

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

Instituto de Ciências Agrárias - ICA

Leandro Gontijo de Oliveira

**PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE ADJUVANTES AGRÍCOLAS
UTILIZADOS NA REGIÃO DE UNAÍ-MG**

Unaí/MG

2023

Leandro Gontijo de Oliveira

**PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE ADJUVANTES AGRÍCOLAS
UTILIZADOS NA REGIÃO DE UNAÍ-MG**

Monografia apresentada ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Macedo Silva

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Mariana Rodrigues Bueno

**Unai/MG
2023**

Leandro Gontijo de Oliveira

**PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE ADJUVANTES AGRÍCOLAS
UTILIZADOS NA REGIÃO DE UNAÍ, MG**

Monografia apresentada ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para obtenção do título de Engenheiro(a) Agrônomo(a).

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Macedo Silva

Data de aprovação ____/____/____.

Prof. Dr.

Profa. Dra. Mariana Rodrigues Bueno
Instituto de Ciências Agrárias - UFVJM

Prof. Dr. Sérgio Macedo Silva
Instituto de Ciências Agrárias - UFVJM

**Unaí/MG
2023**

RESUMO

Os adjuvantes são ferramentas essenciais para melhor desempenho dos produtos fitossanitários, por melhorar sua eficácia biológica e, conseqüentemente, reduzir a quantidade de ingrediente ativo no ambiente. Entre diversas características que desempenham, os adjuvantes podem modificar as propriedades físico-químicas das caldas fitossanitárias, diminuindo a tensão superficial e o ângulo de contato de gotas com a superfície alvo, além de alterar a viscosidade, o pH, a condutividade elétrica, produzindo efeitos sob a absorção dos produtos. Apesar da clareza dessas informações, as funções dos adjuvantes são pouco compreendidas por vários agricultores no Município de Unai, o qual é conhecido por seu grande potencial agrícola. Somado a isso, há uma grande quantidade de produtos comerciais disponíveis no mercado, nesta região, com diversas características, o que demanda uma necessidade de elucidação sobre as principais funções que tais produtos desempenham. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar as propriedades físico-químicas e a eficácia de dessecação de caldas com adjuvantes. Foram avaliados sete adjuvantes com as seguintes composições: 1. lauril éter sulfato de sódio (less); 2. fosfatidil colina e ácido propiônico (fcap); 3. adjuvante estrutural misto siliconado (aems); 4. adjuvante siliconado (ads); 5. óleo essencial da casca da laranja (eoil); 6. óleo vegetal e terpenoides (eoilt); 7. surfactante não iônico (sni). Foram avaliados pH, condutividade elétrica, efeito espalhante, a redução de espuma, efeito emulsificante e efeito adesivo. Para pH e condutividade elétrica, utilizou-se um peagâmetro/conduvívmetro digital. O efeito espalhante foi realizado em superfície vegetal, medindo-se o espalhamento de gotas, seguido da análise de imagem capturada. Para avaliar a redução de espuma, mediu-se a coluna de espuma reduzida em proveta de vidro. O efeito emulsificante foi realizado em proveta volumétrica, medindo-se a coluna da solução não emulsificada. A maior redução de pH foi promovida pelos adjuvantes fosfatidilcolina e ácido propiônico, adjuvante estrutural misto e adjuvante siliconado. A maior redução de espuma foi promovida pelos adjuvantes lauril éter sulfato de sódio, adjuvante estrutural misto e adjuvante siliconado. O maior efeito emulsificante foi promovido pelo surfactante não iônico. O maior efeito de espalhamento de gotas foi promovido pelos adjuvantes à base de óleos essenciais e lauril éter sulfato de sódio. A melhor dessecação foi promovida na presença dos adjuvantes siliconado, lauril éter sulfato de sódio e fosfatidilcolina e ácido propiônico, o que pode estar relacionado à maior porcentagem de cobertura de gotas. As características avaliadas permitiram elucidar as melhores propriedades dos adjuvantes. Tal fato foi de grande importância para melhor recomendação e posicionamento desses produtos no preparo de caldas e aplicação de produtos fitossanitários.

Palavras-chave: surfactantes, condicionador de calda, tamponante, emulsionante, redutores de deriva

ABSTRACT

PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF ADJUVANTS USED IN THE AGRICULTURAL REGION OF UNAÍ-MG

Adjuvants are essential tools for better performance of phytosanitary products, by improving their biological effectiveness and, consequently, reducing the amount of active ingredient in the environment. Among several characteristics they perform, adjuvants can modify the physicochemical properties of phytosanitary mixtures, reducing surface tension and the contact angle of drops with the target surface, in addition to altering viscosity, pH, electrical conductivity, producing effects under the absorption of products. Despite the clarity of this information, the functions of adjuvants are little understood by many farmers in the Unaí City, which is known for its great agricultural potential. Added to this, there is many commercial products available on the market in this region, with different characteristics. However, there is a need to better clarify the main functions that such products perform. Therefore, the objective of this work was to evaluate the physicochemical properties and the desiccation effectiveness of mixtures with adjuvants. Seven adjuvants with the following compositions were evaluated: 1. sodium lauryl ether sulfate (less); 2. phosphatidyl choline and propionic acid (fcap); 3. silicone mixed structural adjuvant (aems); 4. silicone adjuvant (ads); 5. orange essential oil (eoil); 6. vegetable oil and terpenoids (eoilt); 7. nonionic surfactant (sni). pH, electrical conductivity, spreading effect, foam reduction, emulsifying effect and adhesive effect were evaluated. For pH and electrical conductivity, a digital peagometer/conductivity meter was used. The spreading effect was carried out on a plant surface, measuring the spread of drops, followed by analysis of the captured image. To evaluate foam reduction, the reduced foam column was measured in a glass beaker. The emulsifying effect was carried out in a volumetric beaker, measuring the column of non-emulsified solution. The greatest pH reduction was promoted by the phosphatidylcholine and propionic acid, mixed structural adjuvant and silicone adjuvant. The greatest foam reduction was promoted by the sodium lauryl ether sulfate, mixed structural adjuvant and silicone adjuvant. The greatest emulsifying effect was promoted by the non-ionic surfactant. The greatest droplet spreading effect was promoted by adjuvants based on essential oils and sodium lauryl ether sulfate. Better desiccation was promoted in the presence of silicone adjuvants, sodium lauryl ether sulfate and phosphatidylcholine and propionic acid, which may be related to the higher percentage of droplet coverage. The characteristics evaluated allowed us to elucidate the best properties of the adjuvants. This fact was of great importance for better recommendation and positioning of these products in the preparation of mixtures and application of phytosanitary products.

KEYWORDS: surfactants, spray conditioner, buffer, emulsifier.

1. INTRODUÇÃO

Nas diversas propriedades rurais do Brasil, o uso de adjuvantes tem se tornado muito frequente, nos últimos anos, devido ao melhor desempenho biológico proporcionado aos produtos fitossanitários, e conseqüentemente, melhor manejo para as culturas e melhor ganho em eficiência operacional (FARM CHEMICALS, 2013).

Associado a isso, há um mercado desses produtos muito importante e em crescimento, o qual foi estimado, em 350 - 400 milhões de dólares, no Brasil, nos anos de 2012, e estimado em 2,963 bilhões de dólares em 2018 no mundo (VERONESE, 2015).

Conceitualmente, os adjuvantes podem modificar as propriedades físico-químicas das caldas fitossanitárias, diminuindo a tensão superficial e o ângulo de contato de gotas com a superfície alvo, além de alterar a viscosidade, pH, condutividade elétrica de uma solução, produzindo efeitos sob a absorção dos produtos pelas plantas (CUNHA et al., 2017).

De maneira geral, eles podem ser adicionados à formulação dos produtos fitossanitários ou à calda, atuando na formação das gotas (pulverização), na interação biológica do ingrediente ativo com o alvo e sua dinâmica no ambiente (RAETANO; CHECHETTO, 2019). No entanto, sua constante adoção nas aplicações está condicionada ao conhecimento de sua funcionalidade, o que de fato ainda não ocorre entre técnicos e agricultores, no momento de preparo de calda e das aplicações.

Por haver diferença entre o modo de funcionamento dos adjuvantes, o conhecimento do comportamento que a calda pulverizada terá em função da mistura dos mesmos com os defensivos agrícolas é de grande importância. Assim sendo, haverá maior entendimento dos benefícios, dos riscos e das condições de aplicação ideal para cada tipo de mistura (QUEIROZ, 2018).

De acordo com Zabkiewicz (2013), existem muitos produtos adjuvantes registrados nos Estados Unidos da América e outros países, de acordo com sua composição ou função, incluindo-se: organossiliconados com 12%, surfactantes convencionais com 24,07%, formulações a base óleo com 3,27%, redutores de deriva com 8,8%, antiespumantes com 3,13%, e outros como corantes, corretores de pH, nutrientes, condicionadores de água totalizando 22%.

Apesar da clareza dessas informações, as funções dos adjuvantes são pouco compreendidas por vários agricultores e técnicos do campo no Município de Unaí, situado no noroeste de Minas Gerais, o qual é conhecido por seu grande potencial agrícola.

Somado a isso, há uma grande quantidade de produtos comerciais disponíveis nesta região, com diversas características, no entanto, há necessidade de uma investigação para maior detalhamento sobre as principais funções que os adjuvantes podem desempenhar.

Com os resultados deste estudo, se pretende ponderar a eficiência dos adjuvantes em diferentes aspectos e como eles contribuem para melhorar a aplicação de diferentes defensivos. Logo, o presente trabalho objetivou avaliar as propriedades físico-químicas e eficácia de dessecação de caldas com adjuvantes.

São fundamentais nas aplicações de herbicidas, atuando como protetores solares, anti- evaporantes, reduzindo a possível formação de espuma no tanque e, principalmente, a redução de deriva. Essa última função é fundamental para que não ocorra o carregamento do defensivo pelo vento, levando aos locais que não sejam alvo da aplicação, dando maior garantia e segurança ao aplicador (CUNHA et al., 2017).

Os adjuvantes tensoativos ou surfactantes têm a capacidade de modificar a orientação das moléculas entre dois líquidos ou entre líquido e superfície vegetal, aumentando a capacidade de penetração de herbicidas sistêmicos pelo equilíbrio do balanço hidrofílico-lipofílico. Isso se dá pelo fato de que a calda modificada pelo adjuvante possui menor tensão superficial e, conseqüentemente, melhor distribuição sobre a camada hidrofóbica das folhas, facilitando sua penetração (WIDYANINGTYAS et al., 2016).

Os adjuvantes podem ainda proporcionar o efeito emulsificante, isto é, melhorar a possível combinação de diferentes produtos fitossanitários numa mesma calda de aplicação, para que a calda apresente melhor estabilidade e menor incompatibilidade, otimizando o processo de aplicação na lavoura.

A tensão superficial executa um papel importante na retenção e adesão da solução na superfície foliar, pois está relacionada à capacidade de molhamento. Isso acontece porque o ângulo de contato, formado entre a gota pulverizada e o alvo, é influenciado pela presença de surfactantes na solução (CUNHA, ALVES E MARQUES, 2019).

A condutividade elétrica está relacionada à capacidade de uma solução conduzir corrente elétrica, sendo influenciada pela presença e concentração de íons dissolvidos na solução. Quanto maior a quantidade e concentração de íons presentes, maior será a condutividade elétrica da solução. Essa característica está ligada à presença e concentração de íons na calda, que pode influenciar na eficácia biológica das substâncias. Quanto maior a carga elétrica nas gotas, quando são aplicadas em conjunto com soluções, maior a condutividade. Existem diferentes características que podem induzir a condutividade elétrica de uma solução,

a concentração e a mobilidade dos íons presentes são algumas delas. Soluções ácidas e alcalinas podem ter diferentes níveis de condutividade elétrica, dependendo dos íons que possuem (CUNHA; ALVES; MARQUES, 2019).

Adjuvantes considerados antiespumantes ou redutores de espuma, geralmente são surfactantes, com atributos que atuam na diminuição da formação de espuma ou eliminação da espuma dependentes do valor de balanço hidrofílico-lipofílico da molécula, organossilicones são muito utilizados para estes fins (RAETANO e CHECHETTO, 2019).

O efeito emulsificante é uma das características muito esperada nos adjuvantes, já que a baixa solubilidade de algumas formulações de defensivos pode comprometer os componentes hidráulicos do pulverizador, por meio do aumento dos níveis de resíduos no tanque e, conseqüentemente, reduzir o potencial do produto no controle dos agentes de danos nas culturas agrícolas (JESUS, 2022).

Os adjuvantes classificados como adesivos incluem substâncias que, por meio de um processo de polimerização geralmente desencadeado pela luz solar ou radiação ultravioleta (UV), formam um filme sobre a superfície alvo. O uso desses adesivos oferece a vantagem de minimizar a remoção dos depósitos nas folhas causada pela chuva. Exemplos de compostos adesivos incluem látex e álcool polivinílico, enquanto outros produtos, como surfactantes e óleos, também podem desempenhar funções relacionadas ao efeito adesivo (RAETANO e CHECHETTO, 2019).

O espectro das gotas influencia diretamente na qualidade de uma pulverização, deve se atentar para a escolha correta de pontas, uma vez que, esses detalhes interferem na deriva, na evaporação e até mesmo na capacidade das gotas penetrarem nas culturas. Deve-se avaliar o diâmetro mediano volumétrico (DMV), que nada mais é o diâmetro da gota que divide o volume pulverizado ao meio, implicando que algumas gotas de diâmetros maiores podem equivaler ao mesmo volume que muitas gotas de diâmetros menores (RAETANO e MOTA, 2019).

A interação entre líquido e componentes de pulverização também deve ser compreendida para que se escolha a combinação de produtos e pontas mais adequada, segura e biologicamente eficiente. Por haver diversas interferências no processo de formação das gotas, é importante que as correlações que possam existir entre as características físico-químicas da calda (tensão superficial e viscosidade) e o espectro de gotas de diferentes modelos de pontas, sejam estudadas.

Além dessas funções, esses produtos têm o intuito de minimizar possíveis problemas, podendo sanar algumas adversidades, como na penetração de folhas de difícil molhamento,

reduzir a taxa de evaporação das gotas, reduzir a fotodegradação, entre outros possíveis problemas (RAETANO; CHECHETTO, 2019).

2. MATERIAL E MÉTODOS

As análises foram realizadas nas instalações do Laboratório de Plantas Daninhas, Entomologia Agrícola e Fitopatologia do Instituto de Ciências Agrárias (ICA), pertencente à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Campus de Unaí, MG. Foram avaliados sete adjuvantes utilizados com maior frequência, na região agrícola de Unaí, sendo: 1. lauril éter sulfato de sódio (less); 2. fosfatidil colina e ácido propiônico (fcap); 3. adjuvante estrutural misto siliconado (aems); 4. adjuvante siliconado (ads); 5. óleo vegetal derivado da casca da laranja (eoil); 6. óleo vegetal e terpenoides (eoilt); 7. surfactante não iônico (sni). Os nomes comerciais foram suprimidos a fim de evitar possíveis conflitos de interesse. Como tratamento controle, utilizou-se água destilada (Tabela 1).

Tabela 1. Composição química e usos dos adjuvantes analisados na região agrícola de Unaí, MG.

Adjuvante	Composição	Classificação	Dose
1	Lauril éter sulfato de sódio (less)	Surfactante, sequestrante e emulsionante	0,15% v v ⁻¹
2	Fosfatidil colina e ácido propiônico (fcap)	Surfactante e tamponante	0,15% v v ⁻¹
3	Adjuvante estrutural misto siliconado (aems)	Espalhante, adesivo, antiespumante e condicionador de calda	0,15% v v ⁻¹
4	Adjuvante siliconado (ads)	Emulsificante, surfactante, anti-deriva, adesivo e tensoativo	0,15% v v ⁻¹
5	Óleo vegetal à base de óleos essenciais da casca da laranja (eoil)	Surfactante, penetrante e efeito translaminar	0,15% v v ⁻¹
6	Óleo vegetal e terpenoides (eoilt)	Surfactante, penetrante, umectante	0,15% v v ⁻¹

7	Surfactante iônico (sni)	não	Redutor de espuma, redutor de deriva, penetrante,	0,15% v v ⁻¹
---	--------------------------	-----	---	-------------------------

* v v⁻¹: volume de adjuvante em relação ao volume de água

Foram avaliadas as seguintes características: o potencial hidrogeniônico (pH), a condutividade elétrica, o espalhamento de gotas (molhamento foliar), a redução de espuma, o efeito emulsificante e a adesividade dos adjuvantes (retenção foliar). As avaliações foram realizadas em temperatura de 25 °C, nas condições de laboratório.

PH e condutividade elétrica

Para análise do potencial hidrogeniônico e da condutividade elétrica, foram preparadas três amostras de soluções com cada adjuvante, contendo, inicialmente, 500 mL de água destilada, em béqueres de vidro, conforme metodologia da ABNT (NBR 13074, 2004). Após isso, acrescentou-se em cada recipiente, o volume de adjuvante relativo à sua dose recomendada (conforme Tabela 1), mantendo-se as soluções sob agitação com bastão de vidro.

As soluções permaneceram em repouso por 5 minutos, medindo-se, em seguida, o pH de cada solução. Após a medição de pH, procedeu-se a análise de condutividade elétrica. Tais medições foram realizadas com peagâmetro e condutivímetro de bancada (Marte, modelo Mb10), o qual é composto por eletrodos para determinação do pH e condutividade elétrica (Figuras 1 e 2). Foram feitas três leituras de pH e condutividade elétrica em cada amostra, à temperatura ambiente.

Espalhamento de gotas (molhamento foliar)

Para análise de espalhamento de gotas, seguiu-se a metodologia adaptada de Decaro (2018). Para isso, preparou-se três amostras de soluções com cada adjuvante, em béqueres de vidro, contendo, inicialmente, 200 mL de água destilada. Após isso, acrescentou-se em cada recipiente, o volume de adjuvante relativo à sua dose, mantendo-se as soluções sob agitação com bastão de vidro por 5 minutos.

Para a avaliação de espalhamento de gotas, utilizou-se uma microseringa do tipo Hamilton (5 µL), para produzir gotas com conteúdo de 1,0 µL, sobre as superfícies axiais e abaxiais (superior e inferior) de folhas de soja. 30 segundos após a aplicação de cada gota, fotografou-se a imagem das folhas com a área umedecida ou área de espalhamento da gota.

A imagem foi capturada através de uma lupa estereoscópica digital (com câmera), com aumento de 100 x, acoplada a um computador. Para cada tratamento, procedeu-se o teste por três vezes. As imagens capturadas foram analisadas em software Adobe Photoshop, para obter a área de espalhamento (mm^2) de cada gota.

Redução de Espuma

A análise de redução de espuma foi realizada em provetas volumétricas de vidro, com capacidade de 100 mL. Utilizou-se a metodologia adaptada de Souza et al. (2015). Inicialmente, em cada proveta, preparou-se soluções contendo água e espumante. Acrescentou-se 50 mL de água destilada. Em seguida, em cada recipiente, colocou-se 10 mL de produto espumante e tampou-se cada proveta com filme plástico. Procedeu-se a agitação de cada proveta com as mãos, segurando pela extremidade, girando 180° , por 30 vezes, no tempo aproximado de 2 segundos por vez (ABNT 13451, 2002).

Após isso, realizou-se a leitura da altura do líquido, em centímetros, e da altura da espuma (não persistente) produzida em cada proveta, com régua graduada. Passados 5 minutos após a primeira leitura, acrescentou-se o volume de adjuvante relativo à sua dose recomendada, em cada proveta. Em seguida, as provetas foram novamente vedadas e agitadas. Por fim, as soluções permaneceram em repouso por mais 5 minutos, realizando-se, novamente, a leitura da altura de espuma (espuma persistente), em cada recipiente.

Efeito emulsificante

Para avaliar o potencial de emulsificação das soluções com adjuvantes, foi utilizada a metodologia adaptada de Cooper & Goldenberg (1987). Foram preparadas soluções de adjuvantes em tubos de 15 mL, graduados e com tampa rosqueável. As soluções dos adjuvantes foram misturadas a compostos hidrofóbicos (óleo de soja), na proporção de 4:6, e homogeneizados em agitador de tubos, em velocidade máxima, por 2 minutos.

Os tubos foram deixados em repouso à temperatura ambiente do laboratório (25°C). Durante 96 horas, em intervalos regulares de 24 horas, contadas a partir do momento da homogeneização, foram efetuadas medidas da altura da Camada não Emulsificada (CE).

Efeito adesivo (retenção foliar)

Avaliou-se o efeito adesivo de cada adjuvante (retenção foliar), conforme metodologia de Duarte et al. (2013). Novamente, foram preparadas 3 amostras de soluções contendo água e adjuvante, seguindo-se as mesmas doses dos produtos.

A partir disso, foram obtidas 10 folhas frescas de soja, realizando-se a pesagem do material vegetal em balança de precisão. Para cada repetição de cada solução adjuvante, 10 folhas de soja foram imergidas por 10 segundos. Após a imersão, as folhas foram retiradas da solução manualmente, e pesadas novamente, em balança de precisão, registrando-se os valores obtidos. Após isso, foi realizada a medição da área foliar de cada folha, através de um smartphone, utilizando o software Petiole (App Petiole 0.5.1 - *Leaf area measurement*). A partir disso, quantificou-se a massa da solução adjuvante aderida por área foliar.

Espectro de gotas e eficácia de dessecação

Foram avaliados espectro de gotas e eficácia de dessecação de plantas infestantes com herbicidas e adjuvantes em estudo. Para avaliação dessas características, foi realizada uma aplicação em uma área em pousio, situada nas instalações da Fazenda Experimental Santa Paula (FESP), da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Campus Unaí, conforme coordenadas geográficas 16°26'28"S 46°54'05"W e altitude 618 m

Foi utilizado um delineamento experimental de blocos ao acaso (DBC), com 7 tratamentos (calda herbicida com 7 adjuvantes) e três repetições, totalizando 21 parcelas, sendo que cada parcela foi constituída de 16 m².

Foi realizado um levantamento para identificação das espécies de plantas infestantes no local, em cada parcela experimental. A identificação das espécies foi realizada utilizando-se o Manual de identificação de plantas daninhas (Lorenzi, 2014).

Para avaliar a eficácia de dessecação de herbicidas com os diferentes adjuvantes, realizou-se a aplicação de calda herbicida, utilizando-se os seguintes produtos em mistura: Glifosato, produto comercial Sumô (Pilarquim Br, dose 4 L ha⁻¹, formulação CS) e Nicossulfuron (Produto comercial Nico, dose 1,5 L ha⁻¹, formulação SC).

Para as aplicações, utilizou-se um pulverizador costal acionado por pressão constante (CO₂), com quatro pontas espaçadas entre si por 0,5 m. Adotou-se a pressão de 200 kPa (30 psi) em todos os tratamentos, velocidade de trabalho 5 km h⁻¹(1,38 m s⁻¹), ponta de pulverização do tipo leque simples, com indução de ar, marca Jacto, modelo AIRMIX110015 e volume de aplicação 120 L ha⁻¹.

As aplicações dos tratamentos ocorreram no dia 10 de outubro de 2023, e as avaliações de eficácia de dessecação ocorreram aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação, utilizando a escala abaixo:

Tabela 2 – Escala de notas de eficácia de controle de plantas daninhas.

Porcentagem (%)	Grau de controle
0 - 40	Nenhum a Pobre (1)
41 -60	Regular (2)
61 -70	Suficiente (3)
71 -80	Bom (4)
81 - 90	Muito Bom (5)
91 - 100	Excelente (6)

Fonte: ALAM, 1974

Adicionalmente, foi avaliado o espectro de gotas pulverizadas pela ponta empregada, através de papéis hidrossensíveis com dimensões de 76 x 26 mm (Spraying Systems Co., Wheaton, U.S.A). Antes da pulverização, foram colocados dois papéis hidrossensíveis por parcela, em posição horizontal e voltados para cima. Em laboratório, os papéis foram digitalizados com um scanner manual (*DropScan, Spray X*, resolução espacial de 600 dpi não interpolados, com cores em 24 bits) e analisados em programa computacional *DropScope (Spray X)*, específico para essa finalidade. Determinou-se a área coberta, porcentagem de gotas, a amplitude relativa (AR), o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), além de $Dv_{0,1}$ e $Dv_{0,9}$.

As condições ambientais durante as aplicações foram monitoradas por meio de um termo-higro-anemômetro digital (Kestrel® 4000). A temperatura durante as aplicações variou de 26 a 29 °C; a umidade relativa variou de 65 a 72%; e a velocidade do vento foi entre 3 e 5 km h⁻¹.

Análise de dados

Os dados coletados foram, primeiramente, submetidos à análise das pressuposições (normalidade de resíduos e homogeneidade de variâncias). Em seguida, procedeu-se a análise de variância (ANOVA), pelo Teste F. Quando significativo, as médias foram comparadas pelo Teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, utilizando-se o software estatístico Sisvar (Ferreira, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

pH e condutividade elétrica

Os dados obtidos dos valores de pH e condutividade elétrica estão demonstrados na Tabela 3. A maior redução de pH foi, significativamente, promovida pelo adjuvante siliconado (ads), assim como a maior média obtida para condutividade elétrica das soluções, indicando a presença de fortes íons nesta solução.

Tabela 3. Médias de pH e condutividade elétrica obtidas em soluções contendo adjuvantes e água destilada.

Adjuvantes	pH (T=26,2 °C)	Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$) (T=28,9 °C)
less	7,34d	158,23c
fcap	4,09c	163,40c
aems	3,00b	402,03b
ads	2,77a	816,33a
eoil	6,32d	148,57c
eoilt	6,55d	149,63c
sni	6,85d	141,03c
Água (controle)	6,99d	141,47c
CV (%)	1,96	12,88
P	0,000*	0,000*

*Médias seguidas por letras distintas, na coluna, se diferem pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade; CV (%): coeficiente de variação; P: valor da probabilidade

Os adjuvantes fosfatidil colina/ácido propiônico (fcap) e adjuvante estrutural misto (aems) também reduziram o pH da solução, porém somente o adjuvante estrutural misto (aems) promoveu maiores médias de condutividade elétrica, mesmo assim, abaixo do adjuvante siliconado.

Já os adjuvantes à base de óleos essenciais (eoil), óleo vegetal e terpenoides (eoilt) e o surfactante não iônico (sni) não promoveram alterações significativas no pH da solução, mantendo o pH mais estável.

Segundo Antuniassi (2015), os aspectos mais relevantes a se considerar na qualidade da água na calda são o pH, a dureza, a condutividade elétrica, a viscosidade e a tensão superficial. O potencial hidrogeniônico (pH) e a condutividade elétrica influenciam no resultado da aplicação, visto que podem acelerar a degradação do fitossanitário. Além disso, a constante de dissociação de muitas moléculas depende do pH, influenciando na absorção pelos tecidos vegetais (CUNHA et al., 2017).

Uma faixa acima ou abaixo do valor do pH ideal pode desencadear a degradação ou hidrólise da molécula. Por exemplo, quando um herbicida ácido fraco é misturado em calda com pH ácido, tende a permanecer intacto, entretanto se for misturado em calda com pH alcalino, resultará, em alguns casos, em quebra das moléculas (REEVES, 1983).

Maski e Durairaj (2010) mostraram que a constante dielétrica e condutividade são duas propriedades importantes que afetam a aquisição de carga elétrica pelas gotas pulverizadas.

As propriedades físico-químicas, tais como o pH e a condutividade elétrica, estão intimamente ligados com a eficiência dos produtos. Diferentes ingredientes ativos tem o tempo de meia-vida afetado pelo pH da calda, não existindo um padrão para todos os ingredientes ativos, sendo aconselhável sempre consultar o fabricante do produto para se ter a faixa ótima de pH, com a finalidade de recomendar o adjuvante ideal. O aumento da condutividade elétrica se deve à presença de íons na calda, que podem ser Ca^{+2} , Fe^{+2} , Al^{+3} , e estes podem reagir com ingredientes ativos e levar a ineficácia dos produtos (KISSMANN, 1998).

Efeito Espalhante (molhamento foliar)

A Tabela 4 apresenta os valores médios de área de espalhamento de gotas (mm^2), nas superfícies superior e inferior de folhas de soja.

Tabela 4. Área média de espalhamento de gotas (mm^2) em superfície de folhas de soja, promovido por caldas com adjuvantes

Adjuvantes	Superfície superior (adaxial) (mm^2)	Superfície inferior (abaxial) (mm^2)
less	31,57a	7,82b
fcap	26,17b	9,37b

aems	24,58b	12,18a
ads	30,02a	8,11a
eoil	34,01a	9,43a
eoilt	27,34b	8,40b
sni	24,90b	11,29
Água (controle)	9,60c	3,44c
CV (%)	13,44	13,81
P	0,0000*	0,000*

*Médias seguidas por letras distintas, na coluna, se diferem pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. CV (%): coeficiente de variação; P: valor da probabilidade

Na superfície superior, o maior espalhamento foi obtido com o adjuvante à base de óleos essenciais (eoil), sendo essa uma camada pouco pilosa. Nessa superfície, o adjuvante lauril éter sulfato de sódio (less) e o adjuvante siliconado (ads) também promoveram maiores valores de espalhamento de gotas.

Já na superfície inferior da folha, os maiores valores foram obtidos pelo adjuvante estrutural misto (aems), sendo esta uma camada mais pilosa. A grande maioria dos adjuvantes apresentaram maiores dificuldades de promover bom espalhamento de gotas, no período de 30 segundos.

As plantas possuem em suas folhas uma superfície hidrofóbica, responsável por repelir a água, o que impede a aderência das soluções da pulverização. Para contornar esta situação, o uso de adjuvantes reduz a tensão superficial da folha, tendo como característica o espalhamento da calda na superfície hidrofóbica, e aumento da penetração do defensivo agrícola no alvo (ALVES *et al.*, 2017).

De acordo com Tavares e Cunha (2023), o acréscimo de óleo mineral junto à base de óleo vegetal surfactante e a solução propriamente dita, podem aperfeiçoar a deposição de gotas nas superfícies das folhas, somando aos efeitos espalhadores e hidratantes das gotas. Essas misturas resultam em gotas com maior vida útil, tamanho de gota com aspecto uniforme e maior influência na superfície da folha. Esta interação resulta na diminuição da tensão superficial, que proporcionam ângulos menores de contato com a folha.

Redução de espuma e efeito emulsificante

Após a aplicação dos adjuvantes, registrou-se a redução da altura da espuma persistente na proveta de vidro, em muitos tratamentos (Tabela 5).

Tabela 5. Médias da altura da camada de espuma persistente e coluna não emulsificada *in vitro*, após aplicação de diferentes adjuvantes

Adjuvantes	Altura de espuma reduzida (mm) (T=26,2 °C)	Camada não emulsificada (mm) (96 h)
less	9,03a	4,33b
fcap	7,73b	14,76d
aems	9,60a	9,31c
ads	10,23a	6,88b
eoil	3,36c	5,71b
eoilt	10,03a	16,93d
sni	7,86b	0,00a
Água (controle)	0,00	10,00c
CV (%)	12,84	23,74
P	0,000*	0,001*

*Médias seguidas por letras distintas, na coluna, se diferem pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade; CV (%): coeficiente de variação; P: valor da probabilidade.

As maiores reduções da altura da espuma foram significativamente obtidas com os adjuvantes siliconado (ads), óleo vegetal e terpenoides (eoilt), lauril éter sulfato de sódio (less) e adjuvante estrutural misto (aems), os quais não se diferiram estatisticamente. Por outro lado, o adjuvante à base de óleos essenciais (eoil) não promoveu redução significativa da espuma, possivelmente por ser um composto pouco denso e promover maiores reduções da tensão superficial do líquido.

Quanto ao efeito emulsificante, o surfactante não iônico (sni) promoveu, significativamente, a completa redução da coluna de óleo sobrenadante, após 96 h de avaliação. Os adjuvantes siliconados (ads), lauril éter sulfato de sódio (less) e adjuvante à base de óleos essenciais (eoil) apresentaram efeito emulsificante intermediário, já que reduziram parcialmente a coluna de óleo sobre a água.

Por último, os adjuvantes fosfatidil colina/ácido propiônico (fcap), óleo vegetal e terpenoides (eoilt) não promoveram nenhuma redução da coluna de óleo *in vitro*, sem efeitos emulsificantes significativos.

Vale ressaltar que os adjuvantes dispersam rapidamente os ingredientes ativos emulsionáveis graças às suas propriedades tensoativas, que estimulam o efeito emulsionante. De acordo com Maisforte *et al.* (2022), sua configuração molecular engloba um componente hidrofílico, que se dissolve em água, e um componente lipofílico, que se dissolve em óleo. Essa composição concede aos adjuvantes a capacidade de se misturar com água e óleo, e facilitar possíveis interações entre as moléculas.

O efeito emulsificante é uma das características muito esperada nos adjuvantes, já que a baixa solubilidade de algumas formulações de defensivos pode comprometer os componentes hidráulicos do pulverizador, por meio do aumento dos níveis de resíduos no tanque e, conseqüentemente, reduzir o potencial do produto no controle dos agentes de danos nas culturas agrícolas (JESUS, 2022).

Diversos produtos fitossanitários utilizados atualmente, entre eles, herbicidas e inseticidas, contêm formulações à base de óleo, e apresentam entre os compostos inertes, algumas propriedades emulsificantes. No entanto, a presença de adjuvantes com maior potencial emulsificante na calda torna-se crucial para melhor interação com a água no tanque, garantindo melhor compatibilidade entre as misturas.

Efeito adesivo

De acordo com a Tabela 6, as soluções contendo os adjuvantes surfactante não iônico (sni) e óleo vegetal e terpenoides (eoilt) apresentaram os maiores efeitos adesivos, em folhas de soja.

Tabela 6. Médias de retenção foliar de solução após aplicação de diferentes adjuvantes

Adjuvantes	Retenção foliar (g mm⁻²)
less	0,23995c
fcap	0,30181b

aems	0,31109b
ads	0,30306b
eoil	0,27370b
eoilt	0,36474a
sni	0,40792a
Água (controle)	0,26052c
CV (%)	17,73
P	0,0313*

*Médias seguidas por letras distintas se diferem pelo Teste de Scot-Knott, a 5% de probabilidade. CV (%): coeficiente de variação; P: valor da probabilidade

As médias de retenção foliar destes adjuvantes foram superiores às outras soluções testadas e à água. Os adjuvantes fosfatidilcolina e ácido propiônico (fcap), adjuvante estrutural misto (aems), adjuvante siliconado (ads) e óleos essenciais (eoil) apresentaram retenção foliar (efeito adesivo) intermediária.

Os adjuvantes classificados como adesivos incluem substâncias que, por meio de um processo de polimerização, geralmente desencadeado pela luz solar ou radiação ultravioleta (UV), formam um filme sobre a superfície alvo. O uso desses adesivos oferece a vantagem de minimizar a remoção dos depósitos nas folhas, causada pela chuva. Exemplos de compostos adesivos incluem surfactantes e óleos, que também podem desempenhar funções relacionadas ao efeito adesivo (RAETANO e CHECHETTO, 2019).

Espectro de gotas e eficácia de dessecação

O adjuvante estrutural misto proporcionou significativamente maior tamanho de gotas (maior DMV), no entanto, este produto juntamente com os adjuvantes lauril éter sulfato de sódio, fosfatidil colina e ácido propiônico e adjuvante siliconado apresentaram a maior densidade de gotas (Tabela 7).

Tabela 7. Espectro de gotas de caldas contendo adjuvantes e herbicidas (glifosato + nicossulfuron) em aplicação para dessecação de plantas infestantes.

Herbicidas e adjuvantes	Área coberta		AR	DMV	D0.1	D0.9
	(%)	Densidade		(μm)	(μm)	(μm)

	(n° gotas cm ⁻²)					
less	26,49a	167,67a	1,20c	495,67b	239,63a	833,33a
fcap	19,01c	122,17a	1,17c	419,73b	216,82b	709,77b
aems	22,32b	153,14a	1,02b	631,96a	266,80a	908,33a
ads	21,34b	131,13a	1,23c	408,40c	207,98b	710,18b
eoil	13,02d	58,56b	1,00b	384,42c	211,81b	596,04c
eoilt	14,12d	51,43b	0,91b	405,32c	247,56a	617,56c
sni	15,06d	67,98b	0,78a	451,52b	268,46a	619,03c
P	0,000*	0,0011*	0,001*	0,000*	0,0013*	0,000*
Cv (%)	7,32	26,90	15,04	8,05	6,62	6,21

*Médias seguidas por letras distintas, na coluna, se diferem pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. CV (%): coeficiente de variação; P: valor da probabilidade; ^{ns} Não significativo; ¹DMV: Diâmetro da Mediana Volumétrica; ²AR: Amplitude Relativa;

Para Landim et al (2020), a presença do óleo vegetal na calda também proporcionou redução do DMV, e o presente trabalho corrobora com estudos realizados por Chechetto & Antuniassi (2012), o qual mostra redução do DMV com uso de óleo vegetal quando comparado ao óleo mineral com pontas de indução de ar.

O espectro das gotas refere-se à extensão da variação no tamanho de uma amostra de gotas, podendo ser representado pelo tamanho absoluto ou pela porcentagem de volume. Consequentemente, quanto mais ampla for a variação no tamanho das gotas, mais heterogêneo será o espectro de uma pulverização (RAETANO e MOTA, 2019).

O uso do papel sensível é um método prático para analisar a qualidade da aplicação, mas este método pode sofrer distorções, principalmente devido a coalescência de gotas, formando manchas e distorcendo a estimativa de tamanho de gotas (FRITZ et al., 2009).

Existe uma ampla variedade de bicos de pulverização que resultam em diversos espectros de gotas. A categorização dos tamanhos de gotas, conforme fornecida pelos fabricantes de bicos, é determinada com base no diâmetro do orifício de saída, na pressão empregada e no volume da aplicação, a composição física e química da solução de pulverização pode influenciar a classificação de tamanhos de gotas predefinida pelos fabricantes de bicos (MOREIRA, 2020).

Outro fator de grande importância na tecnologia de aplicação é a homogeneidade do tamanho das gotas formadas pelas pontas de pulverização, este índice é dado pela amplitude relativa (SPAN), sendo que quanto menor o valor, mais homogêneo é o espectro de gotas (Landim et al.,

2020). No presente estudo, o adjuvante surfactante não iônico proporcionou os menores valores de AR, demonstrando maior uniformidade no espectro. Conforme Baio et al. (2015), o comportamento da amplitude relativa não sofre influência apenas pelos adjuvantes, mas também pelo tipo de ponta empregada.

Eficácia de dessecação

As espécies de plantas infestantes identificadas na área experimental foram *Amaranthus spinosus*, *Eleusine indica*, *Bidens pilosa*, *Comelina benghalensis*, *Althernantera tenela*, *Portulaca oleracea*, *Brachiara decumbens*, *Conisa bonariensis*, *Sida rhombifolia* e *Cyperus rotundus*

Quanto à eficácia na dessecação, não houve diferença significativa entre as caldas contendo diferentes adjuvantes aos 14 dias após a aplicação. No entanto, aos 21 dias após a aplicação, os maiores controles de plantas infestantes foram observados nos tratamentos contendo os adjuvantes lauril éter sulfato de sódio, fosfatidil colina e ácido propiônico e adjuvante siliconado (Tabela 8).

Tabela 8. Notas (%) de eficácia de controle de plantas infestantes, 14 e 21 dias após a aplicação (daa) de herbicidas e adjuvantes na dessecação.

Herbicidas e Adjuvantes	14 daa	21 daa
less	57,66	69,33a
fcap	56,66	71,66a
aems	49,66	51,66b
ads	63,33	75,66a
eoil	51,66	56,66b
eoilt	40,00	49,00b
sni	38,33	41,66b
Cv (%)	20,20	14,43
P	0,0919 ^{ns}	0,0025*

*Médias seguidas por letras distintas, na coluna, se diferem pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade; CV (%): coeficiente de variação; P: valor da probabilidade.

Nossos resultados corroboram com Evonik (2014), onde a velocidade de absorção do glifosato foi aumentada ao se utilizar adjuvantes organossiliconados na cultura do feijão, sendo que este adjuvante melhorou a velocidade e o volume de absorção do herbicida, e ainda aumentou a eficácia e a resistência à chuva.

Além disso, nossos resultados também podem estar relacionados à maior área coberta pelas gotas proporcionada pelos mesmos adjuvantes, conforme estudo do espectro de gotas, no qual o adjuvante lauril éter sulfato de sódio promoveu a maior densidade de gotas por área analisada.

Por outro lado, os adjuvantes que promoveram a menor taxa de controle de plantas infestantes, também apresentaram a menor densidade de gotas na análise anterior. Possivelmente, a composição química dos adjuvantes poderá ter influenciado tal resultado, já que os produtos que não são à base de óleos vegetal podem ter proporcionado maior densidade à calda, com maior deposição no alvo. Os óleos vegetais (terpenoides) como proporcionaram maior quantidade de gotas finas podem ter promovido menor densidade à calda, o que resultou em menor deposição de gotas no alvo.

Sobre a eficácia de controle, os maiores valores obtidos foram próximos de 75% de eficácia de controle, sendo valores classificados como “bom”, conforme Alam (1974), mesmo utilizando dois herbicidas com mecanismos de ação diferentes. Pode-se afirmar que os resultados poderiam ter sido melhores (classificado como “Excelentes”), caso as plantas daninhas estivessem em um menor estágio de crescimento, já que foram encontradas em estágio avançados, com alguns ramos, no caso das dicotiledôneas, ou com maior número de perfilhos, no caso das gramíneas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A maior redução de pH foi promovida pelos adjuvantes fosfatidilcolina e ácido propiônico (fcap), adjuvante estrutural misto (aems) e adjuvante siliconado (ads).

A maior redução de espuma foi promovida pelos adjuvantes lauril éter sulfato de sódio (less), adjuvante estrutural misto (aems) e adjuvante siliconado (ads).

O maior efeito emulsificante foi promovido pelo surfactante não iônico (sni).

O maior efeito de espalhamento de gotas foi promovido pelos adjuvantes à base de óleos essenciais (eoil) e lauril éter sulfato de sódio.

A melhor dessecação foi promovida na presença dos adjuvantes siliconado (ads), lauril éter sulfato de sódio (less) e fosfatidilcolina e ácido propiônico (fcap), o que pode estar relacionado à maior porcentagem de cobertura de gotas.

As características avaliadas possibilitam elucidar as melhores propriedades dos adjuvantes. Tal fato foi de grande importância para conhecer tais características dos adjuvantes para melhor recomendação e posicionamento desses produtos no preparo de caldas e aplicação de produtos fitossanitários no campo.

REFERÊNCIAS

ALAM - ASOCIACION LATINOAMERICANA DE MALEZAS. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de control de malezas. ALAM, v.1, n.1, p.35-38, 1974.

ALVES, G.S., CUNHA, J.P.A.R.; MARQUES, R.S. (2017) Tensão superficial, potencial hidrogeniônico e condutividade elétrica de caldas de produtos fitossanitários e adjuvantes. Revista Ciência Agronômica, 48(2), 261-270.

ANTUNIASSI, U.R.; Tecnologia dentro do tanque. 2015. In: Revista Plantio Direto online. Disponível em: <<https://www.plantiodireto.com.br/artigos/263>>. Acesso em: nov. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13074: Agrotóxico e afins: Preparação de água-padrão para ensaios. Rio de Janeiro, 2004. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13451: Agrotóxico: Determinação de espuma persistente. Rio de Janeiro, 2002. 2 p.

CAMPOS, Henrique Borges Neves. Uso de adjuvantes na aplicação de defensivos agrícolas. Revista Cultivar Máquinas, 164 Ed. Disponível em: <https://issuu.com/grupocultivar/docs/maquinas_164_site>. Acesso em: abril 2023.

CUNHA, J. P.A. R.; PERES, T. C. M. Influência de pontas de pulverização e adjuvantes no controle químico da ferrugem asiática da soja. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.32, n.4, p.597-602, 2010.

CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S.; MARQUES R. S. Tensão superficial, potencial hidrogeniônico e condutividade elétrica de caldas de produtos fitossanitários e adjuvantes. *Revista Ciência agrônômica*, v. 48, n. 2, p. 261-270, 2017.

CUNHA, João Paulo Arantes Rodrigues da; ALVES, Guilherme Sousa; MARQUES, Rodrigo Santos. Tensão superficial, potencial hidrogeniônico e condutividade elétrica de caldas com herbicidas e adjuvantes. In: IX Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação, 2019, Campo Grande. *Anais do IX Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação*. Botucatu: Fepaf, 2019. v. IX. p. 27-30. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/ZCDYrFVwKFtzPwVXFpnhCLb/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 22 abril 2023.

DECARO, R.A. Espalhamento de gotas de fungicidas em associação com adjuvantes sobre superfícies vegetais e artificiais. Dissertação (Produção vegetal), Unesp, Campus Jaboticabal, 89p., 2018.

DUARTE, R. T. Determinação da retenção de calda fitossanitária na superfície foliar de couve com diferentes adjuvantes. In: Congresso brasileiro de fitossanidade, 2, 2013, Jaboticabal - SP, UNESP, p. 662-665, 2013.

EMBRAPA. Dessecação é uma importante estratégia no manejo da soja. 2018. *Plant production*. Disponível em <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/31835117/dessecacao-e-uma-importante-estrategia-no-manejo-da-soja>. Acesso em: out. 2023.

EVONIK. Brochure additives for pesticide formulations.2014d. Disponível em: <http://www.Break Thru.com/product/Break Thru/Documents/brochure-additives-for-pesticide-formulations.pdf>>. Acesso em: nov. de 2023

FARM CHEMICALS. Farmchemicals international. 2013. Disponível em: <http://www.farmchemicalsinternational.com/article/print/34161/6/11/2013>>.

Acesso em: nov. de 2023.

JESUS, A.S. Caracterização funcional do adjuvante condicionador de calda para fungicidas na cultura da soja. Dissertação (Mestrado em Defesa Sanitária Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 61p., 2022.

LANDIM, T.N.; CUNHA, J. P. R.; ALVES, G. S.; MARQUES, M. G. Adjuvantes e taxas de aplicação na pulverização de fungicida na cultura da soja. **Humanidades & Tecnologia em revista (FINOM)**, v. 23, n 2, p.1-17, 2020

LORENZI, H. Manual de identificação de plantas daninhas. 7ª ed., Plantarum, 2014, 384p.

MACIEL, C.D.G. et al. Tensão superficial estática de misturas em Tanque de Glyphosate + Chlorimuron-Ethyl isoladas ou associadas com adjuvantes. *Plantas Daninhas*, v.28, n.3, p.673-685, 2010. Disponível em <https://www.scielo.br/j/pd/a/WxpVtky7pHXnZP4vHPB7wQt/abstract/?lang=pt>. Acesso em: maio 2023.

MARQUES, R. L. L., MARQUES, F. S., ALMEIDA, A. da S., FIGUEIREDO, J. C., MARTINS, A. C., MARTINS, A. B. N., MARTINS, M. J., & CARDOSO, I. C. (2023). Qualidade fisiológica de sementes de soja submetidas aplicação de dessecantes. *CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES*, 16(9), 17554–17569. Disponível em <<https://doi.org/10.55905/revconv.16n.9-223>>. Acesso em: out. 2023.

MASKI, D.; DURAIRAJ, D. Effects of electrode voltage, liquid flow rate, and liquid properties on spray chargeability of an air-assisted electrostatic-induction spray charging system. *Journal of Electrostatics*, v. 68, n. 2, p. 152-158, 2010.

MOREIRA, Raquel Berna. Espectro de gotas e índice de deriva de diferentes pontas com indução de ar na pulverização de associações de dicamba com glyphosate. Tese de doutorado publicada em 2020. Disponível em <<http://hdl.handle.net/11449/234730>>. Acesso em: out. 2023.

OLIVEIRA, R. B.; ANTUNIASSI, U. Caracterização física e química e potencial de deriva de caldas contendo surfatantes em pulverizações agrícolas. *Energia na agricultura*, v. 27, n.1, p.138–149, 2012. Disponível em <<https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2012v27n1p138-149>>. Acesso em: abril 2023.

QUEIROZ, M.F.P. Espectro de gotas e características físicas de caldas com adjuvantes tensoativos e os herbicidas glyphosate e 2,4-d, isolados e em mistura. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2018, 70p.

RAETANO, C. G.; CHECHETTO, R.G. Adjuvantes e Formulações. In: ANTUNIASSI, U.R.; BOLLER, W. (Org.). *Tecnologia de aplicação para culturas anuais*. 2ed.Passo Fundo; Botucatu: Aldeia Norte; FEPAF, 2019, v. 1, p. 29-48.

RAETANO, C. G.; MOTA, A. A. B. Pontas de pulverização hidráulicas. In: ANTUNIASSI, U.R.; BOLLER, W. (Org.). *Tecnologia de aplicação para culturas anuais*. 2ed.Passo Fundo; Botucatu: Aldeia Norte; FEPAF, 2019, v. 1, p. 67-90.

SASAKI, R.S.; TEIXERA, M.M.; SANTIAGO, H.; MADUREIRA, R.P.; MACIEL, C.F.S.; FERNANDES, H.C. Adjuvantes nas propriedades físicas da calda, espectro e eficiência de eletrificação das gotas utilizando a pulverização eletrostática. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.2, p.2-7, 2015.

SIMON, P.C.; CECATTO, A.P.; REOLON-COSTA, A.; CAMERA, J.N.; CATTANEO, R. Meio ambiente e saúde: perspectiva dos produtores rurais frente ao uso de defensivos agrícolas. *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 11, n. 8, p. e49611831394, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i8.31394. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/31394>>. Acesso em: abr. 2023.

SOUZA, D.M.; RAETANO, C.G.; GALO, L.F.; ZANELLA, J.C.L.; PAULA R.A. Avaliação da formação de espuma persistente e não persistente em caldas de pulverização com adjuvantes. *Anais. Jornada Científica e Tecnológica*, Botucatu, São Paulo, p.01-04, 2015. Disponível em:

<http://www.jornacitec.fatecbt.edu.br/index.php/IVJTC/IVJTC/paper/viewFile/261/533>.
Acesso em: jan. de 2023.

TAVARES, R.M.; CUNHA, J.P.A.R.d. Pesticide and Adjuvant Mixture Impacts on the Physical–Chemical Properties, Droplet Spectrum, and Absorption of Spray Applied in Soybean Crop. *AgriEngineering* 2023, 5, 646–659. <https://doi.org/10.3390/agriengineering5010041>

WIDYANINGTYAS, S.; DRELICH, A.; PEZRON, I. Interfacial Properties and Foamability of Amphiphilic Molecules. *IPTEK Journal of Proceedings Series*, v. 2, n. 1, 2016.

ZABKIEWICZ, J.A. *Organo silicone surfactants progress in their use and our understanding over 20 years*. Rotorua: Scientific Consultants, 2013. p. 75-84