



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

MÁRIO HENRIQUE FÉLIX MARCATO

**COMPORTAMENTO DA PULVERIZAÇÃO COM BARRAS EM
DIFERENTES ROTAÇÕES DA TDP, PONTAS E
ADJUVANTES**

MÁRIO HENRIQUE FÉLIX MARCATO

**COMPORTAMENTO DA PULVERIZAÇÃO COM BARRAS EM
DIFERENTES ROTAÇÕES DA TDP, PONTAS E
ADJUVANTES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina para a obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. Otávio Jorge Grigoli Abi Saab

Londrina
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Marcato, Mário Henrique Félix.

Comportamento da pulverização com barras em diferentes rotações da TDP, pontas e adjuvantes / Mário Henrique Félix Marcato. - Londrina, 2018.
70 f. : il.

Orientador: Otávio Jorge Grigoli Abi Saab.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2018.
Inclui bibliografia.

1. Defensivos vegetais-tecnologia de aplicação - Tese. 2. Pulverização - Tese. 3. Produtos químicos agrícolas-adjuvantes - Tese. I. Abi Saab, Otávio Jorge Grigoli. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

MÁRIO HENRIQUE FÉLIX MARCATO

**COMPORTAMENTO DA PULVERIZAÇÃO COM BARRAS EM
DIFERENTES ROTAÇÕES DA TDP, PONTAS E ADJUVANTES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr Otavio Jorge Grigoli Abi
Saab
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Ricardo Ralisch
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Marco Antonio Gandolfo
Universidade Estadual do Norte do Paraná –
UENP

Londrina, 9 de fevereiro 2018.

Dedico este trabalho a família, que
sempre me incentivou a superar
meus desafios...

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar forças e me guiar para que eu pudesse vencer mais essa fase em minha vida.

A minha família e minha namorada Mariana Araujo Fernandes, que sempre me apoaram, e nunca mediram esforços para me ajudar a tornar real essa conquista.

Agradeço ao professor e orientador Otavio Jorge Grigoli Abi Saab, não só pela ajuda no trabalho, mas pelo empenho e amizade formada durante os anos de convívio na universidade.

Ao professor Marcelo Ferreira da Costa da UNESP de Jaboticabal, juntamente com seu orientado de doutorado Fabiano Griesang, por sedarem o seu laboratório, para que eu pudesse realizar alguns testes pertencentes a esta dissertação.

Aos professores Marco Antonio Gandolfo e Ricardo Ralisch por terem aceitado o convite para serem membros da banca examinadora.

Aos orientados e estagiários do professor Otavio Jorge Grigoli Abi Saab e do Laboratório de Mecanização da UEL, pelo auxílio e ajuda na execução da parte prática dos testes que compõe este trabalho.

Gostaria de agradecer a todos os colegas e professores da pós graduação da Universidade Estadual de Londrina, pela amizade e companheirismo durante esses dois anos que passamos juntos dividindo salas, entre estudos e momentos prazerosos tornando este caminho mais fácil.

Agradeço também a CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, com o auxílio na forma de bolsa de estudos, possibilitando a execução deste trabalho.

MARCATO, Mário Henrique Félix . **Comportamento da pulverização com barras em diferentes rotações da TDP, pontas e adjuvantes**. 2018. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar perfil de distribuição, espectro de gotas, taxa de aplicação e vazão em função da variação da rotação da tomada de potência (TDP), utilização de adjuvantes e tipos de pontas. Foram realizados três experimentos neste estudo, um em campo e dois em laboratório. Os experimentos foram divididos em duas partes, ambas com delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x3, com seis tratamentos e quatro repetições. Na primeira parte os fatores foram caracterizados por duas pontas de pulverização e três rotações na tomada de potência (TDP). Na segunda parte as mesmas duas pontas de pulverização e três caldas diferentes. Para a aplicação dos tratamentos a campo foi utilizado um pulverizador modelo Condor AM – 12, com espaçamento entre bicos de 0,50m e capacidade do tanque de 600L. As pontas utilizadas nos estudos foram Hypro[®] GA 11002 com indução de ar e jato inclinado, produzindo gotas grossas e GAT 11003 também com indução de ar e duplo leque, formando gotas médias. Para ambas as pontas foram utilizadas as rotações de 486, 540 e 594 RPM na TDP. Na formulação das caldas foram utilizados os adjuvantes LI700[®] na dosagem de 0,15% (v v⁻¹) e Silwet[®] na dosagem de 0,04% (v v⁻¹), além de água pura. As alterações na pulverização foram estimadas através da análise de variações de vazão das pontas, do tamanho de gotas formado por elas e pela distribuição volumétrica das mesmas. Estes parâmetros foram estimados pela coleta e pesagem das amostras (vazão), pela análise do tamanho de gotas, feitas através de analisador de partículas modelo Mastersizer S, versão 2.19, e com o auxílio de uma mesa de testes de distribuição volumétrica de pontas de pulverização. Foi realizada análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5%. Independente da ponta, ou calda utilizada, a vazão aumentou conforme o aumento das rotações da tomada de potência (TDP). A vazão ficou mais uniforme ao longo da barra de pulverização quando foram utilizados adjuvantes. Independente das pontas e das caldas, quanto maior a rotação da TDP menor foi o tamanho das gotas geradas pelas pontas, as quais foram alteradas quando ocorreu o uso de adjuvantes com as pontas GA 11002 e GAT 11003. Com relação à distribuição volumétrica das pontas estudadas, tornaram-se mais uniformes quando foram utilizados os adjuvantes LI 700[®] e Silwet[®].

Palavras-chave: Uniformidade de distribuição. Tecnologia de aplicação. Características da calda.

MARCATO, Mário Henrique Félix . **Behavior of spraying with bars at different power take-off rotations, spray nozzle and adjuvants.** 2018. 70 p. Dissertation (Master's degree in Agronomy). Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the distribution profile, droplet spectrum, application rate and flow rate as a function of the power takeoff rotation, the use of adjuvants and spray nozzle. Three experiments were carried out in this study, one in the field and two in the laboratory. The experiments were divided into two parts, both with a completely randomized design in a 2x3 factorial scheme, with six treatments and four replications. In the first part the factors were characterized by two spray tips and three rotations in the power take-off. In the second part the same two spray tips and three different grouts. For the application of the field treatments a Condor AM - 12 model spray was used, spacing between nozzles of 0.50m and tank capacity of 600L. The spray nozzle used in the studies were Hypro[®] GA 11002 with induction of air and inclined jet, producing thick drops and GAT 11003 also with induction of air and double jet, forming average drops. For both tips the rotations of 486, 540 and 594 RPM were used in the power take-off. In the formulation of the spray mix the LI700[®] adjuvants were used in the dosage of 0.15% ($v v^{-1}$) and Silwet[®] in the dosage of 0.04% ($v v^{-1}$), in addition to pure water. The spraying changes were estimated through the analysis of tip flow variations, the droplet size formed by them and their volumetric distribution. These parameters were estimated by the collection and weighing of the samples (flow), by the analysis of the droplet size, made through a particle analyzer model Mastersizer S, version 2.19, and with the aid of a table of tests of volumetric distribution of spray nozzle. A variance analysis was performed and the averages were compared by the Tukey test at 5%. Regardless of the tip or spray mix used, the flow increased as the power take-off increased, which became more uniform along the spray bar when adjuvants were used. Regardless of the tips and mortar, the higher the power take-off rotation, the smaller the droplet size generated by the tips, which were changed when the use of adjuvants with tips GA 11002 and GAT 11003 occurred. Regarding the volumetric distribution of the studied tips, they were improved, becoming more uniform when the LI 700[®] and Silwet[®] adjuvants were used.

Keywords: Uniformity of distribution. Application technology. Characteristics of spray mix.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Pulverizador AM - 12 preparado para o início das coletas	25
Figura 2 – Analisador de partículas modelo Mastersizer S, versão 2.19.....	26
Figura 3 – Simulação hipotética de sobreposição de pontas	29
Figura 4 – Vazões das pontas GA 11002 e GAT 11003 nas diferentes rotações da TDP e calda composta somente por água.....	30
Figura 5 – Vazões da ponta GA 11002 nas diferentes rotações da TDP e calda composta somente por água ao longo da barra de pulverização	31
Figura 6 – Vazões da ponta GAT 11003 nas diferentes rotações da TDP e calda composta somente por água ao longo da barra de pulverização	32
Figura 7 – Vazões das pontas GA 11002 e GAT 11003 nas diferentes rotações da TDP e calda composta por água mais LI 700®.....	32
Figura 8 – Vazões da ponta GA 11002 nas diferentes rotações da TDP e calda composta por água mais LI700® ao longo da barra de pulverização	33
Figura 9 – Vazões da ponta GAT 11003 nas diferentes rotações da TDP e calda composta por água mais Li700® ao longo da barra de pulverização	34
Figura 10 – Vazões das pontas GA 11002 e GAT 11003 nas diferentes rotações da TDP e calda composta por água mais SILWET®.....	35
Figura 11 – Vazões da ponta GA 11002 nas diferentes rotações da TDP e calda composta por água mais Silwet® ao longo da barra de pulverização	35
Figura 12 – Vazões da ponta GAT 11003 nas diferentes rotações da TDP e calda composta somente por água mais Silwet® ao longo da barra de pulverização.....	36
Figura 13 – Vazões das pontas GA 11002 e GAT 11003 nas diferentes caldas e rotação de 486 RPM na TDP	37
Figura 14 – Vazões da ponta GA 11002 nas diferentes caldas e rotação de 486 RPM na TDP ao longo da barra de pulverização	38

Figura 15 – Vazões da ponta GAT 11003 nas diferentes caldas e rotação de 486 RPM na TDP ao longo da barra de pulverização	39
Figura 16 – Vazões das pontas GA 11002 e GAT 11003 nas diferentes Caldas e rotação de 540 RPM na TDP	40
Figura 17 – Vazões da ponta GA 11002 nas diferentes caldas e rotação de 540 RPM na TDP ao longo da barra de pulverização	41
Figura 18 – Vazões da ponta GAT 11003 nas diferentes caldas e rotação de 540 RPM na TDP ao longo da barra de pulverização	42
Figura 19 – Vazões das pontas GA 11002 e GAT 11003 nas diferentes caldas e rotação de 594 RPM na TDP	42
Figura 20 – Vazões da ponta GA 11002 nas diferentes caldas e rotação de 594 RPM na TDP ao longo da barra de pulverização	43
Figura 21 – Vazões da ponta GAT 11003 nas diferentes caldas e rotação de 594 RPM na TDP ao longo da barra de pulverização	44
Figura 22 – Tamanho de gotas produzido pelas pontas GA 11002 e GAT 11003 nas diferentes rotações da TDP e calda composta por água	47
Figura 23 – Tamanho de gotas produzido pelas pontas GA 11002 e GAT 11003 nas diferentes rotações da TDP e calda composta por água mais LI 700®	48
Figura 24 – Tamanho de gotas produzido pelas pontas GA 11002 e GAT 11003 nas diferentes rotações da TDP e calda composta por água mais SILWET®	49
Figura 25 – Tamanho de gotas produzido pelas pontas GA 11002 e GAT 11003 nas diferentes caldas e rotação de 486 RPM na TDP	50
Figura 26 – Tamanho de gotas das pontas GA 11002 e GAT 11003 nas diferentes caldas e rotação de 540 RPM na TDP	51
Figura 27 – Tamanho de gotas das pontas GA 11002 e GAT 11003 nas diferentes caldas e rotação de 594 RPM na TDP	52
Figura 28 – Volume coletado pela ponta GA 11002 nas diferentes caldas e rotação de 486 RPM na TDP	54
Figura 29 – Volume coletado pela ponta GA 11002 nas diferentes caldas e rotação de 540 RPM na TDP	55

Figura 30 – Volume coletado pela ponta GA 11002 nas diferentes caldas e rotação de 594 RPM na TDP	55
Figura 31 – Volume coletado pela ponta GAT 11003 nas diferentes caldas e rotação de 486 RPM na TDP	56
Figura 32 – Volume coletado pela ponta GAT 11003 nas diferentes caldas e rotação de 540 RPM na TDP	57
Figura 33 – Volume coletado pela ponta GAT 11003 nas diferentes caldas e rotação de 594 RPM na TDP	57
Figura 34 – Volume coletado pela ponta GA 11002 nas diferentes rotações da TDP e calda composta por água.....	58
Figura 35 – Volume coletado pela ponta GA 11002 nas diferentes rotações da TDP e calda composta por água mais LI 700®.....	59
Figura 36 – Volume coletado pela ponta GA 11002 nas diferentes rotações da TDP e calda composta por água mais SILWET®	59
Figura 37 – Volume coletado pela ponta GAT 11003 nas diferentes rotações da TDP e calda composta por água	60
Figura 38 – Volume coletado pela ponta GAT 11003 nas diferentes rotações da TDP e calda composta por água mais LI700®	61
Figura 39 – Volume coletado pela ponta GAT 11003 nas diferentes rotações da TDP e calda composta por água mais SILWET®	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Taxa de aplicação encontrada para cada tratamento em L ha⁻¹45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	HIPÓTESES	14
3	REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1	CONTROLE FITOSSANITÁRI.....	15
3.2	TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO	17
3.3	PONTAS DE PULVERIZAÇÃO.....	19
3.4	AADJUVANTES.....	21
4	MATERIAL E MÉTODOS	24
4	1 – 1º EXPERIMENTO	24
4.2	2º EXPERIMENTO.....	26
4.3	3º EXPERIMENTO.....	27
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1	1º EXPERIMENTO	30
5.2	2º EXPERIMENTO	46
5.3	3º EXPERIMENTO	53
6	CONCLUSÕES	63
6.1	1º EXPERIMENTO:.....	63
6.2	2º EXPERIMENTO:.....	63
6.3	3º EXPERIMENTO:.....	63
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
	REFERÊNCIAS	65

1 INTRODUÇÃO

Localizada na parte traseira dos tratores e acima da barra de tração, a tomada de potência (TDP) é um componente muito importante, pois é através dela que conseguimos transmitir a potência (torque e rotação) do motor para o acionamento de diversos implementos e máquinas agrícolas, como roçadeiras, distribuidoras e pulverizadores.

Na categoria II dos tratores, é projetada para trabalhar a 540 rotações por minuto (RPM), e é responsável pelo acionamento da bomba do pulverizador e pela pressurização do sistema de pulverização dos pulverizadores acoplados e de arrasto. Auxiliando as aplicações e pulverizadores agrícolas, está a tecnologia de aplicação, sendo esta a responsável pela adequação e melhoria das características da pulverização, fazendo com que o produto aplicado atinja o alvo em questão.

Dentro da tecnologia de aplicação, um dos fatores que influenciam na qualidade de aplicação, e que primeiro se tecnificou, foram às pontas de pulverização. Primeiramente produzidas sem grande uniformidade, com materiais inadequados e com baixa durabilidade, mas que passaram a ser fabricadas com qualidade e uniformidade.

As pontas de pulverização apresentam suma importância nas aplicações, pois são responsáveis por características como: tamanho de gotas, vazão e o tipo de jato formado. Portanto, para o sucesso na pulverização agrícola, primeiramente devemos começar pela correta escolha da ponta para cada situação específica, para que se possa ter a melhor colocação do produto no alvo e menores perdas.

Dentre os fatores que influenciam a qualidade da pulverização, destacam-se: a calda pulverizada, fatores meteorológicos e incompatibilidade de produtos. Para amenizar estes efeitos, existem os produtos denominados adjuvantes.

Os adjuvantes são produtos capazes de influenciar as características das gotas formadas pelas pontas de pulverização, podendo alterar o tamanho das mesmas. Eles são capazes de promover alterações físicas e químicas na calda de pulverização, atuando diretamente no desempenho de uma ponta.

Quando utilizados de maneira correta podem melhorar a qualidade da aplicação e a eficiência do produto aplicado.

Outro fator responsável por influenciar as pulverizações e alterações na rotação da TDP são as características das operações agrícolas atuais, cada vez com equipamentos de maiores proporções e grandes velocidades de trabalho, possibilitando quedas bruscas de velocidade no caso de manobras durante a operação, ou também devido a declividade do terreno, o que interfere na homogeneização da operação, principalmente nas aplicações via pulverização.

A adição de produtos, a alteração da vazão em função da alteração da rotação da tomada de potência e o tipo de ponta utilizada podem alterar a uniformidade da distribuição da calda aplicada. Com base nisso, este trabalho teve como objetivo avaliar perfil de distribuição, espectro de gotas, taxa de aplicação e vazão, em função da variação da rotação da tomada de potência (TDP), utilização de adjuvantes e tipos de pontas.

2 HIPÓTESES

Havendo alteração da calda, há alteração da vazão, também em função da ponta utilizada;

Havendo alteração da rotação da TDP, há alteração do padrão de gotas, no entanto, dependente da calda e da ponta utilizada;

Havendo alteração da rotação do motor (e, portanto, da rotação da TDP e da velocidade de deslocamento), há alteração da vazão de forma a compensar a variação da velocidade de deslocamento, mantendo a taxa de aplicação.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 CONTROLE FITOSSANITÁRIO

O crescimento exponencial da população mundial tem gerado um grande aumento na demanda de alimentos necessários para satisfazer as necessidades nutricionais da população. Essa demanda, associada à necessidade econômica do setor agrícola brasileiro, tem levado a busca de novos meios e técnicas que possibilitem uma crescente produtividade nas áreas já exploradas pela agricultura, principalmente levando em consideração que a média de área plantada no Brasil nos últimos anos não apresentou nenhum crescimento (ZANDONADI, 1996).

Controle fitossanitário pode ser entendido como o conjunto de medidas adotadas pela agricultura, a fim de se evitar perdas de produtividade na lavoura, devido ao aparecimento de pragas, doenças e plantas daninhas (GHINI; BETIOL, 2000). No Brasil em grandes áreas este controle é sustentado basicamente através do uso de produtos químicos (OLIVEIRA, 1995). Isso se deve a tradição de uso desses produtos pelos agricultores e pela facilidade de aplicação e necessidade de pouca mão de obra (TAMAI et al, 2002).

No início o combate a pragas e doenças era feito com base em produtos naturais, muitos deles a base de piretro e nicotina. Já no início do século XX, produtos com maior toxidez começaram a ser utilizados juntamente com os naturais, que além de plantas ainda recebiam compostos preparados com base de enxofre, sabão, boro e arsênio, sem nenhuma preocupação sobre o uso contínuo desses produtos no ambiente (BOYCE, 1974).

Com o advindo da Segunda Guerra Mundial, grandes lavouras foram dizimadas e veio à tona a necessidade de desenvolvimento de produtos sintéticos que auxiliassem no controle fitossanitário. Devido à isso, novos compostos foram descobertos e formulados, substituindo quase que por completo o uso de produtos naturais na agricultura. O uso dos mesmos contribuiu para mudanças no cenário agrícola da época, como aparecimento de maiores áreas, a diminuição do número de trabalhadores no setor, juntamente com a queda no uso de manejos mais sustentáveis utilizados na época, como a rotação de culturas (SAITTO; LUCCHINI, 1998).

A facilidade do uso de defensivos agrícolas os faz ocupar um lugar de destaque entre as técnicas utilizadas no controle fitossanitário com intuito de melhorar tanto a produtividade quanto a qualidade dos produtos oriundos de áreas de cultivo (LIMONGELLI, J.C.; RONDIONE, M.C.; LOZANO, J.F., 1991). Para melhorar a qualidade e produtividade é necessário que os defensivos agrícolas contenham os avanços de doenças, pragas e plantas daninhas que venham aparecer na lavoura. Para isto, estes produtos devem apresentar grande eficiência de controle além de serem seguros para o aplicador, para o consumidor e para o ambiente (BALAN; ABI SAAB; SASAKI., 2006).

Portanto, o produto deve garantir condições sanitárias à planta e manter seu potencial produtivo (TEIXEIRA et al., 2010).

Diversos métodos podem ser adotados para a aplicação de defensivos agrícolas, baseados em aplicações por via sólida, líquida e gasosa. Para o controle de pragas, doenças e plantas daninhas em plantas cultivadas, a via líquida é a mais utilizada, por ser de fácil utilização e possibilitar a distribuição dos produtos fitossanitários de maneira homogênea em toda a superfície do alvo independente de qual for, utilizando a água como veículo (TEIXEIRA, 1997).

A pulverização é a forma de aplicação via líquida mais empregada na agricultura. Consiste em um processo mecânico de geração de um grande número de gotas de uma calda. O produto químico pulverizado é depositado sobre o alvo com a aplicação (CHRISTOFOLETTI, 1999a). Um problema observado na agricultura, no que se refere ao controle de pragas, doenças e plantas daninhas, está na atribuição de elevada importância ao produto e pouca atenção a técnica de aplicação. A consequência é a perda de eficácia, quando não o fracasso total da aplicação, que levam a perda de rentabilidade e danos ao ambiente (CUNHA; RUAS, 2006).

Com a agricultura mundial caracterizada por grandes áreas de cultivos o controle fitossanitário ainda é muito dependente dos defensivos agrícolas. Este é um cenário que dificilmente mudará nos próximos anos, tanto pela menor eficiência dos meios alternativos de controle, como pelo fato que grande parte dos agroquímicos estarem sendo aplicados de maneira incorreta. Estima-se que até 90% dos pesticidas não acertam o alvo, sendo dissipados para o ambiente, tendo como destino final reservatórios de água e principalmente o solo, perdas essas devido principalmente a má utilização da tecnologia de aplicação (GHINI; BETIOL, 2000).

3.2 TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO

Tecnologia de aplicação de defensivos pode ser entendida como o emprego de todos os conhecimentos práticos e científicos para proporcionar uma correta aplicação e colocação do ingrediente ativo no alvo, em quantidade suficiente, no momento adequado e com o mínimo de contaminação ambiental possível (MATUO, 1990; Azevedo, 2003).

Os primeiros registros sobre a proteção de cultivos agrícolas contra pragas foram encontrados no Livro Egípcio dos Mortos e no Antigo Testamento, onde relatam misturas à base de enxofre, utilizadas por camponeses no controle de ácaros e insetos. Já os asiáticos utilizavam inseticidas botânicos e compostos a base de arsênios e mercúrio há cerca de 1200 anos a. C. Esses compostos, em sua maioria, eram aplicados sem auxílio de nenhuma tecnologia pelos próprios humanos, com suas mãos, ou com ajuda de tração animal (MAGDALENA et al., 2010).

No Brasil, suspeita-se de que o primeiro instrumento de aplicação construído tenha sido uma espécie de fumigador, e era composto por um bojo metálico com brasas de arsênio ou enxofre, que formavam uma série de gases tóxicos que eram direcionados para dentro dos formigueiros. Com o passar dos anos, ocorreu um grande avanço tecnológico nas máquinas de pulverização, passando por marcos históricos como a Segunda Guerra Mundial, onde o inseticida dicloro difenil tricloroetano (DDT), era utilizado como arma, por aviões de guerra adaptados. Posteriormente, os defensivos agrícolas passaram a ser fabricados e utilizados em escalas maiores no mundo todo, e inúmeras empresas de pulverização surgiram, fabricando equipamentos rústicos e imprecisos, mas que com o avanço da importação de aparelhos de qualidade e uniformidade superior, forçaram a indústria nacional a aprimorarem seus produtos, o que tornou o Brasil um grande produtor de equipamentos de alto desempenho (KISSMANN, 2001).

A falta de qualidade nas aplicações agrícolas tem sido apontada como uma das principais causas do insucesso no uso de agroquímicos para o controle fitossanitário. Dentre os fatores de maior relevância que afetam a qualidade de pulverizações de agrotóxicos estão fatores meteorológicos, o hospedeiro, o alvo, o ingrediente ativo e o veículo utilizado para o preparo da calda. De Grande (1998), também comenta sobre outros fatores causais da redução na eficácia das

pulverizações agrícolas, sendo eles volume de calda inadequado, pulverizações em condições meteorológicas adversas, falta de estrutura de equipamentos para atender a demanda em momentos de dificuldade, atraso nas aplicações e o uso de variadas misturas com doses inadequadas. Antuniassi (2008), ainda relata outros fatores em adição a estes, como seleção incorreta de pontas, parâmetros operacionais inadequados e momento incorreto de aplicação.

Em muitas situações as perdas e a contaminação do ambiente representam grande parte do volume aplicado. Nas culturas anuais, são relatadas perdas que podem chegar até 30% do volume aplicado, enquanto em estudo conduzido na cultura da videira, no estado do Paraná, mostrou que as perdas de calda variaram entre 48 e 68 % do volume (ABI SAAB, 1996). Isto sem levar em consideração o número de aplicações ocorridas em todo o ciclo da cultura, o que torna as perdas maiores e mais preocupantes.

Para a obtenção de sucesso em uma aplicação, muitos fatores estão envolvidos. Assim como os fatores citados anteriormente como (seleção de pontas, ajuste do volume de calda, parâmetros operacionais, condições ambientais favoráveis e momento correto de aplicação), para Antuniassi e Baio (2008) deve-se sempre seguir as recomendações do fabricante do produto aplicado. Também são importantes o tipo de alvo, a forma de ação do produto e a técnica utilizada na aplicação.

Outro fator com alta relevância é a manutenção das máquinas destinadas à aplicação. Um programa de acompanhamento dos pulverizadores denominado inspeção periódica de pulverizadores (IPP), que nada mais é que uma auditoria completa do equipamento, é realizado no Brasil e em países da Europa, inclusive de maneira compulsória como acontece na Alemanha desde 1992 (HAGENVALL, 1994).

Autores como Machado (2001), destacam a importância da manutenção preventiva como alternativa para que as máquinas agrícolas possam executar corretamente suas tarefas mantendo-se sempre em condições ideais de trabalho.

3.3 PONTAS DE PULVERIZAÇÃO

Ao final do circuito hidráulico do pulverizador existe um conjunto, chamado de bico, composto por várias partes, dentre elas capa, anel de vedação, filtro, corpo e ponta de pulverização. Dentre essas partes a ponta é a mais importante, pois ela é responsável por vários fatores que influenciam diretamente na qualidade da pulverização, como o padrão de gotas, volume e a uniformidade de distribuição da calda (BAUER; RAETANO, 2004).

Autores, como Cunha; Silva Jr. (2010), também consideram as pontas de pulverização partes muito importantes de uma aplicação, devido às mesmas serem geradoras das gotas (água + produto) que entrarão em contato direto com o alvo.

De acordo com Akesson e Yates (1979), em 1896 já existiam três tipos de pontas de pulverização na agricultura: As que emitiam jatos em forma de leque, as pontas defletoras e pontas de jato cônico vazio. Nesse mesmo período ocorreu maior desenvolvimento dos equipamentos de pulverização agrícola, isso graças ao interesse do produtor rural em aumentar a produtividade e qualidade de seus produtos.

Dentro da tecnologia de aplicação a área que primeiro se tecnificou foi a das pontas de pulverização. Primeiramente as mesmas eram produzidas com materiais como cobre estanhado, bronze e latão. Posteriormente outro material que foi utilizado na confecção das pontas de pulverização foi o plástico, que primeiramente não caiu em uso devido à utilização de um composto inadequado para tal atividade. Com novos compostos desse material entrando em uso, melhores resultados foram obtidos em relação aos anteriores (MASIÁ; CID, 2010).

Existem no mercado pontas de pulverização hidráulicas de vários modelos e usos definidos para diversas condições operacionais. Cunha; Pereira (2009) afirmam, no entanto, que alguns tipos ainda necessitam de maiores informações que auxiliem no momento da escolha dessas pontas, como no caso das pontas com indução de ar. Apesar de o processo de inclusão de ar nas gotas fazer com que estas aumentem de tamanho e minimizem problemas ambientais, como a deriva (LESNIK et al., 2005), algumas informações a respeito do real funcionamento dessas pontas são desconhecidas (ZHU et al., 2004; NUYTTENS et al., 2007), o que pode limitar a sua utilização.

A correta escolha das pontas de pulverização é um fator muito importante quando se fala em tecnologia de aplicação, uniformidade de aplicação e deposição de aplicação sobre o alvo (SCUDELER, F.; BAUER, F. C.; RAETANO, C. G., 2004), sendo assim é muito importante definir as características desejáveis das pontas em uso (MILLER; BUTLER ELIS, 2000; BAUER; RAETANO, 2004). Estudos de Bauer e Raetano (2004) mostraram a evolução dos materiais e processos utilizados na fabricação das pontas de pulverização, fazendo com que mesmas tenham cada vez mais características e vazões semelhantes umas das outras de mesmo modelo e variando conforme especificação do fabricante.

Além da correta seleção de pontas ser um dos principais fatores para uma boa aplicação, outros fatores, como altura de lançamento da gota em relação ao alvo, tamanho de gotas, densidade do líquido pulverizado e condições meteorológicas, também influenciam na qualidade da aplicação, podendo favorecer a ocorrência de deriva. Portanto, é preferível realizar aplicações dentro dos parâmetros adequados, com pressões adequadas a ponta escolhida, com alta umidade relativa e temperaturas amenas, para que a qualidade e eficiência da aplicação sejam as melhores possíveis (JOHNSON; SWETNAM, 1996).

Além de outros fatores, o sucesso na aplicação de defensivos agrícolas é alcançado quando se possui pontas de pulverização que propiciem boa distribuição transversal, espectro de gotas uniforme e com tamanho adequado para aquela situação (CUNHA, 2003).

É provável que a distribuição uniforme de um determinado diâmetro e o número de gotas possibilite o sucesso da aplicação, mesmo que se reduza a taxa de aplicação utilizada. Neste caso é de suma importância o conhecimento da combinação entre densidade e tamanho de gotas, volume e concentração do ingrediente ativo na calda, para as principais pragas, doenças e plantas daninhas, cujo controle é feito via pulverização (FERREIRA, 2003).

A uniformidade da distribuição volumétrica das gotas da calda é uma característica que serve de referência para avaliar a distribuição do ativo no alvo. A mesma é diretamente alterada pelo espaçamento entre pontas, pressão de trabalho, altura da barra em relação ao alvo e ângulo de abertura do jato das pontas de pulverização. A uniformidade da distribuição é medida através do coeficiente de variação da sobreposição de um conjunto de pontas em uma barra (BAUER; RAETANO, 2004).

A recomendação de uniformidade de distribuição de calda utilizada em países europeus estabelece que o coeficiente de variação de vazão das mesmas seja menor que 7%. Distribuição desuniforme, abaixo do volume mínimo exigido, resulta em controle insatisfatório, e quantidades acima causam perdas financeiras, podem causar toxidez nas culturas e aumentar danos ao meio ambiente (CORDEIRO, 2001).

Antuniassi; Baio (2009) comentam que o pulverizador tem a função de formar gotas que levam o agrotóxico agrícola até o alvo, sendo de fundamental importância na eficácia de ação de produtos fitossanitários. Estes autores relatam, ainda, que gotas finas ou grossas possuem aplicações diferentes, para cada situação de pulverização, e que a seleção correta das pontas de pulverização afeta, diretamente, a deposição da pulverização sobre o alvo.

O tamanho das gotas influencia na capacidade da pulverização cobrir o alvo e penetrar na massa das folhas. Gotas menores possuem melhor capacidade de cobertura, bem como propiciam maior capacidade de penetração no dossel das culturas. Entretanto, gotas pequenas podem ser mais sensíveis à evaporação e aos processos de deriva. (GABRIEL; BAIO, 2013).

Cross et al. (2001) relatam que, em condições ótimas para pulverização, gotas de pequeno diâmetro proporcionam maior densidade destas depositadas sobre o alvo. No entanto, em condições meteorológicas adversas, como temperatura elevada, baixa umidade relativa do ar e alta velocidade de vento, aumenta-se o risco de contaminação ambiental por deriva. Por outro lado, a utilização de gotas com maior diâmetro, como as geradas por pontas com indução de ar, diminui o risco de deriva, porém, devido ao seu peso, elas podem não aderir às superfícies das folhas e terminar no solo (TEIXEIRA, 1997).

Segundo Antuniassi; Baio (2009), uma das causas de mudanças no tamanho de gotas, quando são utilizadas pontas hidráulicas, é a alteração na pressão na pressão de trabalho, podendo ocasionar a ineficiência no controle do alvo.

3.4 ADJUVANTES

Existem diversos fatores capazes de afetar uma pulverização agrícola. Dentre eles podemos observar a solubilidade do defensivo agrícola, incompatibilidade e densidade entre os produtos utilizados, formação de deriva,

volatilização, formação de espuma entre outros, os quais podem ser melhorados com a utilização de produtos conhecidos como adjuvantes. Esses produtos desenvolvem diversas funções específicas como: dispersantes, tamponantes, adesivos, espalhantes, antievaporantes, redutor de deriva entre outras funções (OLIVEIRA, 2011).

Segundo Witt (2001), adjuvante de uma forma geral, é qualquer tipo de substância que, adicionada no tanque de pulverização, ajuda no desempenho da aplicação. Já Ozeki (2006), sendo mais específico caracteriza os adjuvantes como produtos inertes adicionados à calda de pulverização, que tem como objetivo aumentar a eficiência biológica dos ingredientes ativos, melhorando a aderência sobre a superfície foliar.

A formulação dos defensivos agrícolas contém o ingrediente ativo e outros componentes químicos, incluindo os adjuvantes que são adicionados para aumentar a eficiência e ação dos mesmos na aplicação para o controle de pragas, doenças, plantas daninhas e também aplicação de fertilizantes (BUTLER ELLIS et al., 1997).

Dois termos que apresentam grande confusão dentro da tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas são os adjuvantes e os aditivos de caldas. Porém, na legislação brasileira entende-se adjuvante como “produto utilizado em mistura com produtos formulados para melhorar a sua aplicação” e aditivo como “substância ou produto adicionado a agrotóxicos, componentes e afins, para melhorar sua ação, função, durabilidade, estabilidade e detecção ou para facilitar o processo de produção” (MOTA, 2011). Portanto, adjuvante é o produto adicionado ao agrotóxico no momento de preparação da calda com intuito de melhorar a aplicação e aditivo de calda é o produto que já vem adicionado no defensivo em sua formulação, com o intuito de melhorar o processo de produção e também a sua durabilidade.

Desde os séculos XVIII e XIX já se tem relatos sobre os adjuvantes agrícolas, quando se usava resinas de pinheiro, farinha de trigo, melaço de açúcar com cal, enxofre, cobre e arseniatos para melhorar a atividade biológica por meio de modificações químicas e físicas nas caldas (GREEN; BEESTMAN, 2007).

Os adjuvantes podem influenciar o desempenho de uma ponta de pulverização, pois estes podem promover alterações físico-químicas na calda, influenciando o tamanho de gotas formada (CARBONARI et al., 2005; DE RUITER,

2002), que resultará na variação da deriva formada após a pulverização. Desta forma, estes adjuvantes facilitam o processo de aplicação, e podem melhorar a eficácia dos produtos fitossanitários diretamente, por reduzir os efeitos negativos que interferem nas aplicações.

Perim (2011), explica que existem duas formas principais, desempenhadas pelos adjuvantes, que resultam no melhor desempenho dos produtos fitossanitários. A primeira pelo aumento da quantidade de ingrediente ativo retido pelo alvo e a segunda a influência positiva sobre sua absorção.

Alguns fabricantes de produtos fitossanitários incluem em suas etiquetas algumas recomendações de uso como, a adição de adjuvantes com o objetivo de aumentar a atividade biológica do ingrediente ativo, controlar potenciais riscos de deriva. Além disso, podem melhorar a segurança da aplicação, diminuir a exposição do trabalhador ou a contaminação do ambiente, melhorar economicamente a aplicação, dando maior eficiência aos tratamentos e diminuir a quantidade do ingrediente ativo em uma futura aplicação (UNDERWOOD, 2000).

Os adjuvantes são classificados em dois grupos: Adjuvantes ativadores e adjuvantes úteis ou com propósitos especiais (VAN VALKENBURG, 1982; STICKER, 1992; HAZEN, 2000; McMULLAN, 2000; STOCK; BRIGGS 2000; TU; RANDALL, 2003). Os adjuvantes ativadores se caracterizam por melhorar a eficácia ou atividade dos produtos fitossanitários, podendo então aumentar a taxa de absorção para dentro das plantas (McMULLAN 2000; TU; RANDALL, 2003). Os adjuvantes ativadores são divididos em outros grupos, os surfactantes (não iônicos, iônicos e anfotéricos), os óleos (derivados de petróleo ou de sementes) e os fertilizantes nitrogenados (TU; RANDALL, 2003). Os adjuvantes úteis podem ser classificados em vários grupos, os agentes molhantes (espalhantes), antiespumantes, redutores de deriva, espessantes, redutores de pH, tamponantes, umectantes, entre outros.

Contiero (2005), relata aspectos positivos e negativos da utilização desses produtos, como: aumento da penetração do líquido pulverizado e maior área de contato com a cutícula de plantas pilosas, maior penetração da calda entre ranhuras diversas, ajudando no controle de fungos. O mesmo também relata o poder fitotóxico de alguns adjuvantes, além de facilitar na diminuição ou perda de seletividade de alguns produtos, principalmente herbicidas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina (FAZESC-UEL), no Laboratório de mecanização da UEL e no Núcleo de Estudos e Desenvolvimento em Tecnologia de Aplicação (NEDTA), na UNESP – Campus de Jaboticabal, SP. Foram realizados três experimentos: o primeiro para analisar diferenças na vazão das pontas de pulverização; o segundo para analisar o tamanho de gotas formadas pelas mesmas pontas; e o terceiro para analisar a distribuição volumétrica das pontas nas rotações e adjuvantes estipulados.

4.1 1º EXPERIMENTO

O primeiro experimento foi dividido em duas partes, sendo realizado a campo na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina (FAZESC-UEL), localizada no município de Londrina-PR, a 23°22' latitude Sul, 51°22' longitude Oeste de Greenwich, com altitude de 580 m.

As duas partes dos experimentos a campo foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos e quatro repetições, dispostos em esquema fatorial 2x3. Na primeira parte os fatores foram representados por duas pontas de pulverização e três rotações de trabalho (simulando possíveis alterações que ocorrem campo); na segunda os fatores foram representados pelas mesmas duas pontas e três caldas de pulverização (duas com adjuvantes e uma somente com água). Foi realizada análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade através do software R[®].

Na aplicação dos tratamentos foi utilizado um pulverizador de barra hidráulico modelo Condor AM – 12, com barra de 12m, espaçamento entre bicos de 0,50m, capacidade do tanque de 600L, o equipamento também era composto por uma bomba a pistão modelo JP-75 com capacidade máxima de 75 L min⁻¹ a 540 RPM na TDP e comando Masterflow.

Anteriormente a coleta das amostras o pulverizador foi submetido a uma revisão visando regulagem e calibração do mesmo, com o intuito de evitar influência de outros fatores nos resultados obtidos.

As rotações de 468, 540 e 594 RPM na tomada de potência também foram aferidas antes do início dos testes utilizando tacômetro analógico.

As pontas utilizadas nos estudos foram Hypro® GA 11002 com indução de ar e jato inclinado, produzindo gotas grossas na pressão de 200 kPa (2 bar) e GAT 11003 também com indução de ar e duplo leque, formando gotas médias na pressão de 300 kPa (3 bar). Para as duas pontas foram utilizadas as rotações de 486, 540 e 594 RPM na tomada de potência do trator (1ª parte) e três caldas (2ª parte), sendo água (testemunha), adjuvante Li700® na dose de 0,15% (v v⁻¹) e adjuvante Silwet® na dose de 0,04% (v v⁻¹) seguindo as recomendações dos fabricantes.

Figura 1 - Pulverizador AM - 12 preparado para o início das coletas.



Fonte: Próprio autor, 2017.

As alterações na aplicação foram estimadas através da avaliação da vazão das pontas por meio de coleta e pesagem do líquido pulverizado. As coletas foram realizadas por um período de 60 segundos, com auxílio de recipientes de polietileno com capacidade de 5L.

Com o objetivo de simular as variações das taxas de aplicação, para as três rotações da TDP (486, 540 e 596), foram verificadas as velocidades de operação com o Trator (Massey Ferguson 285) em 4ª marcha reduzida. De posse

desses dados, e através do cálculo da média da vazão dos bicos, foi possível estabelecer a taxa de aplicação para cada condição (ponta, calda e rotação).

4.2 2º EXPERIMENTO

O segundo experimento foi realizado no laboratório do Núcleo de Estudos e Desenvolvimento em Tecnologia de Aplicação (NEDTA), localizado na UNESP, Campus de Jaboticabal, SP.

Com base na metodologia descrita por Camara et al. (2008), o tamanho das gotas, produzido pelas mesmas pontas nas mesmas vazões e caldas utilizados no experimento a campo, foi determinado com analisador de diâmetro de partículas por difração de raios laser Mastersizer S[®] (Malvern Instruments).

Nesse equipamento, uma unidade óptica determina o diâmetro das gotas pulverizadas por meio do desvio de trajetória sofrido pelo laser ao atingi-las. Quanto menor a partícula, maior é o grau de difração que o raio de luz sofre (ETHERIDGE, R.E.; WOMAC, A.R.; MUELLER, T.C., 1999).

Figura 2 - Analisador de partículas modelo Mastersizer S, versão 2.19.



Fonte: Próprio autor, 2017.

O equipamento é composto por um feixe de raio laser de 10 mm de diâmetro, comprimento de onda de 670 nm, lente focal de 200 mm e uma ponte óptica de base longa. O equipamento foi ajustado para avaliar gotas de 0,5 a 900 μm

(lente 300 mm) e interligado com um computador central que armazena os dados analisados por meio do software Mastersizer-S v.2.19. (CAMARA et al., 2008).

Um exaustor (tipo coifa), localizado sobre o equipamento onde é pulverizado o jato de líquido, retira as partículas que ficam suspensas no ar, visando evitar leituras duplas ou depósito sobre a lente do aparelho, comprometendo a exatidão da análise. Cada leitura do equipamento é realizada com intervalo de 2 milissegundos, totalizando 500 leituras por segundo (CAMARA et al., 2008). A pulverização foi acionada por ar comprimido e a vazão mantida constante com um regulador de precisão.

Foi utilizado um oscilador longitudinal para que o jato da calda pulverizada atravessasse transversalmente o feixe do laser durante a leitura pelo aparelho, visando uma amostragem representativa do tamanho das gotas produzidas pela ponta em todo o ângulo de pulverização. O tempo despendido pelo oscilador para mover-se de um extremo ao outro do jato aplicado foi calibrado para 3 segundos.

O volume de calda preparado foi de dois litros para cada tratamento, sendo a mistura realizada em balões volumétricos. As soluções foram preparadas momentos antes de serem pulverizadas, para que fosse evitada qualquer interferência do tempo entre o preparo e a utilização da calda na estabilidade física e química destas, além de serem agitadas antes de serem pulverizadas para uma melhor homogeneização. As pontas foram analisadas a 40 cm de altura em relação à passagem do feixe de laser sendo as condições de aplicação iguais para todos os tratamentos realizados.

Foi realizada análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, através do software R[®].

4.3 3º EXPERIMENTO

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Mecanização da Universidade Estadual de Londrina, onde foi avaliada a distribuição volumétrica das pontas utilizadas no ensaio a campo.

Para testes de distribuição volumétrica de pontas de pulverização existe um conjunto de normas ISO 5682 descritas para os mesmos, que seguem

padrões internacionais. Devido á dificuldades operacionais, para atingir os padrões exigidos, procedeu-se como descrito baixo.

Uma mesa de testes de distribuição volumétrica de pontas foi acondicionada no laboratório, sendo constituída de polietileno com 20 canaletas em forma de “V” espaçadas de 5 cm e, ao final delas, provetas graduadas e numeradas com capacidade de 100 mL para coleta do líquido pulverizado (Figura 4).

A barra pulverizadora, onde os bicos foram fixados é similar à de um pulverizador pressurizado com espaçamento de 0.5 m entre bicos, posicionada a 0.5 m de altura em relação à mesa. O sistema funciona igual um pulverizador pressurizado, com pressão constante a base de CO_2 e reservatório com capacidade para 2L de calda.

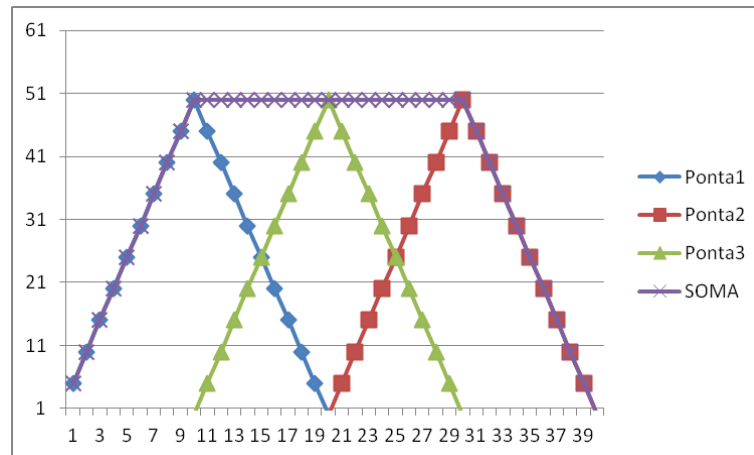
Os tratamentos e o delineamento utilizados na análise da distribuição volumétrica das pontas foram os mesmos utilizados nos ensaios anteriores. A calibração do equipamento assim como no teste anterior, foi realizada por meio da vazão média encontrada nos tratamento do teste de campo.

Baseado nos volumes médios coletados em três repetições, em cada tratamento, foram determinados os perfis médios de distribuição volumétrica de cada ponta. Esse procedimento possibilitou o cálculo do padrão médio de distribuição ao longo da barra pulverizadora, determinado em programa Microsoft Excel[®], no qual se faz a simulação da sobreposição dos bicos em uma barra hipotética, sendo utilizada somente a região central para o cálculo do coeficiente de variação (C.V.) da distribuição transversal do líquido pulverizado na barra, como pode ser observado no exemplo demonstrado na Figura 3.

O coeficiente de variação foi obtido pela equação (1):

$$\text{C.V.} = (\text{desvio padrão} / \text{média}) 100$$

Figura 3 - Simulação hipotética de sobreposição de pontas.



Fonte: Próprio autor, 2017.

Esse procedimento, e outros similares, já foram validados por PERECIN et al. (1998), BAUER; RAETANO (2004) e FREITAS et al. (2005).

A vazão das pontas utilizadas foi estimada por meio da coleta do líquido pulverizado no período de 60 segundos, por três pontas, individualmente, com o uso de proveta graduada presente na mesa de distribuição, promovendo coleta de 100% da pulverização.

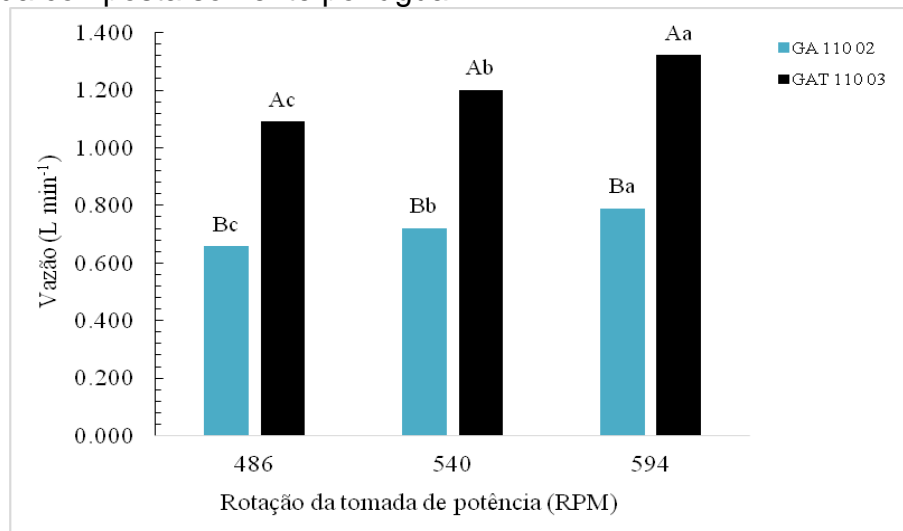
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 1º EXPERIMENTO

A qualidade da aplicação de defensivos agrícolas é muito importante para que o produto aplicado tenha eficiência. A mesma pode ser afetada por diversos fatores, como falta de regulagem e calibração de pulverizadores, uso de pontas inadequadas para determinada aplicação e falta de manutenção preventiva, tanto do trator como do pulverizador.

Não foi observada interação significativa entre as pontas estudadas (GA 11002 e GAT 11003) e as rotações de trabalho da tomada de potência do trator (486, 540 e 594), na calda de água, indicando que os fatores não dependem um do outro. Os testes de média estão apresentados na Figura 4.

Figura 4 - Vazões das pontas GA 11002 e GAT 11003 nas diferentes rotações da TDP e calda composta somente por água.

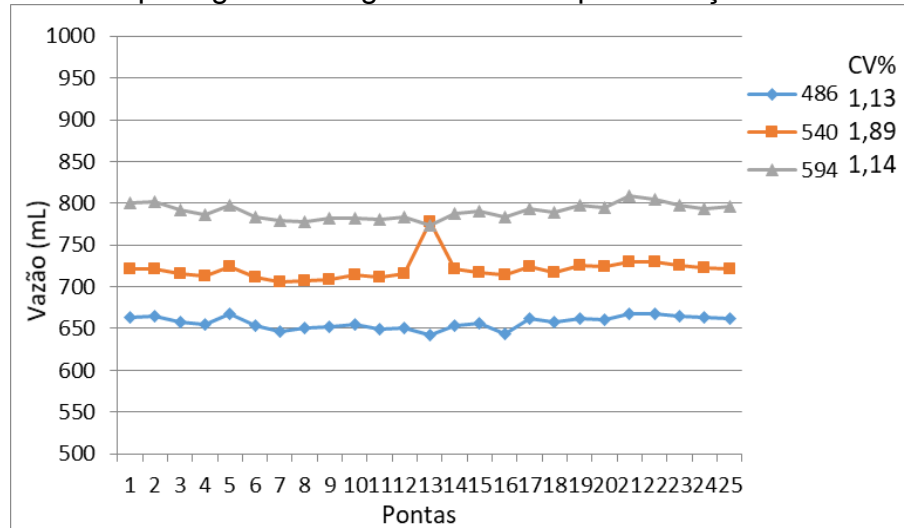


*Letras maiúsculas comparam vazões entre pontas e letras minúsculas comparam vazões entre rotações

Observa-se diferença estatística de vazão entre as pontas estudadas em todas as rotações, já esperado devido as mesmas possuírem vazões distintas naturalmente. A alteração da vazão ocorre quando se altera a rotação de trabalho da tomada de potência do trator, fato este observado neste trabalho, pois quanto maior a rotação na TDP maior foi a vazão das pontas estudadas, sendo as diferenças significativas para todas as rotações nas duas pontas, corroborando com

Antuniassi; Baio (2009), que observaram alterações no volume de aplicação quando a pressão de trabalho foi alterada.

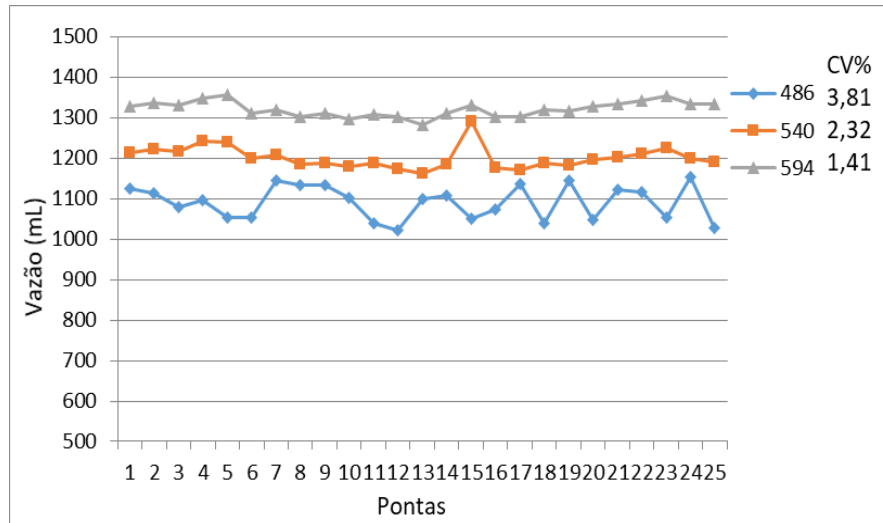
Figura 5 - Vazões da ponta GA 11002 nas diferentes rotações da TDP e calda composta somente por água ao longo da barra de pulverização.



*CV% Coeficiente de variação de vazão das pontas coletadas.

Uma aplicação de qualidade preza por uma boa distribuição ao longo da barra. Neste trabalho a uniformidade foi estimada calculando o coeficiente de variação (CV) de vazão das pontas estudadas. Na Figura 6 é possível observar que, dentro de cada rotação de trabalho da TDP, o coeficiente de variação da ponta GA 11002 variou entre valores baixos, de 1,13 a 1,89. Outro fator evidente é a vazão da ponta número 13 na rotação de 540 RPM, destoando da média apresentada. Segundo Cordeiro, (2001) essa diferença de vazão entre pontas novas pode ser ocasionada pela falta qualidade na fabricação das mesmas, reflexo da legislação, o ideal seria como ocorre nos países europeus, onde o coeficiente de variação de vazão máximo tolerado para pontas de pulverização serem comercializadas é 7%, outra possibilidade é ter ocorrido um vazamento no momento da pulverização.

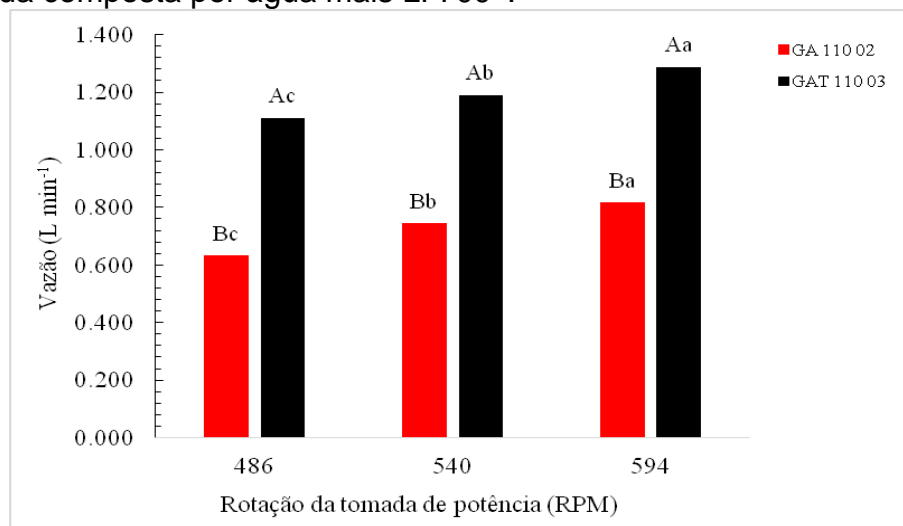
Figura 6 - Vazões da ponta GAT 11003 nas diferentes rotações da TDP e calda composta somente por água ao longo da barra de pulverização.



*CV% Coeficiente de variação de vazão das pontas coletadas.

Na Figura 6 observam-se as mesmas rotações de trabalho, agora com as pontas de modelo GAT 11003. Primeiramente o que mais se destaca é a diferença de uniformidade das vazões quando as comparamos com a outra ponta utilizada (Figura 5), isso se confirma com níveis superiores do coeficiente de variação de vazão. Assim como a ponta GA 11002, a diferença entre vazões é explicada pela diferença de pressão gerada em cada rotação, onde maiores rotações resultam em maiores pressões e maiores vazões (ANTUNIASSI; BAIO, 2009).

Figura 7 - Vazões das pontas GA 11002 e GAT 11003 nas diferentes rotações da TDP e calda composta por água mais LI 700®.



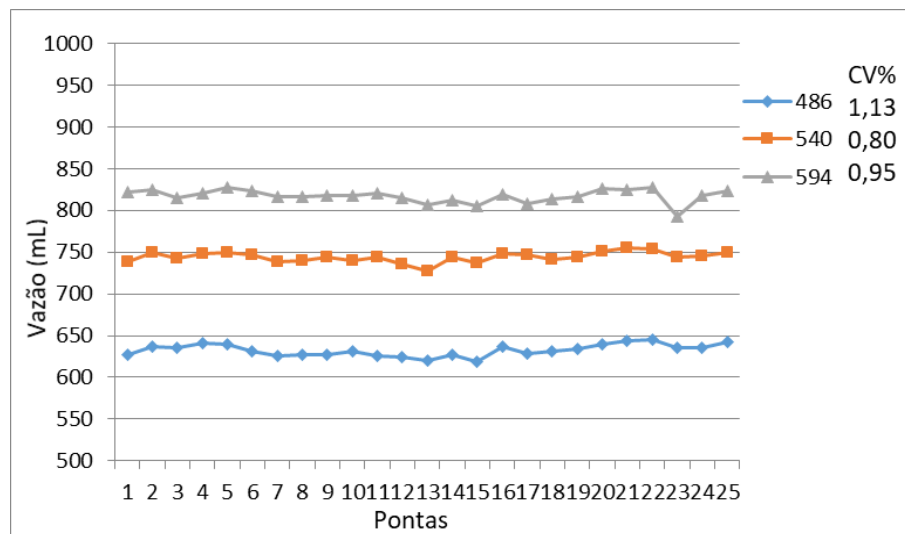
*Letras maiúsculas comparam vazões entre pontas e letras minúsculas comparam vazões entre rotações

Novamente não ocorreu interação significativa para as pontas e as rotações de trabalho, assim como na calda composta por água.

Assim como na Figura 4, o comportamento das duas pontas se assemelhou quando se utilizou calda composta por água mais o adjuvante LI700[®] (Figura 7). Conforme o aumento das rotações da TDP a vazão das pontas de pulverização também aumentaram, havendo diferença significativa entre as três rotações.

A eficiência da tecnologia de aplicação é determinada dentre outros fatores, pela escolha da ponta correta da ponta de pulverização, para que o produto chegue no alvo. Mas para que isso ocorra é fundamental que se obtenha, entre outros fatores, o correto volume de aplicação, daí a grande importância das vazões das pontas de pulverização (MILLER; BUTLER ELLIS, 2000).

Figura 8 - Vazões da ponta GA 11002 nas diferentes rotações da TDP e calda composta por água mais Li700[®] ao longo da barra de pulverização.



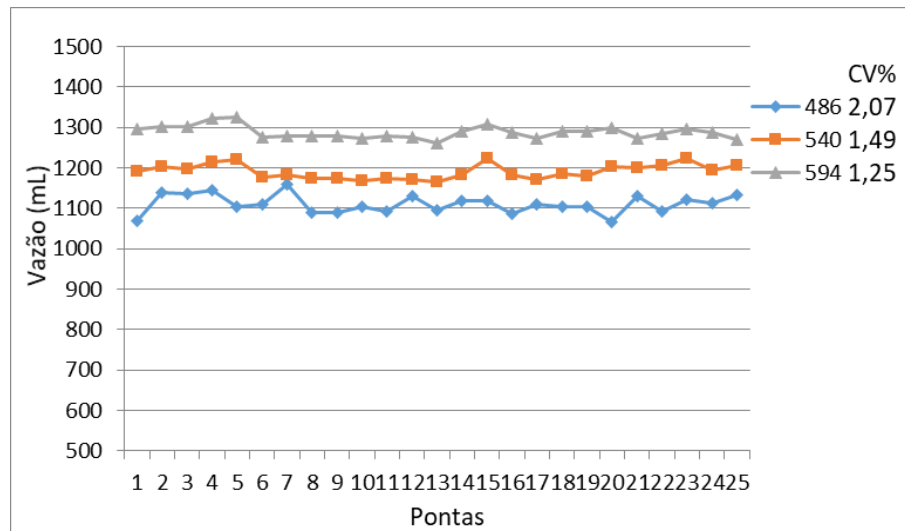
*CV% Coeficiente de variação de vazão das pontas coletadas.

A Figura 8 mostra as vazões das pontas GA 11002 ao longo da barra com calda de água mais o adjuvante LI700[®]. Comparando com a Figura 7, é possível confirmar a alteração de vazão entre as rotações devido a diferença de pressão em pulverizadores sem controle eletrônico. O que mais chama a atenção na Figura 8, quando comparada com a Figura 5 (calda composta somente com água) é a maior uniformidade das vazões na barra quando se utiliza o adjuvante LI700[®].

Os adjuvantes são capazes de causar alterações químicas e físicas nas caldas de pulverização, influenciando em propriedades como tensão superficial

e viscosidade (ANTUNIASSI, 2006), o que pode influenciar no escoamento da mesma.

Figura 9 - Vazões da ponta GAT 11003 nas diferentes rotações da TDP e calda composta por água mais Li700[®] ao longo da barra de pulverização.

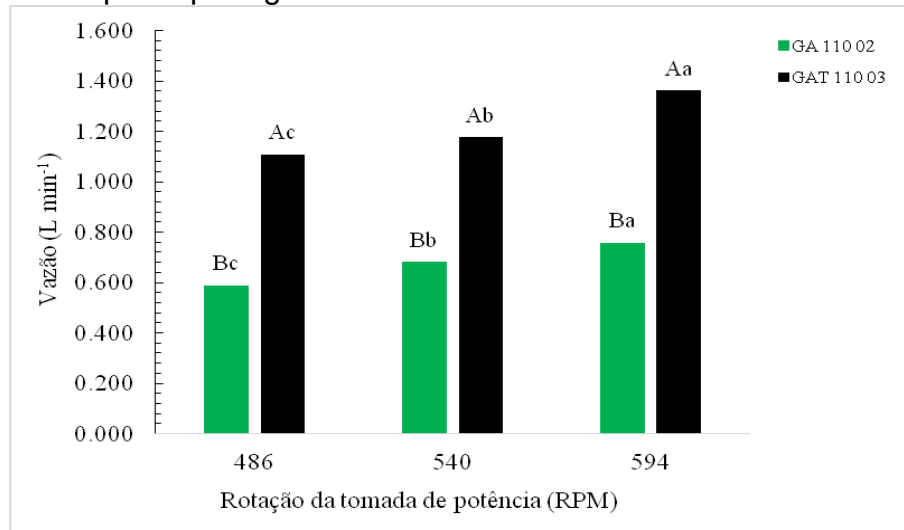


*CV% Coeficiente de variação de vazão das pontas coletadas.

Comparando a Figura 9, onde estão representadas as vazões das pontas GAT 11003 com calda composta por água mais LI700[®], com a Figura 6 (vazões das mesmas pontas com calda composta somente por água), novamente as pontas utilizadas com o adjuvante LI700[®] apresentaram maior uniformidade de vazão, fato este comprovado pela diminuição nos coeficientes de variação (CV), independente da rotação de trabalho utilizada.

Oliveira (2011), relata as propriedades que os adjuvantes possuem quando são adicionados nas caldas de pulverizações, dentre elas as físicas, sendo que essas alterações podem influenciar diretamente na vazão do líquido pulverizado, devido à alterações de densidade e viscosidade do mesmo.

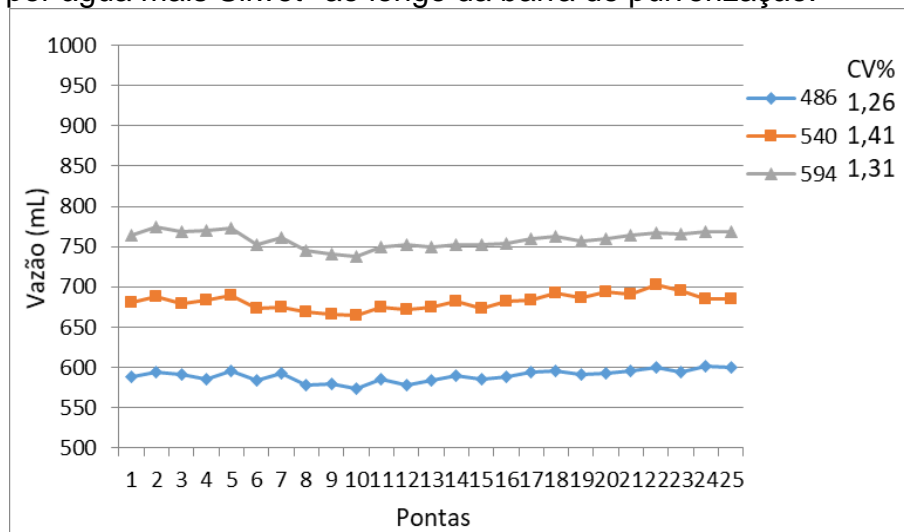
Figura 10 - Vazões das pontas GA 11002 e GAT 11003 nas diferentes rotações da TDP e calda composta por água mais SILWET®.



*Letras maiúsculas comparam vazões entre pontas e letras minúsculas comparam vazões entre rotações

Assim, como observado nas Figuras 4 e 7, o comportamento das vazões não foi diferente na Figura 10, pois as vazões das duas pontas estudadas aumentaram conforme o aumento das rotações da TDP.

Figura 11 - Vazões da ponta GA 11002 nas diferentes rotações da TDP e calda composta por água mais Silwet® ao longo da barra de pulverização.

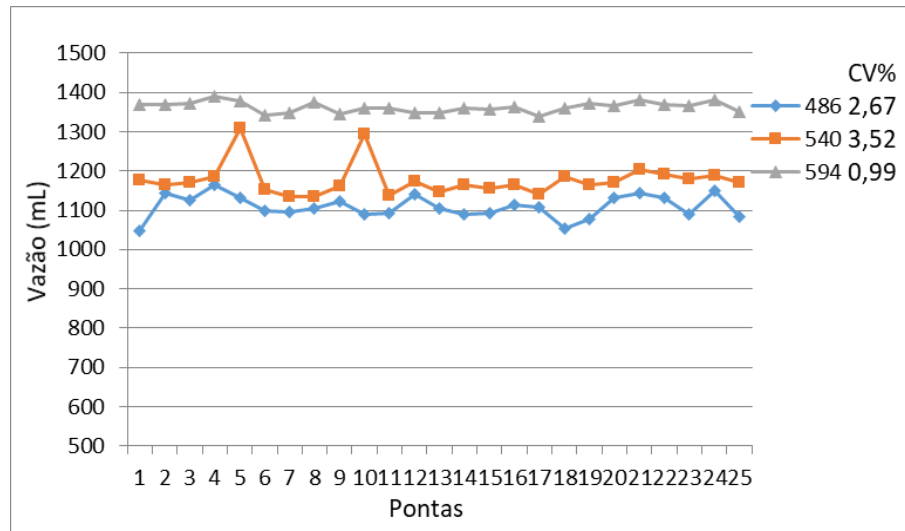


*CV% Coeficiente de variação de vazão das pontas coletadas.

Quando se observa o comportamento da ponta GA 10002, com calda composta por água mais Silwet® (Figura 11), o padrão de alterações de vazão segue similar aos encontrados com as outras caldas nesta mesma ponta.

O coeficiente de variação ao longo da barra apresenta níveis baixos, no entanto, um pouco maiores aos encontrados com o tratamento realizado somente com água.

Figura 12 - Vazões da ponta GAT 11003 nas diferentes rotações da TDP e calda composta somente por água mais Silwet® ao longo da barra de pulverização.



*CV% Coeficiente de variação de vazão das pontas coletadas.

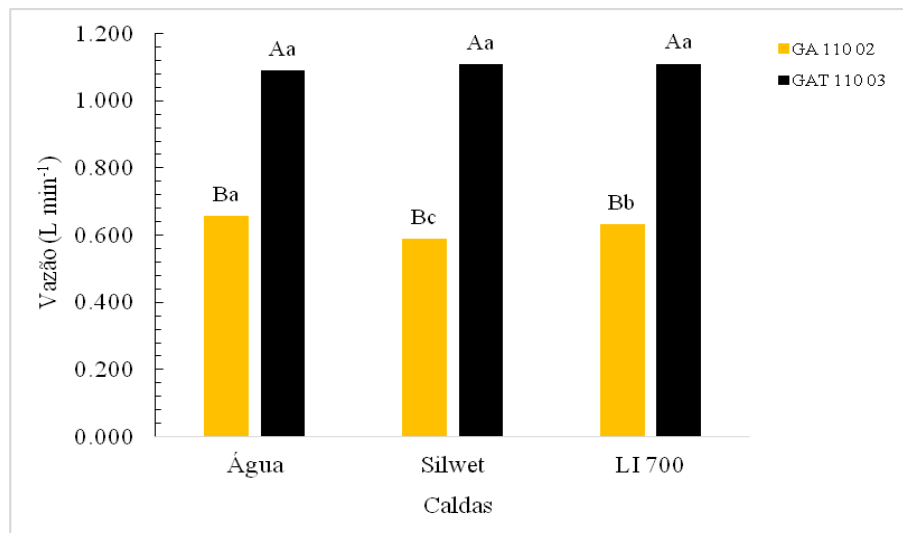
Assim como nas outras caldas apresentadas com a ponta GAT 11003, esta ponta apresentou menor uniformidade quando comparada com a ponta GA 10002. É possível observar isto através do coeficiente de variação de vazão entre as rotações. Mesmo que sejam valores baixos, cerca de 3%, são muito superiores quanto aos apresentados pela outra ponta estudada. Isso nos mostra a especificidade dos modelos de pontas de pulverização.

Novamente algumas pontas apresentaram uma vazão bem superior às outras, dentro da mesma rotação, podendo ser devido a algum vazamento no momento da coleta que resultou no excesso de líquido.

Segundo Teixeira (1997), pontas que promovem gotas com maior diâmetro apresentam distribuição de calda menos uniforme, em comparação àquelas que produzem gotas de menor diâmetro, o que pode explicar os maiores valores no coeficiente de variação da ponta GAT 11003 (indução de ar, gerando gotas maiores).

De um modo geral foi possível observar que, independente da calda utilizada ou tipo de ponta, se a rotação da TDP do trator se alterar o volume da aplicação também será alterado em equipamentos sem controle eletrônico.

Figura 13 - Vazões das pontas GA 11002 e GAT 11003 nas diferentes caldas e rotação de 486 RPM na TDP.



*Letras maiúsculas comparam vazões entre pontas e letras minúsculas comparam vazões entre caldas.

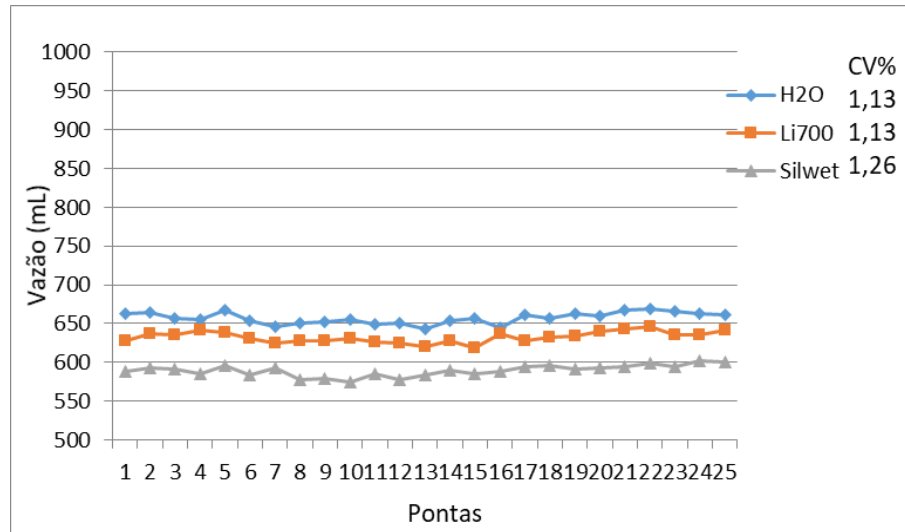
Na segunda parte do primeiro experimento comparou-se as duas pontas de pulverização (GA 11002 e GAT 11003), com diferentes caldas de pulverização na mesma rotação de trabalho da TDP.

A interação entre os fatores caldas e pontas de pulverização foi significativa para vazão na rotação de 486 RPM da TDP do trator.

Na Figura 13 as duas pontas com as três caldas utilizadas no trabalho, em rotação de 486 RPM na TDP. Neste caso as duas pontas de pulverização apresentaram comportamentos distintos, sendo que para a ponta GAT 11003 não se observou diferença estatística entre as caldas. Já a ponta GA 11002 apresentou diferença estatística entre as três caldas utilizadas, sendo que a maior vazão foi alcançada com a calda composta por água e a menor vazão com a calda composta por água mais Silwet®.

Matthews (2002), afirma que cada ponta possui uma característica própria de distribuição volumétrica, o que comprova a especificidade de cada uma para cada condição de trabalho, necessitando estudos mais aprofundados para cada tipo de ponta.

Figura 14 - Vazões da ponta GA 11002 nas diferentes caldas e rotação de 486 RPM na TDP ao longo da barra de pulverização.



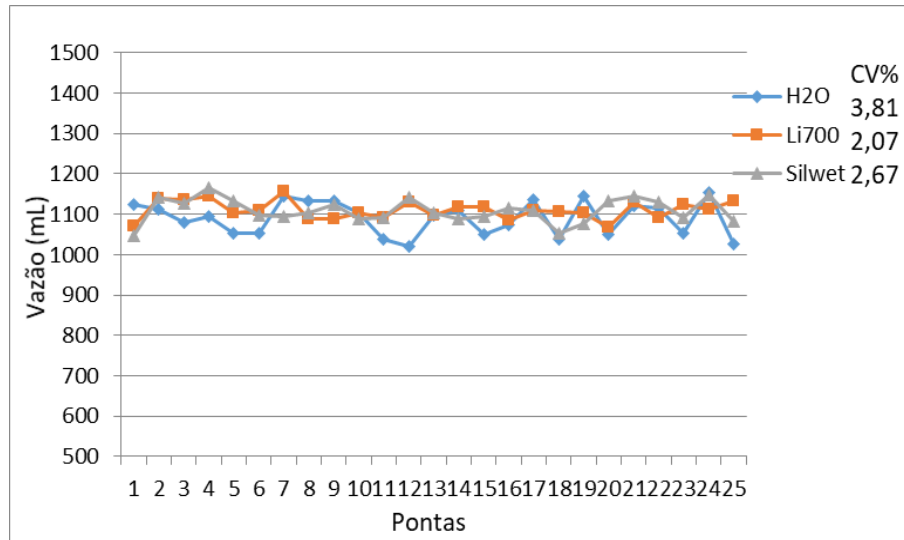
*CV% Coeficiente de variação de vazão das pontas coletadas.

Na Figura 14, mesmo estando dentro da mesma rotação de trabalho, as vazões das pontas de modelo GA 11002 se diferenciaram dentro das caldas, sendo que a maior vazão encontrada foi com a calda composta por água e a menor vazão com a calda composta por água mais o adjuvante Silwet.

Isso pode ser explicado pelas alterações físicas causadas pelos adjuvantes e pelas características de distribuição volumétrica da ponta GA 11002.

Com relação ao coeficiente de variação de vazão ao longo da barra de pulverização, o mesmo continua baixo, característica observada em pontas novas, como as utilizadas no trabalho.

Figura 15 - Vazões da ponta GAT 11003 nas diferentes caldas e rotação de 486 RPM na TDP ao longo da barra de pulverização.

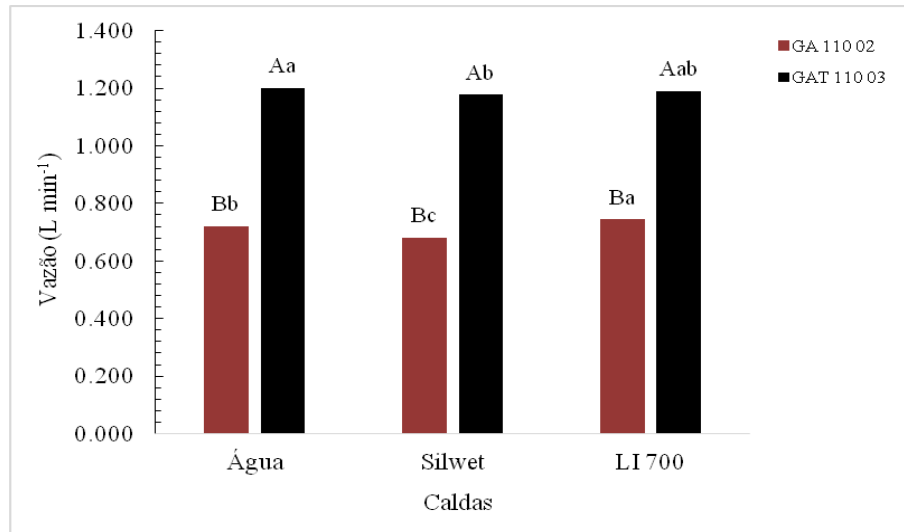


*CV% Coeficiente de variação de vazão das pontas coletadas.

Diferente da ponta GA 10002, a ponta GAT 11003 nas diferentes caldas e na rotação de 486 RPM na TDP (Figura 15), apresentou padrão de distribuição menos uniforme, alcançando valores de coeficiente de variação de até 3,81%.

Outro fato a se destacar é que, apesar da baixa uniformidade nas vazões, de um modo geral não são valores que se diferenciam quando se compara as diferentes caldas, o que reforça que as pontas possuem características específicas com relação à distribuição volumétrica.

Figura 16 - Vazões das pontas GA 11002 e GAT 11003 nas diferentes Caldas e rotação de 540 RPM na TDP.



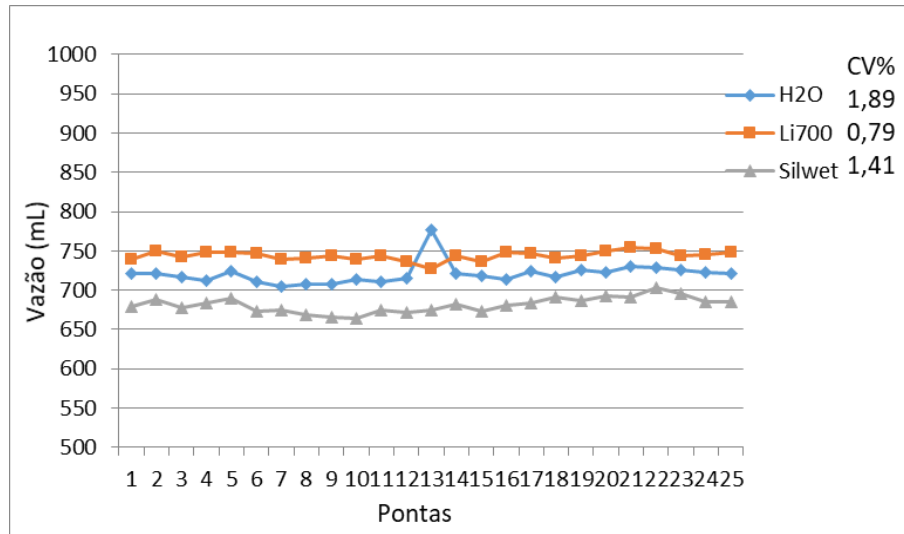
*Letras maiúsculas comparam vazões entre pontas e letras minúsculas comparam vazões entre caldas.

Assim como na rotação de 486 RPM (Figura 13), a interação entre os fatores caldas e pontas foi significativa para a rotação de 540 RPM na TDP.

Diferentemente das características encontradas na rotação de 486 RPM na TDP (figura 13), para a ponta GAT 11003 as caldas tiveram diferença estatística entre elas, sendo que a que obteve maior vazão foi a calda composta por água e a que teve menor vazão foi a composta por água mais Silwet[®], sendo que a calda de água mais LI700[®] não diferiu das outras duas.

Já a ponta GA 11002, assim como na rotação de 486 RPM (Figura 13), apresentou diferentes vazões de acordo com as caldas, sendo que a maior vazão atingida foi com água mais LI700[®] e a menor com água mais Silwet[®].

Figura 17 - Vazões da ponta GA 11002 nas diferentes caldas e rotação de 540 RPM na TDP ao longo da barra de pulverização.

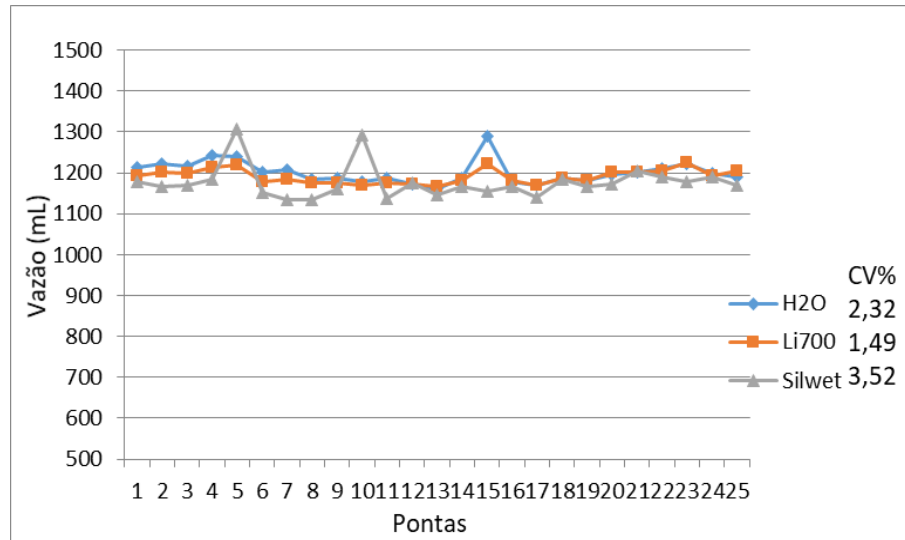


*CV% Coeficiente de variação de vazão das pontas coletadas.

A ponta GA 11002 apresentou comportamento diferente na rotação de 540 RPM, quando comparado rotação de 486. Apesar das vazões ainda se diferenciarem nas diferentes caldas, neste caso a calda que apresentou maior vazão foi a composta por LI700[®], seguida de água e por ultimo a de Silwet. Nesta rotação, ao invés da calda com Li700[®] continuar com a vazão média apresentada na rotação anterior, houve aumento significativo.

Com relação a homogeneidade das vazões ao longo da barra, os valores de variação foram bastante baixos, destacando-se a calda com LI700[®], que nesta rotação foi a mais homogênea.

Figura 18 - Vazões da ponta GAT 11003 nas diferentes caldas e rotação de 540 RPM na TDP ao longo da barra de pulverização.

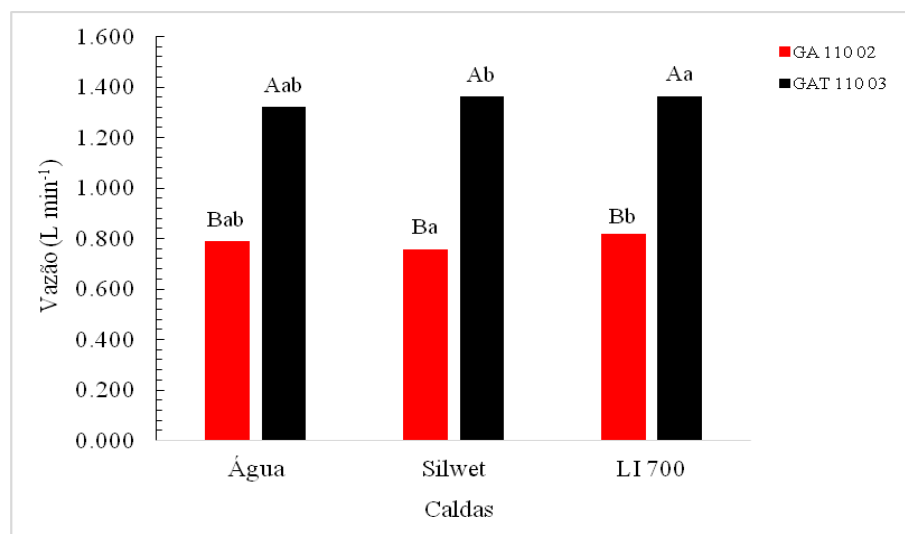


*CV% Coeficiente de variação de vazão das pontas coletadas.

Os resultados para a ponta GAT 11003 nas diferentes caldas e rotação de 540 RPM na TDP (Figura 18), seguiu o mesmo padrão desta mesma ponta na rotação de 486 RPM, caracterizada por uma vazão com variações maiores ao longo da barra, possivelmente devido a algum vazamento apresentado nos bicos.

Assim como na rotação de 486 RPM (Figura 15), as vazões da ponta GAT 11003 foram muito similares nas diferentes caldas.

Figura 19 - Vazões das pontas GA 11002 e GAT 11003 nas diferentes caldas e rotação de 594 RPM na TDP.



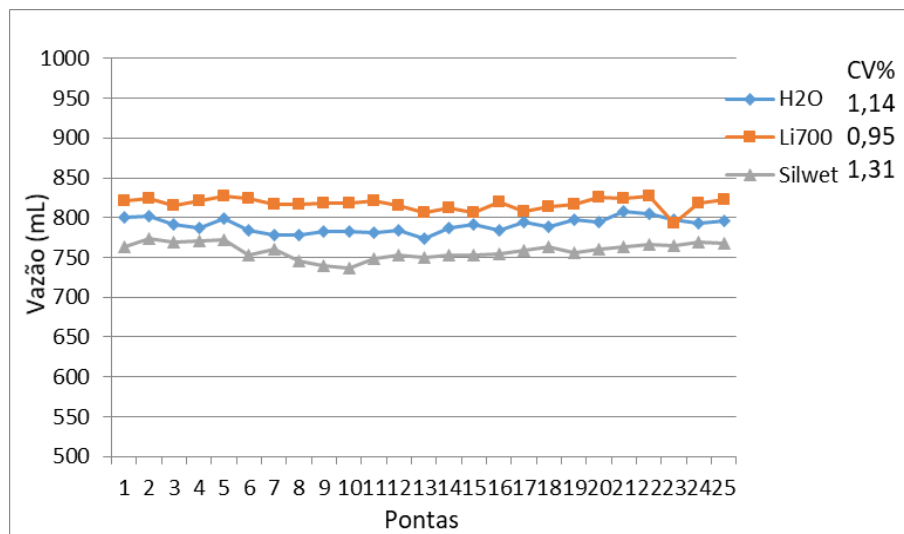
*Letras maiúsculas comparam vazões entre pontas e letras minúsculas comparam vazões entre caldas.

Como nas rotações de 486 e 540, na rotação de 594 RPM a interação entre as caldas e pontas também foi significativa.

Diferente do comportamento nas outras rotações a ponta GAT 1103 teve sua maior vazão com a calda composta por Li700[®] e a menor com calda composta por Silwet, entretanto, não havendo diferença significativa entre a água e as outras duas caldas.

Também na Figura 19 é possível observar o comportamento distinto da ponta GA 11002, quando comparado às outras rotações estudadas (Figuras 13 e 16). Na rotação de 594 RPM a calda que apresentou maior vazão foi composta por Silwet[®], sendo a calda de menor vazão a composta por Li700[®] e, novamente, não havendo diferença estatística entre as caldas de Li 700[®] e Silwet[®] comparando com a água.

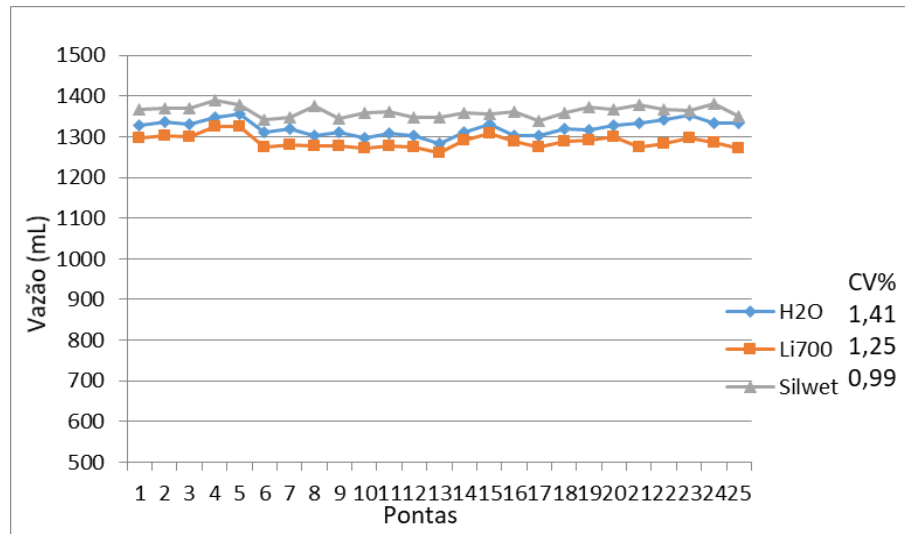
Figura 20 - Vazões da ponta GA 11002 nas diferentes caldas e rotação de 594 RPM na TDP ao longo da barra de pulverização.



*CV% Coeficiente de variação de vazão das pontas coletadas.

Similar à rotação de 540 RPM (Figura 17) também na rotação de 594 RPM (Figura 20) a ponta GA 11002 apresentou diferenças significativas de vazão nas diferentes caldas, com a calda de LI700[®] apresentando a maior vazão seguida da água e, por fim, Silwet[®]. Com relação aos valores do coeficiente de variação, esta ponta novamente apresentou os menores índices, inferiores aos encontrados na ponta GAT 11003, demonstrando que o efeito da adição de um adjuvante não pode ser generalizado, pois pode existir interação com a ponta de pulverização (CUNHA; BUENO; FERREIRA, 2010).

Figura 21 - Vazões da ponta GAT 11003 nas diferentes caldas e rotação de 594 RPM na TDP ao longo da barra de pulverização.



*CV% Coeficiente de variação de vazão das pontas coletadas.

De forma distinta das outras rotações (Figuras 15 e 18), onde a diferença de vazão não foi tão evidente, o comportamento da ponta GAT 110 03, na rotação de 594 RPM e com diferentes caldas, apresentou maior diferença. A calda que apresentou maior vazão foi a composta por Silwet®, seguida pela água e a calda composta por Li700®.

Com relação a uniformidade da distribuição na barra nesta rotação, observa-se que esta foi superior às encontradas nas outras rotações (Figuras 15 e 18) com esta mesma ponta.

De modo geral, os resultados obtidos mostram que, independente da calda utilizada ou tipo de ponta, se a rotação da TDP do trator se alterar, o volume da aplicação também será alterado.

Em todas as situações, as pontas GA 11002 e GAT 11003 apresentaram vazões diferentes estatisticamente. Esse resultado era esperado, devido às mesmas possuírem naturalmente vazões distintas, sendo a GAT 11003 superior à GA 11002.

Também foi possível observar a especificidade das pontas de pulverização, já que apresentaram comportamentos distintos nos diferentes tratamentos, sem seguir um padrão, mostrando a necessidade de estudos mais aprofundados com cada tipo de ponta. Segundo Downer; Hall; Thompson (1998), o

efeito da adição de adjuvantes nas pulverizações é um processo complexo, que dificulta o estabelecimento de relações claras e diretas.

As taxas de aplicação simuladas, obtidas nas três velocidades de trabalho apresentadas (4,54; 5,04 e 5,71 km h⁻¹), oriundas das três rotações da TDP (486, 540 e 596), e calculadas através da média da vazão dos bicos em cada condição (ponta, calda e rotação), estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Taxa de aplicação encontrada para cada tratamento em L ha⁻¹

Pontas x rotações (H ₂ O)			Pontas x Caldas (486 RPM)		
	PONTAS			PONTAS	
ROTAÇÕES	GA 110 02	GAT 110 03	CALDAS	GA 110 02	GAT 110 03
486	173,66 (1,20%)	288,00 (0,71%)	Água	173,66	288,00
540	171,67	285,95	Silwet®	155,68 (-10,35%)	293,13 (1,78%)
594	166,32 (-3,07%)	278,10 (-2,74%)	LI 700®	167,31 (-3,65%)	293,66 (1,96%)
Pontas x rotações (LI700®)			Pontas x Caldas (540 RPM)		
	PONTAS			PONTAS	
ROTAÇÕES	GA 110 02	GAT 110 03	CALDAS	GA 110 02	GAT 110 03
486	167,31 (-5,54%)	293,66 (3,55%)	Água	171,67	285,95
540	177,14	283,57	Silwet®	162,38 (-5,41%)	280,24 (1,99%)
594	172 (-2,90%)	271,16 (-4,37%)	LI 700®	177,14 (3,18%)	283,57 (-0,83%)
Pontas x rotações (Silwet®)			Pontas x Caldas (594 RPM)		
	PONTAS			PONTAS	
ROTAÇÕES	GA 110 02	GAT 110 03	CALDAS	GA 110 02	GAT 110 03
486	155,68 (-4,12%)	293,13 (4,59%)	Água	166,32	278,10
540	162,38	280,24	Silwet®	159,79 (-3,92%)	286,74 (3,10%)
594	159,79 (-1,59%)	286,74 (2,31%)	LI 700®	172,00 (3,41%)	271,16 (-2,49%)

*Porcentagens mostram o quanto as vazões destoaram da rotação de 540 RPM na TDP e calda de água.

Como se pode observar, não há um comportamento padrão para a variação da taxa de aplicação, em função da variação da velocidade de operação do equipamento na mesma marcha e, por consequência, da rotação da TDP. Em alguns casos a taxa de aplicação vai de valores menores para maiores com o aumento da rotação, em outros é o inverso. Ainda há casos em que o maior valor ocorre na rotação de 540 RPM, e também outros onde é a menor vazão que ocorre nessa rotação. Entretanto, há que se destacar a magnitude dessas variações, que podem atingir mais de 10% (ponta GA 11002, rotação de 486 RPM e calda com SILWET® comparada com água), levando em consideração que para a calibração de pulverizadores a variação da taxa de aplicação aceitável é de até 5%.

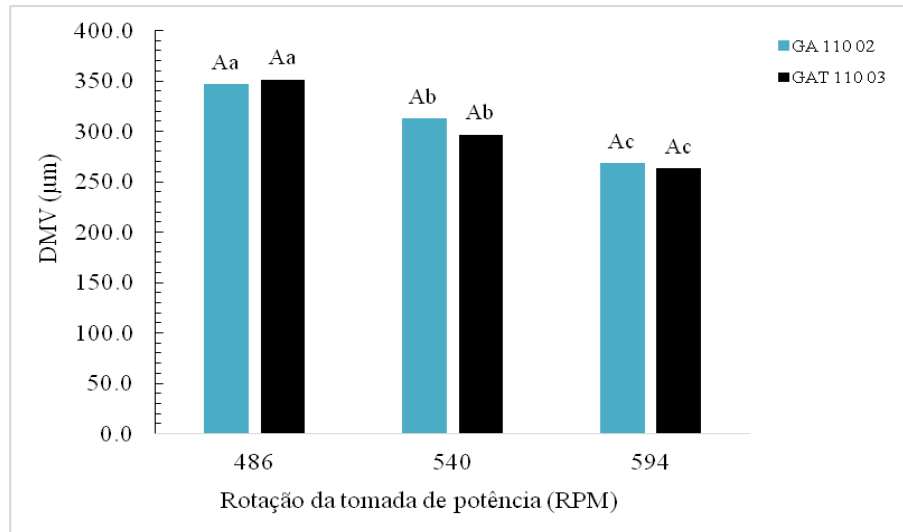
Semelhante a este trabalho, Prado et al. (2015), em estudo relacionando volume de aplicação e uso de surfactante, também não encontraram comportamento padrão entre estes fatores, mostrando a dificuldade em prever os resultados da interação entre os dois.

5.2 2º EXPERIMENTO

A qualidade da aplicação é determinada dentre outros fatores, pela adequada colocação e distribuição do produto fitossanitário no alvo. Para que isso ocorra é necessária a correta escolha da ponta de pulverização, que gere uma gota com tamanho ideal, porém, essa escolha deve estar diretamente associada à fatores como tamanho de gotas gerado, velocidade de distribuição do líquido, volume de calda e condições ambientais (MILLER; BUTLER ELLIS, 2000).

Segundo Cunha; Teixeira; Fernandes (2007), durante as aplicações o ideal é que o espectro de gotas seja homogêneo, isto é, que as gotas geradas pelas pontas sejam do mesmo tamanho. O ideal é se evitar gotas muito finas e muito grossas, diminuindo as perdas por deriva e escorrimento. É preciso conhecer as características técnicas das pontas, visando à correta seleção, e com isso, aplicações eficientes e mais seguras para o ambiente. Nas pontas de pulverização hidráulicas, a formação das gotas, muitas vezes é bastante desuniforme, dificultando a boa cobertura do alvo.

Figura 22 - Tamanho de gotas produzido pelas pontas GA 11002 e GAT 11003 nas diferentes rotações da TDP e calda composta por água.



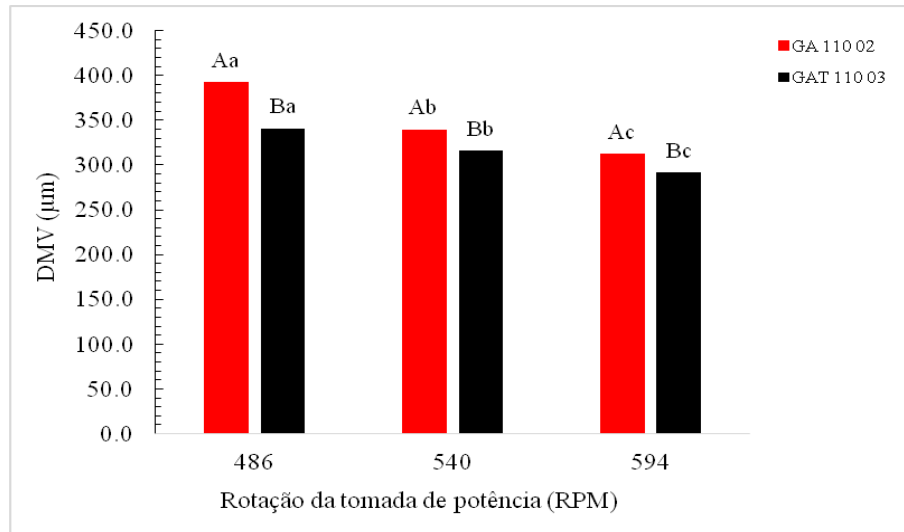
*Letras maiúsculas comparam tamanho de gotas entre pontas e letras minúsculas comparam tamanho de gotas entre rotações.

Com água, para o tamanho de gotas geradas a interação entre os fatores pontas de pulverização e rotação de trabalho na TDP não foi significativa.

Apesar das especificações do fabricante indicarem que as pontas formam padrões diferentes de gotas, as mesmas apresentaram classes semelhantes, não diferindo estatisticamente uma da outra em cada rotação estudada na calda composta por água.

Inversamente à vazão, o tamanho de gotas diminui conforme ocorre aumento na rotação da TDP, sendo devido ao aumento de pressão no sistema resultante da alteração da rotação da TDP. Francischetti et al. (2013), também observaram a variação do tamanho de gotas na aplicação, quando ocorreu alteração de pressão em um sistema interno de um pulverizador pressurizado.

Figura 23 - Tamanho de gotas produzido pelas pontas GA 11002 e GAT 11003 nas diferentes rotações da TDP e calda composta por água mais LI 700®.



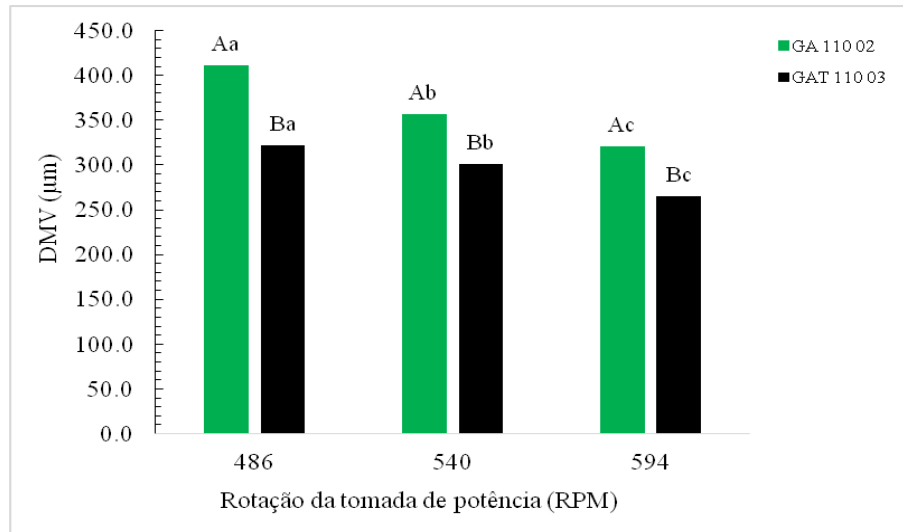
* Letras maiúsculas comparam tamanho de gotas entre pontas e letras minúsculas comparam tamanho de gotas entre rotações.

Comparando as rotações na calda composta por LI700®, as duas pontas apresentam comportamento diferente, quando comparadas com a calda de água. Em de cada rotação foi possível observar diferença estatística entre elas, o que não ocorreu anteriormente (Figura 22), sendo que a ponta GA 11002 apresentou tamanho de gotas maiores em todas as rotações.

Miller; Butler-Ellis (2000), estudando o efeito das formulações e caldas nas características da pulverização, argumentam que as pontas com indução de ar, como as utilizadas neste trabalho, são mais susceptíveis a mudanças nas propriedades físicas da calda e que seu comportamento nem sempre segue o das pontas hidráulicas convencionais. Isso, possivelmente, ocorre em função da interação líquido-ar dentro da ponta.

Quando comparamos as duas pontas nas três rotações da TDP, novamente o tamanho de gotas diminuiu conforme o aumento da rotação, devido à alterações de pressão, corroborando com Christofletti (1999b).

Figura 24 - Tamanho de gotas produzido pelas pontas GA 11002 e GAT 11003 nas diferentes rotações da TDP e calda composta por água mais SILWET®.

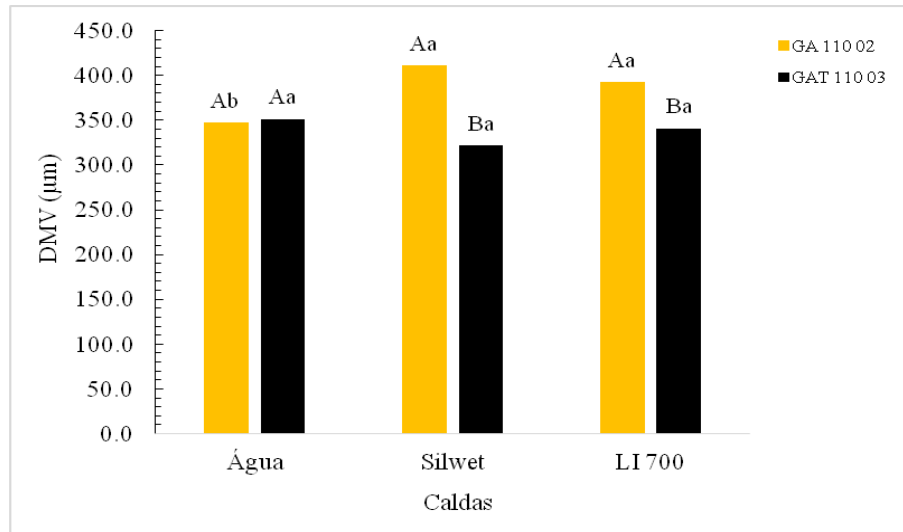


* Letras maiúsculas comparam tamanho de gotas entre pontas e letras minúsculas comparam tamanho de gotas entre rotações.

Assim como na calda composta por água e água mais LI 700® a interação entre os fatores pontas de pulverização e rotação de trabalho na TDP não foi significativa.

Repetindo o comportamento apresentado com a calda composta por LI700® (Figura 23), com a calda composta por Silwet® as pontas de pulverização apresentaram tamanho de gotas diferentes nas três rotações utilizadas, sendo que novamente a ponta GA 11002 obteve as maiores gotas. Isto possivelmente se deve graças a capacidade dos adjuvantes de alterar as características físico-químicas das caldas, como tensão superficial e viscosidade, características essas presentes nos adjuvantes utilizados neste trabalho (ANTUNIASSI, 2006).

Figura 25 - Tamanho de gotas produzido pelas pontas GA 11002 e GAT 11003 nas diferentes caldas e rotação de 486 RPM na TDP.



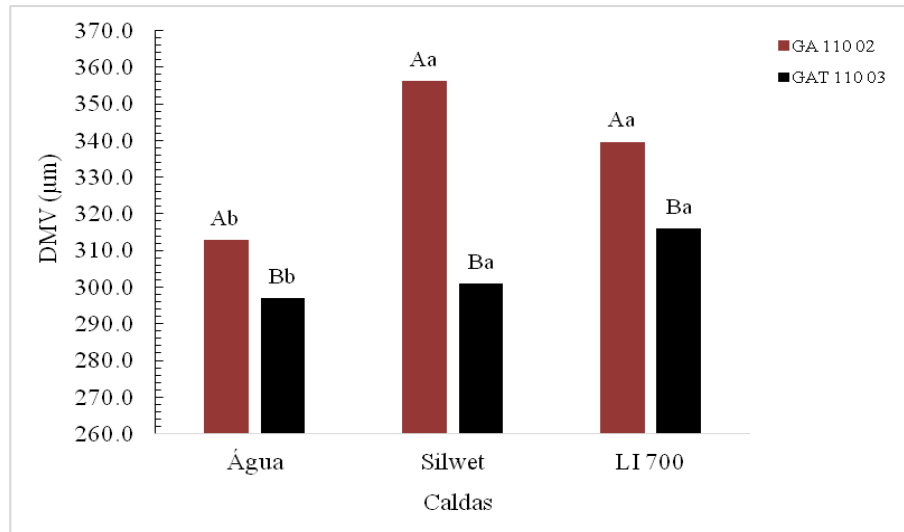
*Letras maiúsculas comparam tamanho de gotas entre pontas e letras minúsculas comparam tamanho de gotas entre caldas.

Trabalhando com os fatores caldas e pontas de pulverização, na rotação de 486 RPM na TDP a interação entre eles foi significativa, demonstrando a dependência dos mesmos no tamanho de gotas gerados.

Na Figura 25 é possível observar o comportamento das duas pontas nas diferentes caldas dentro da rotação de 486 RPM na TDP. Fica clara a alteração do tamanho de gotas quando foram utilizados ambos os adjuvantes. Com a calda de água as duas pontas apresentaram tamanho de gotas semelhantes, não diferindo estatisticamente, sendo que na calda composta por Silwet® e na calda composto por LI700® a ponta GA 11002 apresentou gotas de tamanho maior.

Comparando a ponta GAT 11003 entre as caldas, o tamanho de gotas não diferiu estatisticamente, diferente da ponta GA 11002, que quando utilizada com adjuvantes apresentou uma gota de maior DMV, diferindo estatisticamente do tratamento composto por água. Cunha; Bueno; Ferreira (2010), relatam que o efeito da adição de um adjuvante não pode ser generalizado, pois existe interação com a ponta de pulverização, como visto neste trabalho.

Figura 26 - Tamanho de gotas das pontas GA 11002 e GAT 11003 nas diferentes caldas e rotação de 540 RPM na TDP.



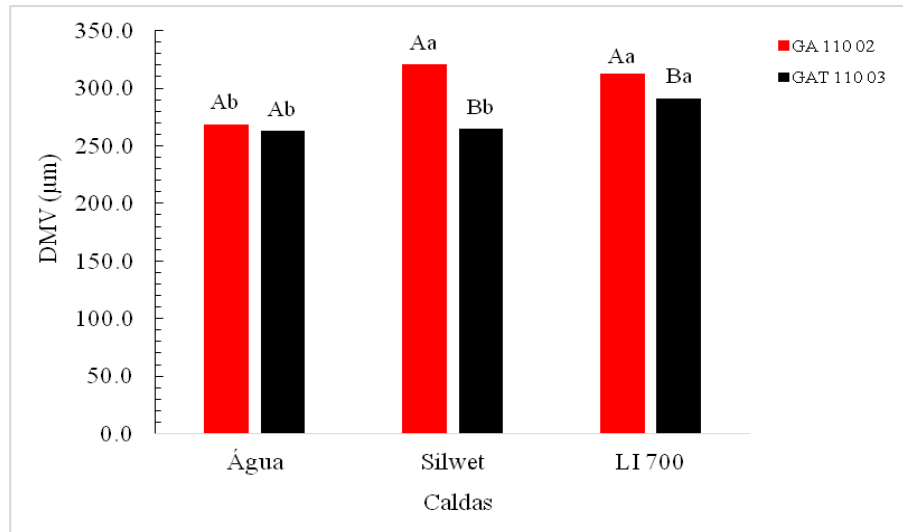
*Letras maiúsculas comparam tamanho de gotas entre pontas e letras minúsculas comparam tamanho de gotas entre caldas.

De maneira semelhante à rotação 486 RPM, na rotação 540 RPM a interação entre os fatores pontas e caldas foi significativa indicando dependência entre os fatores.

Na rotação de 540 RPM (Figura 26), fica evidente as diferenças de tamanho de gotas apresentadas pelas pontas em todas as caldas. Com relação ao uso de adjuvantes, ambos utilizados proporcionaram tamanho de gotas semelhantes para a mesma ponta, diferindo somente da calda composta por água.

Cunha; Alves (2009), estudando as propriedades físico-químicas de caldas de pulverização com alguns adjuvantes, argumentam que, em geral, a elevação da viscosidade da calda com adjuvantes está associada à geração de gotas de pulverização maiores e, portanto, com efeito no potencial de deriva de uma aplicação. No entanto, não está definida a magnitude da elevação necessária para o aumento do diâmetro das gotas.

Figura 27 - Tamanho de gotas das pontas GA 11002 e GAT 11003 nas diferentes caldas e rotação de 594 RPM na TDP.



*Letras maiúsculas comparam tamanho de gotas entre pontas e letras minúsculas comparam tamanho de gotas entre caldas.

Semelhante às rotações de 486 e 540 RPM, na rotação de 594 RPM a interação entre as pontas e as caldas também foi significativa para o tamanho de gotas formadas pelas pontas de pulverização.

Na Figura 27, é possível observar que a diferença no tamanho de gotas produzido pela ponta GA 11002 ocorre quando não se utiliza o adjuvante, ou seja, o DMV é significativamente menor só com água.

Já para a ponta GAT 11003 a única calda que apresentou diferença significativa foi a composta por LI700[®], sendo que a água e a calda composta por Silwet[®] promoveram menores DMV sem, no entanto, diferir entre si.

Quando as rotações de trabalho são comparadas, fica evidente o efeito dos adjuvantes sobre o tamanho de gotas formadas, em comparação com a água. Esse fato é devido à capacidade dos adjuvantes em alterar as características físicas das caldas, como por exemplo a viscosidade delas (ANTUNIASSI, 2006).

Vale a pena ressaltar o comportamento relacionado ao tamanho de gotas, que apesar das pontas possuírem tecnologia de indução de ar, a ponta GAT 11003 sempre produziu gotas menores, devido ao seu jato plano duplo, simulando a junção de duas pontas com vazão de 015 galões, que normalmente produziriam gotas menores.

Outro fator observado neste experimento foi a falta de relações diretas entre as caldas compostas por adjuvantes e as pontas de pulverização

Segundo Downer; Hall; Thompson (1998), o efeito da adição de adjuvantes na pulverização é um processo complexo e que dificulta o estabelecimento de relações claras e diretas.

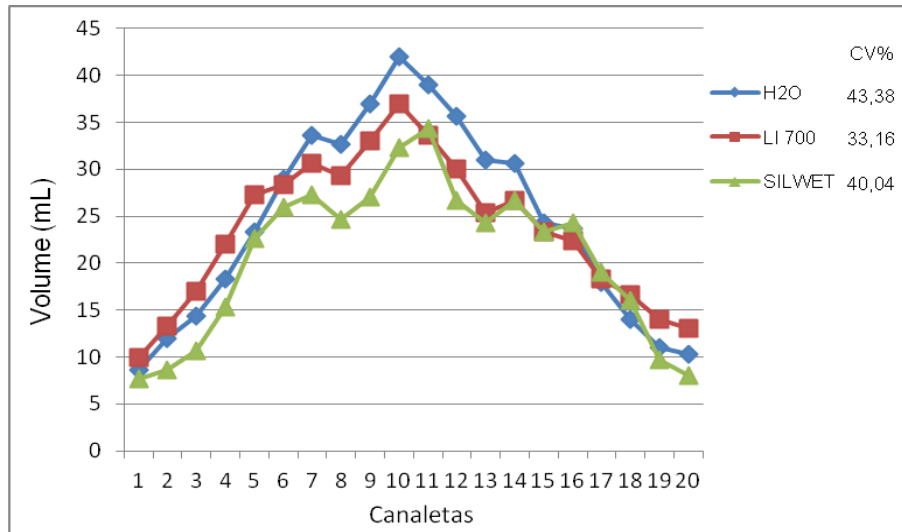
5.3 3º EXPERIMENTO

A uniformidade na distribuição da calda aplicada em pulverizações de produtos é dada pelas condições de montagem e operação dos equipamentos, como espaçamento entre bicos, altura da barra, ângulo de abertura dos bicos de pulverização e pressão de trabalho (PERECIN et al., 1994). A ponta, componente responsável pela emissão das gotas e, por isso, considerada o componente mais importante do equipamento pulverizador, é que determina diversos fatores relacionados a qualidade de aplicação, entre eles a vazão e a uniformidade de distribuição do líquido, os quais devem apresentar a menor variação possível ao longo da barra (BAUER; RAETANO, 2004).

Há no mercado pontas desenvolvidas para as mais diversas aplicações e situações. Segundo Galli; Matuo; Siqueira (1983); Matthews (2000), cada uma delas possui um padrão de distribuição característico, que determina a altura da ponta em relação ao alvo e o espaçamento entre elas na barra pulverizadora.

A partir do padrão de distribuição de pontas individuais, pode-se simular a sobreposição de várias pontas, tal qual ocorre na barra pulverizadora, calculando-se então o coeficiente de variação (CV) da sobreposição resultante, Este resultado está apresentado nas figuras subsequentes. Segundo Christofolletti (1997), quanto menor esse valor, mais uniforme será a distribuição.

Figura 28 – Volume coletado pela ponta GA 11002 nas diferentes caldas e rotação de 486 RPM na TDP.

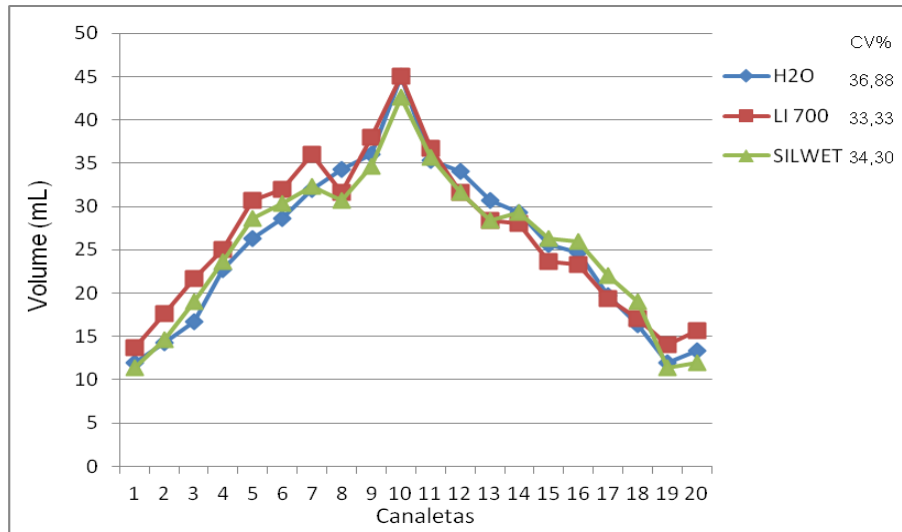


*CV% Coeficiente de variação de vazão das pontas coletadas.

Observando-se a Figura 28, onde se compara as diferentes caldas com a ponta GA 11002 na rotação de 486 RPM, é possível notar o comportamento diferenciado entre as regiões centrais dos padrões de distribuição e as mais afastadas. Para essa ponta, a maior diferença entre as caldas localiza-se na região central, onde volumes maiores de coleta foram encontrados com a água, seguida da calda composta por LI700[®] e depois a composta por Silwet[®].

Com relação à uniformização da distribuição, a calda que apresentou menor coeficiente da variação foi a do adjuvante LI 700[®], com o valor de 33,16%, demonstrando maior uniformização encontrada quando se utiliza adjuvantes.

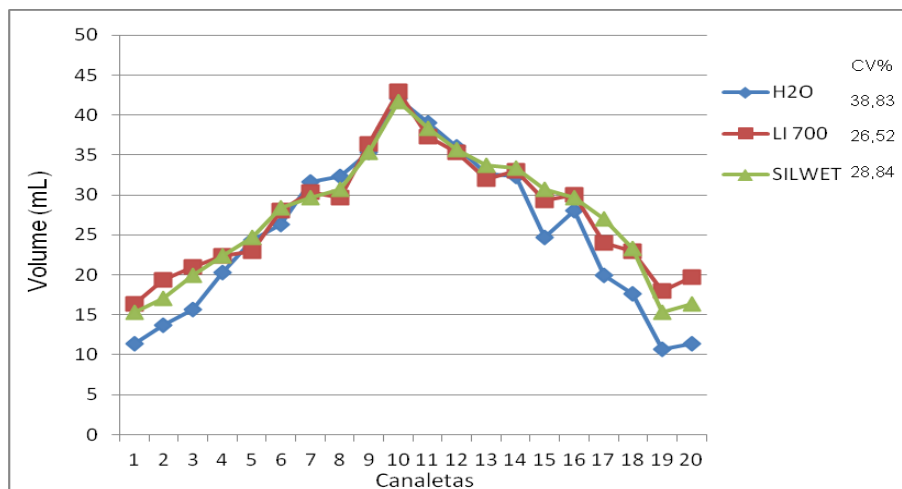
Figura 29 - Volume coletado pela ponta GA 11002 nas diferentes caldas e rotação de 540 RPM na TDP.



*CV% Coeficiente de variação de vazão das pontas coletadas.

O aumento das rotações de trabalho da TDP implica em alterações na pressão de trabalho, podendo gerar alterações no padrão de deposição das pontas de pulverização. Isso ocorreu quando compara-se a ponta GA 11002, na rotação de 540, com a de 486 RPM. Discordando de Bauer; Raetano (2004), que, estudando o padrão de deposição de pontas observaram que ao aumentar a pressão de 200 para 300 kPa, não tiveram efeito significativo na distribuição da pulverização quando espaçadas em 50cm, espaçamento semelhante ao utilizado neste trabalho.

Figura 30 – Volume coletado pela ponta GA 11002 nas diferentes caldas e rotação de 594 RPM na TDP.

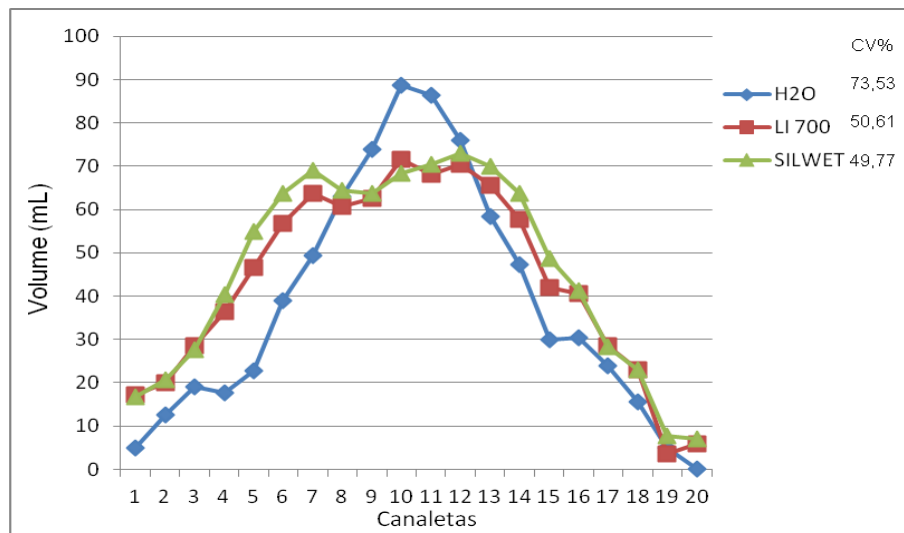


*CV% Coeficiente de variação de vazão das pontas coletadas.

Quando comparamos a distribuição nas rotações de 540 e 594 RPM (Figuras 29 e 30), os padrões observados na ponta GA 10002 seguem os encontrados por Bauer; Raetano (2004), tendo como característica a manutenção da distribuição volumétrica, mesmo com alteração de pressão.

Ainda na mesma comparação, também é possível observar, independente da calda utilizada, que os volumes coletados foram muito próximos, além de valores de coeficiente de variação similares.

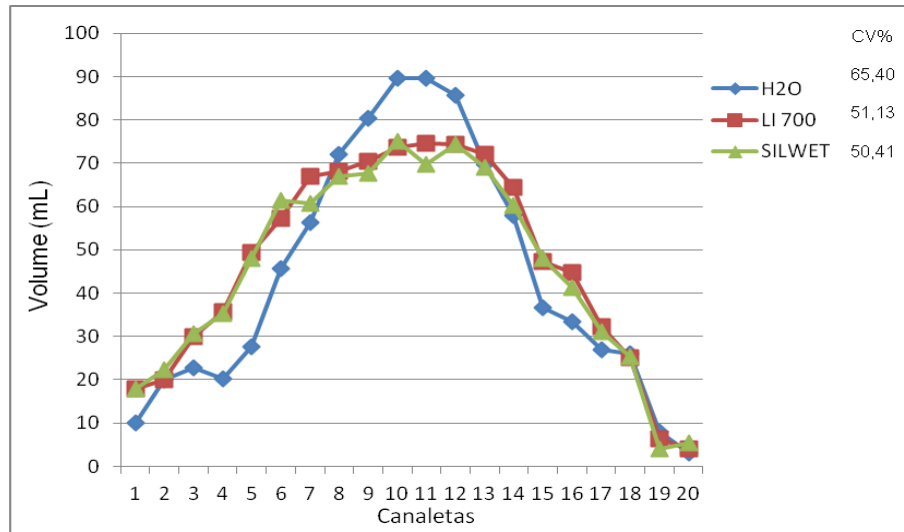
Figura 31 – Volume coletado pela ponta GAT 11003 nas diferentes caldas e rotação de 486 RPM na TDP.



*CV% Coeficiente de variação de vazão das pontas coletadas.

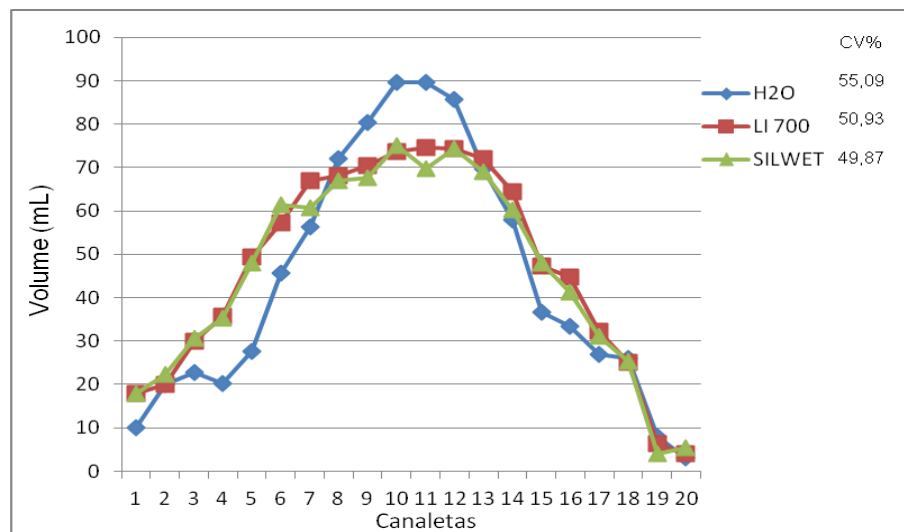
Observando o comportamento da ponta GAT 11003 na rotação da TDP de 486 RPM é de fácil percepção a diferença na distribuição volumétrica, quando se usa os dois adjuvantes estudados. Fica clara a mudança da distribuição volumétrica quando analisamos os índices de coeficiente de variação, gerando diferenças de mais de 20%, quando comparados os adjuvantes à água. Esse fato é devido à capacidade dos adjuvantes em promover alterações físicas nas caldas e pulverização (OLIVEIRA, 2011), assim como também devido às características da ponta.

Figura 32 – Volume coletado pela ponta GAT 11003 nas diferentes caldas e rotação de 540 RPM na TDP.



*CV% Coeficiente de variação de vazão das pontas coletadas.

Figura 33 – Volume coletado pela ponta GAT 11003 nas diferentes caldas e rotação de 594 RPM na TDP.



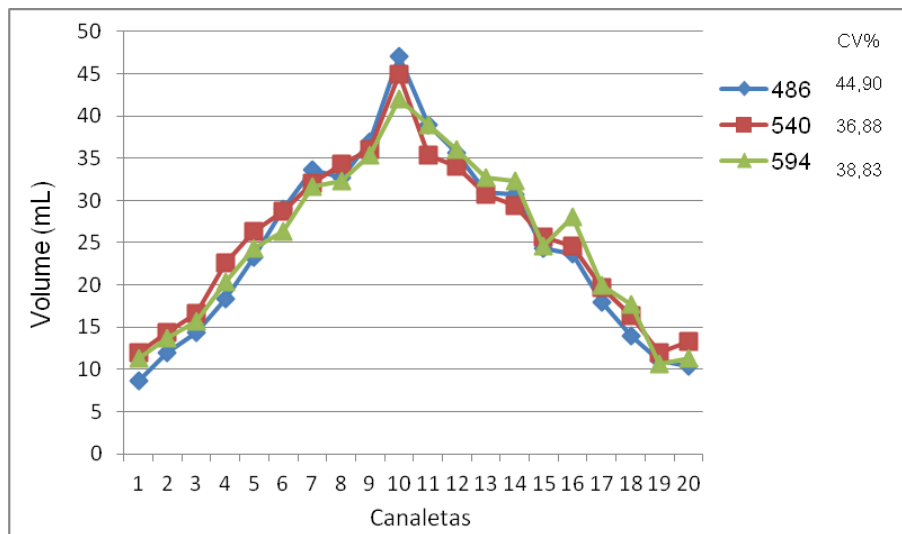
*CV% Coeficiente de variação de vazão das pontas coletadas.

Ao observar a ponta GAT 11003 nas diferentes caldas e diferentes rotações, foi possível notar a ação dos adjuvantes sobre a distribuição volumétrica. Quando compara-se as curvas geradas quando se utiliza a água com as caldas dos adjuvantes (Figuras 31, 32 e 33), observa-se que com água há maior amplitude, demonstrando que os adjuvantes ajudam a uniformizar a distribuição.

O padrão característico de distribuição da ponta GAT 11003 é bem diferente, quando comparado com a ponta GA 11002. A ponta GAT 11003 promove maiores alterações no padrão de distribuição, quando se utiliza adjuvantes, do que a

ponta GA 11002. Para as duas pontas estudadas, observa-se que a porcentagem de volume depositado nas canaletas da mesa de teste foi semelhante. De uma maneira geral, a deposição é descontínua, decrescendo do centro para as extremidades. Pontas com esse padrão de deposição são recomendadas, segundo Matuo et al. (2001), para trabalhar em barras, devendo haver sobreposição entre elas.

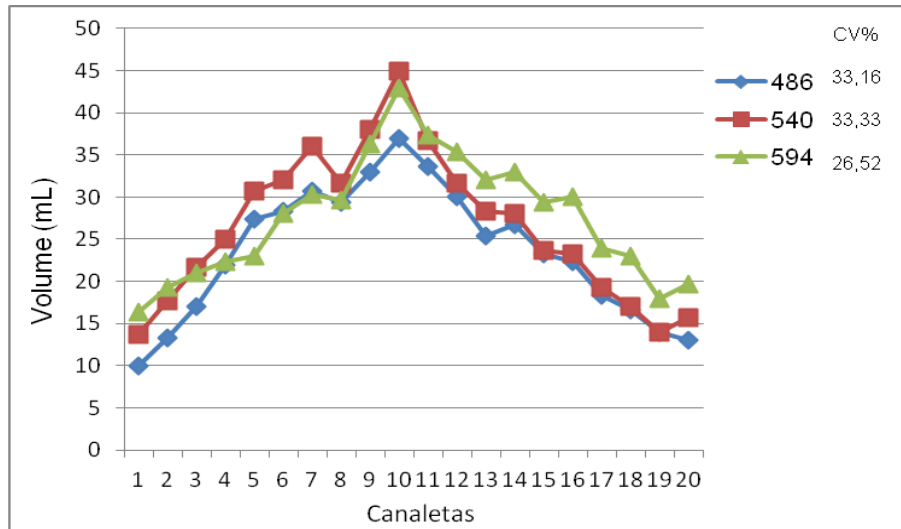
Figura 34 – Volume coletado pela ponta GA 11002 nas diferentes rotações da TDP e calda composta por água.



*CV% Coeficiente de variação de vazão das pontas coletadas.

Diferentemente do comportamento apresentado pela ponta GA 11002 com as caldas, com água o perfil de distribuição volumétrica foi muito próximo dentro das três rotações de trabalho. Esse fato pode ser considerado atípico, levando-se em consideração que, em pulverizadores sem controle eletrônico, a alteração da rotação significa alteração na pressão de trabalho. Esse comportamento discorda dos resultados encontrados por Bauer; Raetano (2004), que observaram diferentes padrões de distribuição dentro de uma mesma ponta com diferentes pressões.

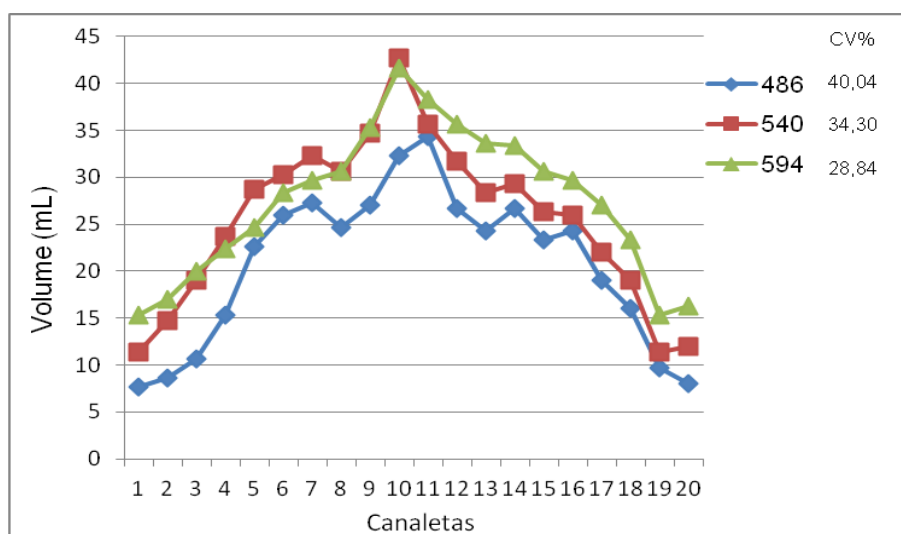
Figura 35 – Volume coletado pela ponta GA 11002 nas diferentes rotações da TDP e calda composta por água mais LI 700®.



*CV% Coeficiente de variação de vazão das pontas coletadas.

Na Figura 35 observa-se padrões de deposição semelhantes, no entanto, a vazão teve valores superiores na rotação maior, oriunda da diferença de pressão resultante do aumento da rotação da TDP. Bauer; Raetano (2004), também verificaram esse comportamento de perfil de distribuição em pontas XR 8004 e TP 8004, submetidas às pressões de 200 e 300 kPa.

Figura 36 – Volume coletado pela ponta GA 11002 nas diferentes rotações da TDP e calda composta por água mais SILWET®.



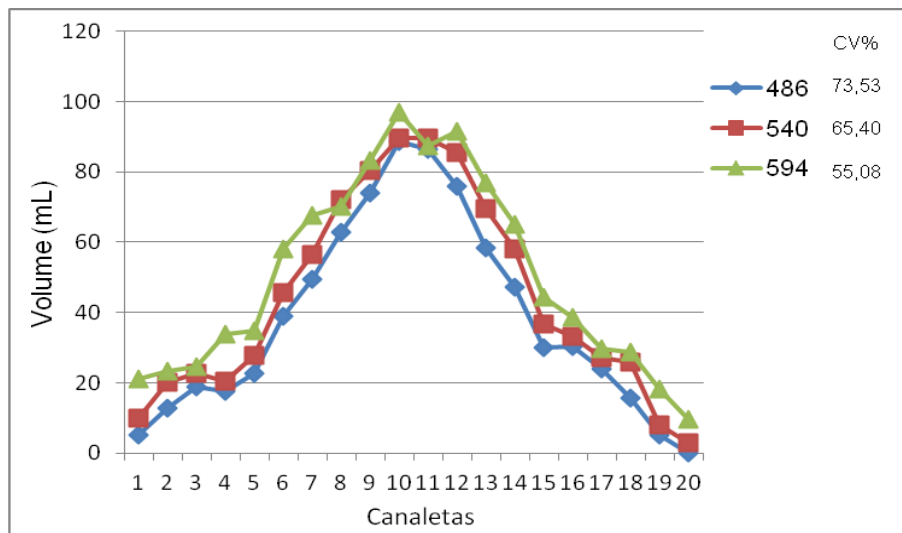
*CV% Coeficiente de variação de vazão das pontas coletadas.

Similar ao comportamento encontrado com a calda composta por LI 700®, a calda com Silwet® apresentou perfis diferentes de distribuição conforme a

rotação da TDP. Devido ao aumento da rotação da TDP, foi possível observar um aumento no volume coletado dentro das canaletas, devido ao aumento da pressão resultante do aumento das rotações (FREITAS et al., 2005).

Outro fator importante, observado na Figura 36, foi a melhoria na uniformidade de distribuição (CV%), conforme o aumento da rotação de trabalho, partindo de 40,04, na rotação de 486 RPM, reduzindo até 28,84, na rotação de 594 RPM.

Figura 37 – Volume coletado pela ponta GAT 11003 nas diferentes rotações da TDP e calda composta por água.

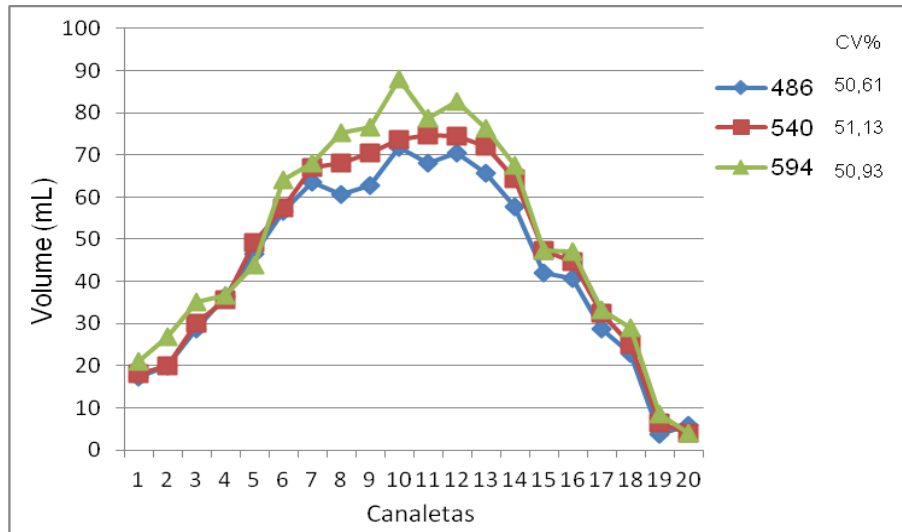


*CV% Coeficiente de variação de vazão das pontas coletadas.

O comportamento da distribuição volumétrica da ponta GAT 11003 com água é similar ao encontrado por Freitas et al. (2005), em estudo semelhante com pontas TT 11002. Nesse caso, observou-se maior volume coletado no centro da mesa de distribuição e quedas bruscas nas extremidades, confirmando a indicação de uso com sobreposição de pontas na barra (MATUO et al., 2001).

Este mesmo comportamento (Figura 37), foi observado nas três rotações de trabalho utilizadas, com pequena variação no volume coletado conforme o crescimento da rotação na TDP.

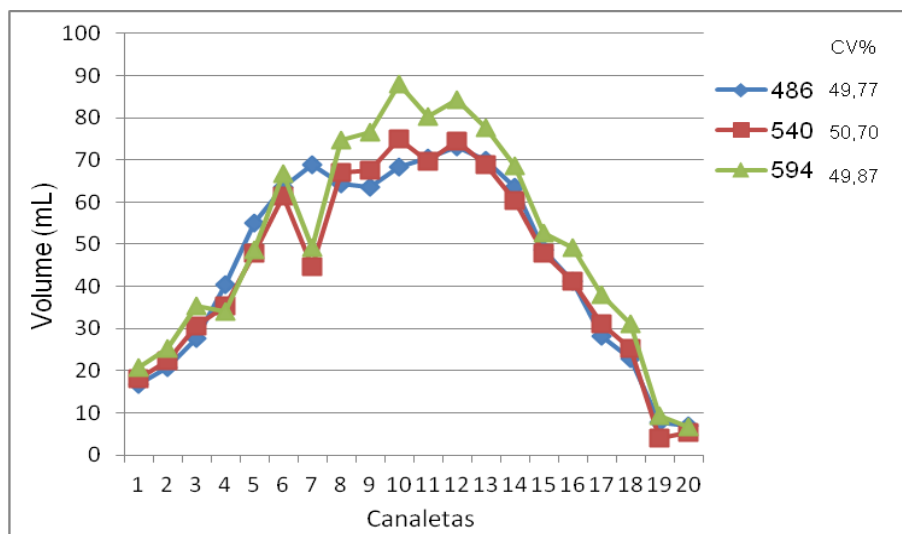
Figura 38 – Volume coletado pela ponta GAT 11003 nas diferentes rotações da TDP e calda composta por água mais LI700®.



*CV% Coeficiente de variação de vazão das pontas coletadas.

Com a calda composta por LI700® o volume de distribuição também foi maior no meio do que nas extremidades. No entanto, é possível observar maior uniformidade da distribuição quando se usa adjuvante, o que se confirma quando analisamos os coeficientes de variação, que são menores quando comparados com os da água (Figura 37).

Figura 39 – Volume coletado pela ponta GAT 11003 nas diferentes rotações da TDP e calda composta por água mais SILWET®.



*CV% Coeficiente de variação de vazão das pontas coletadas.

Seguindo o mesmo padrão apresentado com a calda de LI700[®], a ponta GAT 11003, com calda composta por Silwet[®], apresentou maior concentração de volume coletado na parte central, com queda nas extremidades. Assim como na calda com LI700[®] (Figura 38) observa-se que o uso de adjuvante também melhorou a uniformidade de distribuição desta ponta, promovendo coeficientes de variação menores, quando comparados com os da água (Figura 37).

6 CONCLUSÕES

6.1 1º EXPERIMENTO

As variações encontradas não interferiram na vazão natural das pontas;

As maiores rotações da TDP afetam a vazão das pontas, independente da ponta e da calda;

Houve dependência das pontas para as diferenças de vazão, sendo que a calda influencia em cada ponta na mesma rotação;

Não ocorre um padrão de variação em função das diferentes caldas e rotações da TDP, podendo gerar diferenças na taxa de aplicação superiores a 10%.

6.2 2º EXPERIMENTO

Houve diminuição do DMV com o aumento da rotação, independente da calda e da ponta;

Houve dependência da ponta na variação do DMV, em função da rotação.

6.3 3º EXPERIMENTO:

O tipo de ponta e de calda afeta a distribuição volumétrica.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou caracterizar a interferência de vários fatores que podem alterar a uniformidade da aplicação em pulverização agrícola terrestre.

As avaliações realizadas, muitas delas simples e baixo custo, podem ser uma ferramenta para que produtores, muitas vezes que não utilizam alta tecnologia, consigam quantificar alguns erros e melhorar suas aplicações. Este é o caso do teste de vazão das pontas, sendo muito simples e de baixo custo, e que mostra para diferentes públicos o real estado das pontas utilizadas e o momento correto para trocá-las, podendo fazer parte de uma possível manutenção preventiva do pulverizador.

REFERÊNCIAS

- ABI SAAB, O. J. G. Avaliação de um sistema de aplicação de defensivos utilizado em videiras no município de Londrina/PR. 1996. 62f. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- ABU-HAMDEH, N.H.; AL-JALIL, H.F. Computer simulation of stability and control of tractor trailed implement combinations under different operating conditions. **Bragantia**, Campinas, v.63, n.1, p.149-162, 2004.
- AKESSON, N. B.; YATES, W. E. **Pesticide application equipment and techniques**. Roma: FAO, 1979. 257 p. (FAO Agricultural Services Bulletin).
- ANTUNIASSI, U. R. Tecnologia de aplicação de defensivos. **Revista Plantio Direto**, v. 15, p. 17-22, 2006.
- ANTUNIASSI, U. R.; BAILO, F. H. R. **Tecnologia de aplicação de agrotóxicos**. In: VARGAS, L.; ROAMN, E. S. (Orgs.). Manual de manejo e controle de plantas daninhas. 2. ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. p. 173-212.
- ANTUNIASSI, U. R.; BAILO, F. H. R. Tecnologia de aplicação de defensivos. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Passo Fundo: Embrapa trigo, 2008. p. 174-175.
- ANTUNUASSI, U.R. **Tecnologia de Aplicação de defensivos**. Manual de manejo e controle de plantas daninhas, Embrapa. 1º Edição. P.174 – 207. 2008.
- AZEVEDO, L. A. S. **Fungicidas protetores: fundamentos para o uso racional**. São Paulo, 2003. 320p.
- BALAN, M.G.; ABI SAAB, O.J.G.; SASAKI, E.H. Distribuição da calda na cultura da videira por turboatomizador com diferentes configurações de pontas. **Ciência Rural**, v. 36, n. 3, Jun. 2006. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782006000300003>.
- 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.
- BOYCE, A.M. Historical aspects of insecticide development. In: Metcalf, R. L.; Mckelvey Jr., J.J. **The future for insecticides: needs and prospects**. Proceedings of a Rockefeller Foundation Conference. New York. Willey Interscience. 1974. pp. 469-488.
- BUTLER ELLIS, M. C.; TUCK, C. R.; MILLER, P. C. H. The effect of some adjuvants on sprays produced by agricultural flat fan nozzles. **Crop Protection**, Guildford, v. 16, n. 1, 1997.

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

CARBONARI, C. A.; MARTINS D.; MARCHI S. R.; CARDOSO L. R. Efeito de surfatantes e pontas de pulverização na deposição de calda de pulverização em plantas de grama-seda. **Planta Daninha**, v. 23, n. 4, p. 725- 729, 2005.

CHRISTOFOLETTI, J. C. Bicos de pulverização – seleção e uso. Diadema: **Spraying Systems do Brasil**, 1997. 8 p.

CHRISTOFOLETTI, J. C. **Considerações sobre a deriva nas pulverizações agrícolas**. São Paulo: Teejet South America, 1999a. 15 p.

CHRISTOFOLETTI, J. C. **Considerações sobre tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. São Paulo: Teejet South America, 1999b. 14 p. (Boletim técnico, 5).

CONTIERO, R. L. Adjuvantes para caldas de produtos fitossanitários: classes, propriedades e usos. In: COOPAVEL/COODETEC/BAYER CROPSCIENCE. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas, III**. Cascavel: Coopavel/Coodetec/Bayer Cropscience, 2005. P. 29-54. (Encontro Técnico, 10).

CORDEIRO, A. M. C. Como a tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários pode contribuir para o controle de pragas, doenças e plantas daninhas. In: ZAMBOLIM, L. **Manejo integrado**: fitossanidade, cultivo protegido, pivô central e plantio direto. Viçosa-MG: Universidade Federal de Viçosa, 2001. p. 683-721.

CROSS, J. V.; WALKLATE, P. J.; MURRAY, R. A.; RICHARDSON, G. M. Spray deposits and losses in different sized apple trees from an axial fan orchard sprayer: 2. Effects of spray quality. **Crop Protection**, v. 20, n. 4, p. 333-343, 2001.

CUNHA, J. P. A. R. Tecnologia de aplicação do chlorothalonil no controle de doenças do feijoeiro. 2003. 81 f. **Tese** (Doutorado em Mecanização Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2003.

CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S. Características físicoquímicas de soluções aquosas com adjuvantes de uso agrícola. **Interciência**, v. 34, n. 9, p. 655-659, 2009.

CUNHA, J. P. A. R.; BUENO, M. R.; FERREIRA, M. C. Espectro de gotas de pontas de pulverização com adjuvantes de uso agrícola. **Planta Daninha**, p. 1153-1158, 2010.

CUNHA, J. P. A. R.; PEREIRA, R. G. Efeito de pontas e volumes de pulverização no controle químico de doenças do milho. **Ciência Agrônômica**, v. 40, n.4, p. 533-538, 2009.

CUNHA, J. P. A. R.; SILVA Jr., A. D. Volumes de calda e pontas de pulverização no controle químico de Spodoptera frugiperda na cultura do sorgo forrageiro. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 4, p. 692-699, 2010.

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

CUNHA, J.P.A.R.; RUAS, R.A.A. Uniformidade de distribuição volumétrica de pontas de pulverização de jato duplo com indução de ar. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v. 36, n. 1, p. 61-66, 2006. doi:

DE GRANDE, P. E. **Manejo integrado de pragas do algodoeiro**. Algodão: Informações Técnicas. EMBRAPA – CNPA, Circular Técnica 7. Dourados, MS, 1998, 267p.

DE RUITER, H. **Developments in adjuvant use for agrochemicals**. MedFac Landbouww University Gent, v. 67, n. 2, p. 19-25, 2002.

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 Sprays**, v. 8, n. 3, p. 241-254, 1998.

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

FERREIRA, M. C. Caracterização da cobertura de pulverização necessária para controle do ácaro *Brevipalpus phoenicis* (G., 1939) em citros. 2003. 64 f. **Tese** (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

FRANCISCHETTI GABRIEL, RAUL RODOLFO; ROJO BAIO, FÁBIO HENRIQUE. Interação entre pressão e tamanho de gota por instrumentação eletrônica em pulverizador pressurizado por CO₂. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 2, 2013.

FREITAS, F.C.L.; TEIXEIRA, M.M.; FERREIRA, L.R.; FERREIRA, F.A.; MACHADO, A.F.L.; VIANA, R.G. Distribuição volumétrica de pontas de pulverização turbo teejet 11002 em diferentes condições operacionais. **Planta Daninha**, Viçosa, v.23, n.1, p.161-7, 2005.

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

GALLI, J. C.; MATUO, T.; SIQUEIRA, E. C. Padrão de distribuição de alguns bicos hidráulicos. **Planta Daninha**, v. 4, n. 2, p. 144-150, 1983.

GHINI, R.; BETTIOL, W. Proteção de plantas na agricultura sustentável. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 17, n. 1, p. 61-70, 2000.

GREEN, J. M.; BEESTMAN, G. B. Recently patented and commercialized formulation and adjuvant technology. **Crop Protection**, Guildford, v. 26, n. 3, p. 320-327, 2007.

HAGENVALL, H. Environmental safety aspects on field crop sprayers. **Acta Hortic.** (Wageningen), v. 372, p.17-24, 1994.

HAZEN, J. L. Adjuvants: terminology, classification, e chemistry. **Weed Technology**, Champaign, v. 14, p. 773-784, 2000.

<http://doaj.org/article/7827af7847a0484c80f90a52296796a9>.

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

KISSMANN, K. G. **Rumos e tendências da pesquisa em tecnologia de aplicação de agrotóxicos**: A visão da indústria química. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 2., 2001. Jundiaí. Anais... Jundiaí: Instituto Agrônômico de Campinas, 2001.

LESNIK, M.; PINTAR, C.; LOBNIK, A.; KOLAR, M. Comparison of the effectiveness of standard and drift-reducing nozzles for control of some pests of apple. **Crop protection**, v. 24, n. 2, p. 93-100, 2005.

LIMONGELLI, J.C.; RONDIONE, M.C.; LOZANO, J.F. **Impacto de la contaminación en la Calidad de los productos vegetales**. In: SEMINÁRIO JUÍCIO A NUESTRA AGRICULTURA. Buenos Aires, 1991. p.174.

MACHADO, A. L. T., Prevenção custa menos. **Cultivar Máquinas**. n 4. p 12-4. 2001.

MAGDALENA, J. C.; MAGDALENA, J. C.; HERRÁN, B. C.; DI PRINZIO, A.; BANNISTER, I. H.; VILLALBA, J. Carlos. **Tecnología de aplicación de agroquímicos**. CYTED, 2010.

MASIÁ, G.; CID, R. **Las boquillas de pulverización**. In: MAGDALENA, J. C. et al. Tecnología de aplicación de agroquímicos. Rio Negro: CYTED, 2010. p. 77-88.

MASTERSIZER, S. Long Beb's User Manual. 1997.

MATTHEWS, G. A. 2002. The application of chemicals for plant disease control. p. 345-353. In J. M. Waller, J. M. Lenné & S. J. Waller (Ed.). **Plant pathologist's pocketbook**. CAB, London. 516 p.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods**. 3.ed. London: Blackwell, 2000. 432 p.

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

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

McMULLAN, P. M. Utility adjuvants. **Weed Technology**, Champaign, v. 14, p. 792-797, 2000.

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

MOTA, A. A. B. Quantificação do ar incluído e espectro de gotas de pontas de pulverização em aplicações com adjuvantes. 74 f. **Dissertação Mestrado**, UNESP – Campus Botucatu. 2011.

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

OLIVEIRA, M. R. V. O emprego de casas de vegetação no Brasil: vantagens e desvantagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.30, n.8, p.1049-1060, 1995.

OLIVEIRA, R. B. Caracterização funcional de adjuvantes em soluções aquosas. 2011. 134 f. **Tese** (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

OLIVEIRA, R. B.; ANTUNIASSI, U. R.; MOTA, A. A. B.; CHECHETTO, R. G. Potential of adjuvants to reduce drift in agricultural spraying. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v.34, n.5, p.986-992, 2013.

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

PERECIN, D., PERESSIN, V., MATUO, T., BARBOSA, J., PIO, L., & BRAZ, B. Padrões de distribuição obtidos com bicos Twinjet em função da altura e do espaçamento entre bicos. **Engenharia Agrícola**, v. 14, p. 19-30, 1994.

PERECIN, D.; PERESSIN, V.A.; MATUO, T.; BRAZ, B.A.; PIO, L.C. Padrões de distribuição obtidos com bicos TF-4, TJ60-11006 e TQ15006 em mesa de prova. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.2, p.175-182, 1998.

PERIM, L. Efeitos de óleos nas características físicas e químicas da calda de aplicação e na ação da atrazina. 2011, 92f. **Dissertação** (Mestrado em Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

PRADO, E. P., RAETANO, C. G., DAL POGETTO, M. H. D. A., COSTA, S. I. D. A., & CHRISTOVAM, R. D. S. Taxa de aplicação e uso de surfactante siliconado na deposição da pulverização e controle da ferrugem da soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 3, p. 514527, 2015.

SAITO, M.L.; LUCCHINI, F. **Substâncias Obtidas de Plantas e a Procura por Praguicidas Eficientes e Seguros ao Meio Ambiente**. Jaguariúna. Embrapa/CNPMA. 1998.

SCUDELER, F.; BAUER, F. C.; 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, SP. **Anais...** Botucatu: FEPAF, 2004. p.13-16.

STICKER, W. E. **The importance of adjuvants to the agricultural chemical industry**. In: FOY, Chester L. N. New York: Marcell Dekker, 1992. p. 247-249.

STOCK, D.; BRIGGS, G. Physiochemical properties of adjuvants: values and applications. **Weed Technology**. Champaign, v.14, p. 798-806, 2000.

TAMAI, M. A.; ALVES, S. B.; LOPES, R. B.; FAION, M.; PADULLA, L. F. L. **Toxicidade de produtos fitossanitários para *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill.** Arquivos do Instituto Biológico, v. 69, n. 3, p. 89-96, 2002.

TEIXEIRA, E.S.; OSIPE, J.B.; GANDOLFO, U.D.; OLIVEIRA, J.F.; GANDOLFO, M.A.; OSIPE, R. Uso de baixo volume oleoso e assistência de ar no controle de plantas daninhas. **Sêmima: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, p. 1229-1234, 2010. doi: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2010v31n4Sup1p1229>.

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) – Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 1997.

TU, M.; RANDALL, J. M. Adjuvants. In: TU, M. et al. **Weed control methods handbook the nature conservancy**. Davis: TNC, 2003. p. 1-24.

UNDERWOOD, A. K. Adjuvant trends for the new Millennium. **Weed Technology**, Champaign, v. 14, n. 4, p. 765-772, 2000.

VAN VALKENBURG, J. W. **Terminology, classification, and chemistry**. In: Adjuvants for herbicides. Champaign: WSSA, 1982. p. 1-9

WITT, J. M. **Agricultural spray adjuvants**. Ithaca, NY: cornell University, 2001. Disponível em: <<http://pmep.cce.cornell.edu/facts-slides-self/facts/gen-peapp-adjuvants.html>>. Acesso em: 10 jul. 2017.

ZANDONADI, R. **Diagnóstico da agricultura brasileira**. Brasília: Confederação Nacional Da Agricultura, 1996. 142p.

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**, v. 87, n. 3, p. 275-283, 2004.