

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**GUILHERME SOUSA ALVES**

**DEPOSIÇÃO DE CALDA PELA APLICAÇÃO AÉREA E TERRESTRE NA  
CULTURA DA BATATA (*Solanum tuberosum* L.)**

**Uberlândia – MG  
Outubro – 2010**

**GUILHERME SOUSA ALVES**

**DEPOSIÇÃO DE CALDA PELA APLICAÇÃO AÉREA E TERRESTRE NA  
CULTURA DA BATATA (*Solanum tuberosum* L.)**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: João Paulo A. Rodrigues da Cunha

**Uberlândia – MG  
Outubro – 2010**

**GUILHERME SOUSA ALVES**

**DEPOSIÇÃO DE CALDA PELA APLICAÇÃO AÉREA E TERRESTRE NA  
CULTURA DA BATATA (*Solanum tuberosum* L.)**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado pela banca examinadora em 06 de outubro de 2010.

Prof. Dr. Marcus Vinicius Sampaio  
Membro da banca

Eng<sup>a</sup>. Agr<sup>a</sup>. Mariana Rodrigues Bueno  
Membro da banca

---

Prof. Dr. João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha  
Orientador

## DEDICATÓRIA

À pessoa sem a qual não seria possível meu viver,  
À mulher guerreira, que cuidou de mim todos esses anos e sempre esteve ao meu lado,  
Que nunca me negou sua ajuda,  
Que me ensinou o caminho correto a percorrer,  
À aquela que tenho como exemplo de vida.

À minha mãe Aparecida Lourdes de Sousa,

*dedico.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aqueles que, de forma direta ou indireta, participaram da realização deste trabalho.

Ao professor **Dr. João Paulo A. R. da Cunha**, pelos ensinamentos, pelo incentivo e apoio dedicado, pela paciência e amizade.

À **Mariana Rodrigues Bueno**, pela ajuda no desenvolvimento deste trabalho.

Ao **Grupo Rocheto**, por ter disponibilizado a área experimental e a parte da infraestrutura necessária à condução do trabalho.

À minha mãe **Aparecida Lourdes de Sousa** pelo carinho, apoio, dedicação e incentivo nos momentos mais difíceis.

À minha avó **Geni Lourdes de Sousa**, por estar sempre ao nosso lado, dando-nos conforto e carinho.

Ao meu irmão **Murillo Sousa Alves**, pela convivência durante esses anos.

Ao meu tio **Itamar Lourenço Borba**, por ter participado da formação do meu caráter, pelos ensinamentos e lições de vida.

À minha tia **Doracy Lourdes de Sousa Lourenço**, pelo carinho e incentivo.

À minha namorada **Carolina Isadora de Sousa Lourenço**. Sou grato pela sua compreensão, paciência, amor e carinho.

Ao meu grande amigo e companheiro **Valdeci Araújo**, por sempre estar ao meu lado, pelo apoio prestado, pela motivação e amizade verdadeira.

Ao meu pai **Wanderley de Jesus Alves** e meu avô **Antônio Alves Gonzaga**, por terem participado da minha formação pessoal e profissional e serem alguns dos responsáveis por eu ter escolhido essa profissão.

Aos amigos e colegas das 42<sup>a</sup> e 43<sup>a</sup> Turmas de Agronomia pela convivência e aprendizado no decorrer destes anos.

A **DEUS**, por dar-me coragem para ser e melhorar o que sou, por dar sabedoria, proteção e saúde a todos aqui citados.

## **EPIGRAFE**

*“Paz não é aquilo que encontramos em um lugar sem ruídos, sem problemas, sem trabalho duro, mas o que permite manter a calma em nosso coração, mesmo no meio das situações mais adversas. Este é o seu verdadeiro e único significado”.*

Paulo Coelho

## RESUMO

A cultura da batata apresenta grandes problemas no que se refere à tecnologia de aplicação de agroquímicos. Para que haja garantia de que o produto alcance o alvo de forma eficiente é necessário uniformidade de aplicação e espectro de gotas adequado. Neste contexto, o método mais empregado para a proteção das lavouras é a aplicação terrestre com pulverizadores hidráulicos, contudo a aplicação aérea tem crescido em virtude das vantagens operacionais que apresenta, mas ainda carece de estudos. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a deposição de calda promovida pelas aplicações aérea e terrestre na cultura da batata, bem como o espectro das gotas formado por essas aplicações, variando-se o volume de pulverização, a composição da calda e o tipo de ponta. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, em esquema fatorial 6x2, sendo seis formas de aplicação (aérea - 15 e 30 L ha<sup>-1</sup> com atomizador rotativo, e terrestre - 200 e 400 L ha<sup>-1</sup> com pontas de jato plano duplo com indução de ar e jato cônico vazio) e duas composições de calda (com e sem o adjuvante fosfatidilcolina+ácido propiônico). O espectro de gotas gerado foi avaliado por meio da digitalização e análise de papéis hidrossensíveis, colocados nas áreas aplicadas. A deposição de calda foi avaliada através da adição de um corante à calda. Após as aplicações, em cada repetição foram coletadas vinte folhas – dez na parte superior e dez na parte inferior. As folhas foram lavadas com 0,1 L de água destilada, e posteriormente foi feita a quantificação por absorvância através de espectrofotômetro. A área foliar foi medida através de um programa de análise de imagens e por meio de curvas de calibração os dados de absorvância foram transformados para unidade de massa do traçador em relação à área foliar (µg cm<sup>-2</sup>). Os parâmetros característicos da população de gotas avaliados, exceto o diâmetro da mediana numérica, não foram influenciados pelo uso do adjuvante fosfatidilcolina+ácido propiônico. Na pulverização aérea com atomizador rotativo foram produzidas gotas mais homogêneas e de menor tamanho, enquanto que na aplicação terrestre com ponta de jato plano duplo com indução de ar, gotas mais heterogêneas e de maior tamanho. A aplicação aérea, no volume de 15 L ha<sup>-1</sup>, apresentou o maior risco potencial de deriva. De forma geral, a deposição de calda promovida pela aplicação aérea mostrou-se similar à aplicação terrestre, demonstrando a viabilidade técnica da aviação agrícola. Houve maior retenção de calda quando se utilizou o adjuvante.

**Palavras-chave:** pulverizador, aeronave agrícola, *Solanum tuberosum*.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1	Cultura da Batata	10
2.2	Tecnologia de Aplicação	10
2.2.1	Conceitos básicos	10
2.2.2	Pontas de Pulverização	12
2.2.3	Deriva	13
2.2.4	Adjuvantes	14
2.2.5	Aspectos gerais	15
2.3	Aviação Agrícola	16
3	MATERIAL E MÉTODOS	18
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5	CONCLUSÕES	28
	REFERÊNCIAS	29



## 1 INTRODUÇÃO

Os produtos fitossanitários têm sido alvo de grande preocupação por parte dos diversos segmentos da sociedade devido ao seu risco de contaminação ambiental, apesar de desempenharem um importante papel dentro do sistema de produção agrícola.

Em virtude disso, exige-se cada vez mais do agricultor a correta e criteriosa utilização desses produtos. Mas infelizmente o que se tem percebido no campo é a falta de informação em torno da tecnologia de aplicação, principalmente na cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.), que apresenta grandes problemas relacionados a esse tema. Nessa cultura, chega-se a realizar duas ou mais aplicações semanais de agroquímicos. Na prática, a dose de defensivo empregada é muito superior à requerida (FERNANDES, 1997).

Na cultura da batata é bastante comum a utilização do volume de calda de 400 L ha<sup>-1</sup>, nas aplicações terrestres, e 30 L ha<sup>-1</sup>, nas aplicações aéreas. Porém, são necessários estudos que visem a redução desse volume, de forma que não prejudique a eficiência da aplicação. Essa redução contribui para minimizar custos e aumentar a capacidade operacional dos equipamentos de pulverização.

Na maioria das vezes, dá-se muita importância ao produto fitossanitário e pouca à técnica de aplicação. Não basta apenas conhecer o produto a ser aplicado, também é fundamental conhecer a forma de aplicação. É preciso garantir que o produto alcance o alvo de forma eficiente, minimizando-se as perdas. Para isso, é necessário uniformidade de aplicação e espectro de gotas adequado (CUNHA et. al., 2003; CUNHA et al., 2006).

Dentre os vários eventos envolvidos no processo de produção de uma cultura, a aplicação de defensivos agrícolas é um dos mais exigentes, pois não consiste somente no tratamento da área cultivada e nos cuidados com o ambiente. Também relaciona-se com o momento oportuno da aplicação, com adequada cobertura do alvo, com o mínimo de danos à cultura e com preço acessível, tanto dos produtos fitossanitários quanto da própria aplicação (COSTA, 2009).

São muitas as técnicas de aplicação de defensivos. Porém, aquelas que se baseiam na pulverização hidráulica terrestre são as mais difundidas, devido à flexibilidade que oferecem às distintas aplicações (TEIXEIRA, 1997). Nesses equipamentos, as pontas de pulverização representam um dos principais componentes: garantem a qualidade e a segurança de aplicação. De acordo com Sidhamed (1998), as pontas têm como função fragmentar o líquido em pequenas gotas, além de distribuí-las em uma determinada área e controlar a saída do líquido por unidade de área.

O tamanho de gotas produzidas por uma ponta de pulverização depende de vários fatores, dentre os quais se podem destacar as propriedades do líquido pulverizado e o tipo da ponta. Assim, uma opção economicamente viável encontrada para aumentar a eficácia do líquido pulverizado, bem como a eficiência das aplicações, tem sido a adição de adjuvantes às caldas de pulverização (CUNHA et al., 2003). Entretanto, pouco se conhece os efeitos dos adjuvantes, sendo necessário, portanto, estudar as alterações que estes produtos promovem nas características da calda de pulverização.

Na atividade agrícola, os insumos oneram muito a produção. Por isso, é preciso achar uma forma de reduzir os custos mantendo-se a qualidade (CARVALHO, 2007).

A aviação agrícola destaca-se por ser uma atividade que proporciona aos produtores rurais diversos benefícios, pois permite que o controle químico ou biológico, necessários ao processo de produção agrícola, seja realizado em curto intervalo de tempo, com precisão e eficácia. De acordo com Schröder (2005), as aplicações por vias aérea e terrestre não são necessariamente concorrentes, mas sim, complementares, pois cada uma apresenta características próprias.

Nas aplicações terrestres, além dos custos decorrentes da operação, há que se computar a redução do rendimento ocasionado pelo tráfego de máquinas aplicadoras (HANNA et al., 2010), pois há amassamento da cultura e compactação do solo, fatores esses não observados nas aplicações aéreas. De acordo com Camargo et al. (2008), o risco de injúrias causadas às culturas pelos pulverizadores autopropelidos, com conseqüente redução de produtividade, é um dos argumentos para a decisão de uso da aplicação por via aérea.

Dessa forma, é de grande importância a realização de estudos sobre novas técnicas de aplicação de defensivos na cultura da batata, o que ajudará a adequar doses de produtos fitossanitários ao tipo de aplicação a ser feita, bem como melhorar a eficiência dessa aplicação, reduzindo custos, garantindo lavouras mais produtivas, preservação ambiental, e sobretudo, lucratividade para o produtor.

Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivos avaliar a deposição de calda, bem como analisar as características de gotas formadas por bicos hidráulicos, na aplicação terrestre, e por atomizadores rotativos, na aplicação aérea, sob diferentes volumes e composições de calda de pulverização simulando a aplicação de defensivos agrícolas na cultura da batata.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Cultura da Batata

A cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.) é a quarta fonte de alimento mundial, perdendo apenas para o trigo, arroz e o milho (IBGE, 2008). Em países de clima temperado, sobretudo, é a principal fonte de alimento. Trata-se de uma Solanaceae de origem andina adaptada ao clima ameno com temperaturas baixas que favorecem a tuberização. Temperaturas diárias entre 20 e 30 °C e noturnas entre 8 e 15 °C são mais favoráveis para o cultivo do que em regiões com pouca amplitude térmica. Via de regra, não haverá tuberização se a temperatura noturna permanecer acima de 20°C (SONNENBERG, 1998).

No caso específico do Brasil, o cultivo da batata foi iniciado no século XX, e atualmente é a principal hortaliça cultivada, ocupando uma área de aproximadamente 142.000 ha, tendo uma produtividade média de 23.700 kg ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2008). Entretanto, sabe-se que essa cultura possui um potencial para superar esse valor. A safra “das águas”, que vai de Janeiro à Março, representa pouco mais do que 50% da produção total brasileira e geralmente é conduzida em regiões de maiores altitudes nos estados de Minas Gerais e São Paulo, além de ser cultivada nos estados do Sul do Brasil, buscando condições de temperaturas mais amenas. Esses estados, em conjunto, são responsáveis por aproximadamente 98% da produção brasileira (FILGUEIRA, 2003).

O Brasil é um dos raros países a produzir batata durante o ano todo, graças ao sistema irrigado. Entretanto, isso predispõe a cultura a uma alta pressão de inóculo de enfermidades e a grandes populações de insetos pragas, o que tem causado grandes prejuízos, além de poderem inviabilizar algumas áreas para o plantio (KIMATI et al., 2005). Assim, para que haja uma boa produção com qualidade, faz-se necessário o controle eficiente de pragas e doenças, que está estreitamente relacionado com a tecnologia de aplicação de fitossanitários.

### 2.2 Tecnologia de Aplicação

#### 2.2.1 Conceitos básicos

De acordo com Maia e Cunha (2009), alguns conceitos básicos são importantes para um melhor entendimento da tecnologia de aplicação, a serem citados: alvo biológico, calda,

diâmetro, densidade e espectro de gotas, pressão, vazão, volume de pulverização, faixa de deposição e deriva.

**Alvo biológico:** A definição de alvo biológico engloba o exato local onde deverá ser aplicado o produto químico. O objetivo de toda a aplicação de agroquímicos para o controle de pragas, doenças e plantas infestantes é cobrir o alvo com máxima eficiência e mínimo esforço.

**Calda de pulverização:** A calda corresponde à mistura entre a o líquido veicular, normalmente a água, com produtos fitossanitários, podendo incluir defensivos agrícolas, fertilizantes foliares e adjuvantes.

**Diâmetro da gota:** Representa o tamanho da gota, expresso por seu diâmetro em microns ( $\mu\text{m} - 1/1000 \text{ mm}$ ). Normalmente é representado pelo dm<sub>v</sub> (diâmetro mediano volumétrico), diâmetro que divide o volume aplicado por uma ponta em duas partes iguais.

**Densidade de gotas:** Corresponde ao número de gotas por unidade de área. O número de gotas que se depositam por unidade de área do solo ou da superfície foliar desempenha um papel importante na eficiência das aplicações.

**Espectro de gotas:** Representa a classificação das gotas por tamanho, em percentagem de volume ou de número de gotas. Os principais fatores que influenciam o espectro de gotas produzidas por determinada ponta são: vazão nominal, ângulo de pulverização, tipo de ponta, propriedades da calda e pressão do líquido.

**Pressão:** Refere-se à força aplicada por uma unidade de área. A unidade no sistema internacional (SI) para medir a pressão é o Pascal (Pa). Em tecnologia de aplicação utilizam-se principalmente as unidades Bar e Psi.

**Vazão:** A vazão corresponde ao volume de determinado fluido que passa por uma determinada seção de um conduto por uma unidade de tempo. Isto significa que a vazão é a rapidez com a qual um volume escoar.

**Volume de pulverização:** Refere-se à quantidade de calda distribuída por unidade de área. À medida que se reduz o volume de aplicação, a tendência é utilizar gotas menores. A redução do volume de pulverização leva à necessidade de uma tecnologia mais apurada.

**Faixa de deposição:** Define-se faixa de deposição como sendo a largura da área tratada relativa a uma passada do equipamento.

**Deriva:** Deriva é o desvio da trajetória das partículas liberadas pelo equipamento. Quando ocorre dentro da cultura, é denominada de endoderiva (deriva tolerável). Quando ocorre perdas para fora da área tratada, é denominada de exoderiva (deriva intolerável).

### 2.2.2 Pontas de Pulverização

De acordo com Maia e Cunha (2009), o que se chama genericamente de bico é o conjunto de peças colocado no final do circuito hidráulico, através do qual a calda é emitida para fora da máquina. Esse conjunto é composto de várias partes, das quais a ponta de pulverização é a mais importante, regulando a vazão, o tamanho das gotas e a forma do jato emitido.

As pontas fragmentam o líquido pela ação da pressão exercida por uma bomba, que força o líquido passar por um orifício, adquirindo velocidade e energia no difusor para subdividir-se em pequenas gotas ao sofrer o impacto com o ar.

Existem no mercado diferentes tipos de pontas, cada qual com características específicas para determinada situação. Segundo esses mesmos autores, os principais tipos de pontas são: jato cônico vazio, jato cônico cheio, jato plano, jato plano defletor e pontas com indução de ar.

**Pontas jato cônico vazio:** são pontas que possuem um padrão de distribuição com menos líquido no centro, tendo uma deposição maior na porção mais externa do cone. Trabalham normalmente com pressões de 200 a 1000 kPa, produzindo gotas muito pequenas. São geralmente aconselhadas para aplicação de inseticidas, fungicidas e dessecantes, em culturas com grande massa foliar, onde a penetração do jato e a cobertura são críticas.

**Pontas jato cônico cheio:** esse tipo de ponta opera normalmente a baixas pressões (100 a 300 kPa), produzindo gotas maiores do que aquelas produzidas pela ponta jato cônico

vazio operando à mesma pressão. São recomendadas para a aplicação de herbicidas sobre o solo ou produtos sistêmicos.

**Pontas jato plano simples/duplo:** apresentam uma concentração maior de líquido na parte central do jato, mas com boa uniformidade de distribuição do líquido, em função da sobreposição apropriada. Operam melhor a pressão de 200 a 400 kPa, permitindo uma cobertura mais uniforme.

São ideais para a aplicação de herbicidas em área total. Entretanto, têm sido bastante utilizadas para aplicação de inseticidas e fungicidas com sucesso, pois diminuem o risco de deriva quando comparadas com pontas de jato cônico vazio.

No mercado, encontram-se normalmente com ângulo de abertura de 80° e 110°. Quanto maior o ângulo do jato, menor é o tamanho das gotas.

**Pontas jato plano defletor:** produzem um jato em forma de leque, com um ângulo variando de 110° a 140°. Possuem maior deposição de líquido nas extremidades do jato. Podem trabalhar a pressões muito baixas (70 a 180 kPa), produzindo gotas maiores do que aquelas produzidas pela ponta jato plano simples/duplo operando à mesma pressão.

Esse tipo de ponta é recomendado para aplicação de herbicidas sistêmicos a baixo volume, bem como para a aplicação utilizando pulverizadores costais com acionamento manual.

**Pontas com indução de ar:** são pontas que contém no seu interior um venturi responsável pela aspiração do ar. Este é misturado com o líquido em uma câmara antes da formação do jato. Por esse motivo, produzem gotas grandes, contendo ar no seu interior, próprias para aplicação de produtos sistêmicos.

### 2.2.3 Deriva

A deriva de agrotóxicos continua sendo um dos maiores problemas da agricultura moderna (SUMNER; SUMNER, 1999; TSAI et al., 2005). De acordo com as condições locais de aplicação, é preciso conhecer o espectro das gotas pulverizadas, de forma a adequar o seu tamanho, garantindo, ao mesmo tempo, eficácia biológica e segurança ambiental.

Assim, uma maneira simples de reduzir a deriva dá-se por meio do aumento do diâmetro das gotas e da redução da proporção de gotas menores que 100 µm, pelo uso de

pontas de jato plano (JENSEN et al., 2001). Dessa forma, há a necessidade de estudos que viabilizem e aperfeiçoem a redução de volume de pulverização nas aplicações, permitindo a utilização de pontas e volumes de calda adequados e sem ocorrência de deriva (SILVA, 1999).

Segundo Bode (1987) o objetivo de se evitar deriva e obter adequada cobertura do alvo pulverizado geralmente é alcançado utilizando-se gotas com DMV compreendidos entre 100 e 400  $\mu\text{m}$ . Para Zhu et al. (1994), gotas com diâmetro acima de 500  $\mu\text{m}$  têm pouco problema de deriva e gotas abaixo de 50  $\mu\text{m}$ , em geral, evaporam antes de atingir o alvo. No caso de gotas produzidas muito grandes, não haverá uma cobertura perfeita da superfície nem, tampouco, boa uniformidade de distribuição. As gotas muito grandes, devido ao peso, normalmente não aderem às superfícies das folhas, terminando no solo.

Vários pesquisadores consideram que gotas menores que 100  $\mu\text{m}$  são facilmente carregadas pelo vento, sofrendo mais intensamente a ação dos fenômenos climáticos (SUMNER, 1997; MURPHY et al., 2000; WOLF, 2000).

Para avaliação de campo dos tratamentos fitossanitários, um método muito empregado tem sido a análise de papéis hidrossensíveis. Embora apresente limitações, trata-se de um método simples, barato e de boa confiabilidade, que fornece importantes informações sobre o espectro de gotas geradas. Nessas análises, alguns parâmetros avaliados são:  $D_{v0,1}$  – diâmetro de gota tal que 10% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor,  $D_{v0,5}$  – diâmetro de gota tal que 50% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor, também conhecido como diâmetro da mediana volumétrica (DMV),  $D_{v0,9}$  – diâmetro de gota tal que 90% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor, diâmetro da mediana numérica (DMN), amplitude relativa (AR), coeficiente de homogeneidade (CH) e percentagem do volume de gotas com diâmetro inferior a 100  $\mu\text{m}$  (MATUO, 1990).

#### **2.2.4 Adjuvantes**

A ação dos produtos fitossanitários também depende de outros constituintes adicionados à calda de pulverização, denominados de adjuvantes. Para Kissmann (1996), um composto químico com atividades fitossanitárias raramente é aplicado de forma pura, sendo normal à mistura com outros componentes para tornar prática a aplicação e maximizar sua eficiência. Witt (2001) define como adjuvante agrícola qualquer substância acrescentada ao tanque de pulverização, sem contar os componentes da formulação do defensivo agrícola, que

melhore o desempenho da aplicação. Ozeki (2006) é ainda mais específico e define adjuvantes como produtos adicionados à calda de pulverização, que tenham como objetivo aumentar a eficiência biológica dos ingredientes ativos, melhorando a aderência sobre a superfície foliar e aumentando a absorção foliar do ingrediente ativo.

Lan et al. (2007) comentam que a adição de adjuvantes pode alterar o desempenho das aplicações, no entanto seu efeito pode ser positivo ou até mesmo negativo no que se refere à deposição do produto no alvo.

O uso de adjuvantes pode tornar-se uma prática recomendável pelo fato destes promoverem alterações físico-químicas na calda de pulverização possibilitando, por exemplo, minimizar os efeitos ambientais que possam comprometer a eficiência de um fitossanitário (CARBONARI et al., 2005). Porém, grande parte dos problemas advindos da utilização de aditivos de calda origina-se do desconhecimento de sua ação e das implicações de sua utilização (ANTUNIASSI, 2006), inclusive em relação a espectro de gotas gerados. Existe uma infinidade de produtos denominados adjuvantes disponíveis no mercado, porém, poucos são devidamente registrados, conhecidos tecnicamente e realmente possuem propriedades características de adjuvante.

### **2.2.5 Aspectos gerais**

A tecnologia de aplicação tem como objetivo colocar a quantidade certa do produto no alvo desejado, com máxima eficiência e de maneira mais econômica possível, reduzindo assim, a contaminação ambiental (MATTHEWS, 2002).

Para que haja garantia de que o produto alcance o alvo de forma eficiente é necessário uniformidade de aplicação e espectro de gotas adequado. Nas décadas passadas, pouca atenção era dada à uniformidade de distribuição durante as aplicações de produtos fitossanitários, pois o que interessava era molhar bem a cultura, o que se conseguia mediante um volume de calda bastante alto (CARREIRO, 1996). Nos dias atuais, entretanto, há uma tendência em reduzir o volume de calda para que se tenha uma minimização dos custos e aumento da eficiência de pulverização (SILVA, 1999). Essa redução somente é possível quando se dispõe de pontas de pulverização que propiciem uma distribuição transversal e um espectro de gotas uniformes e de tamanho adequado (CUNHA; TEIXEIRA, 2001).

O uso de menor volume de calda aumenta a autonomia e a capacidade operacional dos pulverizadores e diminui os riscos de contaminação ambiental, pois reduz o escorrimento e, em muitos casos, a evaporação e a deriva. Com o incremento da capacidade operacional, a



máquina passa a pulverizar áreas maiores no período de tempo menor e com boas condições de temperatura, umidade e velocidade do vento (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Segundo Salyani (1999), a redução do orifício de saída das pontas, para se obter menor volume de pulverização, aumenta o risco de deriva, em virtude da diminuição do tamanho das gotas geradas. O problema é agravado quando é levado em consideração que, pontas de jato cônico, por trabalharem submetidas a pressões maiores do que as pontas de jato plano tendem a produzir menor diâmetro de gotas e, com isso, maior possibilidade de contaminação ambiental (SRIVASTAVA et al., 1994). Essas gotas podem evaporar em condições de baixa umidade relativa ou serem levadas pela corrente de ar, provocando o fenômeno da deriva (TEIXEIRA, 1997).

### **2.3 Aviação Agrícola**

A aviação agrícola foi inventada pelo agente florestal alemão Alfred Zimmermann em 1911, porém só teve aplicação comercial nos EUA em 1921. As técnicas modernas de aplicação, como a do Baixo-Volume (10 a 30 L ha<sup>-1</sup>) só iniciaram a partir de 1943. Entretanto, o primeiro avião projetado especificamente para uso agrícola foi o AG-1, desenvolvido em 1950 nos EUA. No mundo existem aproximadamente 24.000 aeronaves agrícolas, sendo que a sua maior parte opera nos Estados Unidos e Rússia, sendo os modelos Air Tractor e Aryes Thrush considerados as mais completas e avançadas aeronaves agrícolas (AGROLINK, 2010).

Em 1947 foi realizado o primeiro vôo agrícola no Brasil, mais precisamente em Pelotas, no Rio Grande do Sul. No ano de 1950, iniciaram as aplicações aéreas de BHC na cultura do café. No ano de 1956 donos de extensas áreas de bananas na região de Itanhaém-SP começaram a realizar aplicações aéreas objetivando o controle do mal de Sigatoka (UNICENTRO, 2010).

No Brasil existem cerca de 1.500 aviões agrícolas em operação. O mercado potencial para essas aeronaves é de 10.000 unidades, levando-se em consideração somente as áreas agrícolas atualmente exploradas (UNICENTRO, 2010).

Desta forma, uma importante alternativa empregada para a aplicação de defensivos na cultura da batata, porém pouco estudada, é a aplicação aérea. Assim como a aplicação terrestre, ela possui vantagens e desvantagens. A aplicação aérea tem uma alta capacidade operacional, permitindo um tratamento de grandes áreas em um curto intervalo de tempo, o que implica numa pulverização no momento mais oportuno para o controle, além de evitar a

compactação do solo e o amassamento da cultura, facilmente detectável nas aplicações tratorizadas, em que se estima perda de até 5 % do rendimento, dependendo da cultura (TERRA AVIAÇÃO, 2010).

Por outro lado, caso a operação não seja executada de maneira correta, obedecendo-se aos parâmetros técnicos recomendados, a aplicação aérea poderá causar a deriva dos defensivos (arrastamento pelo vento) para áreas adjacentes, o que resulta em perda de produto e menor eficiência da aplicação. Além disso, como o volume de pulverização é bastante reduzido, muitas vezes inferior a 40 litros por hectare, a dificuldade de cobertura do alvo é maior e, portanto, requer estratégias que assegurem a boa deposição e cuidado redobrado com as condições climáticas durante as aplicações (CUNHA, 2010).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

As avaliações de campo do presente trabalho foram realizadas na Fazenda Água Santa, pertencente ao Grupo Rocheto, localizada na BR 452 km 258, no município de Santa Juliana-MG, de coordenadas geográficas X 246.948 e Y 7.864.698 (UTM), com altitude média de 1100 m. As avaliações de laboratório foram realizadas no Laboratório de Mecanização Agrícola, pertencente ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, no Campus Umuarama, Uberlândia-MG.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, em esquema fatorial 6x2, sendo seis formas de aplicação e duas composições de calda (com e sem adjuvante), conforme apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1.** Descrição dos tratamentos

Tratamento	Aplicação/Ponta	Volume de Calda (L ha <sup>-1</sup> )	Calda
1	Aérea	30	Água+Adjuvante
2	Aérea	30	Água
3	Aérea	15	Água+Adjuvante
4	Aérea	15	Água
5	Terrestre AD-IA/D 11002	200	Água+Adjuvante
6	Terrestre AD-IA/D 11002	200	Água
7	Terrestre AD-IA/D 11004	400	Água+Adjuvante
8	Terrestre AD-IA/D 11004	400	Água
9	Terrestre MAG-2	200	Água+Adjuvante
10	Terrestre MAG-2	200	Água
11	Terrestre MAG-4	400	Água+Adjuvante
12	Terrestre MAG-4	400	Água

\*AD-IA/D – Ponta de jato plano duplo com indução de ar.

\*MAG – Ponta jato cônico vazio.

As parcelas para os tratamentos terrestres tiveram área de 48 m<sup>2</sup> (6 x 8 m), enquanto que para os tratamentos aéreos, a área foi de 19.200 m<sup>2</sup> (300 x 64 m).

As formas de aplicação foram definidas visando o controle de doenças fúngicas na cultura da batata. Utilizou-se a cultivar Asterix, com 54 dias após o plantio, cultivada em área de pivô central de 80 ha. O espaçamento entre plantas foi de 0,38 m e entre linhas foi de 0,80 m, sendo a profundidade de plantio de 0,12 m e amontoa realizada 20 dias após a data de plantio.

A calda foi composta por água e água mais o adjuvante fosfatidilcoline + ácido propiônico ( $712,88 \text{ g L}^{-1}$ ), na forma de concentrado emulsionável, na dose recomendada pelo fabricante de 0,5% v/v.

As formas de aplicação foram compostas pela combinação do tipo de aplicação (aérea e terrestre) e volume de calda. Na aplicação aérea, utilizou-se um avião Cessna, modelo AG Truck 300, dotado de 8 atomizadores rotativos de tela (Modelo Micronair AU 5000), conforme observado na Figura 1. O ângulo de pás foi regulado em  $55^\circ$  e a unidade de restrição variável foi posicionada para atender aos volumes de calda de 15 e  $30 \text{ L ha}^{-1}$ . A altura de vôo em relação à cultura foi de 3 m, sendo que a velocidade de vôo foi de  $183 \text{ km h}^{-1}$  e a pressão utilizada foi de  $186 \text{ kPa}$  ( $27 \text{ lb pol}^{-2}$ ).



**Figura 1.** Aeronave agrícola utilizada para as aplicações aéreas.

As pulverizações foram feitas com direção do vento lateral ao sentido de deslocamento (vento de través).

Na aplicação terrestre foram avaliadas pontas de pulverização hidráulica, de diferentes vazões nominais, de jato cônico vazio (MAG -2 e MAG -4 – espectro de gotas finas) e de jato plano duplo com indução de ar (AD-IA/D 11002 e AD-IA/D 11004 – espectro de gotas grossas) fabricadas pela Magno Jet em cerâmica, nos volumes de 200 e  $400 \text{ L ha}^{-1}$ . Utilizou-se um pulverizador costal  $\text{CO}_2$  Herbicat Série OP 1442 de pressão constante, ilustrado pela Figura 2. A altura da barra de pulverização em relação à cultura foi de 0,5 m, sendo que as pressões utilizadas para a ponta de jato cônico vazio e jato plano duplo com indução de ar foram, respectivamente,  $483 \text{ kPa}$  ( $70 \text{ lb pol}^{-2}$ ) e  $207 \text{ kPa}$  ( $30 \text{ lb pol}^{-2}$ ). Em todas as aplicações terrestres, a velocidade de deslocamento média adotada foi de  $4 \text{ km h}^{-1}$ .



**Figura 2.** Equipamento utilizado para as aplicações terrestres.

Antes das aplicações, em cada repetição, colocaram-se quatro papéis hidrossensíveis (26 x 76 mm) à altura do terço superior da planta, preso através de uma haste fixadora de papéis. Após cada pulverização, os papéis foram coletados e colocados em envelopes, afim de isolá-los da umidade do ambiente.

Em laboratório, os papéis foram digitalizados em resolução de 600 dpi e as imagens analisadas através do programa computacional CIR 1.5 (Conteo y Tipificación de Impactos de Pulverización), específico para a análise de espectro de gotas.

Os parâmetros avaliados foram: amplitude relativa (AR), coeficiente de homogeneidade (CH), diâmetro mediano volumétrico (DMV), diâmetro volumétrico 0,1 ( $Dv_{0,1}$ ), diâmetro volumétrico 0,9 ( $Dv_{0,9}$ ), diâmetro mediano numérico (DMN) e diâmetro menor do que 100  $\mu\text{m}$ .

A amplitude relativa (AR) foi determinada utilizando-se da seguinte equação 1:

$$AR = \frac{Dv_{0,9} - Dv_{0,1}}{DMV} \quad (1)$$

AR = amplitude relativa                      adimensional

$Dv_{0,9}$  = diâmetro volumétrico 0,9       $\mu\text{m}$

$Dv_{0,1}$  = diâmetro volumétrico 0,1       $\mu\text{m}$

DMV = diâmetro mediano volumétrico    $\mu\text{m}$

O coeficiente de homogeneidade (CH) foi determinado utilizando-se equação 2:

$$CH = \frac{DMV}{DMN} \quad (2)$$

CH = coeficiente de homogeneidade      adimensional

DMV = diâmetro mediano volumétrico     $\mu\text{m}$

DMN = diâmetro mediano numérico       $\mu\text{m}$

Para a avaliação dos depósitos, foi utilizado um traçador composto do corante alimentício azul (catalogado internacionalmente pela “Food, Drug & Cosmetic” como FD & C Blue n.1), junto à calda, na dose de  $0,4 \text{ kg ha}^{-1}$ , para todos os tratamentos, para ser detectado por absorvância em espectrofotometria. Para tanto foi usado o Espectrofotômetro Biospectro Modelo SP-22 (fotômetro fotoelétrico de filtro), com lâmpada de tungstênio-halogênio, conforme metodologia proposta por Palladini (2000).

Após as pulverizações foram marcadas dez plantas, escolhidas ao acaso em cada parcela e, em cada planta, duas folhas foram coletadas: uma na parte superior e outra na parte inferior da planta. As folhas foram, então, agrupadas por posição na planta e colocadas em sacos plásticos adicionando-se 100 mL de água destilada. Esses sacos foram fechados e agitados por 30 segundos. Posteriormente, foi feita a quantificação da coloração por absorvância em 630 nm (faixa de detecção do corante azul utilizado), com o uso do espectrofotômetro.

A área das folhas foi medida através do programa de análise de imagens “Image Tool”, digitalizadas com resolução espacial de 600 dpi, com cores em 24 bits. Com o uso de curvas de calibração, os dados de absorvância foram transformados para unidade de massa do traçador em relação à área foliar ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ ).

A deposição de calda, utilizando-se baixo volume -  $200 \text{ L ha}^{-1}$ (terrestre) e  $15 \text{ L h}^{-1}$  (aérea) – foi comparada com a deposição utilizando-se volume de calda tradicional -  $400 \text{ L ha}^{-1}$ (terrestre) e  $30 \text{ L ha}^{-1}$  (aérea). Da mesma forma, a deposição de calda, utilizando-se pontas de jato plano duplo com indução de ar, foi comparada com a deposição utilizando-se pontas de jato cônico.

Durante as aplicações, as condições de temperatura, umidade e velocidade do vento foram monitoradas por um termo-higro-anemômetro digital (Kestrel® 4000 Pocket Weather Tracker). As condições ambientais foram: temperatura média do ar de  $24^{\circ}\text{C}$ , velocidade do vento entre  $10,8$  e  $14,4 \text{ km h}^{-1}$  e 64% de umidade relativa média do ar.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e testes de comparação de médias, empregando-se o programa computacional Sisvar (versão 5.0).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, tem-se a média das amplitudes relativas. É possível verificar que não houve interação significativa entre as formas de aplicação e o uso de adjuvante. Nota-se também que não ocorreu diferença significativa entre a adição ou não do adjuvante à calda. Com relação às formas de aplicação, observa-se que o Micronair, na pulverização aérea, produziu gotas mais homogêneas do que as pontas usadas na pulverização terrestre. Quanto menor a amplitude relativa, melhor será o dispositivo gerador das gotas, visto que a aplicação ocorrerá com um número maior de gotas no tamanho desejado.

**Tabela 2.** Amplitude relativa (AR) de gotas produzidas nas pulverizações aérea e terrestre realizadas na cultura da batata, com e sem a adição de adjuvantes à calda de pulverização

Formas e volumes de aplicação (L ha <sup>-1</sup> )	Adjuvante		Média
	Com	Sem	
Aérea -15	0,802	0,835	0,819 b
Aérea - 30	0,907	0,895	0,901 b
Terrestre - 200 C*	1,022	1,037	1,030 a
Terrestre - 200 IA	1,020	1,110	1,065 a
Terrestre - 400 C	1,085	1,132	1,109 a
Terrestre - 400 IA	1,080	1,227	1,154 a
Média	0,986 A	1,039 A	

\*C - Ponta de jato cônico vazio; IA - Ponta de jato plano duplo com indução de ar.

Médias seguidas por letras distintas maiúsculas, nas linhas, e minúsculas, nas colunas, diferem entre si, a 0,05 de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Na Tabela 3, tem-se o coeficiente de homogeneidade, que também é uma medida da uniformidade do tamanho das gotas. Observa-se que novamente não houve interação significativa entre as formas de aplicação e o uso de adjuvante. Entretanto, nota-se que as gotas produzidas pelo Micronair e pelas pontas de jato cônico vazio demonstraram-se mais homogêneas do que aquelas produzidas nas demais condições. As gotas com espectro mais heterogêneo foram observadas na ponta de jato plano duplo com indução de ar, no volume de 400 L ha<sup>-1</sup>.

**Tabela 3.** Coeficiente de homogeneidade (CH) de gotas produzidas nas pulverizações aérea e terrestre realizadas na cultura da batata, com e sem a adição de adjuvantes à calda de pulverização

Formas e volumes de aplicação (L ha <sup>-1</sup> )	Adjuvante		Média
	Com	Sem	
Aérea - 15	1,317	1,382	1,349 c
Aérea - 30	1,502	1,825	1,663 c
Terrestre - 200 C*	1,585	1,540	1,562 c
Terrestre - 200 IA	3,120	4,075	3,597 b
Terrestre - 400 C	1,917	1,972	1,944 c
Terrestre - 400 IA	4,662	4,870	4,766 a
Média	2,351 A	2,611 A	

\*C - Ponta de jato cônico vazio; IA - Ponta de jato plano duplo com indução de ar.

Médias seguidas por letras distintas maiúsculas, nas linhas, e minúsculas, nas colunas, diferem entre si, a 0,05 de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Segundo Schröder (2009), a utilização de atomizadores rotativos de alta rotação na aviação agrícola (mais de 5000 giros por minuto) gera espectro de gotas mais uniforme, concordando com os resultados encontrados neste trabalho.

Na Tabela 4, referente ao DMV, observa-se que não houve interação significativa entre as formas de aplicação e o uso de adjuvante. As gotas com menor diâmetro foram produzidas na pulverização aérea, enquanto que as de maior diâmetro foram produzidas pela ponta de jato plano duplo com indução de ar, no volume de 400 L ha<sup>-1</sup>. Comparando-se as pontas de pulverização no que se refere à vazão nominal, verifica-se que a ponta de jato plano duplo com indução de ar empregada na aplicação com 400 L ha<sup>-1</sup> (AD-IA/D 11004) proporcionou gotas de maior diâmetro em relação à empregada na aplicação com 200 L ha<sup>-1</sup> (AD-IA/D 11002), concordando com os dados apresentados por Cunha et al. (2004). Segundo esses autores, o tamanho das gotas tende a aumentar com o aumento da vazão nominal das pontas. Não houve diferença entre o DMV das pontas de jato cônico vazio de diferentes vazões nominais.

Como consequência, nota-se, na Tabela 5, que a pulverização com o atomizador rotativo, sobretudo no volume de 15 L ha<sup>-1</sup>, apresentou o maior potencial para a ocorrência de deriva, enquanto que a pulverização com ponta de indução de ar apresentou o menor potencial. Gotas de menor diâmetro possuem menor peso e, por isso, estão mais sujeitas à ação do vento, o que pode levar ao seu arrastamento.



**Tabela 4.** Diâmetro da mediana volumétrica (DMV) de gotas produzidas nas pulverizações aérea e terrestre realizadas na cultura da batata, com e sem a adição de adjuvantes à calda de pulverização

Formas e volumes de aplicação (L ha <sup>-1</sup> )	Adjuvante		Média
	Com	Sem	
Aérea -15	100,66	101,04	100,85 d
Aérea - 30	109,89	132,52	121,21 d
Terrestre - 200 C*	156,38	154,71	155,54 c
Terrestre - 200 IA	440,40	435,66	438,03 b
Terrestre - 400 C	180,37	179,30	179,83 c
Terrestre - 400 IA	486,81	480,27	483,54 a
Média	245,75 A	247,21 A	

\*C - Ponta de jato cônico vazio; IA - Ponta de jato plano duplo com indução de ar.

Médias seguidas por letras distintas maiúsculas, nas linhas, e minúsculas, nas colunas, diferem entre si, a 0,05 de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

**Tabela 5.** Percentual de gotas com diâmetro menor do que 100 µm, produzidas nas pulverizações aérea e terrestre realizadas na cultura da batata, com e sem a adição de adjuvantes à calda de pulverização

Formas e volumes de aplicação (L ha <sup>-1</sup> )	Adjuvante		Média
	Com	Sem	
Aérea -15	48,51	49,04	48,77 a
Aérea - 30	35,74	24,19	29,96 b
Terrestre - 200 C*	12,23	11,50	11,86 c
Terrestre - 200 IA	0,73	1,64	1,18 d
Terrestre - 400 C	12,08	12,80	12,44 c
Terrestre - 400 IA	1,56	1,72	1,64 d
Média	18,473 A	16,812 A	

\*C - Ponta de jato cônico vazio; IA - Ponta de jato plano duplo com indução de ar.

Médias seguidas por letras distintas maiúsculas, nas linhas, e minúsculas, nas colunas, diferem entre si, a 0,05 de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

O sistema venturi presente nas pontas com indução de ar combinado ao pré-orifício permite formação de gotas de maior tamanho com pequenas bolhas de ar em seu interior (NUYTTENS et al., 2007).

Com relação ao uso do adjuvante, nota-se que não houve interferência do mesmo no diâmetro da mediana volumétrica, bem como no percentual de gotas com diâmetro menor do que 100 µm. Costa (2006), avaliando deriva de herbicidas, também constatou que alguns adjuvantes têm pouco ou nenhum efeito quando adicionados à calda.

De maneira semelhante, as Tabelas 6 e 7 mostram que as gotas produzidas na pulverização aérea apresentaram maior potencialidade de sofrer deriva, visto que os valores de  $Dv_{0,1}$  e  $Dv_{0,9}$  foram menores. Já as gotas produzidas pela ponta com indução de ar apresentaram os maiores valores, reduzindo o potencial de ocorrer deriva. Novamente, observa-se que para ambos os parâmetros não houve interação significativa entre as formas de

aplicação e o uso de adjuvante, bem como não houve diferença significativa entre a adição ou não do adjuvante à calda de pulverização.

**Tabela 6.**  $Dv_{0,1}$  (diâmetro de gota tal que 10% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor) de gotas produzidas nas pulverizações aérea e terrestre realizadas na cultura da batata, com e sem a adição de adjuvantes à calda de pulverização

Formas e volumes de aplicação (L ha <sup>-1</sup> )	Adjuvante		Média
	Com	Sem	
Aérea - 15	65,90	66,46	66,18 c
Aérea - 30	69,39	77,46	73,42 c
Terrestre - 200 C*	95,12	97,88	96,50 b
Terrestre - 200 IA	226,49	225,70	226,09 a
Terrestre - 400 C	94,73	92,77	93,75 b
Terrestre - 400 IA	213,14	213,53	213,33 a
Média	127,46 A	128,96 A	

\*C - Ponta de jato cônico vazio; IA - Ponta de jato plano duplo com indução de ar.

Médias seguidas por letras distintas maiúsculas, nas linhas, e minúsculas, nas colunas, diferem entre si, a 0,05 de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

**Tabela 7.**  $Dv_{0,9}$  (diâmetro de gota tal que 90% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor) de gotas produzidas nas pulverizações aérea e terrestre realizadas na cultura da batata, com e sem a adição de adjuvantes à calda de pulverização

Formas e volumes de aplicação (L ha <sup>-1</sup> )	Adjuvante		Média
	Com	Sem	
Aérea - 15	147,54	150,64	149,09 c
Aérea - 30	168,64	195,07	181,85 c
Terrestre - 200 C*	255,00	257,61	256,30 b
Terrestre - 200 IA	675,31	714,42	694,86 a
Terrestre - 400 C	290,51	295,64	293,07 b
Terrestre - 400 IA	741,55	799,63	770,59 a
Média	379,76 A	402,17 A	

\*C - Ponta de jato cônico vazio; IA - Ponta de jato plano duplo com indução de ar.

Médias seguidas por letras distintas maiúsculas, nas linhas, e minúsculas, nas colunas, diferem entre si, a 0,05 de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Com relação ao diâmetro da mediana numérica, a interação entre as formas de aplicação e o uso de adjuvante foi significativa, procedendo-se ao desdobramento da interação. Nota-se que o DMN foi influenciado pela adição do adjuvante à calda de pulverização. O uso deste para o volume de 200 L ha<sup>-1</sup> na ponta de jato plano duplo com indução de ar aumentou o diâmetro. Na aplicação aérea e terrestre, com ponta de jato cônico vazio, não houve diferença significativa entre a adição ou não do adjuvante à calda. A aplicação aérea proporcionou os menores valores de DMN, conforme pode ser visto na Tabela 8.

Miller e Butler-Ellis (2000), estudando o efeito das formulações nas características da pulverização, mostraram que as pontas com indução de ar são mais sensíveis às mudanças nas propriedades físicas da calda e que seu comportamento nem sempre segue os das pontas hidráulicas convencionais. Isso mostra que o efeito da adição de um adjuvante não pode ser generalizado, pois existe uma interação com a ponta de pulverização. Downer et al. (1998) também mostraram que o efeito da adição de adjuvantes na pulverização é um processo complexo, que dificulta o estabelecimento de relações claras e diretas.

**Tabela 8.** Diâmetro da mediana numérica (DMN) de gotas produzidas nas pulverizações aérea e terrestre realizadas na cultura da batata, com e sem a adição de adjuvantes à calda de pulverização

Formas e volumes de aplicação (L ha <sup>-1</sup> )	Adjuvante	
	Com	Sem
Aérea - 15	77,43 cA	73,07 bA
Aérea - 30	73,66 cA	74,61 bA
Terrestre - 200 C*	98,66 bA	100,71 aA
Terrestre - 200 IA	146,81 aA	107,26 aB
Terrestre - 400 C	94,29 bA	90,87 aA
Terrestre - 400 IA	104,44 bA	102,12 aA

\*C - Ponta de jato cônico vazio; IA - Ponta de jato plano duplo com indução de ar.

Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas colunas, e maiúsculas, nas linhas, diferem entre si, a 0,05 de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Os resultados referentes à deposição de calda nas folhas da batateira podem ser observados na Tabela 9. Nota-se que não houve interação significativa entre os dois fatores (formas de aplicação e composição de calda), mostrando a independência dos mesmos. Observa-se que a adição do adjuvante à calda aumentou a retenção do traçador tanto nas folhas inferiores quanto nas superiores. Nestas folhas, percebe-se ainda que, no volume de calda de 400 L ha<sup>-1</sup>, obteve-se menor retenção do traçador, sobretudo para a ponta jato plano duplo com indução de ar. Para esta ponta o uso do menor volume de calda aumentou a retenção de traçador nas folhas superiores. Uma possível explicação para esse fato é que essas pontas formam gotas grossas, que escorrem com maior facilidade para as folhas inferiores ou até mesmo para o solo, sobretudo quando se utilizam maiores volumes de calda. Ozeki (2006) demonstraram que nas aplicações com volumes maiores as gotas resultantes da pulverização tendem a se estabelecer na parte inferior da planta.

Para as folhas superiores das plantas, as aplicações aéreas com 15 e 30 L ha<sup>-1</sup> proporcionaram retenção de líquido semelhante às aplicações terrestres com menor volume de calda (200 L ha<sup>-1</sup>), independentemente do tipo de ponta. Segundo Limberger (2006), com o incremento do volume de pulverização espera-se o aumento da retenção do volume aplicado

até certo ponto, a partir do qual a superfície não mais retém o líquido, favorecendo o escorrimento. Isto foi observado para o volume de 400 L ha<sup>-1</sup>.

Silva (2009) estudando a deposição de calda por atomizadores rotativos nos volumes de 15, 10 e 6 L ha<sup>-1</sup> na cultura do arroz, concluiu que a maior quantidade de calda encontrada no terço inferior da planta foi conseguida com o volume de 15 L ha<sup>-1</sup>.

**Tabela 9.** Massa de traçador retida na folhagem da batateira ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ ) na parte superior e inferior após a aplicação com e sem adjuvante, em seis formas de aplicação

Formas e volumes de aplicação (L ha <sup>-1</sup> )	Folhas Inferiores ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ )			Folhas Superiores ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ )		
	Adjuvante		Média	Adjuvante		Média
	Sem	Com		Sem	Com	
Aérea - 15	0,207	0,308	0,257 a	0,570	0,680	0,625 ab
Aérea - 30	0,308	0,252	0,280 a	0,679	0,760	0,719 a
Terrestre - 200 C*	0,316	0,384	0,350 a	0,691	0,633	0,662 ab
Terrestre - 400 C	0,211	0,353	0,282 a	0,488	0,599	0,543 bc
Terrestre - 200 IA	0,311	0,339	0,325 a	0,595	0,684	0,639 ab
Terrestre - 400 IA	0,276	0,311	0,293 a	0,391	0,518	0,455 c
<b>Média</b>	0,271 B	0,325 A		0,569 B	0,646 A	

\*C - Ponta de jato cônico vazio; IA - Ponta de jato plano duplo com indução de ar.

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

Zhu et al. (2004), avaliando a deposição de quatro tipos de pontas (jato plano duplo, cone vazio e indução de ar), verificaram na cultura do amendoim que as aplicações com pontas de leque duplo proporcionaram a maior densidade de cobertura nas três posições avaliadas (superior, médio e inferior) seguida da ponta de indução de ar, enquanto as pontas de cone vazio, a menor deposição de gotas. Aos 104 dias após a semeadura, a ponta de leque duplo apresentou maior deposição de gotas na parte superior e mediana, e a ponta de indução de ar na posição inferior da planta.

A adição de adjuvante proporcionou uma maior retenção de calda tanto nas folhas inferiores quanto nas folhas superiores. Esses produtos têm como característica melhorar o molhamento, espalhamento, a aderência e a penetração da calda de pulverização no interior da cultura (MENDONÇA et al., 2007; RYCKAERT et al., 2007). Carbonari et al. (2005) estudando a deposição de calda em *Cynodon dactylon* (grama-seda) também observaram uma maior deposição de gotas nas plantas quando foram adicionados adjuvantes à calda.

## 5 CONCLUSÕES

Apenas o parâmetro diâmetro da mediana numérica foi influenciado pelo uso do adjuvante fosfatidilcolina + ácido propiônico.

Na pulverização aérea foram produzidas gotas mais homogêneas e de menor tamanho, enquanto que na aplicação terrestre com ponta de jato plano duplo com indução de ar, gotas mais heterogêneas e de maior tamanho.

Na aplicação aérea, para o volume de 15 L ha<sup>-1</sup>, observou-se maior risco potencial de deriva.

De forma geral, nas folhas superiores e inferiores da batateira, a deposição de calda promovida pela aplicação aérea mostrou-se similar à aplicação terrestre. Isso demonstra a viabilidade técnica da aviação agrícola.

O uso do adjuvante aumentou a retenção de calda no dossel da cultura.

## REFERÊNCIAS

- AGROLINK. **História da aviação agrícola**. Disponível em: <<http://www.unicentro.br/nata/MMA/DE%20MAN%20COMP%20AGRICOLAS/HIST%C3%93RIA%20DA%20AV%20AGRICOLA/Hist%C3%B3ria%20da%20Avia%C3%A7%C3%A3o%20Agr%C3%ADcola%20apostila.pdf>>. Acesso em: 16 ago. 2010.
- ANTUNIASSI, U. R. Tecnologia de aplicação de defensivos. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 15, p. 17-22, 2006.
- BODE, L. C. Spray application technology. In: WHORTER, C.G.M.; GEBHARDT, M.R. (ed.). **Methods of applying herbicides**. West Clark: WSSA, 1987. p. 85-110.
- CAMARGO, T. V.; ANTUNIASSI, U. R.; VEIGA, M.; OLIVEIRA, A. P. Perdas na produtividade de soja causadas pelo tráfego de pulverizadores autopropelidos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 4., Ribeirão Preto, 2008. **Anais ...** Ribeirão Preto: Instituto Agrônomo de Campinas, 2008. CD ROM.
- CARBONARI, C. A.; MARTINS, D.; MARCHI, S. R.; CARDOSO, L. R. Efeito de surfactantes e pontas de pulverização na deposição de calda de pulverização em plantas de grama-seda. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 725-729, 2005.
- CARRERO, J. M. **Maquinaria para tratamientos fitosanitarios**. Madrid: Mundi-Prensa, 1996. 159 p.
- CARVALHO, W. P. A. Situação atual e perspectivas da aviação agrícola no Brasil e eficácia no controle de doenças. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, supl., p. 107-109, 2007.
- CHRISTOFOLETTI, J. C. **Considerações sobre a deriva nas pulverizações agrícolas e seu controle**. São Paulo: Teejet South América, 1999. 3 p.
- COSTA, A. G. F. **Determinação da deriva da mistura 2,4 D e glyphosate com diferentes pontas de pulverização e adjuvantes**. 2006. 71 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu.
- COSTA, D. I. **Eficiência e qualidade das aplicações de fungicidas, por vias terrestre e aérea, no controle de doenças foliares e no rendimento de grãos de soja e milho**. 2009. 126 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2009.
- CUNHA, J. P. A. R. **Aviação agrícola: funciona?** Disponível em: <<http://www.maquinas.iciag.ufu.br/aviacao.pdf>>. Acesso em: 06 set. 2010.
- CUNHA, J. P. A. R.; REIS, E. F.; SANTOS, R. O. Controle químico da ferrugem asiática em função da ponta de pulverização e do volume de calda. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 5, p. 1360-1366, 2006.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, R. F.; FERNANDES, H. C.; COURY, J. R. Espectro de gotas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano e de jato cônico vazio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 10, p. 977-85, 2004.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; COURY, J. R.; FERREIRA, L. R. Avaliação de estratégias para redução de deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 325-332, 2003.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M. Características técnicas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 2, p. 344-348, 2001.

DOWNER, R. A.; HALL, F. R.; THOMPSON, R. S. Temperature effects on atomization by flat-fan nozzles: implications for drift management and evidence for surfactant concentration gradients. **Atomization and Sprays**, New York, v. 8, p. 241-254, 1998.

FERNANDES, H. C. **Aplicação de defensivos agrícolas: teoria da gota**. Engenharia na Agricultura. Caderno Didático 24. Viçosa, MG: AEAGRI-MG/DEA/UFV, 1997. 14 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Solanáceas**. Lavras, MG: UFV, 2003. 331 p.

HANNA, S.; CONLEY, S.; SHANER, G.; SANTINI, F. **Effect of soybean row spacing and fungicide application timing on spray canopy penetration and grain yield**. Disponível em: <<http://www.agry.purdue.edu/ext/coolbean/PDF-files/SoybeanManagement.pdf>>. Acesso em: 14 out. 2010.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_200806\\_6.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_200806_6.shtm)>. Acesso em: 22 jul. 2008.

JENSEN, P. K.; JORGENSEN, L. N.; KIRKNEIL, E. Biological efficacy of herbicides and fungicides applied with low-drift and twin-fluid nozzles. **Crop Protection**, London, v. 20, p. 57-64, 2001.

KIMATI, H.; FILHO, A. B.; AMORIN, L. **Manual de Fitopatologia: doenças de plantas cultivadas**. São Paulo: Agronomia Ceres, 2005. 663 p.

KISSMANN, K. G. **Adjuvantes para caldas de defensivos agrícolas**. São Paulo: BASF, 1996. 45 p.

LAN, Y.; HOFFMANN, W. C.; FRITZ, B. K.; MARTINS, D. E.; LOPEZ L. E. **Drift reduction with drift control adjuvants**. St. Joseph: ASABE, 2007. 14 p. (paper n. 071060).

LIMBERGER, A. R. **Avaliação de deposição de calda de pulverização em função do tipo de ponta e do volume aplicado, na cultura do feijão**. 2006. 51 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon.

MAIA, B.; CUNHA, J. P. A. R. **Pulverizar**. Treinamento virtual em tecnologia de aplicação de agroquímicos. Uberlândia: UFU, 2008. Disponível em: <<http://www.pulverizar.iciag.ufu.br/>>. Acesso em: 13 ago. 2010.

MATTHEWS, G. A. The application of chemicals for plant disease control. In: WALLER, J.M.; LENNÉ, J.M.; WALLER, S.J. (ed.). **Plant pathologist's pocketbook**. London: CAB, 2002. p. 345-353.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. São Paulo: UNESP, 1990. 139 p.

MENDONÇA, C. G.; RAETANO, C. G.; MENDONÇA, C. G. Tensão superficial estática de soluções aquosas com óleos minerais e vegetais utilizados na agricultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. special, p. 16-23, 2007.

MILLER, P. C. H.; BUTLER-ELLIS M. C. Effects of formulation on spray nozzle performance for applications from ground-based boom sprayers. **Crop Protection**, London, v. 19, n. 8, p. 609-615, 2000.

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

NUYTTENS, D.; BAETENS, K.; DE SCHAMPHELEIRE, M.; SONCK, B. Effect of nozzle type, size and pressure on spray droplet characteristics. **Biosystems Engineering**, London, v. 97, n. 3, p. 333-345, 2007.

OZEKI, Y. **Manual de aplicação aérea**. São Paulo: CIBA AGRO, 2006. 101 p.

PALLADINI, L. A. **Metodologia para avaliação da deposição em pulverizações**. 2000. 111 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

RYCKAERT, B.; SPANOGHE, P.; HAESAERT, G.; HEREMANS, B.; ISEBAERT, S.; STEURBAUT, W. Quantitative determination of the influence of adjuvants on foliar fungicide residues. **Crop Protection**, London, n. 26, p. 1589-1594, 2007.

SALYANI, M. **Optimization of sprayer output at different volume rates**. St. Joseph: ASAE, 1999. CD ROM. (ASAE Paper No. 99-1028).

SCHRÖDER, E. P. **Pulverização: em alta rotação**. Disponível em: <<http://www.terraaviao.com.br/inseticidas.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2009.

SCHRÖDER, E. P. Efeito do óleo vegetal Agróleo® na eficiência do herbicida 2,4-D aplicado por via aérea em arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4. Santa Maria, 2005. **Anais ...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Ago. 2005. p. 209- 210.

SIDAHMED, M. M. Analytical comparison of force and energy balance methods for characterizing sprays from hydraulic nozzles. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 41, n. 3, p. 531-536, 1998.



SILVA, T. M. B. **Tecnologia de aplicação aérea de fungicidas na cultura do arroz irrigado**. 2009. 31 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Santa Maria.

SILVA, O. C. Tecnologia de aplicação de fungicidas. In: CANTERI, M. G.; PRIA, M. D.; SILVA, O. C. (ed.). **Principais doenças fúngicas do feijoeiro**. Ponta Grossa: UEPG, 1999. p. 127-137.

SONNENBERG, P. E. A cultura da batata. In: **Olericultura Especial** – 1ª parte, 7. ed. Goiânia: UFG, 1998. p. 36-69.

SRIVASTAVA, A. K.; GOERING, C. E.; ROHRBACH, R. P. Chemical application. In: SRIVASTAVA, A. K.; GOERING, C. E.; ROHRBACH, R. P. (ed.). **Engineering principles of agricultural machines**. St. Joseph: ASAE, 1994. p. 265-324.

SUMNER, P. E. **Reducing spray drift**. Georgia: University of Georgia, 1997. 11 p. (ENG97-005).

SUMNER, P. E.; SUMNER, S. A. **Comparison of new drift reduction nozzles**. Saint Joseph: ASAE, 1999. 17 p. (Paper, 991156).

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

TERRA AVIAÇÃO. **Por terra ou ar?** Disponível em: <<http://www.terraaviacao.com.br/Terrestre.pdf>>. Acesso em: 06 set. 2010.

TSAI, M.; ELGETHUN, K.; RAMAPRASAD, J.; YOST, M. G.; FELSOT, A. S.; HEBERT, V. R.; FENSKE, R. A. The Washington aerial spray drift study: modeling pesticide spray drift deposition from an aerial application. **Atmospheric Environment**, Oxford, v. 39, p. 6194-6203, 2005.

UNICENTRO. **História da aviação agrícola**. Disponível em: <<http://www.portalcr.com.br/aviacao/geral/2212-aviacao-agricola-historia-e-importancia>>. Acesso em: 16 ago. 2010.

WITT, J. M. **Agricultural spray adjuvants**. Ithaca: Cornell University, 2001. Disponível em: <<http://pmep.cce.cornell.edu/facts-slides-self/facts/genpeappadjuvants.html>> Acesso em: 20 jun 2009.

WOLF, R. E. **Strategies to reduce spray drift**. Kansas: Kansas State University, 2000. 4 p. (Application Technology Series).

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

ZHU, H.; REICHARD, D. L.; FOX, R. D.; BRAZEE, R. D.; OZKAN, H. E. Simulation of drift of discrete sizes of water droplets from field sprayers. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 37, n. 5, p. 1401-1407, 1994.