

TÉCNICO EM AGRONEGÓCIO

Alessandra Pereira da Silva Vergelata

Daniel Alves da Silva Amazonas

Graziela Carolina Alves Elias Rodrigues

Jeferson Luiz Camolez

Luana Aparecida Domiciano Leandro

Luiz Ghustavo Nogueira Dominato dos Santos

**ACOMPANHAMENTO DO USO DE DRONE NA APLICAÇÃO DE INSUMOS EM
PROPRIEDADE DE CÂNDIDO MOTA - SP**

Alessandra Pereira da Silva Vergelata
Daniel Alves da Silva Amazonas
Graziela Carolina Alves Elias Rodrigues
Jeferson Luiz Camolez
Luana Aparecida Domiciano Leandro
Luiz Ghustavo Nogueira Dominato dos Santos

**ACOMPANHAMENTO DO USO DE DRONE NA APLICAÇÃO DE INSUMOS EM
PROPRIEDADE DE CÂNDIDO MOTA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso Técnico em
Agronegócio da ETEC Professor Luiz Pires
Barbosa, orientado pelo Prof. Me. Maickon
Willian de Freitas, como requisito parcial para
obtenção do título de Técnico em
Agronegócio.

Cândido Mota - SP

2026

BANCA EXAMINADORA

Prof. Orientador: Me. Maickon Willian de Freitas

Prof. Coordenador: Paulo Sérgio de Gênova

Prof. Convidado: Pedro Angelo Montechesi Kirnew

MENÇÃO: _____

Cândido Mota - SP, ____ de _____ de 2026.

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho a todos que fizeram parte desta caminhada acadêmica, contribuindo direta ou indiretamente para a realização deste Trabalho de Conclusão de Curso.

Aos nossos familiares, pelo apoio, compreensão e incentivo nos momentos mais desafiadores, fundamentais para que conseguíssemos chegar até aqui. Aos amigos e colegas, pelo companheirismo e pela troca de conhecimentos ao longo dessa trajetória.

Ao professor e orientador Maickon Willian de Freitas, pela dedicação, paciência e pelos ensinamentos compartilhados, que contribuíram não apenas para a construção deste trabalho, mas também para nosso crescimento pessoal e profissional.

Por fim, dedicamos este trabalho a todos que acreditaram em nosso potencial e estiveram ao nosso lado durante essa importante etapa de nossas vidas.

EPÍGRAFE

“O conhecimento é a única riqueza que ninguém
pode tirar de você.”

B. B. King

RESUMO

A agricultura de precisão tem promovido avanços significativos na otimização das operações agrícolas, destacando-se o uso de drones na aplicação de insumos. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência da aplicação de insumos agrícolas por meio de drone na cultura do feijão, em uma propriedade rural localizada no município de Cândido Mota - SP. Trata-se de um estudo de caso, de natureza aplicada e abordagem descritiva, no qual foi utilizado o drone DJI Agras T25P em uma área de 1 hectare, com taxa de aplicação de 10,3 L ha⁻¹. Foram analisados parâmetros como tempo de operação, regularidade operacional da aplicação, ausência de tráfego de máquinas terrestres sobre a cultura e produtividade observada. Os resultados demonstraram elevada eficiência operacional, com tempo de aplicação de 6 minutos e 39 segundos e produtividade de 88 sacas ha⁻¹. Observou-se redução de perdas por amassamento de plantas e maior precisão no planejamento da distribuição dos insumos. Conclui-se que o uso de drones representa uma alternativa eficiente, sustentável e tecnicamente viável para a aplicação de insumos na cultura do feijão, especialmente em pequenas e médias áreas, desde que seja realizado com calibração adequada, capacitação do operador e cumprimento das normas legais vigentes.

Palavras-chave: drone; pulverização; feijão; agricultura de precisão; tecnologia agrícola.

ABSTRACT

Precision agriculture has significantly improved the efficiency of agricultural operations, especially through the use of drones for input application. This study aimed to evaluate the efficiency of agricultural input application using a drone in bean crops, in a rural property located in Cândido Mota, São Paulo, Brazil. It is an applied and descriptive case study in which a DJI Agras T25P drone was used in a 1-hectare area, with an application rate of 10.3 L ha⁻¹. Operational time, operational regularity, absence of ground-machine traffic over the crop and observed yield were analyzed. The results showed high operational efficiency, with an application time of 6 minutes and 39 seconds and a yield of 88 bags ha⁻¹. A reduction in crop damage and greater precision in input distribution planning were observed. It is concluded that drone use is an efficient, sustainable and technically viable alternative for input application in bean crops, especially in small and medium-sized areas, provided that proper calibration, operator training and compliance with current regulations are ensured.

Keywords: drone; spraying; beans; precision agriculture; agricultural technology.

LISTA DE SIGLAS

ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil

ARP - Aeronave Remotamente Pilotada

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento

CPS - Centro Paula Souza

DJI - Da-Jiang Innovations

GPS - Sistema de Posicionamento Global

MAPA - Ministério da Agricultura e Pecuária

RPA - Remotely Piloted Aircraft

SIG - Sistema de Informação Geográfica

UAV - Unmanned Aerial Vehicle

VANT - Veículo Aéreo Não Tripulado

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Drone agrícola utilizado no estudo de caso.....	14
Figura 2 - Mapa operacional de pulverização por drone.....	18

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Síntese dos parâmetros acompanhados no estudo de caso	18
Tabela 2 - Resultados operacionais observados na aplicação com drone	19
Tabela 3 - Comparação técnica entre pulverização por drone e pulverização terrestre	16

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 JUSTIFICATIVA.....	11
3 PROBLEMA DE PESQUISA E HIPÓTESE	12
4 OBJETIVOS.....	12
4.1 Objetivo geral	12
4.2 Objetivos específicos	12
5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
5.1 Cultura do feijão no Brasil	12
5.2 Manejo de insumos agrícolas na cultura do feijão	13
5.3 Agricultura de precisão.....	13
5.4 Uso de drones na agricultura	13
5.5 Aplicação de insumos com drones	14
5.6 Regulamentação básica para uso agrícola de drones	15
5.7 Vantagens, limitações e sustentabilidade.....	15
5.8 Análise econômica	16
5.9 Lacunas e perspectivas futuras.....	16
6 MATERIAIS E MÉTODOS	17
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
8 CONCLUSÃO	20
REFERÊNCIAS.....	21

1 INTRODUÇÃO

A adoção de tecnologias associadas à agricultura de precisão no Brasil tem crescido de forma significativa nas últimas décadas, contribuindo para a modernização do setor agrícola e para a otimização das operações no campo. Esse modelo de agricultura baseia-se no uso de ferramentas tecnológicas, como sensores, softwares, GPS e veículos aéreos não tripulados (VANTs), com o objetivo de aumentar a eficiência produtiva, reduzir desperdícios e promover o uso mais racional de insumos agrícolas.

Nesse contexto, destaca-se o avanço do uso de drones na agricultura, impulsionado tanto pela evolução tecnológica quanto pela regulamentação voltada à operação de aeronaves remotamente pilotadas no país. Os drones têm sido utilizados em atividades como monitoramento de lavouras, mapeamento de áreas, identificação de falhas e aplicação localizada de insumos, proporcionando maior precisão, agilidade e controle operacional.

Por outro lado, os métodos tradicionais de aplicação de insumos ainda apresentam limitações relevantes, como distribuição desuniforme de produtos, maior desperdício de calda, compactação do solo causada por máquinas agrícolas, amassamento de plantas e riscos à saúde dos trabalhadores devido à exposição direta a defensivos agrícolas. Esses fatores reforçam a necessidade de adoção de tecnologias que tornem as operações mais precisas, seguras e sustentáveis.

Diante desse cenário, o presente trabalho apresenta um estudo de caso realizado na propriedade São João da Queixada, localizada no município de Cândido Mota - SP, onde foi utilizado drone agrícola para aplicação de insumos na cultura do feijão. O feijão apresenta grande relevância econômica e social no Brasil, sendo componente básico da alimentação da população e importante fonte de proteína vegetal.

2 JUSTIFICATIVA

A agricultura brasileira vem passando por intenso processo de modernização, impulsionado pela adoção de tecnologias que aumentam a eficiência das operações agrícolas e reduzem desperdícios. Entre essas tecnologias, os drones agrícolas se destacam por possibilitarem maior precisão na aplicação de insumos, melhor planejamento operacional e menor interferência física sobre a lavoura.

Na cultura do feijão, a aplicação adequada de insumos é essencial para a manutenção da produtividade, uma vez que a cultura é sensível à competição com plantas daninhas, à ocorrência de pragas e ao desenvolvimento de doenças. Nesse sentido, falhas na aplicação podem comprometer o desempenho produtivo, elevar custos e aumentar impactos ambientais.

O estudo justifica-se pela necessidade de avaliar, em condições reais de campo, a utilização de drone na aplicação de insumos em pequena área agrícola. A análise dessa tecnologia pode contribuir para produtores, estudantes e profissionais do agronegócio, oferecendo informações sobre desempenho operacional, limitações metodológicas e potencial de uso em propriedades rurais de Cândido Mota e região.

3 PROBLEMA DE PESQUISA E HIPÓTESE

O problema de pesquisa deste trabalho consiste em verificar se a aplicação de insumos por meio de drone, na cultura do feijão em uma propriedade rural de Cândido Mota - SP, apresenta eficiência operacional e potencial para reduzir perdas associadas aos métodos tradicionais de pulverização. Parte-se da hipótese de que o uso do drone agrícola proporciona maior agilidade na aplicação, evita o amassamento de plantas pela ausência de tráfego de máquinas terrestres e contribui para melhor planejamento da distribuição dos insumos, podendo representar alternativa tecnicamente viável para pequenas e médias áreas.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo geral

Avaliar a eficiência da aplicação de insumos agrícolas por meio de drone na cultura do feijão, em propriedade rural localizada no município de Cândido Mota - SP.

4.2 Objetivos específicos

Acompanhar a operação de aplicação de insumos com drone agrícola na área estudada;

Registrar a área aplicada, o tempo de operação, a taxa de aplicação e a produtividade observada;

Analisar qualitativamente a regularidade operacional da aplicação e a ausência de danos mecânicos causados por tráfego de máquinas;

Discutir vantagens, limitações e potencial de uso do drone agrícola em pequenas e médias propriedades.

5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

5.1 Cultura do feijão no Brasil

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) possui elevada relevância econômica e social no Brasil, sendo componente essencial da alimentação da população e importante fonte de proteína vegetal. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), o país está entre os principais produtores e consumidores mundiais, com produção distribuída em diferentes regiões e safras ao longo do ano.

As principais regiões produtoras concentram-se em estados como Paraná, Minas Gerais, Goiás, Bahia e Mato Grosso, destacando-se pela diversidade de sistemas produtivos. O cultivo pode ocorrer em regime de sequeiro ou irrigado, sendo o primeiro mais suscetível às variações climáticas, enquanto o segundo permite maior estabilidade produtiva, embora com maior custo operacional.

Apesar de sua importância, a cultura do feijão enfrenta desafios significativos, como incidência de pragas, doenças e limitações de manejo, especialmente em pequenas propriedades. Esses fatores impactam diretamente a produtividade e aumentam a necessidade de práticas eficientes de manejo fitossanitário e nutricional.

5.2 Manejo de insumos agrícolas na cultura do feijão

O manejo de insumos é um dos pilares da produtividade na cultura do feijão. Entre os principais insumos utilizados destacam-se fertilizantes, responsáveis pela reposição de nutrientes no solo, e defensivos agrícolas, incluindo herbicidas, inseticidas e fungicidas.

Tradicionalmente, a aplicação desses insumos é realizada por pulverizadores terrestres ou aeronaves agrícolas. Entretanto, esses métodos apresentam limitações importantes. Pulverizadores terrestres podem causar compactação do solo e amassamento da cultura, enquanto aeronaves agrícolas apresentam custos elevados e menor precisão operacional em áreas pequenas.

Além disso, problemas como desuniformidade na aplicação e perdas por deriva podem comprometer a eficiência do controle fitossanitário e aumentar impactos ambientais, especialmente quando a operação ocorre em condições climáticas inadequadas.

5.3 Agricultura de precisão

A agricultura de precisão surge como alternativa para otimizar o uso de insumos, baseando-se na variabilidade espacial e temporal das lavouras. Essa abordagem integra tecnologias como GPS, sensoriamento remoto, sistemas de informação geográfica (SIG), sensores e softwares de análise de dados.

De acordo com Molin, Amaral e Colaço (2015), a agricultura de precisão possibilita maior controle das operações agrícolas, permitindo intervenções mais localizadas e eficientes. Além disso, a utilização de mapas e dados georreferenciados contribui para a redução de desperdícios e para a melhoria da tomada de decisão no campo.

No entanto, a viabilidade econômica da agricultura de precisão depende do tamanho da propriedade, do nível tecnológico adotado, do custo dos equipamentos e da capacitação dos operadores. Em pequenas propriedades, a contratação de serviços especializados pode ser uma alternativa para reduzir o investimento inicial.

5.4 Uso de drones na agricultura

Os veículos aéreos não tripulados, popularmente conhecidos como drones, têm ganhado destaque na agricultura moderna. Esses equipamentos podem ser

classificados em asa fixa e multirrotores, sendo os multirrotores mais utilizados para pulverização devido à capacidade de voo estacionário e maior controle em áreas delimitadas.

Os drones agrícolas são compostos por sistemas de navegação, controladores de voo, sensores, reservatórios, bicos ou discos de pulverização e sistemas eletrônicos de controle da aplicação. Quando associados ao planejamento digital da área, permitem operações mais precisas e com menor necessidade de tráfego de máquinas no interior da lavoura.

Figura 1 - Drone agrícola utilizado no estudo de caso



Fonte: autores (2026).

No Brasil, a utilização de drones é regulamentada por órgãos como a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), que estabelecem requisitos para operação, segurança e aplicação agrícola de produtos. Apesar do avanço tecnológico, a adoção ainda enfrenta barreiras como custo de aquisição, autonomia de voo, necessidade de treinamento e manutenção especializada.

5.5 Aplicação de insumos com drones

A aplicação de insumos via drones pode ocorrer tanto na forma líquida, por pulverização, quanto na forma sólida, pela distribuição de sementes, fertilizantes ou outros materiais. A eficiência dessa tecnologia depende de parâmetros técnicos como altura de voo, faixa de aplicação, tamanho de gotas, taxa de aplicação, velocidade operacional e calibração do equipamento.

Fatores ambientais, como velocidade do vento, temperatura e umidade relativa do ar, influenciam diretamente a qualidade da aplicação. Quando os parâmetros são bem ajustados, os drones podem contribuir para maior precisão operacional, redução de perdas e menor contato direto do operador com os produtos aplicados.

Entretanto, ainda existem desafios relacionados à padronização dos parâmetros de aplicação, à autonomia das baterias e à comprovação quantitativa da uniformidade de deposição, especialmente em estudos de campo com diferentes culturas e condições ambientais.

5.6 Regulamentação básica para uso agrícola de drones

A operação de drones no Brasil deve observar normas de segurança e regulamentação específicas. A ANAC estabelece requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil, enquanto o MAPA regulamenta a operação de aeronaves remotamente pilotadas destinadas à aplicação de agrotóxicos e afins, adjuvantes, fertilizantes, inoculantes, corretivos e sementes.

Dessa forma, o uso agrícola de drones exige atenção à documentação do equipamento, capacitação do operador, planejamento da área, respeito às condições meteorológicas, uso de equipamentos de proteção individual e adoção de procedimentos seguros de preparo, abastecimento e aplicação.

5.7 Vantagens, limitações e sustentabilidade

O uso de drones na agricultura apresenta vantagens importantes, como economia de água, redução do volume de calda, aplicação em áreas de difícil acesso, maior agilidade operacional e diminuição do amassamento de plantas, uma vez que não há necessidade de entrada de tratores ou pulverizadores terrestres na lavoura.

Outra vantagem relevante é a redução da exposição direta do operador aos produtos químicos, pois o controle da aeronave ocorre a distância. Essa característica contribui para maior segurança no trabalho, embora não elimine a necessidade de equipamentos de proteção individual, treinamento e cumprimento das normas legais.

Entre as principais limitações, destacam-se a necessidade de mão de obra qualificada, a autonomia limitada das baterias, a dependência de condições climáticas adequadas e a capacidade operacional inferior à de alguns equipamentos terrestres em áreas muito extensas. Assim, a recomendação do uso de drones deve considerar as características da propriedade, da cultura e do serviço a ser realizado.

Do ponto de vista ambiental, a aplicação mais direcionada pode reduzir desperdícios de insumos e perdas por deriva, contribuindo para práticas agrícolas

mais sustentáveis. Contudo, esse benefício depende de calibração correta, escolha adequada de pontas ou discos de aplicação e monitoramento das condições ambientais.

5.8 Análise econômica

O uso de drones na aplicação de insumos agrícolas tem se consolidado como alternativa tecnologicamente avançada, com impactos econômicos relevantes tanto nos custos quanto na produtividade das lavouras. O investimento inicial pode ser elevado, especialmente no caso de drones pulverizadores mais sofisticados, além de custos relacionados à manutenção, baterias, treinamento e contratação de operadores especializados.

Apesar disso, esses custos podem ser compensados por ganhos indiretos, como redução de desperdícios de insumos, maior rapidez na aplicação, menor necessidade de mão de obra em algumas operações e redução de danos mecânicos na cultura. Em pequenas e médias propriedades, a contratação de serviços de aplicação pode ser uma alternativa economicamente mais acessível que a aquisição do equipamento.

A viabilidade econômica depende de fatores como tamanho da área, frequência de uso, tipo de cultura, valor agregado da produção, custo do serviço e comparação com métodos tradicionais. Portanto, a análise econômica deve considerar não apenas o custo por hectare, mas também os efeitos sobre perdas, produtividade, qualidade da aplicação e segurança operacional.

Tabela 3 - Comparação técnica entre pulverização por drone e pulverização terrestre

Aspecto analisado	Pulverização por drone	Pulverização terrestre
Tráfego sobre a lavoura	Não há tráfego de máquina sobre as plantas	Pode ocorrer amassamento e compactação
Acesso a áreas difíceis	Maior facilidade em áreas úmidas, inclinadas ou com obstáculos	Pode apresentar limitação de acesso
Exposição do operador	Menor exposição direta durante a aplicação	Maior proximidade com a operação e com a calda

Aspecto analisado	Pulverização por drone	Pulverização terrestre
Volume de calda	Possibilidade de baixo volume, exigindo boa calibração	Maior volume usual, com maior capacidade de tanque
Limitações	Autonomia de bateria, vento e necessidade de operador qualificado	Amassamento, compactação e maior dependência de tráfego

Fonte: elaborado pelos autores (2026), com base na revisão bibliográfica e nas observações do estudo de caso.

5.9 Lacunas e perspectivas futuras

A literatura evidencia a necessidade de mais estudos específicos sobre o uso de drones na cultura do feijão, especialmente com avaliações quantitativas da deposição de gotas, da deriva, da cobertura foliar e da eficiência de controle de pragas e doenças.

Como perspectivas futuras, destaca-se a integração dos drones com inteligência artificial, sensores embarcados, mapas de prescrição e automação das operações agrícolas. Essas ferramentas podem ampliar a precisão das aplicações e contribuir para sistemas produtivos mais eficientes e sustentáveis.

6 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho caracteriza-se como estudo de caso, de natureza aplicada e abordagem descritiva. O estudo foi realizado em uma propriedade rural localizada no município de Cândido Mota - SP, denominada propriedade São João da Queixada, em área cultivada com feijão.

A área acompanhada correspondeu a 1 hectare. Para a aplicação dos insumos foi utilizado um drone agrícola DJI Agras T25P, equipado com sistema de pulverização. A taxa de aplicação registrada foi de 10,3 L ha⁻¹. A operação foi acompanhada pelos autores, com registro do tempo total de aplicação e observação das condições gerais de execução.

Foram considerados como indicadores do estudo: área coberta, tempo total de aplicação, taxa de aplicação, produtividade obtida, ausência de tráfego de máquinas terrestres sobre a cultura e percepção qualitativa da regularidade operacional da aplicação. Os dados foram organizados em tabelas, com análise descritiva e comparação com informações da literatura.

Como limitação metodológica, destaca-se que o estudo não realizou mensuração quantitativa da deposição de gotas por meio de cartões hidrossensíveis ou coletores específicos. Portanto, os resultados referentes à uniformidade devem ser interpretados como observação qualitativa de campo, e não como ensaio experimental de tecnologia de aplicação.

Figura 2 - Mapa operacional de pulverização por drone

Fonte: autores (2026).

Tabela 1 - Síntese dos parâmetros acompanhados no estudo de caso

Parâmetro	Informação registrada
Local do estudo	Propriedade São João da Queixada, Cândido Mota - SP
Cultura	Feijão
Área acompanhada	1 hectare
Equipamento	Drone agrícola DJI Agras T25P
Taxa de aplicação	10,3 L ha ⁻¹
Tempo total de aplicação	6 minutos e 39 segundos
Produtividade observada	88 sacas ha ⁻¹

Fonte: elaborado pelos autores (2026).

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de insumos por drone apresentou tempo total de 6 minutos e 39 segundos para cobertura de 1 hectare. Esse resultado demonstra elevado rendimento operacional na área avaliada, especialmente quando analisado o tempo efetivo de voo e aplicação. Convertendo o tempo para segundos, a operação correspondeu a 399 segundos, o que representa rendimento teórico aproximado de 9,0 ha h⁻¹, sem considerar períodos de preparo da calda, abastecimento, deslocamento, troca de bateria e ajustes operacionais.

A taxa de aplicação utilizada foi de $10,3 \text{ L ha}^{-1}$, compatível com aplicações de baixo volume. Esse tipo de operação exige atenção especial à calibração, ao tamanho de gotas e às condições climáticas, pois volumes reduzidos podem ser mais sensíveis a falhas de cobertura caso o equipamento não esteja corretamente ajustado.

A produtividade observada foi de 88 sacas ha^{-1} , equivalente a 5.280 kg ha^{-1} , considerando saca de 60 kg. Esse resultado é satisfatório para o sistema acompanhado; entretanto, não deve ser atribuído exclusivamente ao uso do drone, pois a produtividade depende de diversos fatores, como cultivar, fertilidade do solo, manejo fitossanitário, clima, época de semeadura e histórico da área.

Um dos principais pontos positivos observados foi a ausência de tráfego de pulverizador terrestre sobre a cultura durante a aplicação. Esse aspecto pode reduzir o amassamento de plantas, preservar a estrutura do dossel e evitar perdas mecânicas que podem ocorrer quando máquinas entram em lavouras em estádios mais avançados de desenvolvimento.

Do ponto de vista da segurança do trabalho, a utilização do drone também pode diminuir a exposição direta do operador aos produtos aplicados, uma vez que o controle da aeronave ocorre a distância. Ainda assim, essa vantagem não elimina a necessidade de uso de equipamentos de proteção individual, capacitação técnica, respeito às normas legais e manuseio seguro dos produtos.

Em relação à uniformidade de aplicação, observou-se regularidade operacional durante o voo e ausência de falhas visíveis na área acompanhada. Contudo, como não foram utilizados cartões hidrossensíveis ou outro método quantitativo de avaliação de deposição, não é possível afirmar estatisticamente que a aplicação foi uniforme. Para estudos futuros, recomenda-se incluir avaliação de cobertura de gotas, densidade de gotas por cm^2 e coeficiente de variação entre pontos amostrados.

De modo geral, os resultados indicam que o drone agrícola foi eficiente para a aplicação acompanhada, principalmente pela rapidez e pela redução de danos mecânicos. Entretanto, para que a tecnologia seja recomendada com maior segurança em diferentes condições de cultivo, é necessário ampliar o número de áreas avaliadas, comparar diretamente com pulverizadores convencionais e incluir métodos quantitativos de avaliação da qualidade da aplicação.

Tabela 2 - Resultados operacionais observados na aplicação com drone

Indicador	Resultado	Interpretação
Área aplicada	1 ha	Área adequada para estudo de caso em pequena escala
Tempo efetivo	6 min 39 s	Aplicação rápida no tempo efetivo de voo
Taxa de aplicação	10,3 L ha ⁻¹	Baixo volume de calda, exigindo calibração adequada
Rendimento teórico aproximado	9,0 ha h ⁻¹	Estimativa sem considerar abastecimento, deslocamentos e trocas de bateria
Produtividade	88 sacas ha ⁻¹	Resultado satisfatório para o sistema acompanhado
Dano por tráfego	Não observado	Ausência de amassamento por pulverizador terrestre

Fonte: elaborado pelos autores (2026).

8 CONCLUSÃO

O estudo de caso permitiu avaliar o uso de drone agrícola na aplicação de insumos na cultura do feijão em propriedade rural de Cândido Mota - SP. A operação acompanhada demonstrou bom desempenho operacional, com aplicação de 1 hectare em 6 minutos e 39 segundos, taxa de aplicação de 10,3 L ha⁻¹ e produtividade observada de 88 sacas ha⁻¹.

Os resultados indicam que o drone pode ser uma alternativa tecnicamente viável para aplicações em pequenas e médias áreas, especialmente quando se busca maior agilidade, redução do amassamento de plantas e menor exposição direta do operador aos produtos aplicados. A tecnologia também se relaciona aos princípios da agricultura de precisão, pois permite maior controle da operação e planejamento mais detalhado da aplicação.

Apesar dos resultados positivos, o estudo apresenta limitações, pois não realizou ensaio comparativo com pulverizador terrestre nem avaliação quantitativa de deposição de gotas. Assim, recomenda-se que pesquisas futuras incluam cartões hidrossensíveis, avaliação de deriva, diferentes volumes de calda, comparação econômica e repetição em diferentes áreas e estádios da cultura.

Conclui-se que o uso de drones na aplicação de insumos na cultura do feijão é promissor, desde que seja realizado com planejamento técnico, calibração correta, respeito às condições climáticas, capacitação do operador e cumprimento das normas estabelecidas pelos órgãos competentes. Além disso, o uso de drones favorece práticas mais sustentáveis, reduzindo o desperdício de insumos e a exposição do trabalhador a produtos químicos.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (Brasil). Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial nº 94: requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil. Emenda nº 03. Brasília, DF: ANAC, 2023. Disponível em: <https://pergamum.anac.gov.br/pergamum/vinculos/RBACE94EMD03.pdf>. Acesso em: 7 maio 2026.

BARBOSA, Flávia Rabelo; QUINTELA, Eliane Dias; OLIVEIRA, Luciene Fróes Camarano de. Manejo integrado de pragas do feijoeiro-comum. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2021. 51 p. (Circular Técnica, 93). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1131913>. Acesso em: 7 maio 2026.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria MAPA nº 298, de 22 de setembro de 2021. Estabelece regras para operação de aeronaves remotamente pilotadas destinadas à aplicação de agrotóxicos e afins, adjuvantes, fertilizantes, inoculantes, corretivos e sementes. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 24 set. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/aviacao-agricola/legislacao/portaria-mapa-298-de-22-09-2021.pdf>. Acesso em: 7 maio 2026.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2025/26: sétimo levantamento. Brasília, DF: CONAB, v. 13, n. 7, abr. 2026. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos>. Acesso em: 7 maio 2026.

DJI AGRICULTURE. DJI Agras T25P: especificações. Shenzhen: DJI, 2026. Disponível em: <https://ag.dji.com/pt-br/t25p/specs>. Acesso em: 7 maio 2026.

GEBBERS, Robin; ADAMCHUK, Viacheslav I. Precision agriculture and food security. *Science*, Washington, DC, v. 327, n. 5967, p. 828-831, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1183899>.

HUNT JR., E. Raymond; DAUGHTRY, Craig S. T. What good are unmanned aircraft systems for agricultural remote sensing and precision agriculture? *International*

Journal of Remote Sensing, London, v. 39, n. 15-16, p. 5345-5376, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431161.2017.1410300>.

MATTHEWS, Graham A.; BATEMAN, Roy; MILLER, Paul. Pesticide application methods. 4. ed. Chichester: Wiley-Blackwell, 2014.

MOLIN, José Paulo; AMARAL, Lucas Rios do; COLAÇO, André Freitas. Agricultura de precisão. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

REJEB, Abderahman; ABDOLLAHI, Alireza; REJEB, Karim; TREIBLMAIER, Horst. Drones in agriculture: a review and bibliometric analysis. Computers and Electronics in Agriculture, Amsterdam, v. 198, 107017, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107017>.

ZHANG, Chunhua; KOVACS, John M. The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. Precision Agriculture, Dordrecht, v. 13, n. 6, p. 693-712, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11119-012-9274-5>.