

MATHEUS FERNANDES DE LIMA

**EFEITO DO MECANISMO CONTROLADOR DA PRESSÃO DE PULVERIZAÇÃO
NO ESPECTRO DE GOTAS GERADO POR UMA MISTURA DE GLIFOSATO COM
DICAMBA E ADJUVANTES A BASE DE POLÍMERO EM CIRCUITOS COM
BOMBA DE PISTÕES E CENTRÍFUGA**

Botucatu

2024

MATHEUS FERNANDES DE LIMA

**EFEITO DO MECANISMO CONTROLADOR DA PRESSÃO DE
PULVERIZAÇÃO NO ESPECTRO DE GOTAS GERADO POR UMA MISTURA
DE GLIFOSATO COM DICAMBA E ADJUVANTES A BASE DE POLÍMERO
EM CIRCUITOS COM BOMBA DE PISTÕES E CENTRÍFUGA**

Dissertação apresentada à
Faculdade de Ciências Agronômicas
da Unesp Câmpus de Botucatu, para
obtenção do título de Mestre em
Engenharia Agrícola.

Orientador: Ulisses Rocha Antuniassi

Botucatu

2024

L732

Lima, Matheus Fernandes

Efeito do mecanismo controlador da pressão de pulverização no espectro de gotas gerado por uma mistura de Glifosato com Dicamba e adjuvantes a base de polímero em circuitos com bomba de pistões e centrífuga. / Matheus Fernandes Lima. -- Botucatu, 2024
67 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu

1. Recirculação de calda. 2. Sistema de bombeamento. 3. Mistura em tanque. 4. Tecnologia de aplicação. 5. Pontas de pulverização. I.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título:

EFEITO DO MECANISMO CONTROLADOR DA PRESSÃO DE PULVERIZAÇÃO NO ESPECTRO DE GOTAS GERADO POR UMA MISTURA DE GLIFOSATO COM DICAMBA E ADJUVANTES A BASE DE POLÍMERO EM CIRCUITOS COM BOMBA DE PISTÕES E CENTRÍFUGA

AUTOR: MATHEUS FERNANDES DE LIMA

ORIENTADOR: ULISSES ROCHA ANTUNIASSI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ULISSES ROCHA ANTUNIASSI (Participação Virtual)
Engenharia Rural e Socioeconomia / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu UNESP

Prof. Dr. KLEBER PEREIRA LANÇAS (Participação Virtual)
Engenharia Rural e Socioeconomia / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu UNESP

Pesquisador Dr. FERNANDO KASSIS CARVALHO (Participação Virtual)
. / AgroEfetiva Serviços Ltda.

Botucatu, 26 de março de 2024.

Primeiramente a Deus. A minha Família amada.

Aos meus avós que já se foram.

E a minha vida,

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradecer primeiramente a Deus, por ter me abençoado para chegar até aqui com muita força e dedicação. Agradecer também a Ele por toda proteção nessa minha caminhada que ainda não acabou, e sim é só o começo.

Agradecer aos meus pais, Paulo Roberto e Vanaura Fernandes por todas as bênçãos e forças que me deram para chegar até aqui, sei que a distância e a saudade sempre apertaram, mas nunca me deixaram desanimar, amo demais eles e sou muito grato a todos os esforços que fizeram para me tornar o homem que sou hoje em dia. E não posso de deixar de falar da minha irmã, famosa Vanessinha, que desde pequeno sempre escuto falar que ela é especial e de fato é. Só quem conhece sabe o amor que ela consegue transmitir e isso me ajudou e ajuda muito nessa minha trajetória.

Agradeço demais aos meus tios e padrinhos, Nia, Joelma, Carlene, Walfredinho, Cleusa, Silvana, Cleuzimar, que sempre me impulsionaram para ser uma pessoa melhor.

Agradeço aos meus primos por toda ajuda durante toda a vida, obrigado Davi, Gabriel, Isabela, Jayane, Júlio, Luís Felipe, Maria Eduarda, Rafaela, Railene, Railon.

Agradeço aos meus amigos de coração e de vida, que tenho desde que era uma criança, Gabriel, João Victor, Lucas, Vinícius, Ralvictor, Sushi e Washington.

Agradeço a minha namora Amanda e pela família dela, por todas as orações que foram mandadas pra mim e pelo apoio nesse tempo final de mestrado.

Agradeço aos meus amigos da faculdade que perduram até hoje, André, Caio, Gabriel Filipe, Gustavo, Jiossep, Jonathan, Lucas, Marcos, Mateus.

Agradeço a tão honrosa e grandiosa Zona Azul, república onde fiz grandes amizades e aprendi muito sobre como viver em coletividade, com pessoas do Brasil todo e de diversas culturas. Local em que morei com mais de 30 pessoas e fiz diversos amigos como Pão, Xumbinho e vários outros.

Agradeço a todos amigos que fiz em Botucatu e região, muito obrigado sempre por todas as cervejas e festa que fizemos, com certeza esses momentos de descontração me ajudaram muito.

Agradeço ao meu grupo de estudo GTA (Grupo de Tecnologia de Aplicação), obrigado a todos integrantes e amigos que foram feitos através de grupo, Advair, Andreia, Ariane, Dani, Gabriel, Gabriela, Gustavo, Larissa, Laryssa, Lucas, Márcio, Michael, Vitinho, Vitão, Vicente e a todos os estagiários do laboratório.

Agradeço a Agroefetiva por ter aberto as portas de Botucatu e do mundo para mim, muito obrigado ao time da AE, Alisson Mota, Fernando Kassis, Rodolfo Chechetto.

Gleica, Camila, Ariane, Vicente, Jeisiane e todos os estagiários que passaram por aqui.

A todos os produtores, operários, aplicadores, Ats, RTVs e promotores que tive oportunidade de conhecer ao longo do mestrado, foi um grande aprendizado com todos.

Agradeço ao meu orientador Professor Doutor Ulisses Rocha Antuniassi, por ter me dado oportunidades gigantescas de crescimento, de conhecer o Brasil quase todo e de desenvolver muitas habilidades nesses dois anos e meio de mestrado.

Agradeço a todos os professores e funcionários da FCA.

Ao CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela bolsa de estudos concedida.

Agradeço a Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais (FEPAF), pelo suporte e auxílio em vários momentos e pela amizade criada.

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi analisar o efeito dos mecanismos controladores de pressão na perda de eficiência dos adjuvantes a base de polímero no espectro de gotas em mistura com Dicamba e Glifosato em circuitos com bomba de pistão e bomba centrífugas. O trabalho foi conduzido no Laboratório de Máquinas para Pulverização da Faculdade de Ciências Agronômicas – (FCA/UNESP), Botucatu – SP. As soluções de pulverização correspondem a calda composta pela mistura de Vapor Grip (0,5% v v⁻¹), Xtendicam® (Dicamba sal DGA 480 g L⁻¹, formulação SL na dose de 1,5 L ha⁻¹), Roundup® Transorb R (Glifosato sal de potássio 588 g L⁻¹, formulação SL na dose de 3 L ha⁻¹), em combinação com quatro adjuvantes, sendo um polímero, dois Goma Guar e um óleo metilado de soja. A pesquisa foi dividida em dois experimentos, o primeiro foi utilizada uma bomba de pistão para alimentar o sistema, onde a calda pulverizada passa pelo mecanismo controlador de pressão, que poderia ser de dois tipos, Master Flow e agulha e mola. O segundo foi realizado com as mesmas configurações, mas com a bomba centrífuga. O mecanismo controlador de pressão é a parte do sistema que vai dividir a calda em duas partes, uma que é a linha de retorno para o tanque de pulverização, causando assim a recirculação de calda e a outra parte vai para a pulverização. No ponto de partida, a calda que passa pelos bicos, teria passado apenas uma vez pela bomba e pelo controlado de pressão, o que estaria contabilizando um ciclo. A parte que volta pela linha de retorno ao tanque, no decorrer da pulverização, vai aumentando o número de ciclos. A intensidade de recirculação utilizada nesse trabalho foi de 16 a 20 ciclos, quando o tanque estava prestes a ficar vazio e com uma amplitude de ciclos com o tempo necessário para fazer três repetições de cada tratamento. A calda foi pulverizada através de uma ponta de pulverização de jato plano e indução de ar modelo Turbo Teejet Induction (TTI) 11003, na pressão de 300 kPa. As avaliações do espectro de gotas foram mensuradas através de um equipamento analisador de partículas em tempo real e as variáveis obtidas para compor o espectro de gotas de cada tratamento foram o diâmetro mediano volumétrico (DMV), a porcentagem de gotas menores que 150 µm (V150) e a amplitude relativa (AR). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Todos os tratamentos foram realizados com 3 repetições. A bomba de pistão obteve comportamento distinto da bomba centrífuga, na análise de DMV e AR, a bomba centrífuga sofreu efeito apenas do adjuvante, enquanto na bomba de pistão o controlador de pressão e o adjuvante causaram efeito na calda. Na avaliação de V150 foi evidenciado influência tanto do adjuvante quanto do controlador de pressão. Na bomba de pistão, todos os resultados de V150 foram superiores no controlador Master Flow, demonstrando uma maior porcentagem de gotas deriváveis. Contudo, na bomba centrífuga, apenas no adjuvante a base de polímero resultou em valor de V150 maior no controlador Master Flow, enquanto os tratamentos com Goma Guar e óleo metilado de soja apresentaram maior porcentagem de gotas deriváveis no controlador de mola e agulha.

Palavras-chave: recirculação de calda; sistema de bombeamento; mistura em tanque; tecnologia de aplicação; pontas de pulverização.

ABSTRACT

The objective of the present study was to analyze the effect of pressure control mechanisms on the loss of efficiency of polymer-based adjuvants in the droplet spectrum when mixed with Dicamba and Glyphosate in circuits using piston pumps and centrifugal pumps. The study was conducted at the Spraying Machines Laboratory of the Faculty of Agronomic Sciences (FCA/UNESP), Botucatu – SP. The spray solutions consisted of a mixture of Vapor Grip (0.5% v v⁻¹), Xtendicam® (Dicamba salt DGA 480 g L⁻¹, SL formulation at a dose of 1.5 L ha⁻¹), Roundup® Transorb R (Glyphosate potassium salt 588 g L⁻¹, SL formulation at a dose of 3 L ha⁻¹), combined with four adjuvants, one polymer, two Guar Gums, and one methylated soybean oil. The research was divided into two experiments. In the first, a piston pump was used to supply the system, where the spray mixture passed through a pressure control mechanism, which could be one of two types: Master Flow or spring-and-needle. The second experiment was conducted with the same configurations but using a centrifugal pump. The pressure control mechanism is the part of the system that divides the solution into two parts, one being the return line to the spray tank, causing the solution to recirculate, and the other part going for spraying. At the starting point, the solution that passes through the nozzles would have passed through the pump and the pressure controller only once, constituting one cycle. The part that returns through the return line to the tank, during spraying, increases the number of cycles. The recirculation intensity used in this study was from 16 to 20 cycles when the tank was about to be empty, with a cycle amplitude with the time needed to perform three repetitions of each treatment. The solution was sprayed through a flat-fan and air induction nozzle model Turbo Teejet Induction (TTI) 11003, at a pressure of 300 kPa. Droplet spectrum evaluations were measured using a real-time particle analyzer, and the variables obtained to compose the droplet spectrum for each treatment were the volumetric median diameter (VMD), the percentage of droplets smaller than 150 µm (V150), and the relative amplitude (RA). The data were subjected to analysis of variance, and the means were compared by the Tukey test at a 5% probability level. All treatments were performed with three repetitions. The piston pump showed different behavior from the centrifugal pump. In the analysis of VMD and RA, the centrifugal pump was influenced only by the adjuvant, while in the piston pump, both the pressure controller and the adjuvant affected the spray mix. In the evaluation of V150, an influence of both the adjuvant and the pressure controller was evident. In the piston pump, all V150 results were higher with the Master Flow controller, indicating a greater percentage of driftable droplets. On the other hand, with the centrifugal pump, only the polymer-based adjuvant resulted in a higher V150 value when using the Master Flow controller, while the treatments with Guar Gum and methylated soybean oil showed a greater percentage of driftable droplets when using the needle-and-spring controller.

Keywords: solutions recirculation; pumping system; tank mixtures; application technology; nozzles.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1	Tecnologia de Aplicação de Produtos Fitossanitários	17
2.2	Dicamba.....	18
2.3	Glifosato	21
2.4	Adjuvantes	22
2.5	Pontas de Pulverização.....	24
2.6	Espectro de gotas.....	26
2.7	Recirculação de caldas	27
2.7.1	Bombas de Pulverização	29
3	MATERIAL E MÉTODOS	33
3.1	Local	33
3.2	Delineamento experimental	33
3.3	Produtos e formulações da calda de pulverização	34
3.4	Ponta de pulverização utilizada.....	37
3.5	Avaliação do espectro de gotas	39
3.6	Condução do experimento	40
3.7	Análise estatística.....	40
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
4.1	Experimento 1:	41
4.2	Experimento 2:	52
5	CONCLUSÃO.....	60
	REFERÊNCIAS	61

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país que têm uma grande diversidade de culturas agrícolas e para corresponder as grandes necessidades de alimentos, é de suma importância atingir altas produtividades, sendo o controle fitossanitário com defensivos agrícolas uma alternativa para efetivar tais demandas. Através deles é possível combater plantas invasoras, pragas e doenças, que prejudicam a formação e a produção das lavouras.

Para realizar o controle fitossanitário é importante que alguns pontos sejam observados, como os aplicadores capacitados para realizar as aplicações, identificação correta do alvo na lavoura, seleção de produto, todas as calibrações e regulagens da máquina e os fatores do ambiente de aplicação.

Com o não cumprimento desses parâmetros, há uma redução na eficiência das aplicações e conseqüentemente pragas e doenças se tornam mais resistentes aos mecanismos de ação e aos princípios ativos disponíveis para o controle, o que dificulta o manejo das culturas. Existem diversos relatos de resistência a produtos que eram vistos como insubstituíveis no controle químico, como o Glifosato no controle de plantas daninhas, e perderam muita da sua eficiência.

Para o manejo eficiente, há a necessidade de um compilado de técnicas e até a associação de diferentes produtos para conseguir o controle adequado. Com o herbicida Glifosato tendo controle limitado de diversas espécies invasoras, várias misturas de herbicidas com o objetivo de controlar plantas daninhas foram realizadas, além das novas biotecnologias na soja, como a Soja INTACTA 2 XTEND®. Desta forma, a cultura desse material de soja é tolerante ao Glifosato e ao Dicamba, facilitando o controle de plantas daninhas, principalmente as de folha larga.

Visando aplicar o herbicida Dicamba de forma mais segura, é de suma relevância o uso de métodos que visem a redução de deriva. Um dos principais métodos de redução de deriva é através da utilização de pontas de pulverização com a tecnologia de indução de ar, por conta do aumento do tamanho de gota. Além do uso de adjuvantes redutores de deriva, que auxiliam na redução da quebra das gotas, assim diminuindo a quantidade de gotas deriváveis. E respeitando as condições meteorológicas indicadas por bula.

O tamanho de gotas é influenciado diretamente pelos dispositivos geradores de gotas, que em combinação com adjuvantes, pode ser alterado. Como estratégia para redução de deriva, a utilização de adjuvantes redutores de deriva à base de polímero, é realizada por conta do efeito de aumento do diâmetro de gotas. A cada ano, os herbicidas vêm com formulações mais desenvolvidos, com o objetivo de redução de deriva e segurança nas aplicações.

Caso os adjuvantes redutores de deriva à base polímero percam sua eficiência por conta de algum processo mecânico, as aplicações terão maior chance de sofrerem desvio, principalmente quando aplicado em condições não ideais. A macromolécula do polímero desses adjuvantes pode sofrer algum tipo de cisalhamento no processo de recirculação de calda de um pulverizador.

Em todas as aplicações tratorizadas acontecem a recirculação de caldas nos pulverizadores, que é um processo no qual a solução não aplicada é retornada ao tanque de pulverização após a aplicação. A recirculação nos pulverizadores ocorre para evitar a decantação de produtos e ajuda a garantir que a mistura seja usada de maneira eficiente, mantendo-a de forma constante e uniforme.

O mecanismo controlador de pressão é o responsável por separar a parte da calda que vai para a pulverização e o que volta para dentro do tanque, sendo um componente fundamental para estabilizar a pressão e promover a agitação de calda dentro do tanque dos pulverizadores. De acordo com o tipo controlador de pressão pode haver influência direta na formação de gotas a depender dos produtos presentes na calda, principalmente se houver um adjuvante a base de polímero.

Os adjuvantes a base de polímero podem sofrer perda de performance tanto pelo tipo de bomba do pulverizador, como também pelo mecanismo regulador de pressão, ponto onde ocorre estresse do líquido, com maior chance de haver o cisalhamento de calda e o adjuvante reduzir sua eficiência. De acordo com o modelo de controlador de pressão a molécula do polímero do adjuvante pode ser quebrada em mais partes, deixando-o ineficiente.

Diante dos aspectos expostos, o objetivo do presente trabalho foi analisar o efeito do mecanismo controlador da pressão de pulverização no espectro de gotas gerado por uma mistura de glifosato com dicamba e adjuvantes a base de polímero em circuitos com bomba de pistões e bomba centrífuga.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Tecnologia de Aplicação de Produtos Fitossanitários

Mattuo (1990) e Antuniassi *et al.*, (2022b), conceituaram a tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários como um compilado de ideias científicas, proporcionando uma apropriada deposição do defensivo agrícola sobre o alvo, com quantidades satisfatórias para o controle de forma econômica, eficiente e segura, tanto para quem está aplicando, como para o meio ambiente.

De acordo com Christoletti (1999), aplicação e pulverização têm conceitos distintos. Aplicação é o ato de aplicar o agroquímico na superfície desejada, enquanto pulverização é o processo mecânico de quebra da solução em gotas. Segundo Combellack (1981), a eficiência de aplicação pode ser mensurada pela proporção entre a dose teórica demandada e a quantidade realmente aplicada.

Entre todas as opções de gestão fitossanitária na agricultura, o manejo mais utilizado é o controle químico (Raetano, 2019). O sucesso de uma aplicação depende de algumas variáveis, incluindo os parâmetros operacionais, regulagem da taxa de aplicação, escolha correta da ponta de pulverização, momento adequado para aplicação e condições meteorológicas favoráveis (Antuniassi; Baio, 2008). Além disso, é de extrema importância ter o conhecimento sobre qual a melhor combinação de densidade e tamanho das gotas, dose e concentração dos ingredientes ativos na solução, segundo Ferreira (2003).

Segundo dados do SINDIVEG (2023), no ano de 2021, o Brasil comercializou aproximadamente 15 bilhões de dólares em pesticidas e o ano de 2022 foram comercializados 20 bilhões, aumento de 37,7%. Quando é analisado o investimento financeiro em produto aplicado no ano de 2022, os herbicidas são responsáveis por 37%, sendo seguido por 27% de inseticidas, 25% fungicidas, 6% tratamento de semente e 4% outros. Segundo Velini e Carbonari (2019), quando se observa o uso de pesticidas por área, o Brasil fica na sétima posição, encontrando-se atrás de nações como Japão, Coreia do Sul, Alemanha, França, Itália e Reino Unidos.

Raetano (2019) diz que, no Brasil, a eficiência nas aplicações de defensivos agrícolas tem aumentado, o que pode ser explicado pelo acesso mais fácil a

informações, melhoria na qualificação da mão de obra, avanços em tecnologias e desenvolvimento de novos processos de aplicação.

De acordo com Cunha *et al.*, (2003), embora a tecnologia de aplicação seja amplamente debatida, a maior parte das vezes, o foco é principalmente no defensivo agrícola e pouco na tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários em si. Portanto, para assegurar que as gotas cheguem até o alvo de forma segura e eficiente, evitando perdas, é crucial o entendimento de fatores que contribuem para uma boa aplicação.

2.2 Dicamba

A molécula de Dicamba foi descoberta pelo cientista Sidney B. Richter, (Patente nº3013054 -12/12/1961). Esse herbicida é um composto de ácido carboxílico ou ácido benzóico, imitando o ácido indol-3 acético (AIA), hormônio de crescimento natural (Shane r, 2014), que foi descoberto em meados da década de 40 e a primeira descrição como herbicida foi em 1958 e sua aprovação para uso nos Estados Unidos foi obtida quatro anos depois (Hartzler, 2017).

A partir do interesse de empresas de biotecnologia, são desenvolvidos cultivares de algodão, milho e soja tolerante aos auxínicos sintéticos, como 2,4-D e Dicamba. O Dicamba, com o passar do tempo, ganhou grande importância nas culturas de algodão e soja geneticamente modificada, com controle eficiente de plantas invasoras como, caruru (*Amaranthus spp.*), corda de viola (*Ipomoea spp.*), buva (*Conyza spp.*) (Behrens *et al.* 2007).

Esse herbicida é classificado como sendo parte do grupo das auxinas sintéticas, que também é conhecida como ácido 3,6-dicloro-metoxibenzóico. O Dicamba tem recomendação para o controle de espécies dicotiledôneas (Egan e Mortensen, 2012). As folhas absorvem e translocam via xilema e floema, sendo um mimetizador de auxina. Que é categorizado no grupo O pela HRAC-BR (2020) e grupo 4 pela WSSA (2020). É amplamente utilizado no controle de folhas largas nos cereais (Mithila *et al.*, 2011).

As auxinas são produzidas naturalmente pelas plantas e desempenham papel vital no crescimento e desenvolvimento delas. Agindo no crescimento, com divisão e diferenciação celular, crescimento de gema axilar, quebra de dormência, além de

Influenciar no desenvolvimento do sistema radicular, frutos e flores, abscisão foliar e outros (Mercier, 2008). Quando aplicado de forma exógena, dependendo da concentração em que foi aplicado e da sensibilidade do tecido vegetal atingido, as auxinas podem estimular ou inibir o crescimento vegetal (Cobb; Reade, 2010).

Os herbicidas auxínicos tem uma característica comum entre eles, como a absorção ser preferencialmente pelas folhas e translocados via floema para os tecidos vegetais, podendo haver translocação via xilema, quando há absorção radicular. Aplicações no solo são bastante variáveis, dependendo da solubilidade da calda, da capacidade de adsorção pela matéria orgânica, dos colóides do solo e da taxa microbiana de decomposição (Roman *et al.*, 2005; Carvalho, 2013). Porém, a maioria desses herbicidas não persiste no solo por longos períodos, exceto o picloram (Oliveira Jr, 2011).

Segundo Oliveira Jr (2011), mesmo em dosagens muito baixas, os herbicidas auxínicos apresentam efeito fitotóxico, e com o uso do Dicamba aumentando, existem diversas culturas que apresentam grande sensibilidade, como feijão, beterraba, pepino, algodão, amendoim e até mesmo a própria soja não tolerante ao herbicida (Johnson *et al.*, 2012; Aguiar *et al.*, 2020). Portanto, com o objetivo de reduzir os prejuízos causados pela deriva e resíduos no tanque, mostra-se a importância de cuidados em relação à tecnologia de aplicação, uma vez que as injúrias causadas podem ser irreversíveis (Aguiar *et al.*, 2020).

Estudos com subdoses demonstraram que a soja é mais vulnerável ao Dicamba do que o algodão, com uma queda de cerca de 50% da produtividade com aplicação 11g/ha ($1/32$ da dosagem de 280g ha^{-1}), enquanto o algodão apresentou uma redução de 50% produtividade com 140g ha^{-1} ($1/2$ da dosagem de 280g ha^{-1}) (Johnson *et al.*, 2012).

Com a soja Intacta 2 Xtend® (Bayer), tecnologia essa em que a soja é tolerante aos herbicidas Dicamba e Glifosato, e as injúrias causadas por baixas dosagens do Dicamba trazem preocupações para as aplicações feitas em áreas com soja convencional, com perdas na produtividade por meio de contaminação de tanque e ou por deriva (Werle *et al.*, 2018).

Werle (2018) diz que, agricultores de Nebraska, nos Estados Unidos, obtiveram um excelente controle de plantas invasoras problemáticas e possibilitou a rotatividade de herbicidas, porém casos de deriva também foram observados, trazendo perdas de produtividade. Casos de injúria foram vistos em até 250 metros do local de aplicação

e a deposição foi encontrada em até 140 metros do local aplicado (Soltani *et al.*, 2020).

As gotas pulverizadas podem atingir outras áreas, é o causador nem sempre é o vento. Com a volatilização o produto pode continuar se movimentando após a aplicação podendo causar fitotoxicidade em culturas sensíveis ao aplicado. A ocorrência desse fenômeno pode ser percebida com várias horas após a aplicação, com relatos de volatilização de herbicidas auxínicos de até 3 dias após a aplicação, por exemplo, com o sal dimetilamina (DMA) (Jones *et al.*, 2019).

Dentre as formulações de Dicamba, a volatilização difere de acordo com o tipo de sal, sendo o sal DMA (dimetilamina) com maior volatilidade, sendo seguido pelo DGA (diglycolamine) e o BAPMA (N, N-Bis[3-aminopropyl] methylamine), o qual tem menor volatilidade (Mueller; Steckel, 2019; Striegel *et al.*, 2020). As misturas em tanque podem influenciar na volatilização, como na calda de Dicamba e Glifosato, onde o Dicamba é considerado um ácido fraco e em misturas de Dicamba que deixem o pH mais ácido, há maior propensão à volatilização (Macinnes, 2017).

Para a redução de volatilidade do Dicamba, existem algumas alternativas, como a seleção de formulação que visem redução desse fenômeno, produtos para a mistura em tanque que não influenciem negativamente a aplicação, seleção de pontas de pulverização, que gerem gotas grossas a superior e o monitoramento das condições meteorológicas (Mueller; Steckel, 2019; Striegel *et al.*, 2020). Além disso, há opção de usar adjuvantes que diminuem a volatilização como o Vaporgrip® ainda é uma possibilidade (Carbonari *et al.*, 2020).

Segundo Carvalho *et al.* (2017), em uma aplicação com uma calda de Dicamba e Glifosato, a utilização de adjuvantes à base de goma guar e polímeros, somado a uma ponta de pulverização de indução de ar, são uma das melhores estratégias para reduzir a deriva, por proporcionar redução no percentual de gotas menores que 150 µm (V150) e com aumento no diâmetro mediano volumétrico (DMV).

2.3 Glifosato

O químico suíço responsável pela descoberta da molécula do Glifosato foi Henri Martin, que trabalhava em uma empresa farmacêutica Cilag. No princípio, os testes foram realizados na indústria farmacêutica, na década de 50, contudo o seu potencial como herbicida só foi descrito em meados de 1970, após ser sinterizado por pesquisadores da companhia Monsanto (Gravena, 2006).

O Glifosato é um dos herbicidas mais populares na agricultura, graças ao eficaz controle que exerce sobre as plantas invasoras e o baixo grau de toxicidade aguda (Andréa *et al.*, 2003). Sendo um produto sistêmico, de baixo custo e aplicado em pós-emergência (Franz, 1985; Quinn, 1993; Galli, 2009; Velini *et al.*, 2009), o Glifosato é considerado um agroquímico não-seletivo e pertencente ao grupo das glicinas substituídas. É um herbicida que tem capacidade de controlar plantas daninhas, tanto monocotiledôneas quanto dicotiledôneas (Galli; Montezuma, 2005).

Uma vez no interior da folha, a molécula inicia sua ação e é transportada para o sistema vascular da planta, movendo-se através do floema via simplasto para diferentes partes da planta (Steinrucken; Amrhein, 1980; Herrmann; Weaver, 1999; Galli, 2009). As moléculas que não atingem o alvo, ou não são absorvidas pela vegetação, e se depositam na superfície do solo, são degradadas de forma rápida pelos microrganismos do solo, além de terem alta taxa de sorção com os coloides do solo (Prata *et al.*, 2003).

Com ação fisiológica nas plantas, Steinrucken e Amrhein (1980) diz que, a molécula de Glifosato age impedindo a enzima 5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfatase sintase (EPSPs), prejudicando a produção de componentes essenciais para o crescimento da planta, como os aminoácidos aromáticos fenilalanina triptofano e tirosina. Isso limita a síntese de proteínas e de clorofila. Dessa forma, o Glifosato é responsável pelo aumento na produção e na concentração do ácido indol-3-acético (AIA) e o etileno (Herrmann; Weaver, 1999; Galli, 2009).

Além de ser um herbicida, o Glifosato pode ser usado em pequenas doses como um estimulante de maturação em culturas como a da cana-de-açúcar. E o sistema de plantio direto, se tornou viável através da aplicabilidade desse herbicida (Galli; Montezuma, 2005).

Com o desenvolvimento de tecnologias, a engenharia genética produziu plantas resistentes ao Glifosato, esses transgênicos foram denominados *Roundup Ready*® (RR), visando o controle de plantas invasoras durante o ciclo das culturas, permitindo aplicações de Glifosato (Leitão *et al.*, 2010). Porém, com o uso desenfreado e repetitivo desse herbicida, problemas foram surgindo, como a perda de eficiência total ou parcial, contribuindo para o aparecimento de plantas com alto grau de resistência ao mesmo (Moreira, 2016).

Surgindo a necessidade de fazer mistura com outros herbicidas e até o surgimento de novas tecnologias. Há relatos na literatura de misturas de Dicamba com Glifosato formarem gotas menores do que se aplicados separadamente, demonstrando a necessidade de uso de técnicas de redução de deriva (Alves *et al.*, 2017). Afirmando a necessidade do respeito das condições meteorológicas, uso de adjuvantes e pontas de pulverização de indução de ar para o máximo de segurança nas aplicações.

2.4 Adjuvantes

Raetano e Chechetto (2019) definiram claramente a diferença entre adjuvante e aditivo de calda de acordo com a legislação brasileira, Lei nº 7802/89, Artigo 1º do Decreto nº 4.074 de 4 de janeiro de 2002, que os adjuvantes são produtos empregados nas misturas de produtos para aumentar a eficiência da aplicação dos agroquímicos e os aditivos são definidos como produtos empregues na formulação ou na fabricação dos produtos ou afins.

Existem diversas funções que os adjuvantes podem desempenhar, e a escolha correta depende das demandas de cada situação, sendo interessante saber a ação dos mesmos nas caldas (Raetano; Chechetto, 2019). Com influência direta nas aplicações, os adjuvantes têm capacidade de redução de perdas de diversas formas, inclusive reduzindo o potencial de deriva (Carbonari *et al.*, 2005).

Em tese, alguns adjuvantes são vistos como uma ferramenta para melhorar a eficácia dos defensivos agrícolas. Eles podem aumentar a sistematicidade de alguns produtos, redução de deriva, melhorias no ângulo de contato com o alvo, além de potencializações de molhamento, quando se reduz a tensão superficial das gotas (Singh; Mack, 1993).

Com influência desde o processo de pulverização até na atividade biológica do ativo no alvo, essas substâncias vêm facilitando as aplicações dos defensivos agrícolas (Antuniassi *et al*, 2022c). Dentre todas as funções, os adjuvantes são ferramentas usadas para minimizar problemas, podendo solucionar algumas possíveis adversidades na calda, como ajustar o pH das soluções, melhorar penetração e molhamento de plantas com arquitetura complexa, redução de fotodegradação e de taxas de evaporação de gotas, entre outros possíveis gargalos de aplicação (Raetano; Chechetto, 2019).

Conforme os componentes da calda, pontas de pulverização e a pressão de trabalho, os adjuvantes podem ter diferentes interações. Porém, se usados de maneira inadequada, podem trazer interações negativas para as aplicações, causando redução da eficiência e aumento do risco de toxidez na planta tratada (Antuniassi; Baio, 2008).

De acordo com cada produto, os adjuvantes terão uma interação e as melhorias variam, podendo atuar como um agente tamponante, espalhante, antideriva, adesivo, antiespumante, penetrante, antievaporante, entre outras funções. E os ganhos proporcionados por essas ferramentas podem sofrer influências pelos dispositivos geradores de gotas, que é um outro aspecto fundamental nas aplicações de defensivos agrícolas (Cunha *et al.*, 2010; Antuniassi *et al*, 2022c).

Os adjuvantes a base de óleo vegetal por exemplo, tem a função de adesão e melhoria da penetração de gotas (Antuniassi *et al*, 2022c) e segundo Miller e Westra (1998), os óleos derivados do algodão ou soja são considerados óleos vegetais e são divididos em dois tipos, os triglicerídeos e os óleos metilado.

O adjuvante de forma geral tem um efeito significativo sobre o tamanho das gotas de pulverização, e entre os fatores que mais influência em relação à deriva é o espectro de gotas (Butler Ellis; Miller, 1997). Os adjuvantes com capacidade de reduzir deriva têm sido desenvolvidos para alterar o tamanho de gotas, em contrapartida, outros adjuvantes, que visam aprimorar a dinâmica das gotas sobre o alvo também podem influenciar no espectro de gotas (Butler Ellis; Tuck, 1999). Segundo Raetano e Chechetto (2019), entre as classes dos adjuvantes, no quesito de redução de deriva, os produtos à base de polímero ganham grande destaque, por alterar a viscosidade da solução, reduzindo a produção de gotículas muito finas, consequentemente aumentando o DMV (diâmetro mediano volumétrico). Além de

reduzir deriva, essa classe possibilita a redução de evaporação de gotas (Antuniassi *et al.*, 2022c).

Os adjuvantes redutores de deriva são a base de polímeros e polissacarídeos, como o Goma Guar (Antuniassi *et al.*, 2022c). Segundo Hall e Fox (1996) Os adjuvantes antideriva são populares pelo aumento de tamanho de gotas, mas certos produtos dessa classe têm características que podem prejudicar a eficácia e o uso, como a baixa dispersão, lenta hidratação, degradação sob determinadas condições e sensibilidade à qualidade da água. Apesar disso, os mesmos autores relatam dados de pesquisa com redução de deriva de até 70% com esse tipo de adjuvante.

Em trabalho realizado por Antuniassi *et. al* (2020), apresentou resultados de que os adjuvantes a base de polímero e guar apresentaram os maiores valores de DMV e os menores valores de V150, quando comparado com outros adjuvantes, demonstrando que em aplicações de Glifosato e Dicamba podem ser excelentes opções para redução de deriva nessa aplicação.

2.5 Pontas de Pulverização

Dentre todas as partes principais de um pulverizador, as pontas de pulverização têm um papel muito importante, pois definem o formato do jato pulverizado, tamanho de gotas e a vazão total da barra (Raetano; Mota, 2019). O bico de pulverização é constituído por diversas peças, tais como a ponta de pulverização, capa, filtro, anel de vedação e a haste de fixação na barra (Bauer; Raetano, 2004).

Segundo Raetano e Mota (2019), as gotas são formadas com a passagem da calda pelas pontas de pulverização, sob pressão, passando forçadamente por um orifício estreito, produzindo um filme líquido, de forma instável e que se desconfigura, gerando gotículas de diversos tamanhos. Os mesmos autores dizem que o tamanho do orifício das pontas e a pressão exercida pela calda, são os principais fatores que determinam a vazão unitária das pontas. Confrontando pontas do mesmo modelo, as que possuem os orifícios maiores tem maiores vazões e maior tamanho de gota, quando comparado com as de orifício menor.

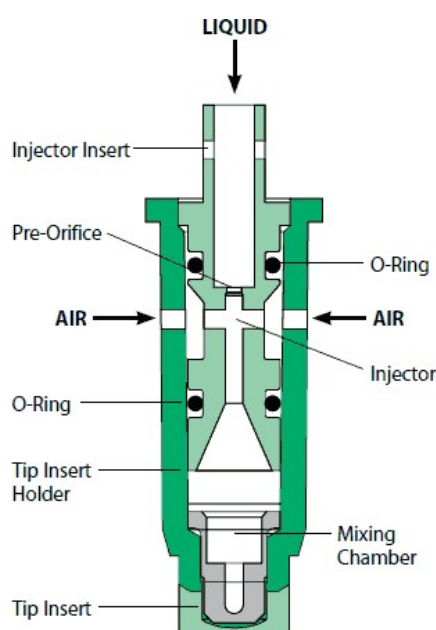
Matthews (1999), aponta que a escolha do material, o desenho, o modo de funcionamento e manutenção dos dispositivos geradores de gotas podem influenciar na qualidade da aplicação. Os fabricantes oferecem uma ampla variedade de opções em seus catálogos, incluindo pelo menos quatro materiais distintos, sendo cerâmica,

aço inoxidável, plástico e o latão. Com o passar do tempo, o processo de produção de pontas evoluiu bastante, obtendo bons resultados com todos os materiais (Masiá; Cid, 2010).

Para reduzir as perdas na pulverização, existem pontas de pulverização com tecnologia para redução de deriva, como as pontas com pré-orifício, produzindo gotas de fina a grossa. Esse modelo de ponta visa a redução de deriva, pois a calda passa por um orifício menor, reduzindo assim a sua velocidade, resultando em gotas de maior tamanho (Raetano; Mota, 2019).

Uma alternativa que surgiu no mercado com o desenvolvimento das pontas de pulverização, foram as que utilizam o princípio de Venturi, mais conhecidas como as pontas de indução de ar (Figura 1). Produzindo gotas grossas a superiores, isso a depender do fabricante, modelo e a da pressão de trabalho. Essa classe de pontas apresenta um baixo risco de deriva e com a indução de ar na calda pode ocorrer alteração na velocidade e no diâmetro das gotas (Miller, 2001; Butler Ellis *et al.*, 1997).

Figura 1 - Corte longitudinal de uma ponta de pulverização com indução de ar para facilitar o entendimento do funcionamento interno. (Ponta do modelo AIUB da marca Teejet)



Fonte: Spraying systems co, (2023).

Segundo Matthews (2000), esse modelo de ponta gera gotas com uma ou mais bolhas de ar em seu interior, resultando em gotas maiores do que as produzidas normalmente por modelos de pontas similares sem indução de ar. E por gerar gotas com tamanho elevado, acabam não sendo adequadas para todos os tipos de pulverizações (Matthews, 1999).

Segundo Antuniassi et al (2020), a ponta de pulverização TTI (Turbo Teejet Induction) apresentou um bom equilíbrio entre os valores de DMV e V150 nas diferentes soluções, sendo um modelo robusto para a aplicação de Dicamba e Glifosato. Além de gerar gotas de tamanho grossa a superior e baixa porcentagem de gotas deriváveis, traz uma cobertura necessária para eficiência dos produtos.

2.6 Espectro de gotas

A geração de gotas sofre interferência da calda pulverizada, da pressão de trabalho utilizada e o modelo de ponta de pulverização, havendo intervenções de acordo com cada formulação e propriedades dos defensivos agrícolas (De Ruiter, 2012). Apesar das pontas de pulverização serem a principal variável responsável pelo tamanho de gotas, é necessário entender como que os demais fatores interferem na geração de gotas. Segundo Mota *et al.*, (2011), modelos de pontas de pulverização com ou sem indução de ar podem ter interações diferentes com os defensivos, influenciando no espectro de gotas.

Com o objetivo de avaliar tamanho de gota e sua uniformidade, são considerados os seguintes parâmetros do espectro de gotas: diâmetro mediano volumétrico (DMV), o DV0,1 (diâmetro abaixo do qual 10% do volume total das gotas está), o DV0,9 (diâmetro abaixo do qual 90% do volume total das gotas está), amplitude relativa (AR), e a porcentagem das gotas que podem ser consideradas deriváveis, podendo ser menores que 150 μm (V150), 105 μm (V105) ou 100 μm (V100), variando de acordo com as necessidades da pesquisa (Hewitt, 2007; Ferguson; Hewitt, 2014). Quanto menor o valor de DMV e maior o de V100, V105 ou V150, de acordo com a pesquisa, maior vai ser o risco de deriva (Antuniassi et al., 2011; Oliveira *et al.*, 2015).

As gotas pulverizadas não resultam em tamanhos uniformes, mas sim um espectro de gotas. Independente do modelo de ponta de pulverização utilizada, há porcentagem de gotas finas sendo geradas. Para avaliar o espectro de gotas pulverizada, é utilizado determinados parâmetros, como DMV e AR. O DMV representa o tamanho de gota que divide o volume total pulverizado em duas partes iguais, de modo que a soma dos volumes das gotas de menor tamanho seja igual à soma dos volumes das gotas de maior tamanho (Antuniassi e Baio, 2008). A amplitude relativa é utilizada como indicativo de uniformidade do espectro de gotas, que é calculado através da diferença entre $DV_{0,9}$ e $DV_{0,1}$ dividido pelo DMV. Quanto mais próximo de 1, menor é a uniformidade da geração de gotas (Cunha *et al.*, 2004; Sasaki *et al.*, 2016).

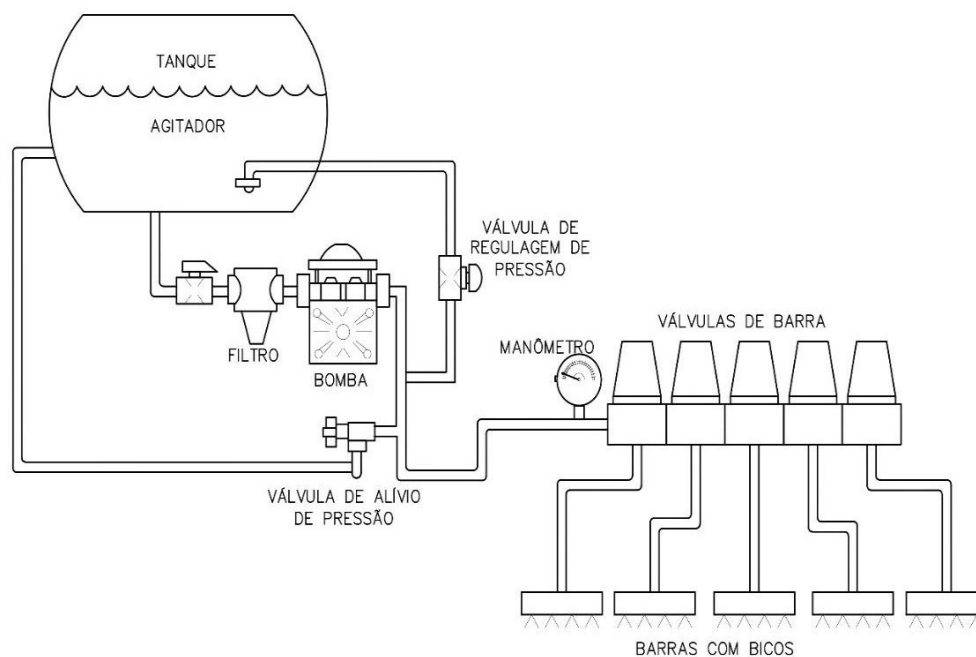
Outro critério para categorizar o espectro de gotas é através do diâmetro mediano numérico (DMN), que é definido como o diâmetro que divide o número total de gotas em duas partes iguais. A relação entre DMV/DMN pode fornecer um indicativo de uniformidade do espectro de gotas, quanto mais próximo de 1, mais uniforme é o espectro de gotas (Antuniassi e Baio, 2008).

A mensuração do tamanho de gotas pode ser realizada através da análise de imagens ou por meio da difração de laser. Por ser mensurada de forma indireta, a classificação do tamanho de gotas é realizada seguindo normas, como a ANSI/ASABE S572.3, que utiliza pontas de referência (Antuniassi *et al.*, 2017; Ansi/Asabe, 2020). Devido a esses critérios, as gotas geradas podem ser classificadas como extremamente finas, muito finas, finas, médias, grossas, muito grossas, extremamente grossas e ultra grossas (Antuniassi *et al.*, 2017; Ansi/Asabe, 2020).

2.7 Recirculação de caldas

A recirculação de caldas é um processo no qual a solução não pulverizada é retornada ao tanque do pulverizador durante a aplicação. Para que a circulação de calda nos pulverizadores seja realizada, assim como na pulverização, o circuito hidráulico de um pulverizador deve ser dotado de um conjunto básico composto de um reservatório, uma bomba e um sistema de controle de pressão. (Raetano; Boller, 2019).

Figura 2 - Esquema representando o circuito hidráulico genérico utilizado na maioria dos pulverizadores terrestres



Fonte: Adaptado de Spraying systems co (2023).

O sistema controlador de pressão pode ser composto de um mecanismo de desvio da passagem da calda (registro ou válvula) dividindo o fluxo em dois caminhos: parte do fluxo vai para o tanque, formando assim o efeito de recirculação e agitação de calda dentro do reservatório e parte do fluxo vai da bomba para a barra de pulverização, onde estão as pontas para formação da pulverização (Antuniassi *et al.*, 2021).

Em boa parte dos pulverizadores, para ajustar a taxa de aplicação, o fluxo que segue de volta para o retorno passa para um mecanismo de controle de pressão, podendo ser de um restritor de orifício variável, ou com sistema de restrição de agulha e mola, que pode ter sua tensão ajustada, proporcionando maior ou menor passagem do fluxo. Independentemente do tipo de controle de fluxo, quanto a maior restrição no retorno, maior será a pressão na linha de pulverização, consequentemente gerando maior vazão nas pontas de pulverização (Raetano; Boller, 2019).

Com a passagem do líquido pelo controlador de pressão ocasiona maior ou menor estresse na calda, na medida em que a pressão é maior ou menor. Esse estresse no líquido pode interferir nas características reológicas da calda, podendo ocasionar alterações no tamanho de gotas (Antuniassi *et al.*, 2022a). A reologia pode ser entendida como o estudo sobre como um material se deforma, flui ou se move quando submetido a diferentes tipos de tensão em condições termodinâmicas específicas ao longo de um de um intervalo de tempo. Podendo ser expressa de diversas formas, algumas delas como o cisalhamento, elasticidade, viscosidade e plasticidade, fornecendo assim, informações sobre estabilidade física (Silva, 2015; Tadros, 2004).

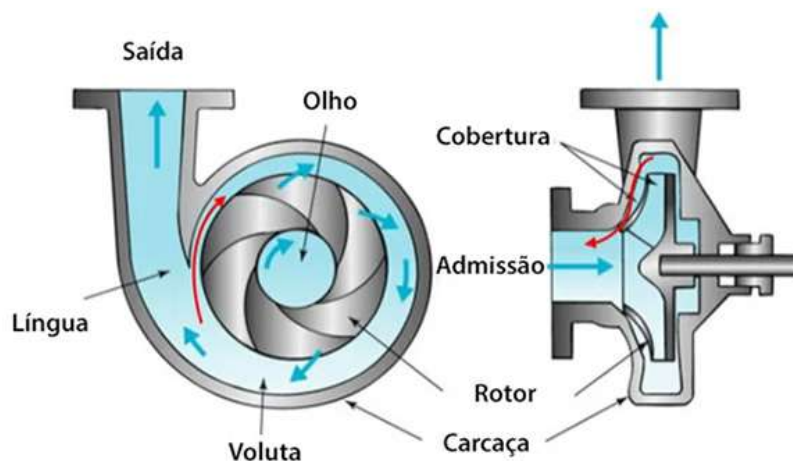
Segundo Zhu *et al.*, (1997), relata que com o aumento do diâmetro das gotas de pulverização há uma redução no índice de deriva das pulverizações com substâncias a base de polímero, porém, na maioria dos casos, observa-se uma redução de eficiência causado pela recirculação de calda de aplicação.

Existem evidências de que, através da recirculação de calda nos pulverizadores, pode ocorrer a degradação de alguns polímeros e conseqüentemente perda da capacidade de redução de deriva. Caldas que sofreram ausência dessa capacidade de redução de deriva podem resultar em tamanhos de gotas semelhantes a mesma calda sem o adjuvante de base de polímero (Downer *et al.*, 1995).

2.7.1 Bombas de Pulverização

Existem diversas configurações de sistemas de bombeamento e as mais utilizadas são as bombas centrífugas ou de pistão, comumente encontradas em pulverizadores terrestres. Dentre todos os itens de um pulverizador, a bomba é um dos componentes mecânicos com um dos principais papéis de fornecer a carga de energia hidráulica para formar a pulverização, transformando a calda em gotas (Henn, 2006).

Figura 3 - Esquema representando o circuito da bomba de pistão genérico.



Fonte: Vallair (2024).

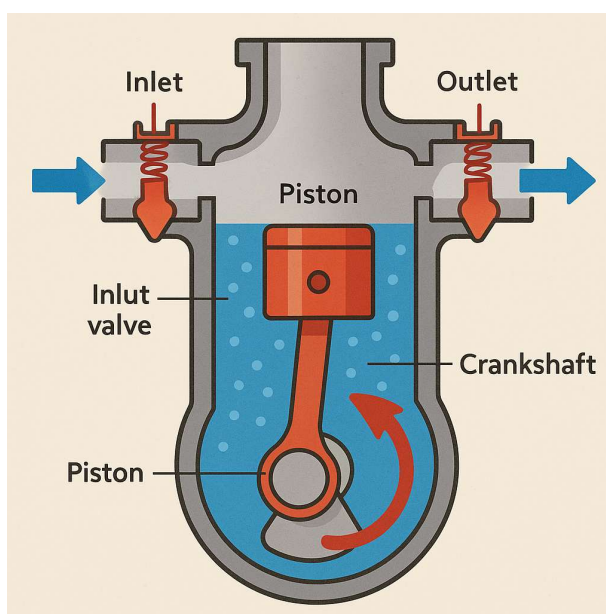
De acordo com Parker (1994), a bomba de pistão (Figura 3) é a principal representante da categoria de deslocamento positivo, que também inclui as bombas de diafragma e de rolete. Essas bombas são conhecidas como bombas de deslocamento positivo, já que a vazão é proporcional à sua rotação e praticamente não é afetada pela pressão.

Um componente fundamental no sistema de deslocamento positivo é a válvula de alívio de pressão, que deve ser dimensionada e instalada corretamente para garantir que a operação seja segura e precisa (Spraying Systems co, 2014). As bombas de deslocamento positivo não podem funcionar quando a válvula de descarga está fechada ou a linha está bloqueada, pois geram um fluxo que, se for bloqueado, aumentará rapidamente a pressão no sistema a jusante. Se não houver uma válvula de alívio, a pressão máxima que será gerada dependerá da potência mecânica da combinação motor/pistão (Farzaneh-gord; Khoshnazar, 2016).

As bombas de deslocamento positivo são ideais em situações em que é necessário manter uma vazão constante, independentemente das flutuações de pressão no sistema (Parker, 1994). Elas também são usadas em aplicações onde o volume deslocado precisa ser controlado, o que é possível, porque a quantidade de líquido bombeado é diretamente proporcional à velocidade do propulsor da bomba (como engrenagens, pistões, parafusos, palhetas e outros) e ao volume da câmara de trabalho (Urquhart; Wordley, 2000).

Já as bombas centrífugas (Figura 4), segundo Maitelli (2010), são de deslocamento não positivo. Elas têm a sua vazão influenciada pela pressão, de forma que de acordo com o ganho de pressão, a vazão diminui. Sendo um modelo de bomba ideal para o fornecimento de grandes volumes em baixas pressões.

Figura 4 - Esquema representando o circuito da bomba de pistão genérico.



Fonte: Vallair, (2024) com modificações

Uma das ferramentas principais para o tipo de bomba centrífuga é a válvula de estrangulamento, quando posicionada na linha de saída principal é essencial para uma operação precisa. Essa válvula é muito importante, pois em caso de fechamento completo da seção, ocorre um aumento de pressão (Spraying Systems co). De acordo com Parker (1994), as bombas centrífugas têm a capacidade de operar por um curto período de tempo sem sofrer danos, mesmo com a válvula de descarga fechada, resultando apenas em uma pressão igual à sua altura máxima de pressão.

Em trabalho realizado por Antuniassi *et al.*, (2022a), tem resultados de que a bomba pistão foi o modelo de bomba que causou a maior variação no espectro de gotas entre as soluções com diferentes tipos de adjuvantes, (polímero, goma guar e óleo metilado), demonstrando que esse modelo de bomba pode causar alterações na eficiência de adjuvantes redutores de deriva. No mesmo trabalho, a bomba centrífuga gerou menores valores de DMV em comparação com a bomba de pistão, enquanto o adjuvante à base de goma guar proporcionou o maior DMV.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local

A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Máquinas para Pulverização, que faz parte do Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agrícolas (NEMPA), localizado na Fazenda Experimental Lageado da Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista, (FCA/UNESP), em Botucatu – SP.

3.2 Delineamento experimental

A Tabela 1 traz o arranjo experimental utilizado no primeiro e no segundo experimento, que foi 4 x 2, em um sistema de bombeamento de pistão no primeiro experimento e no segundo com bomba centrífuga, seguindo uma combinação de uma calda com Vapor Grip, Dicamax, Roundup® Transorb R, variando quatro adjuvantes e dois sistemas de controle de pressão. Foram utilizados dois experimentos para comparar resultados, fortalecendo a confiabilidade do estudo, permitindo uma análise mais ampla do fenômeno estudado.

Tabela 1 - Delineamento experimental utilizado no tratamento com bomba de pistão e com bomba centrífuga, incluindo dados dos adjuvantes e os controladores de pressão

Fatores	Adjuvantes e Controladores de Pressão	Número
Adjuvantes	Adjulock	1
	Guar	2
	Combo	3
	Aureo	4
Controlador de Pressão	Agulha e Mola	
	Master Flow	

Observação: Todas as caldas preparadas para 100L/ha

3.3 Produtos e formulações da calda de pulverização

Tabela 2 - Adjuvantes utilizados nos dois experimentos, com nome comercial, fabricante, base química e as doses utilizadas

Adjuvante	Nome do produto	Fabricante	Base química	Dose (% v/v)
1	Adjulock	Brandt	Polímero	0,60
2	Codificado	Bayer	Goma Guar	1,50
3	AgRHO Starguar Control Combo	Solvay	Goma Guar	0,75
4	Aureo	Bayer	Óleo metilado	0,10

A solução de pulverização corresponde a calda composta pela mistura de um adjuvante da Bayer, Vapor Grip (0,5% v v⁻¹), Xtendicam (Dicamba sal DGA 480 g L⁻¹, formulação SL na dose de 1,5 L ha⁻¹), Roundup® Transorb R (Glifosato sal de potássio 588 g L⁻¹, formulação SL na dose de 3 L ha⁻¹), em combinação com cada adjuvante da Tabela 2, de acordo com tratamento.

Em cada tratamento foi preparado um total de 300 litros de calda, utilizando o processo de mistura direta no tanque do pulverizador, onde a água foi colocada primeiro e os produtos foram adicionados de acordo com ASTM E1518-05(2012).

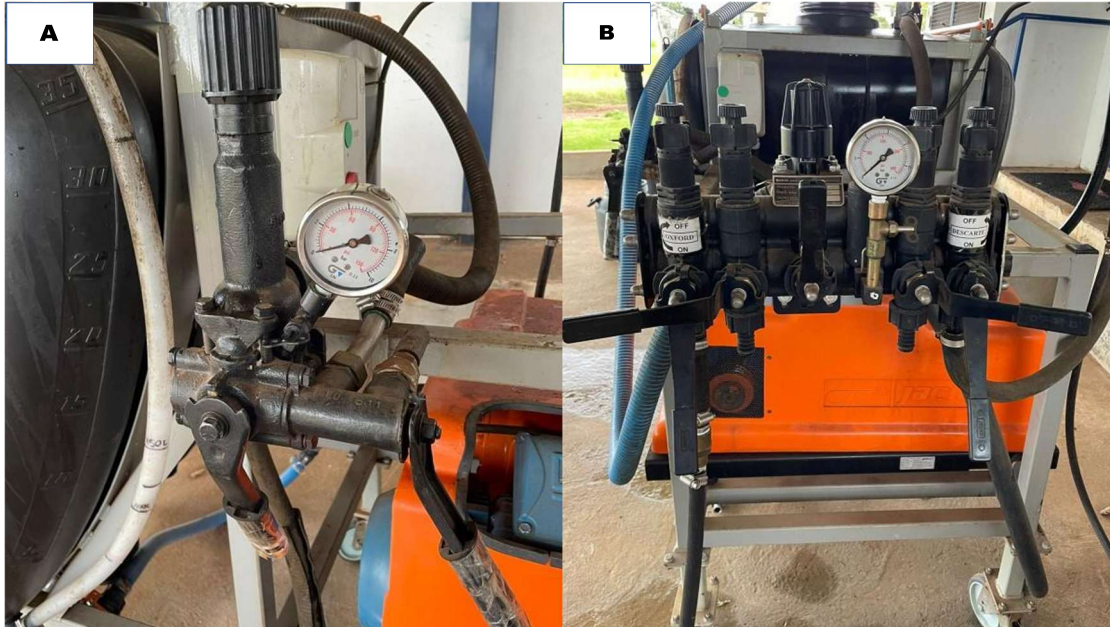
Os sistemas de controle de pressão utilizados foram: um regulador de pressão por orifício variável (*Masterflow*) e um regulador de pressão com agulha e mola (ambos da marca Jacto), demonstrados na Figura 5.

A metodologia utilizada como base para o sistema de recirculação foi a desenvolvida por Antuniassi *et al.*, (2022a), em que a calda era transferida para um pulverizador Jacto Condor 400, adaptado para trabalhar com bomba de pistão ou bomba centrifuga, representadas na Figura 6 e 7, respectivamente. A bomba de pistão Jacto JP-75 e a centrifuga Hypro 92022S, foram configuradas para trabalhar a 540 rpm (pistão) e 3000 rpm (centrifuga) e fornecer 75 L min⁻¹.

Os controladores de pressão dividem o fluxo entre a ponta de pulverização e a linha de retorno para o tanque do pulverizador, proporcionando assim a recirculação. Segundo Antuniassi *et al.*, (2022a), nesta metodologia o número de ciclos de recirculação considerado foi baseado em uma simulação de cenário típico de pulverização, onde um pulverizador autopropelido de médio porte com tanque de 2.500 L e barra de 24 m com 48 corpos de bico estava cheio de calda e passou a pulverizar com uma pontas de pulverização TTI 11003 na vazão de 100 L.ha⁻¹ e com velocidade de avanço de 17 km.h⁻¹.

No ponto de partida, a calda pulverizada pelos bicos teria passado apenas uma vez pela bomba e pelo controlador de pressão. No decorrer da pulverização, parte da calda volta ao tanque para ser bombeada novamente, aumentando o número de ciclos de passagem pela bomba e pelo regulador de pressão. Ao final da simulação, a intensidade de recirculação de 16 a 20 ciclos foi alcançada quando o tanque estava prestes a ficar vazio. Essa amplitude de ciclos é o tempo necessário para realizar as três repetições de leitura do equipamento.

Figura 5 - Sistema controlador de pressão utilizado – A) Sistema Agulha e Mola (Jacto FV 100) B) Sistema *MasterFlow* (Jacto MF 2000)



Fonte: Lima, Matheus Fernandes, (2024).

Figura 6 - Bomba de pistão, modelo Jacto JP-75, usado no sistema.



Fonte: Lima, Matheus Fernandes, (2024).

Figura 7 - Bomba centrífuga, modelo Hypro 92022S, usada no sistema



Fonte: Lima, Matheus Fernandes, (2024).

3.4 Ponta de pulverização utilizada

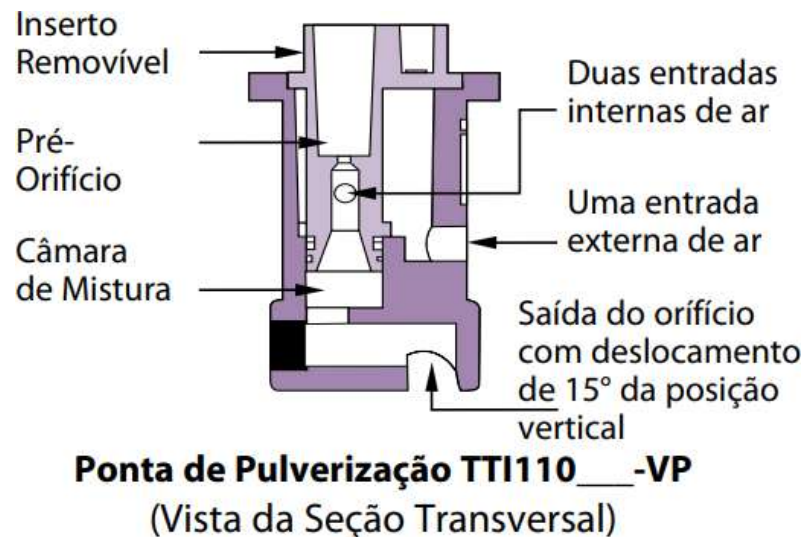
A ponta de pulverização utilizada foi a de jato plano defletor com indução de ar modelo Turbo Teejet Induction - TTI 11003, na pressão de 300 kPa, ilustrada em diversas perspectivas pela Figura 8 e as suas estruturas internas na Figura 9. Esse modelo foi selecionado por gerar classe de gotas ultra grossa e extremamente grossa, trazendo segurança na aplicação de produtos hormonais, pelo potencial de redução de deriva e é um dos modelos de pontas recomendados por bula da tecnologia Xtendicam.

Figura 8 - Ponta de pulverização modelo TTI 11003



Fonte: Lima, Matheus Fernandes, (2024).

Figura 9 - Corte longitudinal de uma ponta de pulverização com indução de ar Turbo Teejet Induction (TTI), para facilitar o entendimento do funcionamento interno



Fonte: Spraying systems co, (2024).

3.5 Avaliação do espectro de gotas

O espectro de gotas foi determinado por um equipamento analisador de partículas em tempo real (VisiSize P15, Oxford Lasers, Imaging Division, Oxford, Reino Unido), representado pela Figura 10. O sistema VisiSize P15 foi ajustado para coletar dados de 10.000 gotas em cada repetição, e um total de 3 repetições foram coletadas para cada tratamento.

As variáveis obtidas para compor o espectro de gotas de cada tratamento foram o diâmetro mediano volumétrico (DMV), a porcentagem de gotas menores que 150 µm (V150) e a amplitude relativa (AR).

A variável amplitude relativa foi determinada pela Equação 1. Onde

DV0,9 = Diâmetro de 90% do volume acumulado.

DV0,1 = Diâmetro de 10% do volume acumulado.

DV0,5 = Diâmetro de 50% do volume acumulado.

$$\text{Equação 1: Amplitude Relativa} = \frac{DV0,9 - DV0,1}{DV0,5}$$

Figura 10: Equipamento analisador de partículas



Fonte: Agroefetiva, (2019).

3.6 Condução do experimento

O sistema de medição do tamanho das gotas foi montado em uma câmera de pulverização que recebia a calda diretamente do pulverizador estático montado no laboratório, seguindo a metodologia descrita por Antuniassi *et al.*, (2022a). A leitura do espectro de gotas foi realizada quando houve entre 16 e 20 ciclos de recirculação (um ciclo representa uma passagem da calda pela bomba e controlador de pressão)

3.7 Análise estatística

O Experimento foi realizado em esquema fatorial 4x2, sendo quatro caldas e dois controladores de pressão. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. O trabalho foi dividido em dois ensaios com fatoriais duplos, divididos em avaliações referentes a diferentes caldas e controladores de pressão para bomba de pistão e para bomba centrífuga. Nos experimentos foram realizadas 3 repetições de cada tratamento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento 1: Espectro de gotas em relação a caldas pulverizadas no cenário de bomba pistão.

Os resultados da ANOVA mostraram interação significativa entre os adjuvantes e os sistemas controladores de pressão para todos os parâmetros analisados: DMV, V150 e AR.

Os resultados obtidos no primeiro ensaio, no cenário de bomba de pistão, de Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) estão representados na Tabela 3 e Figura 11.

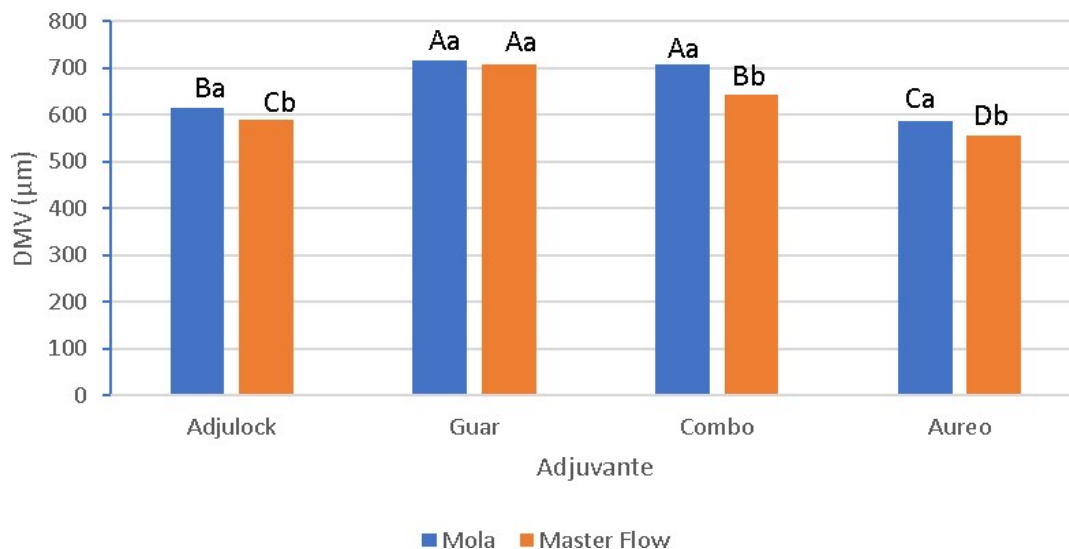
Tabela 3 - Quadro de análise estatística, resultados de Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) do ensaio de bomba de pistão

Fatores	DMV				
	GL	SQ	QM	Fc	P
Adjuvante (Adj)	3	76376	25459	216,22	0*
Controlador de pressão (CP)	1	6318	6318	53,66	0*
Adj*CP	3	2488	829	7,04	0,003116*
Resíduo	16	1884	118		
Total	23	87066			
CV = 1,7%					

*Significativo ($p < 0,05$)

A Tabela 3 mostra que houve significância no fator adjuvante e controlador de pressão, quando são vistos de forma isolada e agrupados, e com isso o fator agrupado foi o analisado. O desdobramento dessas interações está representado na Figura 11.

Figura 11 - Diâmetro mediano volumétrico (DMV) entre dois controladores de pressão e quatro adjuvantes no cenário de bomba de pistão. Letras minúsculas distintas entre controladores com mesmo adjuvante e letras maiúsculas distintas entre adjuvantes de mesmo controlador diferem estatisticamente pelo teste Tukey ($p < 0,05$)



Fonte: Lima, Matheus Fernandes, (2024).

Ao comparar os adjuvantes no sistema de mola, nota-se que o Guar e o Combo apresentaram maiores valores de DMV, não diferindo estatisticamente entre eles. Por outro lado, o Aureo foi o que apresentou menor valor de DMV.

Ao fazer essa comparação com o sistema Master Flow, notou-se que houve diferença estatística entre todos os adjuvantes, sendo o Guar com o maior valor de DMV e o Aureo com o menor valor, semelhante ao sistema de mola.

Quando há a comparação dos dois sistemas para cada adjuvante, o único que não apresentou diferença estatística entre o sistema de mola e Master Flow foi o adjuvante Guar. Nos outros casos o sistema Master Flow obteve menor DMV se comparado ao sistema de mola.

Em relação aos resultados do adjuvante Adjulock, destaca-se com o segundo menor tamanho de gotas, nos dois controladores de pressão, com o DMV maior apenas que o adjuvante Aureo. Sendo assim, o representante dos polímeros com tamanho de gotas inferiores aos adjuvantes a base de Goma Guar (Guar e Combo). Os adjuvantes a base de Goma Guar são polissacarídeos de cadeia grande, também fazendo parte dos redutores de deriva, assim como os adjuvantes a base de polímero (Antuniassi *et al.*, 2022c). Segundo Hewitt (2007), o aumento do tamanho de gotas é ocasionado pela viscosidade de soluções poliméricas.

O adjuvante Guar além de não apresentar diferença estatísticas dentre os seus tratamentos, não diferiu estatisticamente do adjuvante Combo no controlador de mola, sendo os maiores resultados de DMV. Em relação aos controladores de pressão não houve diferença estatística.

No tratamento empregando ao adjuvante Combo, observa-se, uma redução de tamanho de gotas quando há a troca do controlador de pressão, de mola para o Master Flow. Esses resultados indicam a influência do efeito do adjuvante e do controlador no tamanho de gotas. O adjuvante Combo em relação aos resultados de DMV foi semelhante estatisticamente no tratamento com mola com os tratamentos do adjuvante Guar. No controlador de pressão Master Flow foi semelhante estatisticamente ao tratamento do adjuvante Adjulock no controlador de pressão de mola.

Os tratamentos base de Goma Guar, Guar e Combo, obtiveram os maiores resultados de DMV, semelhantes ao encontrado por Oliveira (2011), que identificou os maiores valores de DMV para essa classe de adjuvantes, reafirmando a tendência, citada por Oliveira (2011), em que essa classe de adjuvantes tende a aumentar o tamanho das gotas pulverizadas.

No contexto do tratamento do adjuvante Aureo, observa-se diferença estatística entre os tratamentos do adjuvante, com uma redução de tamanho de gotas quando há a troca do controlador de pressão, de mola para o Master Flow. Esses resultados indicam a influência do efeito do adjuvante e do controlador no tamanho de gotas. No controlador de mola, foi semelhante estatisticamente ao adjuvante Adjulock no sistema Master Flow. Enquanto no controlador Master Flow, o adjuvante Aureo, um óleo metilado de soja, diferiu estatisticamente de todos os tratamentos, sendo o adjuvante que apresentou o menor tamanho de gotas. O adjuvante a base óleo metilado é um tipo de óleo vegetal, de acordo com Miller e Westra (1998), e segundo Antuniassi (2022c), a função principal do óleo na calda é melhorar a adesão e penetração das gotas, diferente da função do polímero e do Goma Guar, que tem função de redução de deriva (Butler Ellis; Tuck, 1999). Nessas condições, aumenta probabilidade do tratamento com o adjuvante Aureo ser o mais suscetível à deriva, por não ter a característica de redução de deriva e por ter gerado o menor valor de DMV.

Os tratamentos com adjuvantes a base de Goma Guar (Guar e o Combo), foram os com maior DMV, enquanto o tratamento à base de óleo metilado (Aureo) exibiu

menor tamanho de gotas. Resultados esses que corroboram com os encontrados por Antuniassi *et al.*, (2022a), em experimentos com bomba de pistão, onde o adjuvante a base Goma Guar foi o com maior DMV, sendo seguido pelo polímero e com o menor tamanho de gotas o óleo metilado.

Entretando, destaca-se que os resultados desse estudo divergem do trabalho de Antuniassi *et al.*, (2020), no qual os resultados de DMV foram maiores para os adjuvantes a base de polímero. E no presente trabalho, o polímero utilizado (Adjulock), foi o segundo menor resultado de DMV.

O mecanismo controlador de pressão influenciou quase em todos os tratamentos em relação aos resultados de DMV, exceto no tratamento do adjuvante Guar. Com a substituição do controlador de pressão de mola para o master Flow resultou em uma redução dos valores de DMV nos outros tratamentos.

Os resultados obtidos no primeiro ensaio, no cenário de bomba de pistão, de V150 estão representados na Tabela 4 e Figura 12.

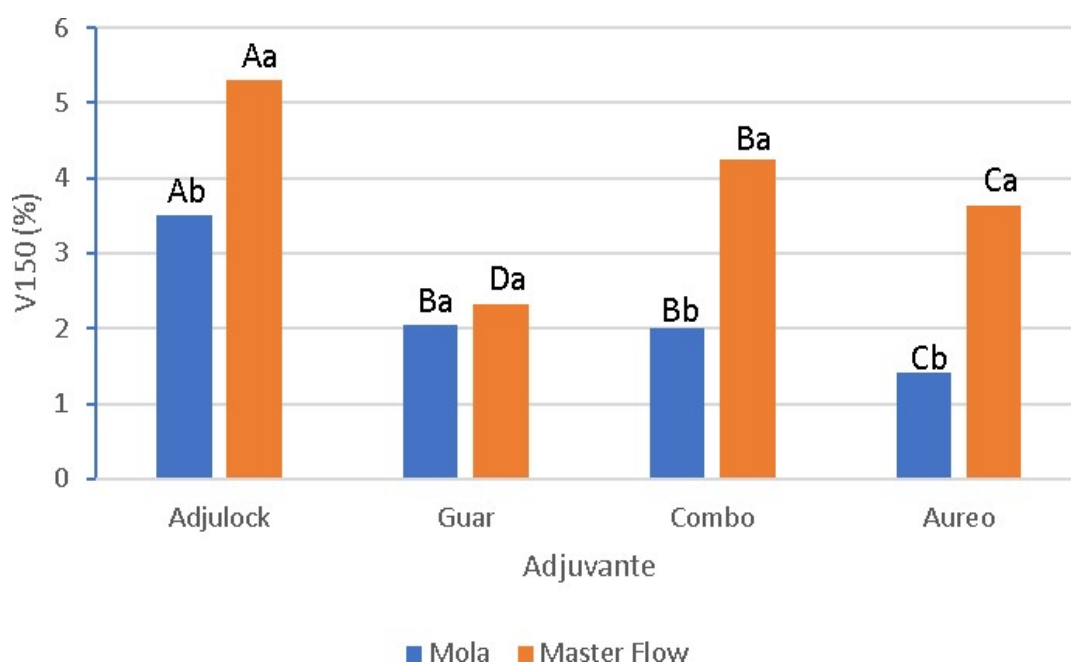
Tabela 4 - Quadro de análise estatística, resultados de V150 do ensaio de bomba de pistão

Fatores	V150				
	GL	SQ	QM	Fc	P
Adjuvante (Adj)	3	17,1589	5,7196	247,527	0*
Controlador de pressão (CP)	1	15,937	15,937	689,698	0*
Adj*CP	3	3,81	1,27	54,961	0*
Resíduo	16	0,3697	0,0231		
Total	23	37,2757			
CV = 5%					

*Significativo ($p < 0,05$)

Demonstrando que houve significância no fator adjuvante e controlador de pressão, quando são vistos de forma isolada e agrupados. Com a interação significativa dos fatores agrupados, adjuvante e controlador de pressão, foi o fator analisado. O desdobramento dessas interações está representado na Figura 12.

Figura 12 - Gráfico que representa a interação entre os controladores de pressão e os adjuvantes em relação ao V150, no cenário de bomba de pistão. Letras minúsculas distintas entre controladores com mesmo adjuvante e letras maiúsculas distintas entre adjuvantes de mesmo controlador diferem estatisticamente pelo teste Tukey ($p < 0,05$)



Fonte: Lima, Matheus Fernandes, (2024).

Ao comparar os adjuvantes no sistema de mola, nota-se que o Adjulock, que é um polímero foi o tratamento com maior valor de V150, não havendo diferença estatística entre os Goma Guar. Por outro lado, o Aureo foi o que apresentou menor valor de V150.

Ao fazer essa comparação com o sistema Master Flow, notou-se que houve diferença estatística entre todos os adjuvantes, sendo o Adjulock com o maior valor de V150 e o Guar com o menor valor de V150.

Quando há a comparação dos dois sistemas para cada adjuvante, todos apresentaram diferença estatística entre o sistema de mola e o Master Flow. Em todos os tratamentos de V150 para bomba de pistão, o controlador de mola deu menor porcentagem de gotas deriváveis em relação ao controlador Master Flow.

Para os resultados de V150 do adjuvante Adjulock, constatou-se diferença estatística entre os controladores de pressão. Ao analisar a influência do adjuvante dentro do tratamento, não ocorre diferença estatística e destacou-se a diferença em relação a todos os outros adjuvantes, resultando na maior porcentagem de V150. Em trabalho realizado por Antuniassi (2022a), na mesma intensidade de recirculação, o maior valor de V150 foi do adjuvante a base de polímero, resultado esse que corrobora com o encontrado no presente trabalho.

Dentre os resultados, os tratamentos do adjuvante Adjulock foram o que tiveram a maior porcentagem de gotas deriváveis em relação aos tipos de controladores de pressão, pois, segundo Cunha *et al.*, (2003), quanto mais elevado a porcentagem de gotas em V150, maior é o potencial de deriva. E com a mudança do sistema controlador de pressão resultou em um aumento da porcentagem no V150 considerável, demonstrando a influência dos controladores nas caldas. Zhu *et al.*, (1997), relata perda de eficiência do polímero por conta da recirculação de calda, deixando-a com a geração de gotas semelhante a uma pulverização sem a utilização de um redutor de deriva.

No tratamento do adjuvante Guar, entre os controladores não houve diferença estatística, demonstrando efeito do adjuvante e não do controlador. Ao analisar os tratamentos do adjuvante Guar, constatou-se diferença estatística em relação ao adjuvante, em que no controlador de mola foi semelhante aos tratamentos do adjuvante Combo, sendo outro adjuvante representante dos Goma Guar. No sistema Master Flow, o adjuvante Guar diferiu estatisticamente de todos os tratamentos, com maior produção de gotas deriváveis.

Os resultados do adjuvante Guar não sofreram influência pelo controlador de pressão, mas sim pelo comportamento do adjuvante em cada controlador. Mesmo sem influência direta do controlador de pressão, o adjuvante Guar, quando foi empregado no sistema Master Flow teve um aumento na porcentagem de gotas deriváveis. Segundo Zhu *et al.*, (1997), os adjuvantes a base de polímero sofrem cisalhamento maior do que os adjuvantes a base de Goma Guar, o que pode explicar o comportamento dessas classes de adjuvante nessa análise, onde o Adjulock sofreu mais com o processo de cisalhamento do que os adjuvantes a base de Goma Guar.

No tratamento do adjuvante Combo, observa-se influência do controlador de pressão. Com a transição do sistema de mola para o Master Flow, resulta em um aumento da porcentagem de gotas deriváveis, não demonstrando efeito do adjuvante

nesse tratamento. Os tratamentos do adjuvante Combo são semelhantes ao adjuvante Guar, estatisticamente, no controlador de mola.

No tratamento com adjuvante Aureo, houve diferença estatística entre os controladores de pressão, mas não entre o adjuvante, não havendo influência dele no tratamento. No tratamento de mola, o adjuvante Aureo foi o que trouxe a menor porcentagem de gotas deriváveis, em comparação com os outros tratamentos, indicando que, entre os tratamentos, esse seria o tratamento com menor número de gotas deriváveis. No entanto, quando há a troca do sistema de mola para o Master Flow, observa-se uma maior geração de gotas menores do que 150 micrômetros, destacando a influência do controlador de pressão na calda. Observou-se a influência do adjuvante Aureo nos tratamentos, constatando que não houve, e que a atuação dos controladores que trouxe grande efeito no tratamento.

Os resultados encontrados neste estudo são congruentes com uma pesquisa realizadas por Antuniassi *et al.*, (2020), no qual, em seu trabalho, com a ponta TTI, identificou o menor valor de V150 foi obtido com um adjuvante a base de óleo metilado, semelhante aos resultados encontrados neste trabalho, especificamente no controlador de mola, onde o adjuvante a base de óleo metilado resultou na menor porcentagem de V150 de todos os tratamentos. Entretanto, é crucial destacar que esse adjuvante sofre influência do controlador de pressão, quando há troca do sistema de mola para o Master Flow. O resultado V150 desse adjuvante foi maior que o do adjuvante Guar.

Adjuvante a base de óleo metilado de soja (Aureo), no sistema de mola foi o resultado de menor V150, indicando menor propensão à deriva. Este resultado difere da pesquisa realizada por Chechetto (2012), onde esse autor achou resultados de porcentagem de gotas deriváveis em ponta com indução de ar, em que os tratamentos a base de óleo vegetal eram com maior porcentagem de gotas deriváveis em comparação com os adjuvantes redutores de deriva. No sistema Master Flow, ficou intercalado com os dois adjuvantes a base de goma guar (Guar e o Combo).

O adjuvante Guar, por não sofrer influência do sistema controlador, foi o tratamento que obteve a menor amplitude de variação nos resultados. Os tratamentos a base de goma guar obtiveram resultados distintos ao encontrado por Antuniassi *et al.*, (2020), na qual o adjuvante a base de goma guar foi o maior resultado de V150. Entretanto, nos resultados presentes nesse trabalho, as maiores porcentagens de gotas deriváveis se encontram no tratamento com adjuvante à base de polímero (Adjulock).

Em todos os tratamentos com o sistema controlador de pressão Master Flow deram a porcentagem de gotas deriváveis superior ao controlador de pressão de mola na bomba de pistão. O adjuvante Guar foi o único tratamento que não sofreu influência do controlador, entretanto, todos os outros tratamentos sofreram influência do adjuvante e não dos controladores de pressão.

Os resultados obtidos no primeiro ensaio, no cenário de bomba de pistão, de Amplitude Relativa (AR) estão representados na Tabela 5 e Figura 13.

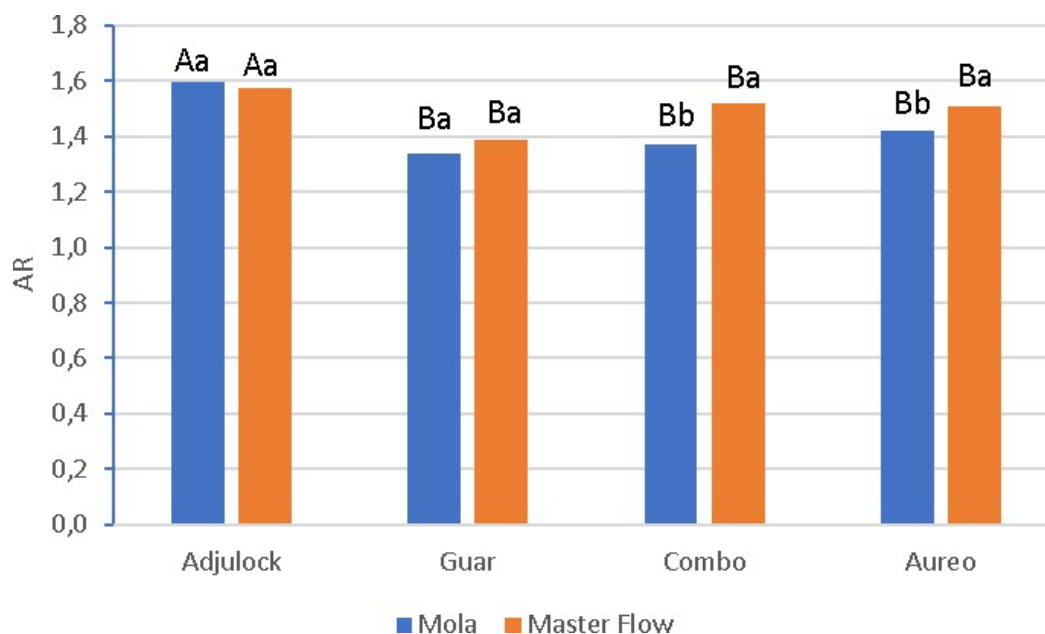
Tabela 5 - Quadro de análise estatística, resultados de AR do ensaio de bomba de pistão

Fatores	AR				
	GL	SQ	QM	Fc	P
Adjuvante (Adj)	3	0,14605	0,04868	40,01	0*
Controlador de pressão (CP)	1	0,02600	0,02600	21,37	0,000282*
Adj*CP	3	0,02188	0,00729	5,99	0,006143*
Resíduo	16	0,01947	0,00122		
Total	23	0,21340			
CV = 2,4%					

*Significativo ($p < 0,05$)

Demonstrando que houve significância no fator adjuvante e controlador de pressão, quando são vistos de forma isolada e agrupados. Com a interação significativa dos fatores agrupados, adjuvante e controlador de pressão, foi o fator analisado. O desdobramento dessas interações está representado na Figura 13.

Figura 13 - Gráfico que representa a interação entre os controladores de pressão e os adjuvantes em relação a AR, no cenário de bomba de pistão. Letras minúsculas distintas entre controladores com mesmo adjuvante e letras maiúsculas distintas entre adjuvantes de mesmo controlador diferem estatisticamente pelo teste Tukey ($p < 0,05$)



Fonte: Lima, Matheus Fernandes, (2024).

Ao comparar os adjuvantes no sistema de mola, nota-se que o polímero Adjulock apresenta o maior valor de amplitude relativa, e os demais adjuvantes não diferiram estatisticamente entre si.

Ao fazer essa comparação com o sistema Master Flow, notou-se que houve comportamento estatístico semelhante ao que ocorreu no sistema de mola, onde o polímero Adjulock obteve o maior resultado de AR e os demais adjuvantes não diferiram estatisticamente entre si.

Quando há a comparação dos dois sistemas para cada adjuvante, os que apresentaram diferença estatística entre o sistema de mola e Master Flow foi o Combo e o Aureo. Nos adjuvantes Combo e Aureo o sistema Master Flow obteve maior AR se comparado ao sistema de mola.

Para os resultados de amplitude relativa, nos tratamentos do adjuvante Adjulock, não houve diferença estatística tanto para o efeito do adjuvante quanto entre os controladores de pressão. O efeito do adjuvante Adjulock não diferiu entre os seus tratamentos e distinto estatisticamente a todos os outros adjuvantes.

O resultado do adjuvante Adjulock indicam que foram os tratamentos com a maior AR nos dois sistemas controladores de pressão, sugerindo que foram os tratamentos com a menor homogeneidade de espectro de gotas, visto que, segundo Antuniassi *et al.*, (2022b), esse fator é um índice que quantifica a homogeneidade dos diâmetros de gotas pulverizadas, quanto menor for esse valor, mais será homogenia o espectro de gotas.

A maior amplitude relativa foi no tratamento do polímero (Adjulock), um resultado diferente do encontrado por Antuniassi *et al.*, (2020), onde a maior AR foi no tratamento com adjuvante a base de óleo metilado, sendo que, nesse mesmo estudo, o polímero foi o tratamento com menor AR. Resultado distinto também do encontrado por Mota e Antuniassi (2013), cujo trabalho indicou que o óleo metilado também apresentava o maior valor de AR.

No tratamento do adjuvante Guar, não houve diferença estatística entre os controladores e nem sofreu influência do adjuvante. Analisando o efeito do adjuvante Guar, foi semelhante estatisticamente aos tratamentos dos adjuvantes Combo e do Aureo. Os resultados do adjuvante Guar mostram que esses tratamentos apresentaram menor AR em relação aos controladores, indicando maior homogeneidade no espectro de gotas.

No tratamento do adjuvante Combo, houve diferença estatística entre os controladores de pressão, mas não houve influência do adjuvante. Em relação ao efeito do adjuvante, não houve diferença estatística entre os tratamentos do adjuvante e não diferiu estatisticamente dos adjuvantes Guar e Aureo. Os resultados do adjuvante Combo mostram que há diferença entre os tratamentos quando há mudança de controlador de pressão, pois não difere estatisticamente em relação ao efeito do adjuvante e sim quando muda do sistema de mola para o sistema Master Flow. No sistema de mola, foi o tratamento com segunda menor AR, quando muda para o Master Flow, há uma redução na homogeneidade de tamanho de gotas.

No adjuvante Aureo, houve diferença estatística entre os controladores, mas não houve influência do adjuvante na calda. Em relação ao efeito do adjuvante, não houve diferença estatística entre os tratamentos, sendo semelhante estatisticamente aos adjuvantes Guar e Combo. Os resultados do adjuvante Aureo mostram que há diferença estatística entre os tratamentos quando muda de controlador de pressão, pois não difere estatisticamente em relação ao efeito do adjuvante, mas sim quando

muda do sistema de mola para o sistema Master Flow, gerando uma maior desuniformidade de gotas com essa mudança.

O adjuvante Adjulock que é um polímero foi o que teve maior AR, sendo seguido pelo Aureo, um óleo metilado de soja e os adjuvantes a base de Goma Guar, Combo e Guar. Resultados esses que corroboram com os resultados encontrados por Antuniassi *et al.*, (2022a), onde o adjuvante a base de polímero foi o maior resultado de AR, sendo seguido pelo óleo metilado e adjuvante a base de Goma Guar.

Em trabalho realizado por Chechetto (2012), o óleo vegetal e os adjuvantes redutores de deriva, em ponta com indução de ar, obtiveram comportamentos semelhantes estatisticamente aos resultados de AR do presente trabalho.

4.2 Experimento 2: Espectro de gotas em relação a caldas pulverizadas no cenário de bomba centrífuga

Os resultados da ANOVA mostraram interação significativa entre os adjuvantes e os sistemas controladores de pressão apenas para V150, nenhuma interação significativa foi observada para DMV e AR nesse experimento. No entanto, houve diferenças significativas entre os adjuvantes para DMV e AR, não sendo encontrado diferenças significativas para o efeito do sistema controlador de pressão nesses parâmetros.

Os resultados obtidos no segundo ensaio, no cenário de bomba centrífuga, de Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) estão representados na Tabela 6 e Figura 14.

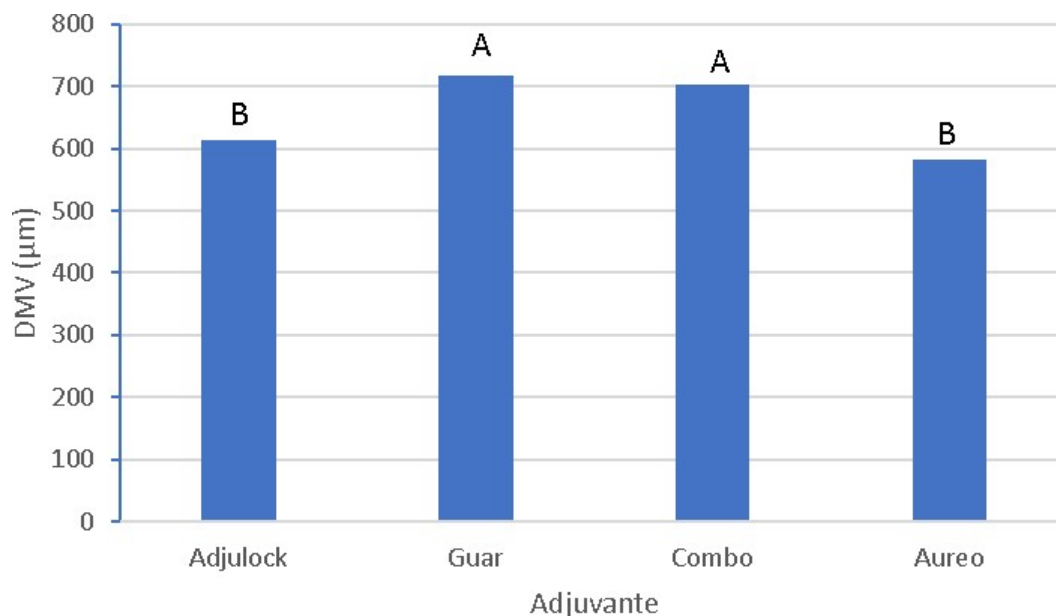
Tabela 6 - Quadro de análise estatística, resultados de DMV do ensaio de bomba centrífuga

Fatores	DMV				
	GL	SQ	QM	Fc	P
Adjuvante (Adj)	3	77661	25887	110,07	0*
Controlador de pressão (CP)	1	4814	4814	1,272	0,271611
Adj*CP	3	1858	619	2,63	0,085407
Resíduo	16	3763	235		
Total	23	88097			
CV = 2,3%					

*Significativo ($p < 0,05$)

Demonstrando que houve significância no fator adjuvante e foi o fator analisado no resultado de DMV. O desdobramento dessas interações está representado na Figura 14.

Figura 14 - Gráfico que representa a interação entre os adjuvantes em relação ao DMV, no cenário de bomba centrífuga que diferem estatisticamente pelo teste Tukey ($p < 0,05$)



Fonte: Lima, Matheus Fernandes, (2024).

Em relação aos resultados de DMV do adjuvante Adjulock, foi semelhante estatisticamente ao adjuvante Aureo, representando, estatisticamente, os menores tamanhos de gotas, quando comparado com os outros tratamentos. Com o menor tamanho de gotas, tornando-se mais propenso a ocorrer deriva, quando comparado com os demais tratamentos. Em trabalho realizado em bomba centrífuga por Zhu *et al.*, (1997), relata que a perda da eficiência do adjuvante a base de polímero por conta da recirculação, chega a produzir gotas de tamanho semelhante a caldas sem a característica de redução de deriva.

O adjuvante Guar não diferiu estatisticamente do adjuvante Combo, sendo os tratamentos com os maiores tamanhos de gotas em comparação com os outros tratamentos. Com o maior tamanho de gotas, as chances de ocorrer deriva são menores do que quando comparado as outras opções de tratamentos.

Resultados esses que corroboram com os encontrados por Oliveira (2011), em que o adjuvante representante da classe do Goma Guar, assim como os tratamentos Guar e o Combo, foram os que tiveram maior DMV, validando a tendência que essa classe de adjuvante tem de aumentar o tamanho de gotas pulverizadas.

Os adjuvantes redutores de deriva, de maneira geral, aumentam o DMV, além de alterar a viscosidade da solução, reduzindo a formação de gotas muito finas (Antuniassi *et al.*, 2022c). Segundo Hewitt (2007), o ganho de tamanho das gotas é ocasionado pela viscosidade de soluções poliméricas. Os adjuvantes redutores de deriva são a base de polímeros e polissacarídeos, como o Goma Guar (Antuniassi *et al.*, 2022c).

O adjuvante Aureo, não diferiu estatisticamente do adjuvante Adjulock, sendo os tratamentos com menores tamanhos de gotas em comparação com os demais tratamentos. Tornando-se propenso a ocorrer deriva, quando comparado com os outros tratamentos. O resultado de DMV do Aureo pode ser explicado através da função do óleo metilado de soja, que segundo Antuniassi (2022c), o óleo vegetal atual como adesivo e melhorar a penetração das gotas e não tem função de reduzir deriva.

Antuniassi (2022a), conduziu uma pesquisa empregando bomba centrífuga e em seus resultados, observou-se que o adjuvante a base de Goma Guar gerou valores de DMV significativamente maiores do que todos os outros resultados e o número de recirculações influenciou diretamente o óleo metilado de soja, com menor valor de DMV em relação aos outros tratamentos, resultados esses que corroboram com os encontrados no presente trabalho.

Os resultados obtidos no segundo ensaio, no cenário de bomba centrífuga, de V150 estão representados na Tabela 7 e Figura 15.

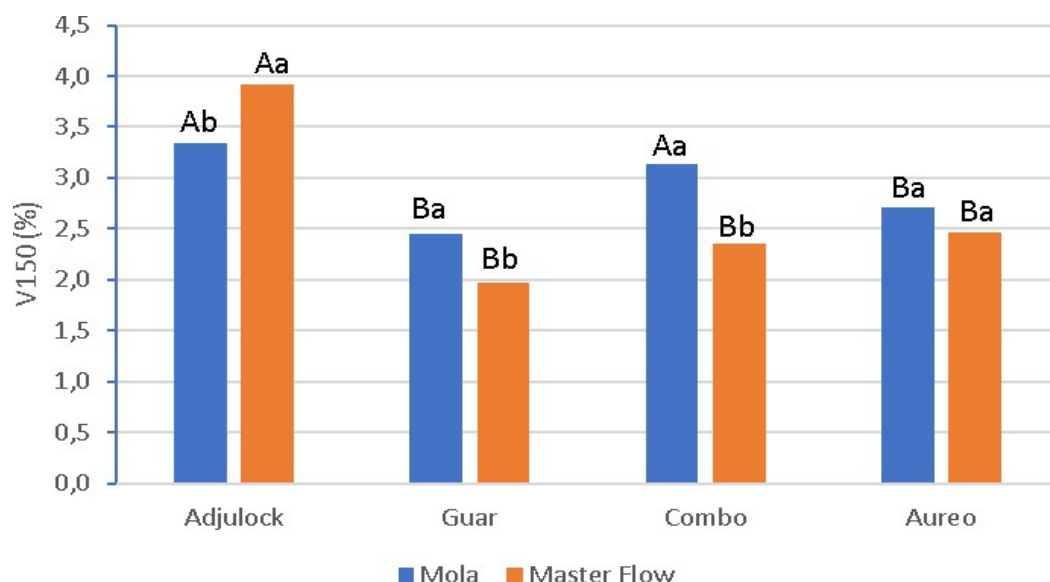
Tabela 7 - Quadro de análise estatística, resultados de V150 do ensaio de bomba centrífuga

Fatores	V150				
	GL	SQ	QM	Fc	P
Adjuvante (Adj)	3	6,473	2,1577	61,898	0*
Controlador de pressão (CP)	1	0,3305	0,3305	9,481	0,007188*
Adj*CP	3	1,5201	0,5067	14,536	0,000078*
Resíduo	16	0,5577	0,0349		
Total	23	8,8814			
CV = 6,7%					

*Significativo ($p < 0,05$)

Demonstrando que houve significância no fator adjuvante e controlador de pressão, quando são vistos de forma isolada e agrupados. Com a interação significativa dos fatores agrupados, adjuvante e controlador de pressão, foi o fator analisado. O desdobramento dessas interações está representado na Figura 15.

Figura 15 - Gráfico que representa a interação entre os controladores de pressão e os adjuvantes em relação ao V150, no cenário de bomba centrífuga. Letras minúsculas distintas entre controladores com mesmo adjuvante e letras maiúsculas distintas entre adjuvantes de mesmo controlador diferem estatisticamente pelo teste Tukey ($p < 0,05$)



Fonte: Lima, Matheus Fernandes, (2024).

Ao comparar os adjuvantes no sistema de mola, nota-se que o Adjulock e o Combo apresentaram maiores valores de V150, não diferindo estatisticamente entre eles. Por outro lado, o Guar e o Aureo apresentaram menor valor de V150, não diferindo estatisticamente entre eles.

Ao fazer essa comparação com o sistema Master Flow, notou-se que o Adjulock obteve o maior valor de V150 e os outros tratamentos não diferiram estatisticamente.

Quando há a comparação dois sistemas para cada adjuvante, o único que não apresentou diferença estatística entre o sistema de mola e Master Flow foi o adjuvante Aureo. No sistema Master Flow obteve menor porcentagem de V150 nos tratamentos do Guar e Combo se comparado ao sistema de mola. O adjuvante Adjulock foi o único tratamento com menor porcentagem de gotas deriváveis nos sistemas de mola, em comparação com Master Flow. E o Aureo não obteve diferença estatística entre os seus tratamentos.

Os resultados dos tratamentos do adjuvante Adjulock em relação ao parâmetro V150, houve diferença estatística entre os controladores de pressão, mas não houve influência do adjuvante. Quanto à ação do adjuvante dentro do tratamento, não houve diferença estatística e foi semelhante ao adjuvante Combo no sistema de mola.

Os resultados do adjuvante Adjulock mostram que foram os tratamentos com a maior porcentagem de gotas menores do que 150 micrômetros, sendo o tratamento com maior quantidade de gotas deriváveis. Segundo Zhu *et al.*, (1997), o adjuvante a base polímero podem perder o efeito de redução de deriva por conta da recirculação de calda, pulverizando semelhante a uma calda sem essa característica de redução de deriva. Na análise entre os tratamentos desse adjuvante, evidenciou-se que não houve efeito do adjuvante e sim do controlador de pressão. Com a mudança do controlador de mola para o sistema Master Flow resultou em uma diferença estatística, com maior produção de gotas deriváveis, destacando a influência do controlador de pressão. Visto que quanto mais elevada a porcentagem de gotas no parâmetro de V150, maior é o potencial de deriva (Cunha *et al.*, 2003).

No adjuvante Guar, houve diferença estatística entre os controladores de pressão, mas não houve influência do adjuvante. Quanto ao efeito do adjuvante no tratamento não houve diferença estatística, sendo semelhante aos tratamentos do adjuvante Aureo e tratamento Master Flow do adjuvante Combo. Sendo os resultados com menor porcentagem de gotas deriváveis, quando comparado com os outros tratamentos, indicando uma menor chance de ocorrer deriva. Visto que, segundo Cunha *et al.*, (2003), quanto menor a porcentagem de gotas em V150, menor é o potencial de deriva. Por não haver influência do adjuvante nesse tratamento, entende-se que a influência na porcentagem de V150, nesse tratamento, ocorre por meio do sistema controlador de pressão, na troca da mola para o Master Flow, ocorre uma redução na geração de gotas menores do que 150 micrômetros. Essa transição do sistema de mola para o sistema Master Flow resultou em uma redução na geração de gotas deriváveis, comportamento inverso ao que ocorreu no tratamento do adjuvante Adjulock.

No tratamento do adjuvante Combo houve diferença estatística entre os controladores de pressão e houve influência do adjuvante. Em que no sistema de mola, a influência do adjuvante foi semelhante estatisticamente a ação do adjuvante Adjulock. No sistema Master Flow, a influência do adjuvante Combo foi semelhante estatisticamente a do adjuvante Guar e Aureo.

Em relação aos resultados do adjuvante Combo, observa-se que houve influência tanto do adjuvante, como do controlador de pressão. Quando há a troca do sistema controlador de pressão de mola para o sistema Master Flow ocorre uma redução na porcentagem de gotas deriváveis e esse fenômeno ocorreu por conta da

troca do sistema controlador e pela influência do adjuvante na calda. Segundo Zhu *et al.*, (1997), os adjuvantes a base de polímero podem sofrer cisalhamento de forma distinta, com maior efeito nos polímeros do que nos adjuvantes a base de Goma Guar. No tratamento do adjuvante Aureo, não teve diferença estatística entre os tratamentos, indicando que não houve influência do adjuvante e nem do controlador de pressão nos tratamentos com relação a porcentagem de gotas menores do que 150 micrometros. Em relação ao adjuvante, foi semelhante estatisticamente aos tratamentos do adjuvante Guar e ao adjuvante Combo no sistema Master Flow, sendo esses os adjuvantes com menor geração de gotas menores do que 150 micrômetros.

O adjuvante Guar e Combo, no sistema Master Flow, foram os tratamentos com menores valores de V150, um resultado consistente com o estudo de Antuniassi *et al.*, (2022a), que em seus tratamentos com bomba centrífuga e a mesma intensidade de recirculação, o menor valor de V150 era do tratamento à base de adjuvante Goma Guar, sendo seguido por óleo metilado de soja e com o maior resultado de gotas deriváveis sendo do adjuvante a base de polímero. Esses resultados corroboram com os encontrados nesse estudo.

Diferente da bomba de pistão, onde todos os tratamentos ficaram com o maior valor de V150 no sistema controlador de pressão Master Flow, na bomba centrífuga o comportamento foi diferente, onde apenas o adjuvante Adjulock manteve a maior geração de gotas deriváveis no controlador Master Flow. Os adjuvantes a base de Goma Guar e óleo metilado de soja na bomba centrífuga obtiveram resultados com a maior geração de gotas deriváveis no controlador de mola.

Os resultados obtidos no segundo ensaio, no cenário de bomba centrífuga, de Amplitude Relativa (AR) estão representados na Tabela 8 e Figura 16.

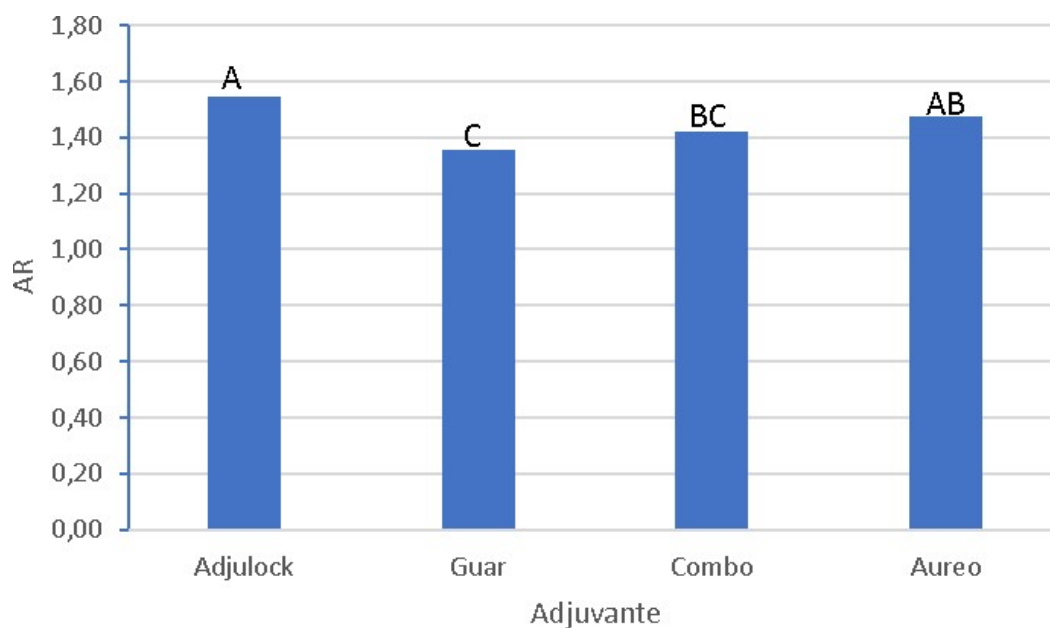
Tabela 8 - Quadro de análise estatística, resultados de AR do ensaio de bomba centrífuga

Fatores	AR				
	GL	SQ	QM	Fc	P
Adjuvante (Adj)	3	0,11587	0,03862	18,46	0,000019*
Controlador de pressão (CP)	1	0,00282	0,00282	1,35	0,262894
Adj*CP	3	0,00565	0,00188	0,90	0,462597
Resíduo	16	0,03347	0,00209		
Total	23	0,15780			
CV = 3,1%					

*Significativo ($p < 0,05$)

Demonstrando que houve significância no fator adjuvante e foi o fator analisado no resultado de AR. O desdobramento dessas interações está representado na Figura 16.

Figura 16 - Gráfico que representa a interação entre os adjuvantes em relação a AR, no cenário de bomba centrífuga que diferem estatisticamente pelo teste Tukey ($p < 0,05$)



Fonte: Lima, Matheus Fernandes, (2024).

Em relação aos resultados de amplitude relativa, o adjuvante Adjulock não diferiu estatisticamente do adjuvante Aureo. Sendo o tratamento que se evidenciou como o de maior AR, demonstrando menor uniformidade de tamanho de gotas em comparação com os demais resultados. Vale ressaltar que quanto maior for a AR, menor é a homogeneidade na geração de gotas (Antuniassi *et al.*, 2022b).

A maior amplitude relativa foi encontrada no tratamento do adjuvante Adjulock, que é um polímero, resultado esse distinto do encontrado por (Mota; Antuniassi, 2013), que indicou o óleo vegetal como maior valor de AR. Resultado distinto também do encontrado por (Antuniassi *et al.*, 2020), cujo trabalho apontou como maior amplitude relativa o tratamento à base de óleo vegetal e a menor amplitude relativa foi a do tratamento à base de polímero, o que já foi diferente do presente trabalho, onde o polímero deu o maior resultado de AR.

O adjuvante Guar foi o tratamento com menor AR, em comparação com os outros tratamentos, indicando a maior uniformidade de geração de gotas. Foi semelhante estatisticamente ao adjuvante Combo. O adjuvante Combo não diferiu estatisticamente do adjuvante Guar e nem do adjuvante Aureo.

Em relação ao resultado do adjuvante Aureo, foi tratamento que apresentou a segundo maior AR e quando maior amplitude relativa, menor é a homogeneidade de geração de gotas. Esse tratamento não diferiu estatisticamente do adjuvante Adjulock e nem do Combo.

Os tratamentos a base de Goma Guar, representado pelos adjuvantes Guar e Combo, apresentaram os resultados com menor amplitude relativa, seguidos pelo óleo metilado (Aureo) e pelo adjuvante a base de polímero (Adjulock). Esses resultados corroboram com os encontrados por Antuniassi *et al.*, (2022a), em que seu tratamento com o tipo de bomba centrífuga, a menor amplitude relativa foi encontrada nos adjuvantes a base de Goma Guar, em seguida óleo metilado e a maior AR sendo do adjuvante a base de polímero.

5 CONCLUSÃO

O adjuvante Guar nos tratamentos com bomba de pistão não sofre efeito dos mecanismos controladores de pressão em nenhuma das análises realizadas. Na bomba centrífuga, em V150, únicos resultados em que os controladores de pressão deram interação significativa, o adjuvante Guar sofre influência dos controladores de pressão.

Em todos os tratamentos com o sistema controlador de pressão Master Flow deram a porcentagem de gotas deriváveis superior ao controlador de pressão de agulha e mola na bomba de pistão.

Na bomba centrífuga o comportamento foi diferente, onde apenas o adjuvante Adjulock manteve a maior geração de gotas deriváveis no controlador Master Flow. Os adjuvantes a base de Goma Guar na bomba centrífuga obtiveram resultados de V150 maiores, com maior geração de gotas deriváveis no controlador de mola. O óleo metilado de soja não obteve diferença estatística nesse tratamento.

O adjuvante Adjulock que é um polímero sofreu cisalhamento nos dois tipos de bomba e gerou resultado de DMV semelhante ao do adjuvante Aureo e V150 superior a esse adjuvante que não tem característica de ser um redutor de deriva.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. C. M.; PAIVA, M. C. G.; BARCELLOS JR., L. H.; SILVA, E. M. G.; SOUZA, P. S. R.; SILVA, A. A. **Seleção de espécies indicadoras de resíduos de dicamba no solo**. Revista Agrarian, v. 13, n. 48, p. 187-194, 2020.

Alves, G. S.; Kruger, G. R.; Cunha, J. P. A.; Vieira, B. C.; Henry, R. S.; Obradovic, A.; and Grujic, M. **"Spray Drift from Dicamba and Glyphosate Applications in a Wind Tunnel,"** Weed Technology 31, no. 3 (2017): 387–395, <https://doi.org/10.1017/wet.2017.15>

ANDRÉA, M. M. et al. **Influence of repeated applications of glyphosate on its persistence and soil bioactivity**. Pesquisa Agropecuária. Brasileira, Brasília,. V.38 n.11,2003.

ANTUNIASSI, U. R.; BAIO, F. H. R. x. In:VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Passo Fundo: Embrapa trigo, 2008. p. 174-175.

ANTUNIASSI, U. R.; MOTA, A. A. B.; CHECHETTO, R. G.; CARVALHO, F. K.; OVEJERO, R. F. L.; BARBOSA, H. N.; MORRIS, M. M.; ARAUJO, V. C. R. o, **"Droplet Spectrum Generated by Air Induction Nozzles Spraying Solutions Containing Adjuvants and a Tank Mixture of Glyphosate and Dicamba,"** in Pesticide Formulation and Delivery Systems: 40th Volume, Formulation, Application, and Adjuvant Innovation, ed. C. M. Elsik (West Conshohocken, PA: ASTM International, 2020), 36–45. <http://doi.org/10.1520/STP162720190116>

ANTUNIASSI, U. R.; MOTA, A. A. B.; CHECHETTO, R. G.; CARVALHO, F. K.; OVEJERO, R. F. L.; BARBOSA, H. N.; PALHANO, M. G.; ARAUJO, V. C. R. **"Effect of Spray Solution Recirculation on the Sprayer, Caused by Pumping, on the Droplet Spectra Generated When Spraying Different Solutions,"** in Pesticide Formulation and Delivery Systems: 41st Volume, Formulation and Application Challenges of Diverse Agricultural Agrochemicals, ed. P. McMullan (WestConshohocken, PA: ASTM International, 2022) (2022a), 11–23. <http://doi.org/10.1520/STP1641202100664>

ANTUNIASSI, U. R.; CARVALHO, F. K.; MOTA, A. A. B.; CHECHETTO, R. G. **Entendendo a tecnologia de aplicação**. 3º ed. Botucatu: Fepaf. 64 p., 2022. (2022b).

ANTUNIASSI, U. R.; CARVALHO, F. K.; MOTA, A. A. B.; CHECHETTO, R. G. et al. **Entendendo a tecnologia de aplicação: Caldas fitossanitárias e descontaminação de pulverizadores**. 2º ed. Botucatu (SP): FEPAF, 2022c.

ASABE – American Society of Agricultural and Biological Engineers. **Spray Nozzle Classification by Droplet Spectra**. ASAE, 2020.

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.

Behrens, M.R., N. Mutlu, S. Chakraborty, R. Dumitru, W.Z. Jiang, B.J. LaVallee et al. 2007. **Dicamba resistance: Enlarging and preserving biotechnology-based weed management strategies**. Science (Washington, DC) 316:1185–1188. doi:10.1126/science.1141596.

BUTLER ELLIS, M.C.; MILLER, P.C.H. **The effect of some adjuvants on sprays produced by agricultural flat fan nozzles**. Crop Protection, v. 16, n 1, p. 609-615, 1997.

BUTLER ELLIS, M.C.; TUCK, C.R. **How adjuvants influence spray formation with different hydraulic nozzles**. Crop Protection, v.18, p.101-9, 1999.

BUTLER-ELLIS, M. C., TUCK, C. R., MILLER, P. C. H. **The effect of same adjuvants on sprays produced by agricultural flat fan nozzles**. Crop Protection, v.16, p.41-50, 1997.

CARBONARI, C. A. et al. **Efeito de surfactantes e pontas de pulverização na deposição de calda de pulverização em plantas de grama-seda**. Planta Daninha, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 725-729, 2005.

CARBONARI, C. A.; COSTA, R. N.; BEVILAQUA, N. C.; PEREIRA, V. G. C.; GIOVANELLO, B. F.; OVEJERO, R. F. L.; PALHANO, M.; BARBOSA, H.; VELINI, E. D. **Volatilization of Standalone Dicamba and Dicamba Plus Glyphosate as Function of Volatility Reducer and Different Surfaces**. Agriculture, v. 10, n. 11, p. 495, 2020.

Carvalho, F. K.; Chechetto, R. G.; Mota, A. A. B.; Antuniassi, U. R., **"Characteristics and challenges of pesticide spray applications in Mato Grosso, Brazil"** Outlooks on Pest Management, no. 28 (2017): 4-6.

CARVALHO, L. B. **Herbicidas**. Lages: Edição do Autor, 2013, 62p.

CHECHETTO, R. G. **Potencial de redução da deriva em função de adjuvantes e pontas de pulverização**. 2011. viii, 70 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2011.

CHECHETTO, R. G.; ANTUNIASSI, U. R.; **ESPECTRO DE GOTAS GERADO POR DIFERENTES ADJUVANTES E PONTAS DE PULVERIZAÇÃO**1 RODOLFO GLAUBER CHECHETTO2 & ULISSES ROCHA ANTUNIASSI. Energ. Agric., Botucatu, vol. 27, n.3, julho-setembro, 2012, p.130-142.

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

COBB, A. H.; READE, J. P. H. **Herbicides and Plant Physiology**. Chichester: John Wiley & Sons, 2010, 286p.

COMBELLACK, J.H. **The problems involved in improving spraying efficiency**. Australian Weeds, p. 13-7, 1981.

CUNHA, J. P. A. R. et al. Avaliação de estratégias para redução da deriva de grotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, Viçosa, v.21, n.2, p. 325-

332, 2003.

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, Viçosa, v. 28, nesp., p. 1153-1158, 2010.

CUNHA, J. P. A. R. et al. **Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas**. Planta Daninha, Rio de Janeiro, v. 21, n. 2, p. 325-332, 2003.

CUNHA, J. P. A. R. et al. **Espectro de gotas de bicos de pulverização hidráulica de jato plano e jato cônico vazio**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 39, n. 19, p. 977-985, 2004

Downer, R. A., Wolf, T. M.; Chapple, A. C.; Hall, F. R.; Hazen, J. L.; **Characterizing the impact of drift management adjuvants on the dose transfer process**. In R. E. Gaskin, ed. Proc. Fourth Int. Symp. on Adjuvants for Agrochemicals. Rotorua, New Zealand. pp. 138–143. (1995).

EGAN J.F.; MORTENSEN, D.A. **Quantifying vapor drift of dicamba herbicides applied to soybean (2012)**. Environ Toxicol Chem 31:1023–1031.

FARZANEH-GORD, M. KHOSHNAZAR, H., 2016. **Vale fault detection for single-stage reciprocating compressor**. J. Nat. Gas Sci. Eng. 35 A (9), 1239-1248.

FERGUSON, J.; HEWITT, A. **Developing a comprehensive Drift Reduction Technology risk assessment scheme**. Journal of plant protection research, Poznan, v. 54, n. 1. jan. 2014. Disponível em: . Acesso em: 25 out. 2019.

FRANZ, J. E. Discovery, development and chemistry of glyphosate. In: GROSSBARD, E.; TKINSON, D. **The herbicide glyphosate**. London: Butterworths, 1985. p. 3-17.

GALLI, A. J. B. A molécula glyphosate e a agricultura brasileira. In: VELINI, E. D. **Glyphosate**. Botucatu: FEPAF, 2009. p. 17.

GALLI, A. J. B.; MONTEZUMA, M. C. Alguns aspectos da utilização do herbicida glifosato na agricultura. São Paulo: **Acadcom**, 2005.

GRAVENA, R. **Respostas bioquímicas e fisiológicas de plantas de citros atingidas pelo glyfosate**. 2006. 144p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

HALL, F.R.; FOX, R.D. **The reduction of pesticide drift**. In: FOY, C.L.; PRITCHARD, D.W. Pesticide formulation and adjuvant technology. CRC Press, 1996. p. 209-239.

HARTZLER, B. **A historical perspective on dicamba (2017)**. Disponível em: <https://crops.extension.iastate.edu/blog/bobhartzler/historicalperspectivedicamba#:~:text=The%20herbicide%20dicamba%20was%20first,and%20for%20non%2Dcrop%20areas>. Acessado em: 23 novembro 2022.

HENN, E. A. L. **Máquinas de fluido**. 2ª edição. Santa Maria. UFSM, 2006. 474 p.

HERRMANN, K. M.; WEAVER, L. M. The shikimate pathway. **Annual review of plant biology**, v. 50, n. 1, p. 473-503, 1999.

HEWITT, A. J. **Spray optimization through application and liquid physical property variables—I**. The Environmentalist, New York, v. 28, n. 1, p. 25–30, 6 set. 2007.

HRAC – BR – Associação Brasileira de Ação a Resistência de Plantas Daninhas aos Herbicidas. **Classificação dos herbicidas quanto aos mecanismos de ação**.

JOHNSON, V. A.; FISHER, L. R.; JORDAN, D. L.; EDMISTEN, K. E.; STEWART, A. M.; YORK, A. Cotton, Peanut, and Soybean **Response to Sublethal Rates of Dicamba, Glufosinate, and 2,4-D**. Weed Technology, v. 26, n. 2, p. 195-206, 2012.

JONES, G.T.; NORSWORTHY, J.K.; BARBER, T.; GBUR, E.; KRUGER, G.R. **Off-target movement of DGA and BAPMA dicamba to sensitive soybean** (2019). Weed Technol 33:51–65. doi: 10.1017/wet.2018.121.

Lima, Matheus Fernandes. **EFEITO DO MECANISMO CONTROLADOR DA PRESSÃO DE PULVERIZAÇÃO NO ESPECTRO DE GOTAS GERADO POR UMA MISTURA DE GLIFOSATO COM DICAMBA E ADJUVANTES A BASE DE POLÍMERO EM CIRCUITOS COM BOMBA DE PISTÕES E CENTRÍFUGA**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu / Matheus Fernandes Lima. -- Botucatu, 2024. 68 p.

LEITÃO et al. Cultivo de soja transgênica no estado de Mato Grosso: fatores propulsores e limitativos. **Rev. de Economia Agrícola**, São Paulo, v. 57, n. 1, p. 61-74, jan./jun. 2010.

MACINNES, A. VaporGrip technology: How it works and its benefits. Weed Science Society of America, v. 45, p. 160, 2017.

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.

MAITELLI, CARLA WILZA SOUZA DE PAULA. **Simulação do escoamento monofásico em um estágio de uma bomba centrífuga utilizando técnicas de fluidodinâmica computacional** / Carla Wilza Souza de Paula Maitelli – Natal, RN, 2010. 182 f. : il.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide Application Methods**. 3. ed. Oxford: Blackwell Science, 2000. p. 432.

MATTHEWS, G.A. **Application of pesticide to crops**. London: Imperial College Press, 1999. 325p.

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

MILLER, P.; WESTRA, P. **How surfactants work**. Bulletin 0.564, Crop Series Colorado State University Cooperative Extension, Crop Fact. 1998.

MILLER, P. C. H. **Directions and trends in research into pesticide application technology: the view of a research scientist.** In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS: EFICIÊNCIA, ECONOMIA E PRESERVAÇÃO DA SAÚDE HUMANA E DO AMBIENTE, 2, 2001. Jundiaí.

MITHILA, J.; HALL, J. C.; JOHNSON, W. G.; KELLEY, K. B.; RIECHERS, D. E. **Evolution of Resistance to Auxinic Herbicides: Historical Perspectives, Mechanisms of Resistance, and Implications for Broadleaf Weed Management in Agronomic Crops.** Weed Science, v. 59, n. 4, p. 445-457, 2011.

MOREIRA, C. A. F. **Espectro de gotas e deriva de diferentes formulações dos herbicidas 2,4-D e Glyphosate aplicadas com pontas de jato plano com e sem indução de ar.** 2016. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu, 2016.

MOTA, A. A. B. et al. **Influência de adjuvantes no espectro de gotas e pontas com indução de ar e pré-orifício na aplicação de caldas contendo glyphosate.** In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GLYPHOSATE - USO SUSTENTÁVEL, 2011, Botucatu. Anais. Botucatu: Fepaf, 2011. v. 1, p. 357 - 364.

MOTA, A. A. B.; ANTUNIASI, U. R.; **INFLUÊNCIA DE ADJUVANTES NO ESPECTRO DE GOTAS DE PONTA COM INDUÇÃO DE AR.** Energ. Agric., Botucatu, vol. 28, n.1, p.1-5, janeiro-março, 2013.

MUELLER, T. C.; STECKEL, L. E. **Dicamba volatility in humidomes as affected by temperature and herbicide treatment.** Weed Technology, v. 33, n. 4, p. 541-546, 2019.

Oliveira, R. B. **CARACTERIZAÇÃO FUNCIONAL DE ADJUVANTES EM SOLUÇÕES.** 2011. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu, 2011.

OLIVEIRA JR., R. S.; BACARIN, M. A. **Absorção e Translocação de Herbicidas.** In: OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. Biologia e manejo de plantas daninhas. 22ª ed. Curitiba: Omnipax Editora Ltda, 2011, p. 215-241.

OLIVEIRA, R. B.; ANTUNIASI, U. R.; GANDOLFO, M. A. **Spray adjuvant characteristics affecting agricultural spraying drift.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 35, n. 1, p. 109–116, 2015.

PARKER, DAVID B. **Positive Displacement Pumps: Performance and Application.** Proceedings of 11th International Pump Users Symposium. Texas A&M University, College Station, Texas, 1994.

PRATA, F. et al. Glyphosate sorption and desorption in soils with different phosphorous levels. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 60, n. 1, p. 175-180, 2003.

QUINN, J.P. Interactions of the herbicides glyphosate and glufosinate (phosphinothricin) with the soil microflora. In: ALTMAN, J. **Pesticides interactions in crop production.** Beneficial and deleterious effects. Boca Raton: CTC Press, 1993.

RAETANO, C. G. **Introdução ao estudo da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários**. Tecnologia de aplicação para culturas anuais. 2. ed. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu (SP): FEPAF, 2019. Cap. 1. p. 15-27.

RAETANO, C. G., BOLLER, W. **Regulagens e calibração de pulverizadores**. *Tecnologia de aplicação para culturas anuais*, 1, 91-124, 2019.

RAETANO, C. G.; Chechetto, R.G. **Adjuvantes e Formulações**. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 2. ed. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu (SP): FEPAF, 2019. Cap. 2. p. 29-47.

RAETANO, C. G.; MOTA, A. A. B. **Pontas de pulverização hidráulicas**. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 2. ed. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu (SP): FEPAF, 2019. Cap. 6. p. 67-90.

ROMAN, E. S.; VARGAS, L.; RIZZARDI, M. A.; HALL, L.; BECKIE, H.; WOLF, T. M.; **Como funcionam os herbicidas: da biologia a aplicação**. Passo Fundo: Gráfica Editora Berthier, 2005, 152p.

SASAKI, R. S. et al. **ESPECTRO DAS GOTAS PRODUZIDAS POR PONTAS DE JATO PLANO DUPLO DEFASADO COM INDUÇÃO DE AR**. *Revista Engenharia na Agricultura*, v. 24, n. 3, p. 211, 2016.

Standard Practice for Evaluation of Physical Compatibility of Pesticides in Aqueous Tank Mixtures by the Dynamic Shaker Method, ASTM E1518-05(2012) (West Conshohocken, PA: ASTM International, approved May 1, 2012), <http://doi.org/10.1520/E1518-05R12>.

Silva, T.M. (2015). **O estudo do efeito da homogeneização de alto cisalhamento na estabilidade física de emulsões**. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Processos Industriais., Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo.

SINDIVEG. **Comercialização de Defensivos Agrícolas no Brasil: dados 2023**, São Paulo, SP, 2023. Disponível em: <https://sindiveg.org.br/mercado-total/>. Acesso em: 04 DEZ. 2023.

SINGH, M.; MACK, R. E. Effect of organossilicone-based adjuvants on herbicide efficacy. **Pest Management Science**, v. 38, n. 2-3, p. 219-225, 1993.

SOLTANI, N.; OLIVEIRA, M. C.; ALVES, G. S.; WERLE, R.; NORSWORTHY, J. K.; SPRAGUE, C. L.; YOUNG, B. G.; REYNOLDS, D. B.; BROWN, A.; SIKKEMA, P. H. **Off-target movement assessment of dicamba in North America**. *Weed Technology*, v. 34, n. 3, p. 318-330, 2020.

SPRAYING SYSTEMS CO. **Catálogo 51A-PT**. TeeJet Technologies. Wheaton: SprayingSystems Co. 164p. Disponível em: < <https://www.teejet.com/pt-br/-/media/dam/agricultural/brazil/sales-material/catalog/cat51a-pt.pdf> >. Acesso em 23 de Janeiro de 2023.

STEINRÜCKEN, H. C.; AMRHEIN, N. The herbicide glyphosate is a potent inhibitor of 5-enolpyruvylshikimic acid-3-phosphate synthase. **Biochemical and biophysical**

research communications, v. 94, n. 4, p. 1207-1212, 1980.

Striegel, S., R.D. Langemeier, B.C. Viera, S. Li, G.R. Kruger, et al. 2020. **Evaluation of dicamba vapor reducing agents across different environments**. Virtual. p. 98.

Tadros, T.; Izquierdo, P.; Esquena, J.; Solans, C. (2004). **Formation and stability of nano-emulsions**. Advances in colloid and interface science, n. 108-109, p.303-318.

VALLAIR: Disponível em: <<https://vallair.com.br/bombas-centrifugas-plasticas/funcionamento-e-caracteristicas>>. Acesso em 23 de Janeiro de 2024.

VELINI, E. D. et al. Modo de ação do glyphosate. In: VELINI, E. D. et al. **Glyphosate**. Botucatu: FEPAF, 2009. 496 p.

VELINI, E. D.; CARBONARI, C. A. Brasil: Informando corretamente sobre o uso e os riscos dos agrotóxicos. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOOLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 2ª ed. rev. amp. - Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2019. p. 367-373.

WERLE, R.; OLIVEIRA, M. C.; JHALA, A. J.; PROCTOR, C. A.; REES, J.; KLEIN, R. **Survey of Nebraska Farmers' Adoption of Dicamba-Resistant Soybean Technology and Dicamba Off-Target Movement**. Weed technology, v. 32, n. 6, p. 754-761, 2018.

WSSA – Weed Science Society of America. Summary of Herbicide **Mechanism of Action According to the Weed Science Society of America**. dez. 2020.

ZHU, H. et al. **Effects of polymer composition and viscosity on droplet size of recirculated spray solutions**. Journal of Agricultural Engineering Research, v.67,p. 35-45, 1997.