Engineering**, [London], v. 102, n. 2, p. 128-134, 2009.

SÁNCHEZ-HERMOSILLA, J.; RINCÓN, V.J.; PÁEZ, F.; FERNÁNDEZ, M. Comparative spray deposits by manually pulled trolley sprayer and a sprayer gun in greenhouse tomato crops. **Crop Protection**, [Guildford, UK], v. 31, n. 1, p. 119-124, 2012.

SCUDELLER, F.; BAUER, F.; RAETANO, C. G. Ângulo da barra e ponta de pulverização na deposição da pulverização em soja. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 3, 2004, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FEPAF, p. 13-16, 2004.

SEBER, G. A. F. **Linear Regression Analysis**. New York : J. Wiley & Sons, 1977. 582 p.

SCHEFFÉ, H. **The analysis of variance**. New York: Wiley, 1959. 477 p.

SILVA, A. R.; LEITE, M. T.; FERREIRA, M. C. Estimativa da área foliar e capacidade de retenção de calda fitossanitária em cafeeiro. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 3, p. 66-73, 2008.

SILVA, R. P.; CORRÊA, C. F.; CORTEZ, J. W.; FURLANI, C. E. A. Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 292-304, 2008.

RIGITANO, R. L. O. **Bicho-mineiro do cafeeiro**: biologia, danos e manejo integrado. Belo Horizonte: EPAMIG, 2. ed. rev. e aum., 1998, 48 p. (EPAMIG. Boletim Técnico, 54).

SOUZA, J. C.; REIS, P. R. **Pragas do cafeeiro**: reconhecimento e controle. Viçosa: CTP, 2000. 154 p.

SOUZA, J. C.; REIS, P. R.; RIGITANO, R. L. O.; CIOCIOLA JÚNIOR, A. I. Eficiência de thiamethoxam no controle do bicho-mineiro do cafeeiro. I – Influência da modalidade de aplicação. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 2, p. 143-149, 2006.

SOUZA, L. A.; CUNHA, J. P. A. R.; PAVANIN, L. A. Eficácia e perda do herbicida 2,4-D amina aplicado com diferentes volumes de calda e pontas de pulverização. **Planta Daninha**, Viçosa, v.29, no. esp., p. 1149-1156, 2011.

VALENCIA, G. A. Relación entre el índice de area foliar y la productividad del cafeto. **Cenicafe**, Chinchiná, Caldas, Colombia, v. 24, n. 4, p. 78-89, 1973.

VIANA, R. G.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, M. C.; TEIXEIRA, M. M.; ROSELL, J. R.; TUFFI SANTOS, L. D.; MACHADO, A. F. L. Distribuição volumétrica e espectro de gotas de pontas de pulverização de baixa deriva. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 439-446, 2010.

WALLER, J. M.; BIGGER, M.; HILLOCKS, R. J. **Coffee pests, diseases and their management**. Oxfordshire, UK: CABI, 2007. 400 p.

WEISBERG, S. **Applied linear regression**. 3. ed. New York: John Wiley, 2005. 336 p.

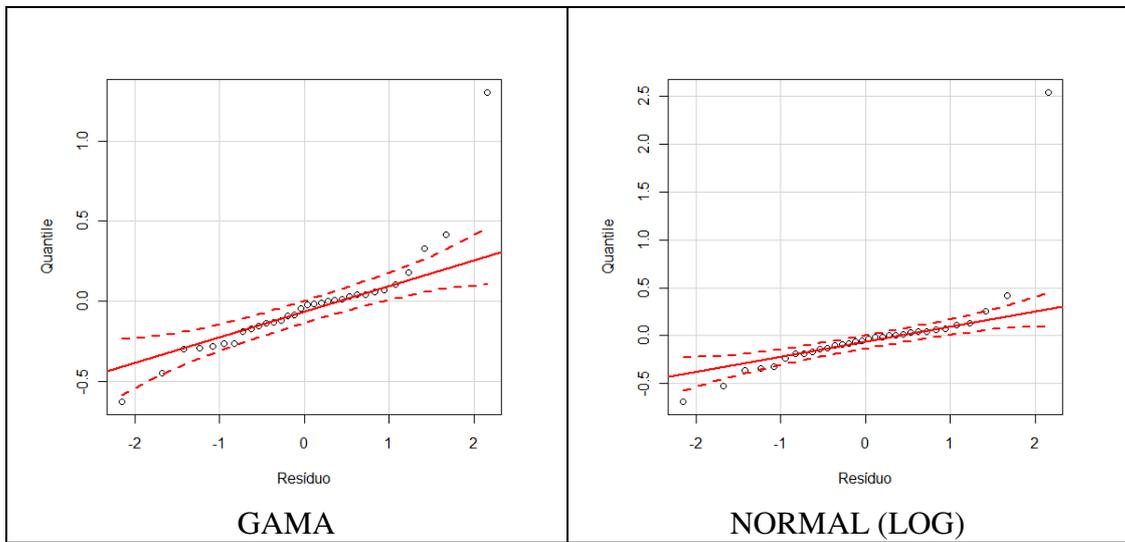
WENNEKER, M.; van de ZANDE, J.C. Drift reduction in orchard spraying using a cross flow sprayer equipped with reflection shields (Wanner) and air injection nozzles. **CIGR eJournal**, [S.l.], v. X, p. 1-10, 2008.

WICKE, H.; BÄCKER, G.; FRIEßLEBEN, R. Comparison of spray operator exposure during orchard spraying with hand-held equipment fitted with standard and air injector nozzles. **Crop Protection**, [Guildford, UK], v. 18, n. 8, p. 509-516, 1999.

WILKINSON, R.; BALSARI, P.; OBERTI, R. Pest control equipment. In: STOUT, B.A. (Ed.) **CIGR handbook of agricultural engineering**. St. Joseph, MI, USA: ASAE, 1999, cap. 1, p. 269-310.

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

ANEXO 1



Resíduos da variável contínua deposição em lâminas de vidro no solo utilizando a distribuição Gama e distribuição Normal com função de ligação logarítmica.

ANEXO 2

Especificações técnicas do trator Massey Ferguson modelo 265E.

Motor		Rodados	
Modelo	Perkins AD 4-236	Dianteiro	Pirelli TM 93 12.4-28 (6 lonas)
Nº de cilindros	4	Traseiro	Maggion MLTZ 7.00-16 (16 lonas)
Cilindrada	3,9 L	Tomada de Potência	
Potência @2200 rpm	47,8 kW ou 65 cv	Tipo do eixo	6 estrias, 1 3/8"
Consumo	14,5 L h ⁻¹	Rotação nominal na TDP	540 rpm*
Mecânica		*Rotação no motor	1900 rpm
Chassi	4x2	Sistema Hidráulico	
Freios	Disco seco	Levante nos 3 pontos	1859 kgf
Bloqueio do diferencial	Por pedal	Vazão máxima	17,0 L min ⁻¹
Sistema de direção	Hidrostática	Pressão máxima	2300 psi (158,6 bar)
Capacidade		Potência	
Tanque de combustível	70 L	Barra de tração	50 hp (37,3kW)
Sistema Hidráulico	30,3 L	TDP	60 hp (44,7 kW)
Pesos			
Peso de embarque	2590 kg		

(Fonte: catálogo do fabricante)

ANEXO 3

Especificações técnicas do pulverizador Montana modelo Arbo 360.

Especificações	
Bomba de pulverização	40 L min ⁻¹ (tipo membrana)
Filtros	Filtro principal com vedação para limpeza
Comando de pulverização	Manual (com controle de sessões)
Ventilação	615 mm
Porta-bicos	12 bicos
Potência máxima requerida	22 cv
Tanque principal	300 L (polietileno)
Dimensões e Peso	
Peso (vazio)	181 kg
Comprimento	1,15 m
Altura	1,18 m
Largura	0,86 m

(Fonte: catálogo do fabricante)

ANEXO 4

Tabela de vazões - ponta Albuz ATR.

Pressão (bar)	Vazão (L min ⁻¹)									
	Branco	Lilás	Marrom	Amarelo	Laranja	Vermelho	Cinza	Verde	Preto	Azul
5	0,27	0,36	0,48	0,73	0,99	1,38	1,50	1,78	2,00	2,45
6	0,29	0,39	0,52	0,80	1,08	1,51	1,63	1,94	2,18	2,67
7	0,32	0,42	0,56	0,86	1,17	1,62	1,76	2,09	2,35	2,87
8	0,34	0,45	0,60	0,92	1,24	1,73	1,87	2,22	2,50	3,06
9	0,36	0,48	0,64	0,97	1,32	1,83	1,98	2,35	2,64	3,24
10	0,38	0,50	0,67	1,03	1,39	1,92	2,08	2,47	2,78	3,40
11	0,39	0,52	0,70	1,07	1,45	2,01	2,17	2,58	2,90	3,56
12	0,41	0,55	0,73	1,12	1,51	2,09	2,26	2,69	3,03	3,71
13	0,43	0,57	0,76	1,17	1,57	2,17	2,35	2,79	3,14	3,85
14	0,44	0,59	0,79	1,21	1,63	2,25	2,43	2,89	3,26	3,99
15	0,46	0,61	0,81	1,25	1,69	2,33	2,51	2,99	3,36	4,12
16	0,47	0,63	0,84	1,29	1,74	2,40	2,59	3,08	3,47	4,25
17	0,48	0,64	0,86	1,33	1,79	2,47	2,67	3,17	3,57	4,37
18	0,50	0,66	0,89	1,37	1,84	2,54	2,74	3,25	3,67	4,49
19	0,51	0,68	0,91	1,40	1,89	2,60	2,81	3,34	3,76	4,61
20	0,52	0,70	0,93	1,44	1,94	2,67	2,88	3,42	3,85	4,72
21	0,54	0,71	0,95	1,48	1,99	2,73	2,95	3,50	3,94	4,84
22	0,55	0,73	0,98	1,51	2,03	2,79	3,01	3,57	4,03	4,94
23	0,56	0,74	1,00	1,54	2,07	2,85	3,07	3,65	4,12	5,05
24	0,57	0,76	1,02	1,58	2,12	2,91	3,14	3,72	4,20	5,15
25	0,58	0,77	1,04	1,61	2,16	2,97	3,20	3,80	4,28	5,25

(Fonte: catálogo do fabricante)

ANEXO 5

Tabela de vazões - ponta Albuz TVI.

Pressão (bar)	Vazão (L min ⁻¹)							
	Roxo	Rosa	Laranja	Verde	Amarelo	Lilás	Azul	Vermelho
5	-	0,39	0,52	0,77	1,03	1,29	1,55	2,07
6	-	0,42	0,57	0,85	1,13	1,41	1,70	2,26
7	0,31	0,46	0,61	0,92	1,22	1,53	1,83	2,44
8	0,33	0,49	0,65	0,98	1,31	1,63	1,96	2,61
9	0,35	0,52	0,69	1,04	1,39	1,73	2,08	2,77
10	0,37	0,55	0,73	1,10	1,46	1,83	2,19	2,92
11	0,38	0,57	0,77	1,15	1,53	1,91	2,30	3,06
12	0,40	0,60	0,80	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20
13	0,42	0,62	0,83	1,25	1,67	2,08	2,50	3,33
14	0,43	0,65	0,86	1,30	1,73	2,16	2,59	3,46
15	0,45	0,67	0,89	1,34	1,79	2,24	2,68	3,58
16	0,46	0,69	0,92	1,39	1,85	2,31	2,77	3,70
17	0,48	0,71	0,95	1,43	1,90	2,38	2,86	3,81
18	0,49	0,73	0,98	1,47	1,96	2,45	2,94	3,92
19	0,50	0,75	1,01	1,51	2,01	2,52	3,02	4,03
20	0,52	0,77	1,03	1,55	2,07	2,58	3,10	4,13
21	0,53	0,79	1,06	1,59	2,12	2,65	3,17	4,23
22	0,54	0,81	1,08	1,62	2,17	2,71	3,25	4,33
23	0,55	0,83	1,11	1,66	2,22	2,77	3,32	4,43
24	0,57	0,85	1,13	1,70	2,26	2,83	3,39	4,53
25	0,58	0,87	1,15	1,73	2,31	2,89	3,46	4,62

(Fonte: catálogo do fabricante)