



PULVERIZADOR TURBO EM DIFERENTES VAZÕES NA CULTURA DO CITROS

AIRBLAST SPRAYER AT DIFFERENT APPLICATION RATES IN CITRUS CROPS

Denner Washington de Araújo Torres¹; Nelson Delú Filho²

RESUMO

A citricultura brasileira possui grande relevância econômica e demanda tecnologias que promovam maior eficiência na aplicação de produtos fitossanitários. Nesse contexto, a qualidade da pulverização exerce papel fundamental no controle de pragas e doenças, influenciando diretamente a deposição e a distribuição das gotas no dossel das plantas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes vazões de aplicação utilizando pulverizador turbo na cultura de citros. O experimento foi conduzido em um pomar comercial de tangerina Olé Mourcott, localizado no município de Campanha, Minas Gerais. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, composto por quatro tratamentos correspondentes aos volumes de aplicação de 500, 1000, 1500 e 2000 L ha⁻¹, com seis repetições. Foram avaliadas a cobertura foliar, a densidade de gotas e o tamanho médio das gotas por meio da utilização de papéis hidrossensíveis analisados em equipamento DropScope. Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão. Os resultados demonstraram efeito significativo dos tratamentos para todas as variáveis avaliadas. A cobertura foliar e a densidade de gotas aumentaram com a elevação da vazão aplicada, enquanto o tamanho médio das gotas apresentou comportamento quadrático. Conclui-se que o aumento da vazão favorece a qualidade da pulverização, embora volumes intermediários possam representar uma alternativa eficiente para otimizar a aplicação e reduzir o consumo de recursos na citricultura.

Palavras-chave: Citricultura; Pulverização agrícola; Agricultura de precisão.

ABSTRACT

Brazilian citriculture has great economic importance and requires technologies capable of improving the efficiency of phytosanitary applications. In this context, spray quality plays a fundamental role in pest and disease management, directly influencing droplet deposition and distribution within the plant canopy. This study aimed to evaluate the effect of different application rates using an airblast sprayer in citrus production. The experiment was carried out in a commercial 'Olé Mourcott' mandarin orchard located in Campanha, Minas Gerais, Brazil. A randomized block design was adopted, consisting of

¹ Bacharelado em Engenharia Agrônoma, Centro Universitário do Sul de Minas – Unis/MG. Email: denner.torres@alunos.unis.edu.br.

² Doutor, Centro Universitário do Sul de Minas. Nelson.delu@unis.edu.br.

four application volumes (500, 1000, 1500, and 2000 L ha⁻¹) with six replications. Leaf coverage, droplet density, and mean droplet size were assessed using water-sensitive papers analyzed with a DropScope system. Data were subjected to analysis of variance and regression analysis. Significant treatment effects were observed for all evaluated variables. Leaf coverage and droplet density increased with increasing spray volume, whereas mean droplet size showed a quadratic response. It can be concluded that higher application volumes improve spray quality; however, intermediate volumes may provide adequate deposition while reducing water consumption and operational costs in citrus production systems.

Keywords: Citriculture; Agriculture spraying; Precision Agriculture.

1 INTRODUÇÃO

A citricultura brasileira ocupa posição de destaque no cenário mundial, tanto em área como em produção e processamento de frutos. Em termos globais, o Brasil é o principal produtor de laranja, com volume de produção superior a 16 milhões de toneladas anuais, sendo a região sudeste a principal produtora de citrus no país, ainda que sujeitos a oscilações climáticas, o que impõe avanços constantes em manejo e tecnologias para eficácia e sustentabilidade produtiva (Seminara *et al.*, 2023). De acordo com censo realizado pela Fundecitrus a safra de laranja 2025/2026 na região citrícola dos estados de São Paulo e Minas Gerais foi estimada em 314,6 milhões de caixas de 40,8kg, representando um aumento de 36,2% quando comparado à temporada anterior. Segundo o relatório, a safra anterior (2024/2025) sofreu perdas significativas devido à seca e a presença da doença greening.

Assim, percebe-se que, apesar da sua importância econômica, a atividade enfrenta desafios, como a dependência de um único porta-enxerto, restrições na comercialização de frutas in natura e a ocorrência de pragas e doenças, como a leprose e o Huanglongbing (HLB), que comprometem a produtividade, a qualidade da fruta e podem inviabilizar economicamente a atividade (Adami; Miranda; Barros, 2014; Bassanezi *et al.*, 2020). Nesse contexto, dentre as operações críticas, a pulverização fitossanitária em citros é majoritariamente realizada com turbo pulverizadores, historicamente utilizando volumes de calda elevados para vencer a densa arquitetura foliar e promover deposição interna do dossel.

Na citricultura, a uniformidade da deposição de calda sobre a planta ainda é relativamente baixa, com maior acúmulo nas camadas externas da copa e pouca penetração no interior, onde muitos alvos biológicos residem, comprometendo a eficiência do controle e aumentando desperdício de insumos e custos. Estudos recentes e clássicos mostram, porém, que a calibração fina de parâmetros operacionais, como a seleção de pontas, espectro de gotas, pressão, velocidade de avanço e assistência de ar, é capaz de otimizar o perfil vertical do jato e a penetração na copa, equilibrando cobertura e perdas por deriva (Garcerá *et al.*, 2022).

A precisão na pulverização contribui para a racionalização de insumos químicos, a qual tem avançado com a adoção do conceito Tree Row Volume (TRV). O TRV é um método que relaciona o volume da copa das plantas com a quantidade de calda pulverizada, permitindo expressar a dose de defensivos aplicadas em função do volume do dossel e não apenas por área em hectare, reduzindo desperdícios e aumentando a eficiência na aplicação dos defensivos. Na citricultura, esses ajustes têm contribuído para a redução significativa de água e doses de insumos aplicadas por hectare, sem que seja

comprometido o controle de pragas e doenças, em especial quando a calibração considera o estágio fenológico da cultura e a densidade foliar.

Behlau *et al.* (2021) demonstram que o ajuste do volume e taxa de ingrediente ativo com base no TRV resulta em depósitos-alvo foliares mínimos e controle do cancro-cítrico com menor consumo de água e de cobre, além de ganhos econômicos diretos, isso é, a redução do volume em citros e em outras frutíferas demonstra manter o desempenho biológico quando a distribuição no dossel é assegurada. De modo complementar, técnicas de engenharia de aplicação vêm sendo incorporadas, como por exemplo o uso de pontas de indução de ar (proporcionando gotas mais grossas) e ajustes da assistência de ar do tubo, reduzindo a pegada hídrica e as perdas de insumos para o ambiente, mantendo ou até mesmo melhorando a efetividade agrônômica (Garcerá *et al.*, 2022; Torrent *et al.*, 2017).

Nesse contexto, a pulverização de precisão alinha-se à necessidade de uma maior sustentabilidade do sistema produtivo, reduzindo o volume de água ou insumo aplicado, demandando um menor consumo de combustível e promovendo menores riscos de escoamento ou sobredosagem. Frente ao exposto, o objetivo principal do trabalho é avaliar o efeito de diferentes vazões de aplicação utilizando pulverizador turbo na cultura de citros, visando identificar a eficiência operacional e a qualidade da deposição dos produtos fitossanitários.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 IMPORTÂNCIA DA CITRICULTURA NO BRASIL

A citricultura brasileira ocupa posição de destaque no cenário mundial, sendo um dos principais pilares do agronegócio nacional. O país lidera a produção e exportação de suco de laranja, consolidando-se como agente estratégico na segurança alimentar e no comércio internacional. Segundo o Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus, 2025), a produção citrícola concentra-se majoritariamente no cinturão formado pelos estados de São Paulo e Minas Gerais, com projeções de crescimento significativo após períodos de retração produtiva causados por estresses climáticos e fitossanitários. No contexto global, o Brasil responde por cerca de 34% da produção mundial de laranja e aproximadamente 75% das exportações de suco, evidenciando sua relevância econômica e competitividade internacional (USDA/FAS, 2025).

Além disso, a diversificação da cadeia produtiva, incluindo frutas *in natura*, sucos e óleos essenciais, contribui para a redução de riscos econômicos e aumento da resiliência do setor (FAO, 2024). Entretanto, essa relevância econômica é acompanhada por desafios estruturais. A incidência do Huanglongbing (HLB), considerado a principal doença da citricultura mundial, tem impactado diretamente a produtividade e a longevidade dos pomares. De acordo com Bassanezi *et al.* (2020), a ausência de cura efetiva torna indispensável a adoção de estratégias integradas, como o controle do vetor *Diaphorina citri* e a erradicação de plantas infectadas.

Paralelamente, as mudanças climáticas têm intensificado eventos extremos, como secas prolongadas e ondas de calor, comprometendo o desenvolvimento das plantas e favorecendo a ocorrência de pragas e doenças (IPCC, 2022). Nesse cenário, torna-se fundamental a adoção de tecnologias e práticas que aumentem a eficiência produtiva e reduzam a vulnerabilidade dos sistemas agrícolas.

2.2 FUNDAMENTOS DA PULVERIZAÇÃO AGRÍCOLA EM CITROS

A pulverização agrícola constitui uma das principais práticas de manejo fitossanitário, sendo determinante para o sucesso no controle de pragas e doenças. Em culturas perenes, como os citros, a complexidade do dossel vegetal impõe desafios adicionais à eficiência da aplicação, exigindo tecnologias capazes de promover adequada cobertura e penetração do produto. Os pulverizadores turbos destacam-se como os equipamentos mais utilizados na citricultura, pois utilizam fluxo de ar para transportar gotas ao interior do dossel. Segundo Garcerá *et al.* (2022), parâmetros como pressão, vazão, tipo de bico, velocidade de deslocamento e volume de ar influenciam diretamente a deposição e a uniformidade da aplicação.

A eficiência da pulverização está relacionada à capacidade de distribuir o produto de forma homogênea em toda a copa da planta. No entanto, problemas como deriva, escorrimento e deposição desigual são recorrentes. A deriva, em especial, representa perdas econômicas e riscos ambientais, enquanto o escorrimento pode resultar em contaminação do solo e desperdício de insumos. Nesse contexto, a calibração adequada dos equipamentos é fundamental.

Behlau *et al.* (2021) destacam que práticas como o ajuste do volume de calda com base no volume de copa, por meio do método Tree Row Volume (TRV), permitem maior precisão na aplicação, reduzindo excessos e melhorando a eficiência do controle fitossanitário. Além disso, o uso de tecnologias como bicos antideriva contribui para minimizar perdas, mantendo níveis adequados de cobertura (Torrent *et al.*, 2017). Assim, a pulverização eficiente depende da integração entre fatores operacionais, características da cultura e condições ambientais.

2.3 DRONES NA PULVERIZAÇÃO AGRÍCOLA

Nos últimos anos, os sistemas aéreos não tripulados, conhecidos como drones, têm emergido como uma tecnologia promissora na pulverização agrícola, especialmente no contexto da agricultura de precisão. Esses equipamentos permitem aplicações mais localizadas, reduzindo desperdícios e aumentando a eficiência no uso de insumos. De acordo com Byers *et al.* (2024), os drones possibilitam o monitoramento e a avaliação da deposição de gotas em diferentes condições operacionais, contribuindo para o ajuste fino das aplicações.

Além disso, sua utilização é particularmente vantajosa em áreas de difícil acesso, terrenos acidentados ou em situações em que o uso de máquinas terrestres é limitado. Os drones de pulverização operam com baixo volume de calda e produzem gotas finas, o que favorece a cobertura, mas exige atenção quanto ao risco de deriva. Nesse sentido, fatores como altura de voo, velocidade, condições climáticas e tipo de bico devem ser rigorosamente controlados para garantir eficiência e segurança ambiental. Outro aspecto relevante é a capacidade dos drones de realizar aplicações em taxa variável, integradas a sensores e sistemas de mapeamento (Hunter *et al.*, 2019; García-Munguía *et al.*, 2024).

Essa abordagem permite aplicar insumos apenas nas áreas necessárias, reduzindo custos e impactos ambientais. Apesar das vantagens, a adoção de drones ainda enfrenta desafios, como limitações de autonomia de voo, capacidade de carga e regulamentação. No entanto, o avanço tecnológico e a crescente demanda por práticas sustentáveis indicam que esses sistemas tendem a se consolidar como ferramentas complementares aos métodos tradicionais de pulverização (Papadopoulos *et al.*, 2024).

A integração entre práticas tradicionais de manejo e tecnologias emergentes representa o caminho para o desenvolvimento sustentável da citricultura. A combinação de pulverizadores convencionais bem calibrados com ferramentas de agricultura de precisão, como sensores e drones, permite otimizar a aplicação de insumos e aumentar a

eficiência produtiva. Segundo FAO (2023), há um movimento global de incentivo à adoção de tecnologias sustentáveis, impulsionado por políticas públicas e demandas do mercado consumidor.

3 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no município de Campanha, localizado na região Sul do estado de Minas Gerais, sob as coordenadas geográficas 21°50'55"S e 45°29'11"W (IBGE, 2024). Segundo a classificação climática de Wladimir Köppen, o clima da região é do tipo Cwb, caracterizado como temperado, com inverno seco e verão ameno (Alvares *et al.*, 2013). A área experimental situa-se a uma altitude de 820 metros e apresenta relevo com declividade média, sendo considerada apta para o cultivo de citros.

O estudo foi realizado em pomar comercial de tangerineira, com idade de 3 anos e cultivar Olé Mourcott, implantado no espaçamento de 6,0 m entre linhas e 2,80 m entre plantas. A área apresentava histórico de uso como pastagem por aproximadamente 10 anos, sendo posteriormente destinada à implantação da cultura de citros.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados (DBC), composto por quatro tratamentos correspondentes a diferentes volumes de aplicação de calda por hectare, sendo os valores de 500 L.ha⁻¹ (T4), 1000 L.ha⁻¹ (T3), 1500 L.ha⁻¹ (T2), e 2000 L.ha⁻¹ (T1). O experimento foi constituído por seis repetições por tratamento. Cada repetição foi composta por quatro papéis hidrossensíveis, posicionados no tronco de plantas distintas, foram consideradas 9 plantas na parcela experimental e três na parcela útil. Essas plantas foram dispostas com espaçamento de 2,80 m entre si, garantindo a independência das avaliações dentro de cada unidade experimental.

A aplicação dos tratamentos foi realizada utilizando um trator Massey Ferguson 4408, operando à velocidade de deslocamento de 4,2 km.h⁻¹, acoplado a um pulverizador do tipo turboatomizador, modelo Natali 2000. Foram utilizadas pontas de pulverização de baixa vazão da marca Agro Diferencial, associadas ao adjuvante DBV Citros®, da empresa DBV Brothers.

As variáveis analisadas incluíram a cobertura foliar (%), determinada por meio de papéis hidrossensíveis, a densidade de gotas (nº de gotas.cm⁻²), e o tamanho de gotas (micras), avaliadas no terço médio e na região interna das plantas, com os papéis fixados no tronco. As amostragens foram realizadas em plantas localizadas na área útil das parcelas experimentais, desconsiderando-se as plantas de bordadura, com o objetivo de minimizar possíveis interferências entre tratamentos.

A avaliação da deposição e distribuição das gotas foi realizada com o uso de papéis hidrossensíveis posicionados no tronco das plantas e posteriormente analisados com o equipamento DropScope, permitindo a determinação da cobertura foliar (%), da densidade de gotas (nº cm⁻²) e o tamanho de gotas (micras).

Para a análise estatística, os volumes de aplicação foram considerados efeitos fixos. Os dados obtidos no terço médio interno do dossel das plantas foram submetidos à análise de variância. Foi selecionado o terço médio interno do dossel, pois é onde se concentra grande parte da área foliar e dos frutos em plantas cítricas, constituindo uma região de relevante interesse fitossanitário. Dessa forma, a avaliação da deposição nessa posição fornece informações diretamente relacionadas à eficiência potencial da aplicação. Trata-se de uma pesquisa de abordagem quantitativa, com coleta e análise de dados numéricos relacionados à deposição de gotas. Quando identificadas diferenças significativas entre os tratamentos, as médias foram comparadas por análise de regressão. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software Sisvar (Ferreira, 2019).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância (Tabela 1) evidenciou efeito significativo das diferentes vazões de aplicação sobre a cobertura foliar (% CF), densidade de gotas (DG) e o tamanho médio das gotas (TG) avaliados no pomar. Esses resultados indicam que houve influência dos volumes de calda sobre os parâmetros de qualidade da pulverização.

Tabela 1. Resumo da ANAVA para a cobertura foliar em porcentagem (%CF), densidade de gotas em nº. cm-2 (DG), e o tamanho de gotas em µm (TG) do adjuvante DBV Citrus aplicado em diferentes vazões pelo pulverizador turbo no pomar de tangerina Olé Mourcott. Campanha/MG, 2026.

FV	GL	Pr>Fc (%CF)	Pr>Fc (DG)	Pr>Fc (TG)
TRAT	3	0,0016*	0,0031*	0,0009*
BLOCOS	5	0,1754	0,1271	0,7250
Erro	15			
Total	23			
CV (%)		5,82	36,83	11,52
Média geral		80,92	582,92	91,99

*Significativo a 5% de probabilidade.

A cobertura foliar apresentou comportamento linear crescente em função do aumento do volume de calda aplicado (Figura 1). Esse resultado indica que maiores vazões favoreceram a deposição das gotas sobre a superfície vegetal, aumentando a área efetivamente coberta pelo produto pulverizado. Em pomares cítricos, esse comportamento é frequentemente observado devido à maior disponibilidade de gotas para interceptação pelo dossel à medida que o volume aplicado aumenta.

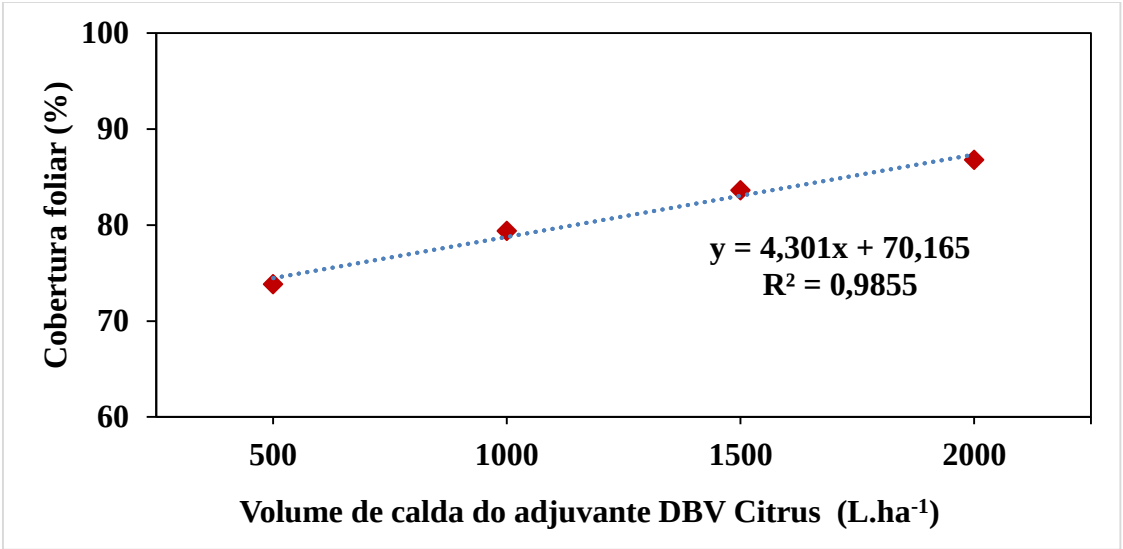


Figura 1. Valores médios da cobertura foliar em porcentagem do adjuvante DBV Citrus aplicado em diferentes vazões pelo pulverizador turbo no pomar de tangerina Olé Mourcott. Campanha/MG, 2026

Resultados semelhantes foram relatados por Ramos *et al.* (2007), que verificaram aumento da cobertura foliar em função do incremento do volume de calda aplicado por

turboatomizadores, demonstrando que maiores vazões tendem a favorecer a deposição superficial das gotas. Da mesma forma, Scandelai *et al.* (2011) verificaram que o incremento do volume de aplicação promoveu aumento da cobertura das superfícies foliares, contribuindo para maior uniformidade da deposição.

Entretanto, a obtenção de maiores valores de cobertura não implica necessariamente em maior eficiência agrônômica. Behlau *et al.* (2021) demonstraram que a adequação do volume de pulverização ao volume vegetativo das plantas por meio do método Tree Row Volume (TRV) possibilita reduções expressivas no consumo de água e defensivos sem comprometer a deposição necessária para o controle fitossanitário. Em seu estudo, os autores verificaram que a redução do volume de pulverização baseada no TRV permitiu economias significativas de água, mantendo níveis adequados de cobertura e controle do cancro cítrico. Dessa forma, embora os maiores volumes utilizados neste trabalho tenham proporcionado maior cobertura foliar, a definição da vazão ideal deve considerar também aspectos econômicos e operacionais.

Ao avaliar a densidade de gotas, foi possível perceber que houve um aumento em função da elevação do volume de calda aplicado (Figura 2). Esses resultados são considerados indicativos de que uma maior quantidade de líquido disponibilizada pelo sistema de pulverização resulta em um maior número de impactos por unidade área, favorecendo a cobertura do alvo biológico. Para Garcerá *et al.* (2022) a densidade de gotas constitui um dos principais parâmetros utilizados para avaliar a qualidade da pulverização em citros, uma vez que está diretamente relacionada à probabilidade de contato entre o ingrediente ativo e os organismos-alvo. Os autores destacam que ajustes operacionais do pulverizador, como vazão, fluxo de ar e configuração dos bicos, exercem influência significativa sobre a distribuição vertical da pulverização dentro do dossel.

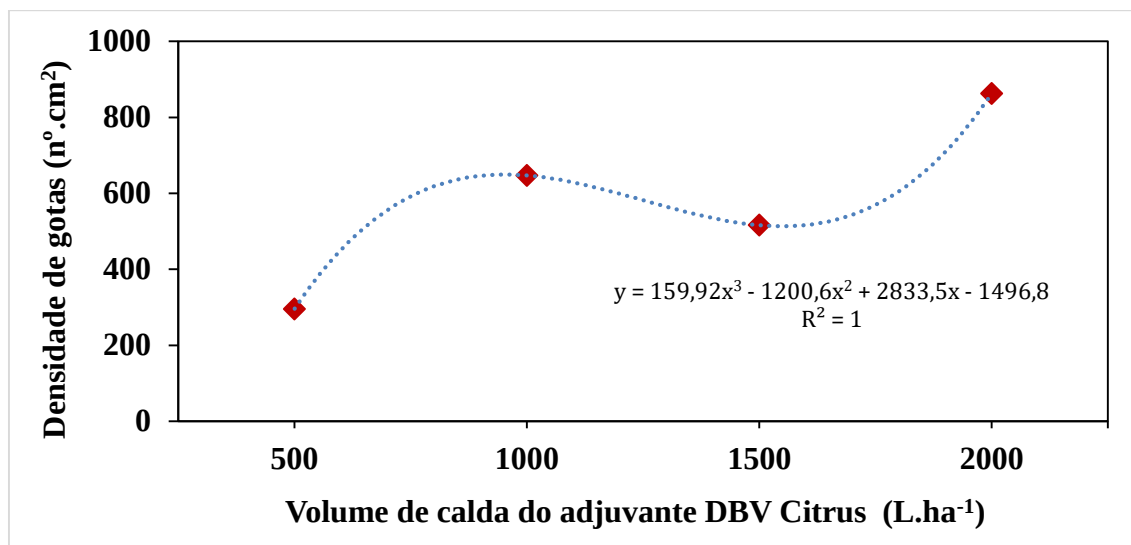


Figura 2. Valores médios da densidade de gotas em (nº. cm-2) do adjuvante DBV Citrus aplicado em diferentes vazões pelo pulverizador turbo no pomar de tangerina Olé Mourcott. Campanha/MG, 2026.

Embora tenha sido observada tendência de aumento da densidade de gotas com o incremento da vazão, a resposta não ocorreu de forma proporcional, o que pode ser percebido pelo coeficiente de determinação inferior ao observado para cobertura foliar. Esse comportamento pode estar relacionado à complexidade da arquitetura da copa e à dinâmica do fluxo de ar produzido pelo turboatomizador. Em pomares cítricos, parte das gotas pode sofrer interceptação nas camadas externas do dossel, reduzindo a penetração

para regiões mais internas da planta. Garcerá *et al.* (2017) observaram que características operacionais do pulverizador influenciaram significativamente a deposição e as perdas por deriva, alterando a distribuição das gotas no interior da copa.

Assim, os resultados obtidos no presente estudo sugerem que o aumento do volume de aplicação favorece a densidade de gotas, porém sua eficiência depende da capacidade do sistema em distribuir essas gotas uniformemente por todo o dossel vegetal. Além disso, com volumes maiores, tem-se uma elevada probabilidade de gotas atingirem o mesmo ponto do papel hidrossensível e se unirem. Logo, o aumento do volume aplicado de calda associado a pode ter favorecido a coalescência das gotas sobre o papel hidrossensível, reduzindo o número de impactos individualizados detectados pelo software, mesmo com maior quantidade de calda depositada.

Nesse contexto, avaliou-se também o tamanho médio das gotas (Figura 3), em que se observou uma resposta quadrática em função das vazões estudadas, indicando que o aumento do volume de aplicação não promove alterações lineares no espectro de gotas produzido pelo equipamento. Os maiores diâmetros foram observados em volumes intermediários, enquanto reduções ocorreram nas maiores vazões avaliadas. É importante ressaltar que o aumento da pressão do sistema resulta em uma maior quebra de gotas, com isso, há uma redução no tamanho das gotas. Acrescenta-se que houve uma correlação linear fraca entre as duas variáveis, ou seja, o aumento (ou redução no tamanho das gotas) explica apenas 27,84% na densidade de gotas, e quando se aumenta o tamanho das gotas, diminui a densidade.

Esse comportamento pode estar relacionado à interação entre vazão, pressão de trabalho e velocidade do fluxo de ar gerado pelo turboatomizador. Segundo Garcerá *et al.* (2022), modificações nas configurações operacionais dos pulverizadores com assistência de ar alteram significativamente a distribuição vertical da pulverização e as características das gotas produzidas. Para os autores, o fluxo de ar exerce papel fundamental no transporte das gotas até o interior do dossel, podendo favorecer processos de fragmentação e modificar o espectro de pulverização.

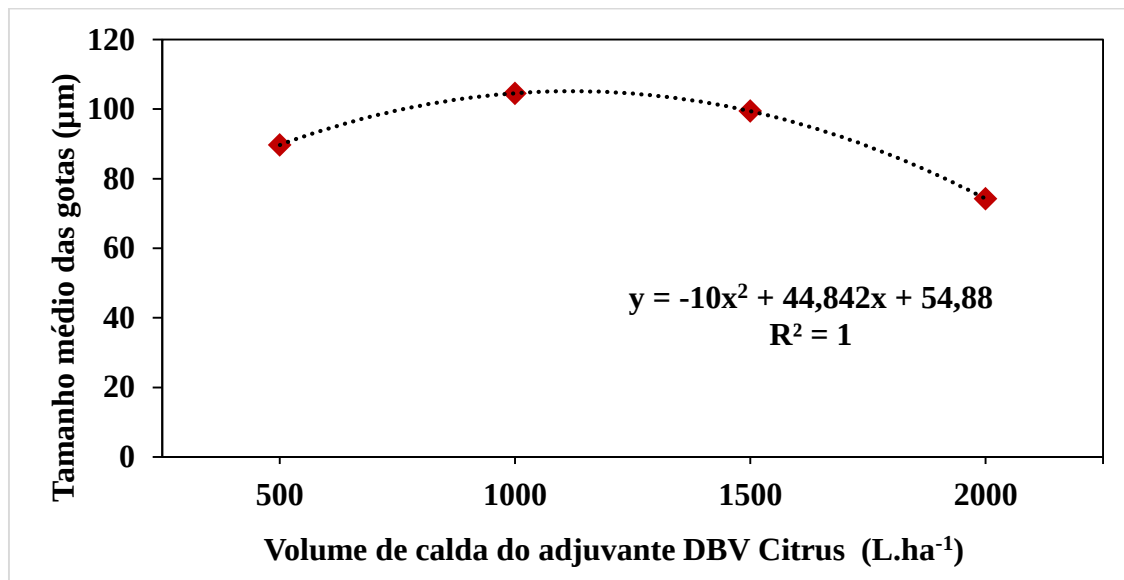


Figura 3. Valores médios do tamanho de gotas (µm) do adjuvante DBV Citrus aplicado em diferentes vazões pelo pulverizador turbo no pomar de tangerina Olé Mourcott. Campanha/MG, 2026.

É válido ressaltar que sob o ponto de vista agrônomo, o tamanho das gotas

representa um importante fator de equilíbrio entre cobertura e risco de perdas. Isso é, gotas menores resultam em maior número de impactos por área e melhor cobertura superficial, porém possuem maior suscetibilidade à deriva e à evaporação. Em contrapartida, as gotas maiores reduzem o potencial de deriva, mas podem comprometer a uniformidade da cobertura. Dessa forma, Torrent *et al.* (2017) verificaram que diferentes configurações de pulverização em citros influenciam diretamente as perdas por deriva e a deposição no alvo, reforçando a importância do ajuste adequado do espectro de gotas. Com isso, entende-se que, no presente estudo, os resultados observados sugeriram que volumes intermediários podem favorecer um equilíbrio entre densidades de gotas, cobertura foliar e tamanho das gotas.

Acrescenta-se que o sucesso da pulverização depende da obtenção de um espectro de gotas capaz de equilibrar cobertura, penetração no dossel e minimização das perdas ambientais. Esses aspectos encontram respaldo na agricultura de precisão, cujo foco é reduzir custos e otimizar os resultados. Wang *et al.* (2025) destacam que as tendências atuais da pulverização em pomares não estão associadas ao aumento indiscriminado do volume aplicado, mas sim à utilização de sensores, modelagem da copa e sistemas inteligentes capazes de direcionar a pulverização apenas para os locais necessários. Nesse contexto, a eficiência da aplicação passa a ser determinada pela qualidade da deposição e não apenas pela quantidade de calda utilizada.

De modo geral, os resultados demonstraram que o aumento da vazão melhorou os parâmetros físicos da pulverização. Porém, é importante perceber que, sob a perspectiva operacional e econômica, os volumes intermediários apresentaram desempenho compatível a uma pulverização eficiente, sugerindo que pode haver redução no consumo de água sem que haja perda na qualidade de deposição. Sendo assim, é importante considerar esses valores intermediários como potenciais práticos para a citricultura, especialmente frente à demanda por produções mais sustentáveis, as quais visam redução de custos, otimização do uso de insumos e ganhos produtivos.

5 CONCLUSÃO

Frente ao exposto, conclui-se que os diferentes volumes de aplicação influenciaram significativamente a cobertura foliar, a densidade e o tamanho médio das gotas na cultura da tangerina Olé Mourcott.

O aumento da vazão favoreceu a deposição da calda sobre o dossel das plantas, melhorando os parâmetros físicos da pulverização.

Entretanto, os resultados indicam que volumes intermediários apresentaram desempenho satisfatório, evidenciando potencial para redução do consumo de água sem comprometer a qualidade da aplicação.

REFERÊNCIAS

- ADAMI, A. C. DE O.; MIRANDA, S. H. G.; BARROS, G. S. DE C. Impacto do greening sobre o mercado internacional de suco de laranja. Heterogeneidade e duas implicações no rural brasileiro. **Anais...** Goiânia-GO: Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 27 jul. 2014.
- ALVARES, Clayton Alcarde *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507.
- BASSANEZI, R. B. *et al.* Overview of citrus huanglongbing spread and management strategies in Brazil. **Tropical Plant Pathology**, v. 45, n. 3, p. 251–264, 2020.
- BEHLAU, F.; LANZA, F. E.; SCAPIN, M. S.; SCANDELAI, L. H. M.; SILVA JUNIOR, G. J. Spray Volume and Rate Based on the Tree Row Volume for a Sustainable Use of Copper in the Control of Citrus Canker. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 105, n. 1, p. 183-192, 2021.
- BYERS, C.; VIRK, S.; RAINS, G.; LI, S. Spray deposition and uniformity assessment of unmanned aerial application systems at varying operational parameters. **Frontiers in Agronomy**, v. 6, 1418623, 2024. DOI: 10.3389/fagro.2024.1418623.
- FAO. **Citrus | Markets and Trade**. Roma: FAO, 2024. Disponível em: <https://www.fao.org/markets-and-trade/commodities-overview/food-and-agriculture-market-analysis-%28FAMA%29/citrus/en>. Acesso em: 15 set. 2025.
- FAO. **Climate change mitigation options in agrifood systems**. Roma: FAO, 2023. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/9c269219-5f7e-4ae8-bb55-e1a5e3c32077/content>. Acesso em: 15 set. 2025.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 43, n. 2, e999199, 2019. DOI: 10.1590/1413-705420194300019919.
- FUNDECITRUS. **Safra de laranja 2025/26 do cinturão citrícola de SP e MG é estimada em 314,60 milhões de caixas**. Araraquara, 9 maio 2025. Disponível em: <https://www.fundecitrus.com.br/noticias/safra-de-laranja-202526-do-cinturao-citricola-de-sp-e-mg-e-estimada-em-31460-milhoes-de-caixas/>.
- GARCERÁ, C. *et al.* Effect of the Airblast Settings on the Vertical Spray Profile: Implementation on an On-Line Decision Aid for Citrus Treatments. **Agronomy**, Basel, v. 12, n. 6, p. 1462, 2022.
- GARCÍA-MUNGUÍA, A. *et al.* A review of drone technology and operation processes in agricultural crop spraying. **Drones**, v. 8, n.11, 2024.
- HUNTER, J. E. *et al.* Coverage and drift potential associated with nozzle and speed selection for herbicide applications using an unmanned aerial sprayer. **Weed Technology**, v.34, n.2, 2019.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades e**
-
- Agroveterinária, Varginha, MG, v. 9, n. 1, p. 143-153, 2026, ISSN: 2674-9661**

Estados. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 17 maio 2026.

IPCC. Climate Change 2022: **Mitigation of Climate Change** (AR6 WGIII). Genebra: IPCC, 2022. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>. Acesso em: 15 set.

PAPADOPOULOS, G. *et al.* Economic and environmental benefits of digital agricultural pest management. **Digital Agricultural Reports**, v. 2, 100046, 2024. DOI: 10.1016/j.dagr.2024.100046.

PARRA, J. R. P., *et al.* Sustainability in Brazilian Citriculture: Three Decades of Progress and Challenges. *Frontiers in Agronomy*, 2022.

RAMOS, H. H. *et al.* Características da pulverização em citros em função do volume de calda aplicado com turbopulverizador. **Engenharia Agrícola**, v.27, p. 56-65, 2007.

SCANDELAI, L. H. M. *et al.* Interferência do volume de calda sobre a deposição e cobertura da pulverização com e sem surfactante em citros. **Fundecitrus**. 2011.

SEMINARA, S. *et al.* Sweet Orange: Evolution, Characterization, Varieties, and Agronomic Management. **Agriculture**, Basel, v. 13, n. 2, p. 264, 2023.

TASEER, A. *et al.* Advancements in variable rate spraying for precise unmanned aerial spraying systems. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 219, 108481, 2024. DOI: 10.1016/j.compag.2024.108481

TORRENT, X. *et al.* Comparison between standard and drift-reducing nozzles for pesticide application in citrus - Part I: wind tunnel and field spray drift. **Crop Protection**, Amsterdam, v. 96, p. 130-143, 2017.

USDA/FAS. **Update to Citrus Annual Report for Brazil**. Brasília, 6 fev. 2025. Disponível em: https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Update+to+Citrus+Annual+Report+for+Brazil_Brasilia_Brazil_BR2025-0002.pdf. Acesso em: 15 set. 2025.

WANG, Y. *et al.* A Review of Environmental Sensing Technologies for Targeted Spraying in Orchards. **Horticulturae**, v. 11, n. 5, 551, 2025. DOI: 10.3390/horticulturae11050551.