

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

Instituto de Ciências Agrárias - ICA

Luana Aline Fontana

**DEPOSIÇÃO DE CALDA FITOSSANITÁRIA NA SOJA MEDIANTE DIFERENTES
TAXAS DE APLICAÇÃO UTILIZANDO PULVERIZADOR ELETROVORTEX®**

Unai-MG

2023

Luana Aline Fontana

**DEPOSIÇÃO DE CALDA FITOSSANITÁRIA NA SOJA MEDIANTE DIFERENTES
TAXAS DE APLICAÇÃO UTILIZANDO PULVERIZADOR ELETROVORTEX®**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

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

Unai-MG

2023

Luana Aline Fontana

**DEPOSIÇÃO DE CALDA FITOSSANITÁRIA NA SOJA MEDIANTE DIFERENTES
TAXAS DE APLICAÇÃO UTILIZANDO PULVERIZADOR ELETROVORTEX®**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

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

Data de aprovação: ____/____/____.

Eng. Agr. Fábio Gonçalves Villela
Fazenda AGCA Unai/MG

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

Prof.^a Dr.^a Mariana Rodrigues Bueno
Instituto de Ciências Agrárias – UFVJM

Unai-MG

AGRADECIMENTOS

A Deus, e a Nossa Senhora Aparecida que iluminaram meu caminho trazendo discernimento para que eu concluísse esta etapa.

Aos meus pais, Tarcizo Fontana e Nelci Soares Fontana que foram essenciais e me proporcionaram condições de concluir minha graduação.

Ao meu irmão, Tarcizo Lucas Fontana que é uma das minhas maiores inspirações, esteve comigo em todos os momentos orientando e segurando a minha mão.

As minhas sobrinhas, Alice e Amanda que são a minha maior alegria, e aqueceram meu coração nos dias difíceis.

Ao meu namorado, Guilherme Dal Magro que foi presença constante na minha vida, abdicando de momentos importantes para se fazer presente, apoiando e orientando. Uma das minhas maiores referências na área.

Aos meus falecidos avós, Santina Lúcia Potrich Fontana, João Fontana, Dalila José de Oliveira, Geraldo Soares, que são meus maiores exemplos de fé e perseverança, que com trabalho e dedicação conquistamos tudo que almejamos nesta vida.

A empresa Jacto, por ser suporte na condução deste trabalho e disponibilizar dados para a realização deste estudo. Ao Dr. Guilherme Sousa Alves por toda dedicação, carinho e paciência para orientar na execução deste trabalho.

Agradecimento especial a minha orientadora Dra. Mariana Rodrigues Bueno, que conduziu o trabalho com paciência e dedicação, sempre disponível a compartilhar seu vasto conhecimento e nos estender a mão em momentos difíceis. Obrigada por manter-me motivada por todo o processo.

Aos professores do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri do Campus de Unaí que me proporcionaram conhecimento necessário para concluir esta graduação.

A equipe da Fazenda AGCA que nos disponibilizaram a área, equipamentos e mão de obra para a execução deste trabalho, em especial ao Fábio Gonçalves Villela.

Aos colegas do grupo de pesquisa PDTec pelo apoio e ajuda na execução do trabalho, que foram minha família durante esta fase, em especial a minha amiga Daniele Ferreira Dias, que foi minha companheira inseparável em todas as atividades dentro da universidade. Foi calma e amparo sempre.

Aos Docentes Dra. Renata Oliveira Batista e Dr. Alessandro Nicoli que me acolheram, aconselharam e foram ombro amigo nos momentos mais difíceis. Ao Dr. Paulo Sérgio Cardoso Batista pela amizade, companheirismo e todos os ensinamentos durante esta jornada.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a deposição de calda fitossanitária nos terços mediano e inferior da cultura da soja empregando diferentes taxas de aplicação de fungicida utilizando o pulverizador autopropelido EletroVortex[®], além de quantificar a produtividade da cultura da soja. Para a avaliação de deposição de calda adotou-se um delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 2x3 com seis repetições, sendo os tratamentos representados por duas taxas de aplicação (50 e 75 L ha⁻¹) e três níveis de assistência de ar (nível #3: 21 m s⁻¹, nível #4: 25 m s⁻¹ e nível #5: 30 m s⁻¹). O sistema eletrostático (5kV por bocal) se manteve ligado em todos os tratamentos. Adicionou-se à calda um marcador azul brilhante na concentração de 3g L⁻¹ para ser detectado por absorvância em espectrofotometria. As aplicações foram realizadas utilizando um pulverizador autopropelido Uniport 3030 EletroVortex[®]. Para a avaliação de produtividade foram adotados o mesmo delineamento e tratamento, todavia foram avaliadas apenas 3 repetições. Foram realizadas cinco aplicações de fungicida ao longo do ciclo da cultura. As parcelas experimentais (6.400 m²) foram constituídas por 32 metros de largura (equivalente a uma passada da barra do pulverizador) e 200 metros de comprimento, mas a área útil para colheita foi de 4.440 m². Para obtenção dos dados de produtividade, utilizou-se uma metodologia de pesagem dos grãos diretamente no caminhão de transporte. A taxa de aplicação de 75 L ha⁻¹ associada ao sistema eletrostático ligado e a velocidade de assistência de ar de 30 m s⁻¹ proporcionaram maior depósito de calda nas folhas medianas e inferiores da soja. O melhor depósito na taxa de aplicação de 50 L ha⁻¹ foi obtida na velocidade de ar variando de 21 a 25 m s⁻¹. A associação entre assistência de ar nos níveis #3, #4 e #5 e a eletrificação das gotas pulverizadas pelo autopropelido EletroVortex[®] utilizando os volumes de calda de 50 e 75 L ha⁻¹ não proporcionaram diferença em produtividade na cultura da soja.

Palavras-chave: assistência de ar, eletrificação de gotas, produtividade, tecnologia de aplicação.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the deposition of phytosanitary spray on middle and lower soybean thirds by using different application rates through self-propelled sprayer EletroVortex[®], in addition to quantifying the productivity of the soybean crop. For the assessment of deposition, a completely random block experiment was set in a 2x3 factorial design involving two application rates (50 and 75 L ha⁻¹) and three levels of air assistance (level #3: 21 m s⁻¹, level #4: 25 m s⁻¹ and level #5: 30 m s⁻¹) with six replicates. All treatments were applied maintaining the electrostatic system (5kV per nozzle) turned on. A bright blue tracer at 3g L⁻¹ was added to the spray solution to enable detection by absorbance in spectrophotometry. Applications were performed using a Uniport 3030 EletroVortex[®] self-propelled sprayer. To evaluate productivity, the same design and treatment were adopted, however only three replications were evaluated. There were made five fungicide applications throughout the crop cycle. The experimental plots (6.400 m²) consisted of 32 meters in width (equivalent to one pass of the sprayer bar) by 200 meters in length, but the harvested area was only 4.440 m². The soybean productivity was quantified by weighting the grains directly on the transport truck. The 75 L ha⁻¹ application rate associated to electrostatic system and the air assistance of 30 m s⁻¹ provided the greatest deposition on the middle and lower soybean leaves. The best deposition at 50 L ha⁻¹ application rate was obtained with air velocity level varying from 21 to 25 m s⁻¹. The association between air assistance at levels #3, #4 and #5 and the droplets electrification by the self-propelled EletroVortex[®] using 50 and 75 L ha⁻¹ spray volumes did not affect soybean productivity.

Keywords: air assistance, droplet electrification, yield, application technology.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	OBJETIVOS.....	10
2.1	Objetivos específicos	10
3	REVISÃO DE LITERATURA	10
3.1	Aspectos gerais da cultura da soja	10
3.2	Tecnologia de aplicação de Produtos Fitossanitários	11
3.3	Tecnologias complementares em pulverizadores de barra.....	13
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	14
4.1	Local e descrição geral do experimento.....	15
4.2	Delineamento experimental e tratamentos	15
4.3	Equipamento de aplicação.....	16
4.4	Condições meteorológicas	16
4.5	Avaliação de deposição de calda.....	16
4.6	Avaliação de Produtividade	17
4.7	Análises estatísticas.....	18
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	22
	REFERÊNCIAS	23

1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja é uma das mais importantes mundialmente, e sua produção tem finalidades alimentícias, tanto humana quanto animal, agrícolas como a produção de biodiesel até a produção de subprodutos para o meio automobilístico como na produção pneus (LOVISON, 2021). Na safra 2022/23 o Brasil se consolidou mais uma vez como o principal produtor (163 milhões de toneladas) e exportador (95,5 milhões de toneladas) do complexo soja (USDA, 2023). Para que sejam alcançados resultados ainda mais significativos em produção e produtividade, é fundamental um bom manejo fitossanitário na cultura, o qual está relacionado com a escolha de um bom produto e de uma aplicação eficiente.

A tecnologia de aplicação é o emprego de todos os conhecimentos científicos que integram informações sobre produtos fitossanitários, pulverização, alvos, adjuvantes, formulações, recursos humanos, tecnologia de informação e ambiente (ANTUNIASSI *et al.*, 2022). Um dos assuntos mais estudados nos últimos anos relacionados a tecnologia de aplicação é a viabilidade de redução dos volumes de calda. Existe uma tendência em reduzir a quantidade de água utilizada nas aplicações, porém, a utilização de menores volumes requer otimização da tecnologia de aplicação para garantir uma boa cobertura do alvo desejado (BAIO *et al.*, 2016; BUENO *et al.*, 2014) além de trazer ganhos na capacidade operacional dos pulverizadores (CUNHA *et al.*, 2014).

Diversas tecnologias têm sido desenvolvidas para auxiliar o produtor a realizar aplicações mais eficientes, como, por exemplo, o uso de assistência de ar na barra dos pulverizadores para direcionar as gotas durante a pulverização (ANTUNIASSI *et al.*, 2021). Outra tecnologia que tem o potencial de melhorar a qualidade das aplicações é a eletrificação das gotas, que consiste em carregar as gotas através de um sistema de indução de carga que gera um campo elétrico e atrai as gotas para a superfície foliar, aumentando potencialmente a deposição foliar pois pode atingir locais de difícil acesso como o terço inferior das plantas e a face inferior das folhas (SALCEDO *et al.* 2020; CERQUEIRA *et al.*, 2017; CUNHA *et al.*, 2017).

A união dessas duas tecnologias resultou no desenvolvimento de um pulverizador de barras autopropelido denominado EletroVortex[®], cujas principais finalidades são a possibilidade de redução da taxa de aplicação sem comprometer a qualidade da pulverização, promover maior depósito de calda na planta, aumentando assim o potencial da cultura de permanecer mais tempo livre de pragas e doenças, e conseqüentemente expressar o máximo do seu potencial produtivo (JACTO, 2020), além do aumento da autonomia do equipamento, pois

reduz paradas para abastecimento, conseqüentemente maior rendimento operacional (JACTO, 2020).

A assistência de ar combinada com a pulverização eletrostática, pode oferecer uma aplicação eficaz de produtos fitossanitários, em termos de deposição de calda pulverizada nos diferentes extratos das plantas (SILVA, 2019; MASKI; DURAIRAJ, 2010). Ademais, como a cada ano a tendência tem sido reduzir as taxas de aplicação, essa redução requer otimização da tecnologia de aplicação para garantir uma boa cobertura (BAIO *et al.*, 2016; BUENO *et al.*, 2014;), deposição de calda e proteção do alvo desejado com o mínimo de perdas (BERGER NETO *et al.*, 2017; TORMEN *et al.*, 2012;).

2 OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a deposição de calda fitossanitária nos terços mediano e inferior das folhas de soja e quantificar a produtividade da cultura empregando diferentes taxas de aplicação utilizando o pulverizador autopropelido EletroVortex[®].

2.1 Objetivos específicos

- Avaliar deposição de calda por meio da adição de traçador azul brilhante na calda nos terços mediano e inferior das plantas de soja.

- Quantificar a produtividade da cultura da soja em função da pulverização associada a diferentes configurações do sistema eletrostático com a assistência de ar.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Aspectos gerais da cultura da soja

A soja é uma leguminosa de ciclo anual, pertence à família Fabaceae, com origem na China. A espécie cultivada é a *Glycine max*. É uma planta autógama, com folhas trifolioladas, exceto o primeiro par de folhas simples, no nó acima do nó cotiledonar. Seu sistema radicular

é pivotante e com grande número de raízes secundárias responsáveis pela absorção de nutrientes (SEDIYAMA *et al.*, 2015).

A oleaginosa é uma das mais importantes culturas da economia mundial. Seus grãos são muito utilizados pela agroindústria (produção de óleo vegetal e rações para alimentação animal), indústria química e de alimentos (KOESTER *et al.*, 2014). O Brasil é o maior produtor e exportador global de soja em grão, também detém os maiores estoques do produto em grãos e do farelo de soja. A área cultivada no Brasil na safra 2022/23 foi de 44,07 milhões de hectares, com uma produção de aproximadamente 154,6 milhões de toneladas com produtividade média de 3508 kg ha⁻¹ (CONAB, 2023).

Segundo dados do CEPEA/ABIOVE (2023) o PIB total da cadeia da soja e do biodiesel crescerá 19,88% em 2023 comparado a 2022. Este desempenho reflete os crescimentos estimados em todos os segmentos do PIB, de 6,2% para insumos, 38,47% para soja dentro da porteira, 3,88% para agroindústria e de 15,66% para os agrosserviços.

Além de ser importante no quesito econômico, a leguminosa desempenha um papel de extrema importância social, uma vez que emprega milhares de pessoas direta e indiretamente, proporcionando uma melhor qualidade de vida aos colaboradores envolvidos com o setor e levando desenvolvimento às principais regiões produtoras do país (APROSOJA, 2022; CONAB, 2022).

Devido ao seu status e importância nacional as empresas privadas, universidades e institutos de pesquisa estão em constante busca e aperfeiçoamento em produtos, técnicas de cultivo, insumos, tendo como foco o aumento de produtividade levando em consideração a questão ambiental e sustentável. Para que sejam alcançados resultados ainda mais significativos em produção e produtividade, é fundamental um bom manejo fitossanitário na cultura, o qual está relacionado com a escolha de um bom produto e de uma aplicação eficiente (ANTUNIASSI *et al.*, 2022).

3.2 Tecnologia de aplicação de Produtos Fitossanitários

A tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários constitui-se num conjunto de conhecimentos técnicos e científicos que possuem a finalidade da correta deposição de um produto biologicamente ativo sobre o alvo biológico na quantidade necessária visando o mínimo de contaminação de outras áreas (ANTUNIASSI *et al.*, 2017). Essa tecnologia está apresentando avanços significativos em diversas frentes, sendo o controle da deriva, uma das maiores preocupações nas pesquisas. Nesse sentido, um ponto fundamental para o sucesso nas

aplicações é a correta regulagem, assim como a manutenção das máquinas aplicadoras (CONTIERO *et al.*, 2018).

Para a obtenção de alta eficiência de pulverização na lavoura é de suma importância adequar fatores como, a dosagem ideal, volume e deposição de calda na planta, além de condições meteorológicas adequadas (temperatura, umidade relativa e velocidade do vento) no momento da pulverização (GENTIL-SERGENT *et al.*, 2021).

Ainda segundo ANDEF (2010) a aplicação correta e adequada de um produto fitossanitário está na escolha das gotas adequadas às condições climáticas locais, principalmente a umidade relativa do ar. Gotas de pulverização que se elevam ou se deslocam para fora da área de aplicação deverão ser evitadas. Deslocamentos laterais das gotas dentro da área de aplicação são necessários para melhorar a penetração e deposição dentro da massa foliar das culturas.

A escolha do tipo de pulverização e ponta utilizada é de grande importância. Existem pontas com gotículas de vários tamanhos, que é um fator fundamental na deposição do produto no alvo. Gotículas finas podem aumentar cobertura em aplicações devido à maior área de contato com o alvo, no entanto, elas são mais suscetíveis a arrasto causado por deriva e evaporação. Por outro lado, é mais provável que gotas grossas não se fixem no alvo, o que resulta em escoamento para o solo gerando uma redução do número de gotas por cm², como resultado, menor contato do produto com a planta (FRITZ *et al.*, 2012).

A cada ano a tendência é reduzir as taxas de aplicação, o que requer otimização da tecnologia de aplicação para garantir uma boa cobertura (BAIO *et al.*, 2016; BUENO *et al.*, 2014) e deposição de calda no alvo. O volume de calda a ser aplicado depende do tipo de tratamento que está sendo realizado, porém apresenta uma relação com o tamanho das gotas que serão produzidas pelas pontas, que determinarão a distribuição do produto fitossanitário no alvo (BIFFE *et al.*, 2018). Segundo Cunha & Peres (2010) anteriormente uma pulverização era considerada eficiente só quando a cultura era bem molhada, com grande volume de calda por área. Esse conceito, no entanto, tem mudando, porque esse alto volume pode levar à perda de produto por escoamento, além de onerar a aplicação.

Segundo MATTHEWS (1979), o volume de aplicação de produtos fitossanitários para as culturas no campo é dividido em cinco categorias: alto volume (maior que 600 L ha⁻¹), volume médio (200 – 600 L ha⁻¹), volume baixo (50 – 200 L ha⁻¹), volume muito baixo (5 – 50 L ha⁻¹) e volume ultrabaixo (< 5 L ha⁻¹).

Cunha e Peres (2010) observaram que o aumento do volume de calda de 200 para 250 L ha⁻¹ não influenciou na severidade da ferrugem da soja e na produtividade da cultura. Os

autores destacam ainda que quando se pode utilizar o menor volume de calda testado, aumenta capacidade operacional dos pulverizadores, reduz os custos operacionais e ainda aumenta o aproveitamento de boas condições climáticas. Entretanto, é importante destacar que de acordo com Freitas *et al.* (2022), volumes muito baixos tendem a aumentar problemas de incompatibilidade de misturas em tanque, que ainda são muito pouco conhecidos pela pesquisa, uma vez que as misturas em tanque foram regularizadas e permitidas recentemente. Para a adequação do volume de calda buscando a obtenção de uma boa cobertura do alvo deve-se atentar também ao tipo e característica do produto fitossanitário utilizado e o tipo de alvo. Por exemplo, em aplicações de herbicidas sistêmicos, que possuem boa mobilidade na planta, a cobertura do alvo pode ser menor, comparada à herbicidas de ação de contato necessitando de um menor volume de calda (CAVENAGHI; CARBONARI, 2019).

3.3 Tecnologias complementares em pulverizadores de barra

Os pulverizadores de barra consistem em uma barra com bico montados nas pontas de pulverização. Esse tipo de pulverizador possui a capacidade de aplicação em grandes áreas em tempo reduzido, sendo um dos tipos de pulverizadores mais indicados para produtores que desejam aplicar volumes variados, mas que visam alta eficiência na cultura. A barra é empregada principalmente em culturas anuais, como soja, milho, trigo, batata e na horticultura (SIQUEIRA, 2008).

Diversas tecnologias têm sido desenvolvidas para auxiliar o produtor a realizar aplicações mais eficientes, como, por exemplo, o uso de assistência de ar na barra dos pulverizadores para direcionar as gotas durante a pulverização (ANTUNIASSI *et.al.*, 2021). Outra alternativa para melhorar eficiência de aplicação e reduzir perda, é a tecnologia da pulverização eletrostática, que possibilita o aumento da cobertura sobre o alvo reduzindo perda por deriva e evaporação (CHAIM; WADT, 2015).

A eletrificação das gotas, consiste em carregar as gotas através de um sistema de indução de carga que gera um campo elétrico e atrai as gotas para a superfície foliar, aumentando potencialmente a deposição foliar pois pode atingir locais de difícil acesso como o terço inferior das plantas e a face inferior das folhas (SALCEDO *et al.* 2020; CERQUEIRA *et al.*, 2017; CUNHA *et al.*, 2017).

De acordo com Sasaki *et al.* (2015) na pulverização eletrostática as gotas são eletrificadas com cargas positivas ou negativas, fazendo assim com que a gota não mude sua trajetória entre o pulverizador e o alvo através da atração por este, devido a busca por

neutralidade da mesma, obtendo uma aplicação direcionada, reduzindo perdas para o ambiente e redução de volume de calda.

Segundo Andef (2010), a assistência de ar no momento da pulverização consiste em uma cortina de vento que percorre toda a barra do pulverizador e faz com que as gotas tenham uma maior velocidade no sentido desejável da aplicação. Auxilia principalmente no controle de deriva, que muitas vezes é causada por ventos inferiores a $0,83 \text{ m s}^{-1}$ ou superiores a $2,78 \text{ m s}^{-1}$. Em situações em que o vento é inferior ao desejado, as gotas muito finas ficam em suspensão no ar e em situação superior ao desejado faz com que as gotas sejam desviadas do alvo desejado. A utilização da assistência de ar segundo Jorgensen e Witt (2000) trouxe uma melhora de 50 % nas derivas por sedimentação enquanto na deriva aerotransportada a melhora foi de 75% na cultura da batata.

Além da redução da deriva, a assistência de ar teve uma resposta positiva na melhora da deposição de produto nos terços inferior e médios, além de melhorar a deposição na parte abaxial das folhas das culturas. Essa melhora faz com que o controle seja o mais efetivo, pois pragas como a mosca-branca estão localizadas nas partes abaxiais das folhas e muitas doenças se propagam na sua grande maioria na parte inferior da planta, pois o ambiente é mais favorável para seu desenvolvimento (RAETANO, 2011).

Novos pulverizadores de barra autopropelidos, tem sido desenvolvido com tecnologias que unem a assistência de ar e eletrificação de gotas na barra de pulverização, os pulverizadores detentores dessa tecnologia são denominados de EletroVortex[®]. Esses equipamentos são equipados com dois ventiladores com velocidades de ar que podem chegar à 30 m s^{-1} (108 km h^{-1}), fornecendo para as barras todo o ar necessário para transportar as gotas, até o último bico de pulverização. Com 5 níveis de ajuste de velocidade, oferece ar na medida certa de acordo com o tipo e estágio de desenvolvimento da cultura, objetivando reduzir o volume de calda das aplicações sem comprometer a qualidade da pulverização (JACTO, 2020).

A assistência de ar combinada com a pulverização eletrostática, pode oferecer uma aplicação mais eficaz de produtos fitossanitários, em termos de deposição de calda pulverizada nos diferentes extratos das plantas (SILVA, 2019; MASKI; DURAIRAJ, 2010). Além de reduzir problemas de contaminação ambiental decorrentes de perdas por deriva ou escorrimento por exemplo (JACTO, 2020).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local e descrição geral do experimento

O experimento foi realizado na Fazenda AGCA localizada na cidade de Bonfinópolis de Minas/Minas Gerais. As análises de laboratório foram realizadas no laboratório de Plantas Daninhas do Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da Universidade Federal dos Vales de Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Campus Unaí, localizada na cidade de Unaí-MG.

Em sistema de cultivo direto na safra de verão 2022/2023 foi conduzida a lavoura de soja, com a cultivar CD 37B43 (Credenz - BASF®, Alemanha) com população de 320.000 plantas por hectare e espaçamento de 50 cm entre linhas. A semeadura, os tratos culturais e fitossanitários seguiram as recomendações da fazenda, ao longo do ciclo da cultura foram realizadas um total de cinco aplicações de fungicida, todas nas mesmas configurações de tratamentos.

4.2 Delineamento experimental e tratamentos

Para a avaliação de deposição de calda em posição equivalente aos terços mediano e inferior da cultura foi adotado um delineamento de blocos casualizados com esquema fatorial 2x3 com 6 repetições. Os tratamentos corresponderam a duas taxas de aplicação de 50 L ha⁻¹ e 75 L ha⁻¹ e três níveis de assistência de ar, associado ao sistema eletrostático com 5kV em todos os tratamentos (Tabela 1). A coleta de dados foi realizada quando a cultura se encontrava em estágio reprodutivo R5 (Início do enchimento das sementes, até 10% da granação máxima na maioria das vagens localizadas no terço superior da haste principal) (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER 2007).

Tabela 1 – Descrição dos tratamentos avaliados em função do uso de diferentes taxas de aplicação utilizando o pulverizador autopropelido EletroVortex®.

Tratamentos	Taxa de aplicação de	Assistência de ar
1		Nível #3 ¹
2	50 L ha ⁻¹	Nível #4 ²
3		Nível #5 ³
4		Nível #3
5	75 L ha ⁻¹	Nível #4
6		Nível #5

¹Velocidade do ar do vórtex: 21 m s⁻¹. ²Velocidade do ar do vórtex: 25 m s⁻¹. ³Velocidade do ar do vórtex: 30 m s⁻¹.

As parcelas experimentais foram constituídas por 32 metros de largura (equivalente a uma passada da barra do pulverizador) por 200 metros de comprimento, totalizando 6.400 m². Como parcela útil descartou-se a região de passagem do rodado da máquina (3 m), 2 metros de cada extremidade da barra, e 10 metros no início e final parcela, totalizando uma área de 4.440 m².

4.3 Equipamento de aplicação

As aplicações foram realizadas utilizando um pulverizador autopropelido (Jacto[®], Uniport 3030 EletroVortex, Pompéia, SP) dotado de barra de 32 m com 93 bicos espaçados por 0,35 m. As aplicações foram realizadas com altura média de barra de 0,50 m em relação à cultura, na velocidade média de 4,44 m s⁻¹ e pressão das pontas de 450 kPa. Para a taxa de 75 L ha⁻¹ foram utilizadas pontas de jato cônico vazio ATR 2,0 (ALBUX[®], Évreux, França) e para a taxa de 50L ha⁻¹ pontas de jato cônico vazio ATR 1,5 (ALBUZ, Évreux, França), ambas com padrão de gotas finas de acordo com o fabricante.

4.4 Condições meteorológicas

As aplicações foram realizadas entre 8 e 10 h da manhã e os dados meteorológicos foram monitorados por meio de um termo-higro-anemômetro digital (Kestrel[®] 3000, Boothwyn, Pensilvânia, EUA). A temperatura média durante as pulverizações foi de 30 °C (± 1), umidade relativa média de 73% (± 2) e a velocidade do vento manteve-se entre 1,60 m s⁻¹ e 6,00 m s⁻¹.

4.5 Avaliação de deposição de calda

Para as avaliações de deposição de calda nas folhas da cultura, adicionou-se à calda um marcador azul brilhante (Duas Rodas Industrial[®], Azul brilhante, Jaraguá do Sul, SC), na concentração de 3g L⁻¹ para ser detectado por absorvância em espectrofotometria. Foi utilizado um espectrofotômetro (fotômetro fotoelétrico de filtro), com lâmpada de tungstênio-halogênio (FEMTO[®], 700 plus, São Paulo, SP). A quantificação da coloração é feita por absorvância em 630 nm, faixa de detecção do corante azul utilizado, conforme metodologia descrita por Palladini et al. (2005).

Após a pulverização, para cada repetição selecionou-se 10 plantas ao acaso e, em cada planta, seis folhas foram coletadas sendo três, na região mediana e inferior. As folhas

foram agrupadas por posição na planta e colocadas em sacos plásticos, devidamente identificados e acondicionados em caixa térmica para posterior avaliação no Laboratório.

No laboratório foi adicionado aos sacos plásticos 50 mL de água destilada, os quais foram agitados por 30 segundos e o líquido retirado foi acondicionado em tubos Falcon para a leitura da absorvância no espectrofotômetro. A área das folhas foi medida pelo aplicativo Petiole: Plant Leaf Area Meter, fornecido pela Petiole Ltda[®] (SELEZNOV; KUZMENKO, 2013), instalado num aparelho Samsung Galaxy Note 10 plus. Com o uso da curva de calibração, obtida por meio de uma diluição seriada de solução-padrão coletada da própria calda de pulverização, gerou-se uma equação de regressão (Equação 1). Os dados de absorvância foram transformados em concentração (mg L^{-1}) e, de posse da concentração inicial da calda e do volume de diluição das amostras, foi determinada a massa de corante retido nas folhas. Procedeu-se, então, à divisão do depósito total pela área foliar, obtendo-se, assim, a quantidade em ng cm^{-2} de folha.

$$y = 0,0162 x \quad (R^2 0,99) \quad \text{Eq. 1}$$

4.6 Avaliação de Produtividade

A colheita foi realizada no dia 22 de fevereiro de 2023, com uma colhedora automotriz (New Holland[®], CR6080 *Twin rotor*, Curitiba, PR) combinada com uma plataforma SuperFlex, de 30 pés (9,2 m). A velocidade de trabalho do conjunto durante a colheita foi de aproximadamente $1,7 \text{ m s}^{-1}$.

Para obtenção dos dados de produtividade, utilizou-se uma metodologia de pesagem dos grãos diretamente no caminhão de transporte. Para tal foi utilizado um caminhão basculante (Mercedes-Benz[®], Modelo Atego 2430, São Bernardo, SP), e capacidade de carga de 24.000 Kg, o qual foi pesado antes de iniciar a colheita das parcelas em balança rodoviária (Balanças capital[®], BC CONTROLLER 3.0, São Bernardo do Campo, SP) pertencente à propriedade, que estava localizada a aproximadamente 500 m de distância da área do experimento. Como a distância entre a área e balança era muito pequena, a quantidade de combustível consumido ao longo da operação foi mínima, e para conferência, ao final do processo de colheita, o caminhão foi descarregado e pesado novamente, e não houve alteração no peso final.

Com o depósito da colhedora vazio, foram colhidas dentro de cada parcela útil duas passadas da colhedora, entre os rastros do pulverizador (lado esquerdo e direito). Após a colheita, o depósito da máquina foi completamente descarregado no caminhão, que em seguida

se dirigia à balança para quantificação da massa colhida. Este processo foi repetido em todas as parcelas até a finalização da operação de colheita. Após a colheita foram coletados os dados de umidade de cada amostra, por meio de um medidor de umidade (Agrosystem[®], GAC 2100, Ribeirão Preto, SP), e para a obtenção da produtividade final, o peso de grãos das amostras por parcela foram convertidos para hectare e corrigidos para umidade a 13%, conforme a Equação 1.

$$Produtividade (kg ha^{-1}) = \text{Peso úmido da amostra} \times \frac{(100 - \text{Umidade da amostra})}{(100 - 13\%)} \quad \text{Eq. 1}$$

4.7 Análises estatísticas

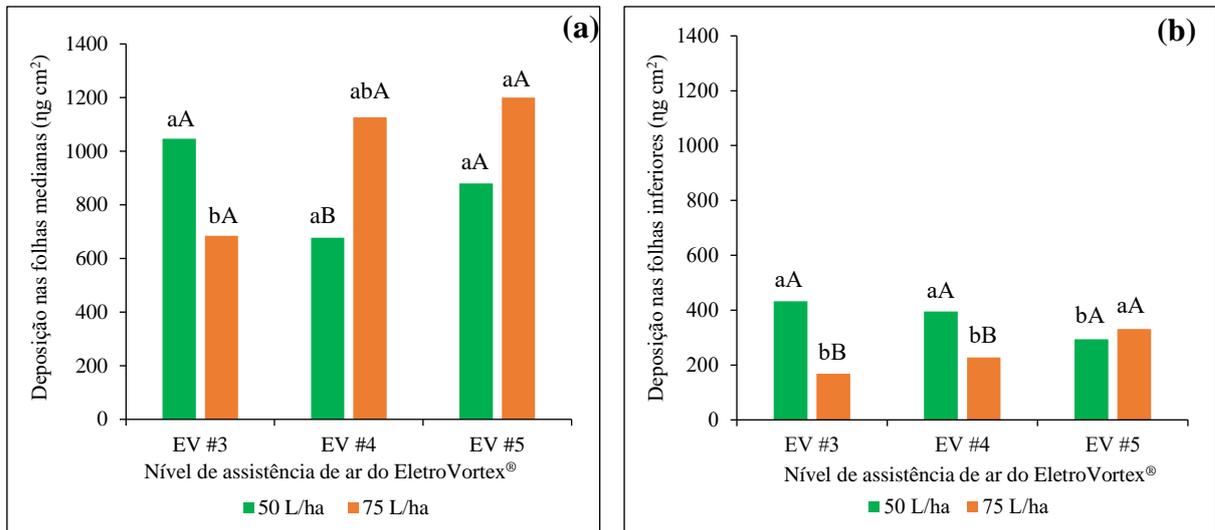
Os dados de deposição de calda nos terços mediano e inferior e os dados de produtividade foram primeiramente submetidos aos testes de pressuposição: normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias pelos testes de Shapiro – Wilk e Levene, respectivamente, a 0,05 de significância, os dados atenderam as pressuposições e não demandaram transformação.

Em seguida os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste de F de Snedecor a 0,05 de significância e, quando significativo, aplicou-se o teste de Tukey a 0,05 de significância para comparação das médias. Todos os testes foram realizados empregando-se o programa estatístico SPSS versão 28.0 (IBM CORP, 2021).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre os fatores, taxa de aplicação e assistência de ar foi significativo para as duas posições na planta, indicando que existe uma relação de dependência entre eles. Quando a taxa de aplicação foi avaliada dentro de cada nível de assistência de ar, foi observada diferença apenas para o nível #4, no qual a taxa de 75 L ha⁻¹ proporcionou maior deposição de calda nas folhas medianas, em contrapartida nas folhas inferiores, para os níveis #3 e #4 a de 50 L ha⁻¹ proporcionou a maior deposição (Figura 1).

Figura 1- Deposição de calda fitossanitária (ng cm^{-2}) no terço mediando (a) e inferior (b) da cultura da soja mediante o uso de diferentes taxas de aplicação (50 e 75 L ha^{-1}) utilizando o pulverizador autopropelido EletroVortex[®] (assistência de ar nível #3: 21 m s^{-1} , nível #4: 25 m s^{-1} e nível #5: 30 m s^{-1} e eletrostático com 5kV por bocal). Bonfinópolis de Minas/MG, 2023.



* Barras com letras distintas, minúscula dentro de cada taxa de aplicação e maiúscula dentro de cada nível de assistência de ar, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0.05 de significância.

Quando se avalia os níveis de assistência de ar dentro de cada taxa de aplicação, é possível observar que, para a taxa de 50 L ha^{-1} os três níveis de assistência de ar apresentaram deposição semelhante nas folhas do terço médio, e no terço inferior apenas o nível #5 apresentou um decréscimo na deposição. Todavia para a taxa de 75 L ha^{-1} , em geral a maior velocidade de assistência de ar (#5) proporcionou maior depósito nas folhas medianas e inferiores (Figura 1).

Taxas de aplicação adequadas, associado a assistência de ar e pulverização eletrostática tendem a melhorar a deposição de calda, principalmente nos terços inferiores das culturas conforme foi observado em trabalhos com a cultura do algodão avaliando taxas de 50 e 100 L ha^{-1} (Serra, 2011), no qual a maior taxa proporcionou maior deposição. Ainda na cultura do algodão avaliando o sistema EletroVortex[®] em aplicação de fungicida Antuniassi et.al (2021) observaram uma maior deposição de calda com a combinação dessas duas tecnologias com a taxa de 60 L ha^{-1} .

Na cultura da soja ao avaliar a aplicação de fungicida no controle da ferrugem asiática (Oliveira et al., 2011) e a deposição de calda fungicida com taxa de 75 L ha^{-1} , utilizando o sistema EletroVortex[®] em comparação ao sistema convencional, Bueno et al., (2022) também observaram maior deposição de calda com a combinação dessas duas tecnologias. Desta forma,

a assistência de ar pode ser combinada com a pulverização eletrostática, oferecendo uma aplicação eficaz de produtos fitossanitários, em termos de deposição de calda pulverizada nos diferentes extratos das plantas (SILVA, 2019; MASKI; DURAIRAJ, 2010).

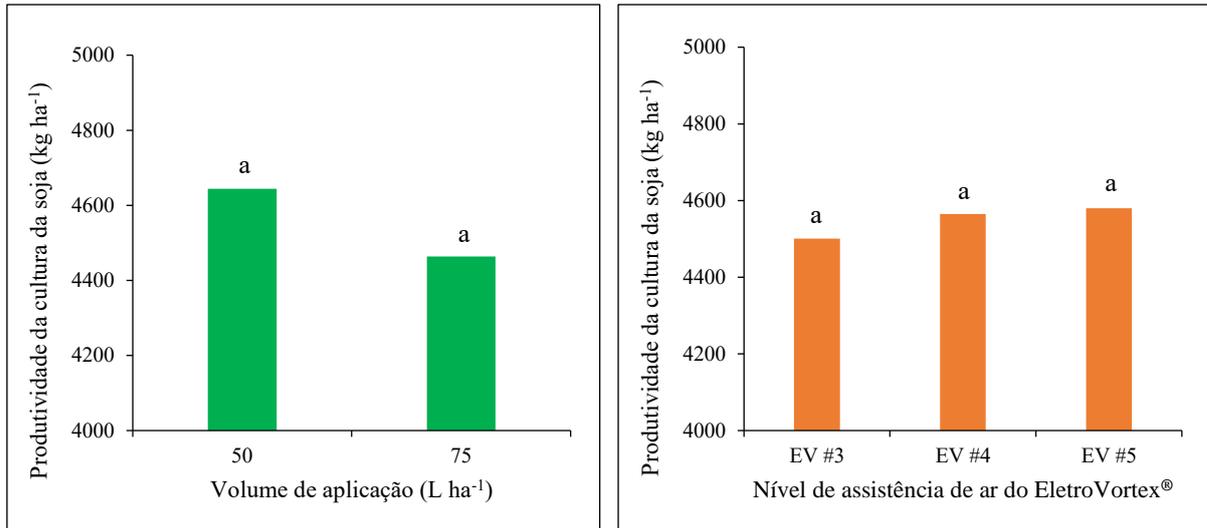
Apesar de, na maioria dos estudos relacionados ao assunto haver um consenso de que a deposição é maior quando se trabalha com a assistência de ar associada a eletrificação de gotas, em alguns casos específicos não foi possível detectar diferenças na deposição nos diferentes terços das plantas com a utilização da combinação dessa tecnologia.

Pelegri et al., (2022) por exemplo, avaliaram um sistema de pulverização que combina assistência de ar e eletrificação de gotas no controle de mosca branca (*Bemisia tabaci*) na cultura da soja. Os autores utilizam uma taxa de aplicação de 56 L ha⁻¹, e não verificam diferenças evidentes na deposição de calda nos três terços estudados (superior, médio e inferior) quando a combinação de sistemas foi testada em conjunto, isolado, ou quando comparado ao sistema convencional de aplicação. É importante ressaltar que, esses autores utilizam um protótipo de equipamento manual, e não um pulverizador terrestre como os demais autores, o que pode ter interferido no fato dos autores não encontrarem diferença na deposição, já que, o próprio deslocamento do pulverizador autopropelido, aliado à condição de vento durante a aplicação, pode auxiliar na deposição das gotas nas folhas da cultura.

Portanto é fundamental continuar avaliando a associação da pulverização assistida por ar com a eletrificação de gotas em diferentes estádios da cultura, incluindo avaliações de deposição nas faces adaxial e abaxial das folhas, além do efeito desse sistema combinado a outras taxas de aplicação, velocidade de deslocamento, tamanhos de gotas e utilização de adjuvantes. Quando mais informações sobre essas possíveis combinações para esse tipo de equipamento estiverem disponíveis no mercado, mais soluções de manejo fitossanitário estarão disponíveis e ao alcance do produtor rural.

Quanto a avaliação de produtividade, não houve interação significativa entre os fatores volume de calda e assistência de ar para a cultura da soja, portanto os dois fatores foram avaliados de forma isolada. Não houve diferença em produtividade independente do volume de calda utilizado (50 e 75 L ha⁻¹), e do nível de assistência de ar do EletroVortex® (#3, #4 e #5) (Figura 2).

Figura 2- Produtividade (Kg ha^{-1}) da cultura da soja em função do uso de diferentes volumes de calda (50 e 75 L ha^{-1}) utilizando o pulverizador autopropelido EletroVortex® (assistência de ar nível #3: 21 m s^{-1} , nível #4: 25 m s^{-1} e nível #5: 30 m s^{-1} e eletrostático com 5kV por bocal). Bonfinópolis de Minas/MG, 2023.



* Barras com as mesmas letras, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0.05 de significância.

Esperava-se que, com a elevação do nível de assistência de ar associado ao sistema eletrostático e a utilização do maior volume de calda, houvesse uma maior produtividade na cultura da soja. Todavia, os resultados seguiram o mesmo comportamento que os resultados do trabalho de Bueno et. al., (2022) realizado na safra 2021/22 com a cultura da soja na mesma região, utilizando o volume de 75 L ha^{-1} , no qual não houve diferença de produtividade entre os três níveis de assistência de ar avaliados (#3, #4 e #5). Os incrementos em produtividade encontrados pelos autores, na ordem de 386, 592 e 621 kg ha^{-1} , para as aplicações com assistência de ar nos níveis #3, #4 e #5, respectivamente, aconteceram apenas em relação a testemunha (pulverização convencional, sem assistência de ar e sistema eletrostático).

Ao avaliar um sistema de pulverização manual assistido com assistência de ar e eletrificação de gotas no controle de mosca branca (*Bemisia tabaci*) na cultura da soja, Pelegrini et al., (2022) também não verificam diferenças em produtividade quando os sistemas foram testados em conjunto ou isolados, assim como quando comparado ao sistema convencional de aplicação. Os autores utilizam um volume de calda de 56 L ha^{-1} , e justificam essa não diferença em função da baixa infestação na praga na lavoura.

Em contrapartida no trabalho de Serra (2011) com a cultura do algodão, no qual os autores avaliaram um protótipo de pulverizador de barras que combina as duas tecnologias:

assistência de ar e sistema eletrostático, a produtividade foi maior nos tratamentos em que foi utilizado a combinação da tecnologia em relação ao sistema convencional nos volumes de calda de 50 e 100 L ha^{-1} , sendo o maior incremento obtido com o tratamento em que se utilizou o maior volume de calda (100 L ha^{-1}).

As recomendações de volume de calda, dose e tipo de produtos, dependem entre vários fatores das condições climáticas no momento da aplicação, do tipo de cultivo, do histórico da área, do tipo e nível de infestação. Se a área cultivada por exemplo não tem histórico de doenças fúngicas que se localizam no terço inferior das plantas como a ferrugem asiática e o mofo branco, e a condição climática é favorável às aplicações, pode-se trabalhar com o menor volume de 50 L ha^{-1} e eletrificação de gotas associada ao menor nível de assistência de ar na barra (#3), uma vez que, a menor velocidade de ar consome menos energia do pulverizador e o menor volume permite maior capacidade operacional já que existe menos paradas para reabastecimento.

Em situações opostas, com alta incidência de doenças e condições ambientais desfavoráveis a aplicação, pode se trabalhar com um volume de calda maior (75 L ha^{-1}), e eletrostático associado a um maior nível de assistência de ar (#5). É fundamental a continuidade desses estudos a fim de avaliar cultivares de soja com diferentes tipos de portes, arquitetura de plantas, índice de área foliar, e assim obter novos dados que subsidiem a escolha das melhores configurações do sistema EletroVortex[®] para cada condição de cultivo, que proporcionem maior deposição de calda, aliada a maior eficácia de controle de pragas, doenças e plantas daninhas e consequentemente maior produtividade de grãos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A taxa de aplicação de 75 L ha^{-1} associada ao sistema eletrostático ligado e a velocidade de assistência de ar de 30 m s^{-1} proporcionaram maior deposição de calda nas folhas medianas e inferiores da soja, enquanto a melhor deposição na taxa de aplicação de 50 L ha^{-1} foi obtida na velocidade de ar variando de 21 a 25 m s^{-1} .

A associação entre assistência de ar nos níveis #3, #4 e #5 e a eletrificação das gotas pulverizadas pelo autopropelido EletroVortex[®] utilizando os volumes de calda de 50 e 75 L ha^{-1} não proporcionaram diferença em produtividade na cultura da soja.

REFERÊNCIAS

ANDEF - Associação Nacional de Defesa Vegetal. **Manual de tecnologia de aplicação**. Campinas. São Paulo: Linea Creativa. 2010. 52p.

ANTUNIASSI, U. R., CARVALHO, F. K., MOTA, A. A. B., CHECHETTO, R.G. **Entendendo a tecnologia de aplicação**. Botucatu: FEPAF, 2017.

ANTUNIASSI, U. R.; MERTENS, T. B.; CARVALHO, F. K.; MOTA, A. A. B.; CHECHETTO, R. G.; SILVA, D. P.; MADEIRA, R. G. Assistência de ar em conjunto com a transferência de carga elétrica na deposição de fungicidas na cultura do algodão. **Revista Plantio Direto**, v. 31, p. 18-22, 2021.

BAIO, F. H. R.; PETTENAN, A. L.; CAMOLESE, H. S.; GABRIEL, R. R. F. Evaluation of spray deposits with twin flat tip with air induction in two soybean stages. **Idesia**, v. 34, n. 4, p. 1-6, 2016.

BERGER-NETO, A.; JACCOUD-FILHO, D. S.; WUTZKI, C. R.; TULLIO, H. E.; PIERRE, M. L. C.; MANFRON, F.; JUSTINO, A. Effect of spray droplet size, spray volume and fungicide on the control of white mold in soybeans. **Crop Protection**, n. 92, n. 2, p.190-197, 2017.

BUENO, M. R.; CUNHA, J. P. A. R.; NAVES, M. G.; TAVARES, R. M. Deposição de calda e controle de plantas daninhas empregando pulverizador de barra convencional e com barra auxiliar, em volumes de calda reduzidos. **Planta Daninha**, v. 32, v. 2, p. 447-454, 2014.

BUENO, M. R.; HACHIYA, T. S. S.; SILVA, S. M.; OLIVEIRA, M. A. V. G.; SILVA, D. P.; MADEIRA, R. G.; ALVES, G. S. Controle eletrostático. **Cultivar Máquinas**, n. 230, p. 36-39, 2022.

CUNHA, J. P. A. R. da; JULIATTI, F. C.; REIS, E. F. dos. Tecnologia de aplicação de fungicida no controle da ferrugem asiática da soja: resultados de oito anos de estudos em Minas Gerais e Goiás. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 4, p. 950–957, 2014.

CAVENAGHI, A. L.; CARBONARI, C. A. **Tecnologia de aplicação de herbicidas para o controle de plantas daninhas**. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOOLER, W. Tecnologia de aplicação para culturas anuais. 2ª ed. rev. amp. - Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2019. p. 261-282.

CERQUEIRA, D. T. R.; RAETANO, C. G.; DAL POGETTO, M. H. F. A.; CARVALHO, M. M.; PRADO, E. P.; COSTA, S. I. A.; MOREIRA, C. A. F. Optimization of spray deposition and *Tetranychus urticae* control with air assisted and electrostatic sprayer. **Scientia Agricola**, v. 74, n.1, p. 32-40, 2017.

CHAIM, A.; WADT, L.G.R. **Pulverização eletrostática: a revolução na aplicação de agrotóxicos**, EMBRAPA, abr. 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-denoticias/-/noticia/2615385/artigo---pulverizacao-elestatica-a-revolucao-na-aplicacao-deagrototoxicos>. Acesso em: 27 nov. 2023.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Safra 2022/23. 12º levantamento, v. 10, n. 12. Brasília-DF, 2023. 111p.

CONTIERO, R. L.; BIFFE, D.F.; CATAPAN, V. **Tecnologia de Aplicação**. In: BRANDÃO FILHO, J. U. T.; FREITAS, P. S. L.; BERIAN, L. O. S.; GOTO, R. comps. Hortaliças-fruto [online]. Maringá: EDUEM, 2018, p. 401-449.

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

CUNHA, J. P. A. R.; BARIZON, R. R. M.; FERRACINI, V. L. ASSALIN, M. R. Spray drift and caterpillar and stink bug control from aerial applications with electrostatic charge and atomizer on soybean crop. **Engenharia Agrícola**, v. 37, n. 6, p.1163-1170, 2017.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da Soja**. 1. ed. Londrina - PR: EMBRAPA, 2007. 9 p.

FREITAS, F.C.L.; FERREIRA, L.R.; SOUZA, W.M.; MORAES, H.M.F.; PAIVA, A.C.G. Desafios e avanços na tecnologia de aplicação de herbicidas. in: MENDES, K.F.; SILVA, A.A. (Org.). **Plantas daninhas, herbicidas**. 2ª ed. São Paulo - SP: Oficina de textos, p. 155-200, 2022.

FRITZ B.K., HOFFMAN W.C., CZACZYK Z., BAGLEY W., KRUGER G., HENRY R. 2012. Measurement and classification methods using the ASAE S572.1 reference nozzles. **Journal of Plant Protection Research** 52 (4): 447–457. DOI: <https://doi.org/10.2478/v10045-012-0072x>

GENTIL-SERGEANT, C. et al. Quantifying pesticide emission fractions for tropical conditions. **Chemosphere** 275(s/n):130014, 2021.

HACHIYA, T. S. S. **Eficiência da pulverização eletroestática associada à assistência de ar na cultura da soja**. Unaí – MG, 2022. 28 p. Monografia (graduação em Agronomia) – Instituto de Ciências Agrárias – UFVJM, Campus Unaí.

IBM Corp. **IBM SPSS Statistics for Windows**, Version 28.0. Armonk, NY: IBM Corp, 2021. JACTO - Máquinas Agrícolas Jacto S/A. Uniport 3030 EletroVortex. **Revista Cultivar Máquinas**, n. 206, p. 20-27, 2020.

JORGENSEN, L; WITT, K.L. Spraying and the impact on the environment: Spraying technique in relation to approval and use of pesticides in Northern Europe. In: HARDI INTERNATIONAL. Hardi international application technology course 2000. Taastrup, 2000. v. 1, chap. 2, p. 4-16.

KOESTER, R. P.; SKONECZKA, J. A.; CARY, T. R.; DIERS, D. W.; AINSWORTH, E. A. Historical gains in soybean (*Glycine max* Merr.) seed yield are driven by linear increases in light interception, energy conversion, and partitioning efficiencies. **Journal of Experimental Botany**, p.1-11, 2014.

LOVISON, V. M. H. **Compostos elastoméricos com óleo de soja modificado para banda de rodagem de pneus**. 2021. Tese (Doutorado) - Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

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, p. 152–158, 2010.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide Application Methods**. London, Longman, 1979. 334 p.

PELEGRINI, G.; SOUZA, A. M.; FERREIRA, P. H. U.; MONTEIRO, G. G.; FERREIRA, M. C. Air-assisted spraying and electrically charged droplets for *Bemisia tabaci* control in soybeans. **Pest Manager Science**, v. 78, p. 4618–4627, 2022.

SALCEDO, R.; LLOP, J.; CAMPOS, J.; COSTAS, M.; GALLART, M.; ORTEGA, P.; GIL, E. Evaluation of leaf deposit quality between electrostatic and conventional multi-row sprayers in a trellised vineyard. **Crop Protection**, v. 127, e104964, 2020.

SASAKI, R. S. et al. Adjuvantes nas propriedades físicas da calda, espectro e eficiência de eletrificação das gotas utilizando a pulverização eletrostática. **Ciência Rural**, v. 45, n. 2, p.274-279, 2015.

SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. **Soja: do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, 2015.

SERRA, M. E. **Pulverização eletrostática e assistência de ar no tratamento fitossanitário na cultura do algodoeiro**. 2011. 102f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2011.

SILVA, D. P. **Interação eletrostática - assistência de ar na deposição da pulverização e viabilidade de fungos entomopatogênicos**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia: Proteção de plantas. Botucatu, 2019. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

SIQUEIRA, J.L., ANTUNIASSI, U.R., OLIVEIRA, R.B., SALVADOR, J.F., OLIVEIRA, M.A.P., GANDOLFO, M.A. **Evolução das práticas de manutenção e calibração de pulverizadores em regiões de produção de soja no Brasil**. In: IV Simpósio internacional de tecnologia de aplicação de agrotóxicos, 2008, Ribeirão Preto/SP. Anais. Jundiaí/SP: IAC, 2008. v.1. p.1-4.

STAWNICZYI, T. J. R.; LIMA, C. S. M. Pulverização pneumática eletrostática com tratamentos fúngicos alternativos no manejo de videira comum em Laranjeiras do Sul/PR. **Rev. Elet. Cient. UERGS**, v.4, n.3, p. 470-477, 2018.

JACTO - Máquinas Agrícolas Jacto S/A. Uniport 3030 EletroVortex. **Revista Cultivar Máquinas**, n. 206, p. 20-27, 2020.

TORMEN, N. R.; SILVA, F. D. L.; DEBORTOLI, M. P.; UEBEL, J. D.; FÁVERA, D. D.; BALARDIN, R. S. Deposição de gotas no dossel e controle químico de *Phakopsora pachyrhizi* na soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 7, p. 802-808, 2012.

USDA - United States Department of Agriculture. **USDA Agricultural Projections to 2028.** Interagency Agricultural Projections Committee Disponível em: <https://www.ers.usda.gov/webdocs/outlooks/92600/oce-2019-1.pdf?v=5257.1>. Acesso em: 24 mai. 2023.