

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE SANTA CATARINA - CAMPUS DE SÃO MIGUEL DO OESTE
CURSO SUPERIOR EM AGRONOMIA

Josiel A. Carlesso

Rafael Bariviera

**Avaliação da qualidade de pulverização com drones, utilizando
diferentes vazões, velocidades e faixa de aplicação**

São Miguel do Oeste – SC, fevereiro de 2022

Josiel A. Carlesso

Rafael Bariviera

**Avaliação da qualidade de pulverização com drone, utilizando
diferentes vazões, velocidades e faixa de aplicação**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Bacharelado em
Agronomia do Instituto Federal de Santa
Catarina - Câmpus São Miguel do Oeste
como requisito parcial à obtenção do título
de **Engenheiro Agrônomo**.

Orientador:

Maicon Fontanive

São Miguel do Oeste - SC fevereiro de 2022

Josiel A. Carlesso
Rafael Bariviera

**Avaliação da qualidade de pulverização com Drone, utilizando
diferentes vazões, velocidades e faixa de aplicação**

Este trabalho foi aprovado pela Banca examinadora composta por professor orientador Me. Maicon Fontanive, professora Dr^a Francieli Lima Cardoso e o professor Dr. Odimar Zanuzo Zanardi, no dia 21/02/2022, cujas notas e assinaturas constam em Ata de Defesa/Ficha de Avaliação. Por fim, as considerações propostas pela Banca foram incorporadas no trabalho, estando esse apto para arquivamento.

Professor, Me. Maicon Fontanive - Orientador
Instituto Federal de Santa Catarina – Campus de São Miguel do Oeste

RESUMO

A agricultura atual, acompanha os grandes avanços tecnológicos desenvolvidos pela sociedade, entre os diversos elementos da agricultura 4.0, podemos destacar os drones, utilizados principalmente na obtenção de imagens aéreas para monitoramento e pulverização aérea das lavouras. Os drones utilizados para aplicação de agrotóxicos apresentam diversas vantagens, incluindo a possibilidade de entrada na lavoura em condições de solo na capacidade de campo e nos diferentes estádios de desenvolvimento das culturas sem causar amassamento. Com a utilização crescente desta tecnologia na região, surge a necessidade de avaliar a qualidade de aplicação, o que caracteriza o objeto central do presente estudo. Utilizando-se das ferramentas disponíveis nos drones, a partir da variação nos volumes de calda, velocidades de deslocamento, altura de voo e larguras das faixas de aplicação, avaliou-se o índice de cobertura, risco de deriva, e deposição (número de gotas por cm²). O experimento foi realizado na município de Tunápolis - SC nas coordenadas geográficas, na cultura da aveia branca (*Avena sativa* L.) cultivada no sistema de plantio direto utilizando espaçamento entre linhas de 20 cm. Para o desenvolvimento do trabalho foi utilizado um drone do tipo AGRAS MG-1p marca DJI que possui quatro pontas de pulverização do tipo cone vazio teejet nº 1. Para a coleta de dados, delimitou-se uma área de 3.000 m² dentro da lavoura, onde foram distribuídos papéis hidrossensíveis de forma aleatória. No experimento visando avaliar a largura da faixa de aplicação, foram dispostos papéis hidrossensíveis espaçados de 1 m no sentido transversal das faixas de pulverização do drone. Nos experimentos foram coletados dados de volume de calda, velocidade de voo e faixa de aplicação. Em todos os testes foi utilizado água sem e com adjuvante com três repetições. A qualidade de aplicação pode estar diretamente ligada com as condições climáticas. Como resultados foram observados na pulverização com volume de calda com 12 L/ha, velocidade de aplicação de 18 km/h, com 5 m de faixa de aplicação e sem adição de adjuvante. Diante da grande variação encontrada entre as repetições nos experimento, é necessário que novos estudos com maior número de repetições e controle das condições ambientais sejam realizados para demonstrar a efetividade do uso de drones na pulverizações de agrotóxicos nos sistemas de produção agrícola.

Palavras chaves: Agricultura de precisão, VANT's, pulverização aérea.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 7 |
| 2. OBJETIVO GERAL | 9 |
| 2.1 Objetivo específicos | 9 |
| 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 9 |
| 3.1 Agricultura de precisão..... | 9 |
| 3.2 Tecnologias de aplicação de agrotóxicos | 10 |
| 3.3 Uso de adjuvantes nas pulverizações | 11 |
| 3.4 Drones/VANTs para pulverização de agrotóxicos | 12 |
| 3.5 Condições climáticas e as pulverizações – Uso da tabela do delta T | 12 |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS | 13 |
| 5. RESULTADOS e DISCUSSÕES | 15 |
| 5.1 Fatores climáticos | 16 |
| 5.2 Volume de calda | 17 |
| 5.3 Velocidade de aplicação | 19 |
| 5.4 Largura da faixa de aplicação | 21 |
| 6. CONCLUSÃO | 23 |
| 7. REFERÊNCIAS | 24 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Tabela delta T para tomada de decisão para aplicações de agrotóxicos. Fonte: Tecnofiltros. | 13 |
| Figura 2: Área onde foram realizados os testes, registrada por caminhamento pelo terreno. Localizada no município de Tunápolis-SC. Fonte: Autores. | 14 |
| Figura 3: DropScope para a realização da leitura dos papéis hidrossensíveis. Fonte: Autores | 15 |
| Figura 4: Condições climáticas (velocidade do vento, umidade relativa do ar e temperatura) no momento da realização dos testes. Fonte: Autores. | 17 |
| Figura 5: Índice de área coberta por cm ² , em relação ao volume de calda aplicado. Fonte: Autores | 17 |
| Figura 6: Porcentagem de risco de deriva em relação ao volume de calda aplicado. Fonte: Autores. | 19 |
| Figura 7: Porcentagem de área coberta cm ² com relação à velocidade de aplicação. Fonte: Autores. | 20 |
| Figura 8: Risco de deriva com variação na velocidade de aplicação. Fonte: Autores . | 21 |
| Figura 9: Porcentagem de área coberta em uma faixa de aplicação de 3 m, tendo a sobreposição entre as aplicações. Fonte: Autores | 22 |
| Figura 10: Porcentagem de área coberta em uma faixa de aplicação de 5 m, tendo a sobreposição entre as aplicações. Fonte: Autores. | 22 |
| Figura 11: Porcentagem de área coberta em uma faixa de aplicação de 7 m, tendo a sobreposição entre as aplicações. Fonte: Autores | 23 |

1. INTRODUÇÃO

As transformações na agricultura, tornam essa atividade competitiva e exigem um nível de especialização, capacitação, gerenciamento e profissionalismo do agricultor. Além de administradores, os produtores devem pesquisar e entender suas propriedades, atuando diretamente na coleta de informações integradas que indicam as intervenções técnicas e de manejo eficazes. Ainda assim, a viabilidade da atividade, com o retorno desejado, depende dos fatores controláveis (manejo do solo, adubação, manejo de pragas e doenças) e incontroláveis (clima e mercado dos insumos e venda da produção) que definem a produção agrícola e o resultado econômico da safra. A garantia de sucesso está no conhecimento e aplicação dos recursos disponíveis com eficiência. Para que isso possa acontecer, é crucial a obtenção de informações sobre os fatores de produção que interagem na lavoura e como eles podem ser maximizados (PIRES et al., 2004).

Entre as tendências para a produção de grãos destaca-se a agricultura de precisão que é um conjunto de técnicas que permite o gerenciamento localizado das culturas (BALASTREIRE, 1998). A preocupação mundial em relação à aplicação dessa tecnologia refere-se à grande disponibilidade de informações, requerendo técnicos e agrônomos com experiência na interpretação dos dados coletados, sob forma de mapas (MANTOVANI et al., 1998). A busca por maiores produtividades são atributos que envolvem tecnologias e conhecimento na área.

O termo agricultura de precisão é antigo, pois era praticado por pequenos agricultores, onde tratavam-se manualmente plantas de forma individualizada. Com o passar dos anos e evolução da mecanização agrícola, as áreas agrícolas foram aumentando e o tratamento individual ficou impossível, passando-se a trabalhar de maneira uniforme com o mesmo tratamento para toda área .

Entre as diversas técnicas utilizadas na agricultura de precisão destacam-se os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), que são utilizados principalmente para obtenção de imagens, elaboração de mapas temáticos e topográficos e para pulverização aérea. A utilização de VANTs e drones para pulverização é uma prática relativamente recente na região para o controle de pragas, doenças e plantas daninhas nas lavouras, sendo prevista uma grande expansão para os próximos anos. Dessa forma, os drones estão se tornando cada vez mais comuns no vocabulário das pessoas e nas lavouras, exigindo

estudos sobre sua eficiência técnica e econômica. O mundo dos VANTs não se restringe apenas aos drones, pois existem também as Aeronave Remotamente Pilotadas (RPAs), os quais proporcionam uma agricultura digital (MOLIN et al., 2015). Estes equipamentos possuem grande vantagem sobre os equipamentos de aplicação terrestres, pois não causam amassamento nas culturas, evitando perdas na produção que podem chegar a 4,9% por amassamento em lavoura de soja com produtividade de 3,2 toneladas ha⁻¹ (REIS e ZANATTA, 2017). Outras vantagens deste tipo de aplicação são a possibilidade de realização da pulverização em condições desfavoráveis para a aplicação terrestre como as de solo na capacidade de campo, em fases finais do ciclo de algumas culturas e em locais de difícil acesso por vias terrestres.

A Tecnologia consiste na aplicação dos conhecimentos científicos a um determinado processo produtivo. Dessa forma, entende-se como “Tecnologia de Aplicação de Produtos Fitossanitários” o emprego de todos os conhecimentos científicos que proporcionam a correta colocação do produto ativo no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica, com o mínimo de contaminação de outras áreas (MATUO, 2001). Para McCracken (2000), a tecnologia de aplicação de agroquímicos infelizmente não foi desenvolvida no mesmo nível que os agrotóxicos. Por isso, muitas vezes, a pulverização executada de forma inadequada pode reduzir a eficiência e a eficácia no controle de uma praga ou doença na lavoura.

Para Vargas e Gleber (2005), o sucesso no controle das pragas e doenças depende da escolha do produto adequado e da sua correta aplicação. Os defensivos são aspergidos sobre o solo ou plantas de modo que o ingrediente ativo atinja toda a superfície alvo. Para que isso ocorra é necessário que o equipamento esteja distribuindo uniformemente a quantidade correta do produto na área de pulverização. O volume de calda a ser aplicado, o número e o tamanho de gotas, a pressão de funcionamento das pontas, a dosagem, a diluição, a agitação e a necessidade de adição de adjuvantes devem ser verificadas cuidadosamente .

A região Oeste Santa Catarina exerce papel importante na agricultura brasileira, pois é o maior produtor de carne suína, o segundo maior produtor de carne de frango e uma das maiores bacias leiteiras do Brasil (EPAGRI, 2021). A região também se destaca na produção de milho, soja e pastagens para alimentação animal. Nessa região, a produção de proteína animal, leite e milho é realizada basicamente por pequenos produtores

familiares, que fazem da produção de suínos, aves, leite e milho as principais atividades econômicas das propriedades.

Apesar da grande concentração de pequenas propriedades na região, a prestação de serviços de pulverização com drones intensificou-se nos últimos anos. Está técnica por ser recente gera dúvidas com relação a sua eficiência.

2. OBJETIVO GERAL

Avaliar a qualidade da pulverização com drones utilizando diferentes volumes de calda, velocidades de deslocamento, altura de voo e larguras das faixas de aplicação do drone.

2.1 Objetivo específicos

Avaliar o índice de cobertura, risco de deriva, deposição de gotas por cm² e tamanho de gotas a partir de diferentes volumes de calda, velocidades de deslocamento e diferentes larguras de faixa de aplicação do drone;

Analisar o potencial de risco de deriva a partir da combinação dos resultados dos tratamentos e as condições ambientais presentes;

Interpretar os dados obtidos e inferir recomendações de utilização dos drones para pulverização de agrotóxicos com base nas tecnologias de aplicação.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Agricultura de precisão

A agricultura de precisão teve sua origem antes do período da revolução industrial sendo feita geralmente por camponeses, pela observação e conhecimento de suas áreas de plantio, o que possibilitava realizar os tratos culturais como, por exemplo, as adubações de forma manual observando a planta de maneira individual ou em “manchas”. Com o início e expansão da mecanização agrícola, a agricultura de precisão passou a ser pouco utilizada ao longo dos anos, isto porque, as operações passaram a ser realizadas de forma padronizada e uniforme em toda área das lavouras. No entanto, a agricultura de precisão voltou a ganhar ênfase novamente por volta de 1920, com a implementação da agricultura

moderna que conhecemos hoje, que tem por objetivo aumentar a eficiência do manejo de técnicas agrícolas, sendo uma técnica em desenvolvimento que modifica as tecnologias existentes incorporando novos métodos e técnicas (BISCARO e GARZELLA, 2006).

O desenvolvimento de sensores e softwares a partir da década de 1980 passaram a auxiliar no processamento dos dados da lavoura, juntamente com as coordenadas geográficas possibilitaram a integração das informações geradas nas diferentes operações agrícolas com localização espacial que contribuíram para a difusão mundial da Agricultura de precisão. Até os anos 2000, esta tecnologia era limitada, pois o sinal do Sistema de Posicionamento Global (GPS) que era controlado pelas forças armadas dos Estados Unidos da América, possuía um erro de 45 m. Com o passar do tempo, este sinal começou a ser liberado gratuitamente para a população, com redução gradual do erro que possuía inicialmente, facilitando o trabalho com esta tecnologia .

No Brasil, a agricultura de precisão como conhecemos hoje, teve início próximo aos anos 2000, no estado do Rio Grande do Sul, sendo as iniciativas pioneiras realizadas em uma parceria entre a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e empresas privadas, no cultivo de soja, difundindo-se gradualmente para as outras regiões do país, moldando-se às diferentes situações e realidades de clima e relevo de cada local onde está sendo utilizada.

3.2 Tecnologias de aplicação de agrotóxicos

A qualidade de aplicação de agrotóxicos está diretamente relacionada ao tamanho de gotas e sua cobertura nas plantas, podendo ter uma grande variação em diferentes tecnologias utilizadas atualmente. Se o equipamento ou tipo de ponta utilizado formarem gotas pequenas, consegue-se maior cobertura superficial e melhor uniformidade de distribuição da calda, mas elas podem evaporar sob baixa umidade relativa ou ser levadas por correntes de ar. Por sua vez, gotas grandes, além de um menor índice de cobertura, podem escorrer da superfície da folha, antes mesmo do produto ser absorvido pelo alvo (BAESSO et al., 2014).

O tamanho de gotas está diretamente relacionado com o tipo de ponta e a pressão de trabalho da bomba utilizada na aplicação, o que reflete no volume de calda a ser aplicado. As pontas apresentam diversas cores com suas características, especificidades

e funções distintas. Matthews (1992) mencionava que o tamanho ótimo de gotas para insetos em voo deveria ser de 10 a 50 μm , insetos sobre folhagens de 30 a 50 μm , folhagens de 100 a 400 μm , solo e para evitar a deriva de 250 a 500 μm . Entretanto o autor não correlacionava o tamanho de gotas com a deposição.

O tamanho de gotas deverá ser determinado dependendo do tipo de produto que será aplicado (herbicida, fungicida ou inseticida). Em caso de aplicação de herbicidas, dessecantes, onde a cobertura não é fator limitante, devido a ação sistêmica de alguns produtos, é essencial usarmos gotas maiores para assim evitarmos a deriva. Gotas grandes também são importantes para conseguirmos maior vida útil e dessa forma maior probabilidade de alcançarmos o alvo.

Além da deposição, do índice de cobertura e do risco de deriva, devemos nos preocupar com as condições ambientais, pois se a aplicação for feita em um momento desfavorável pode comprometer a eficácia dos produtos no controle e sanidade das lavouras .

3.3 Uso de adjuvantes nas pulverizações

Os adjuvantes são adicionados à calda de pulverização para aumentar a eficiência biológica dos ingredientes ativos. Eles atuam de maneira distinta e podem promover melhorias no espalhamento, no molhamento, na aderência das gotas ao alvo, na redução de espuma e na penetração da calda no dossel das plantas (COSTA et al., 2005).

Segundo Holloway (1994), quando as gotas de pulverização são espalhadas nas folhas, essas podem ser retidas, refletidas ou fragmentarem-se em gotas menores, dependendo principalmente de seu tamanho, velocidade, propriedades físico-químicas intrínsecas à calda e da característica da superfície foliar. As propriedades, intrínsecas às gotas, estão intimamente relacionadas aos componentes da formulação, com destaque à quantidade de adjuvantes na composição de cada produto.

O uso de adjuvantes é prática recomendável em diversas situações, pelo fato de promoverem alterações na calda de pulverização, possibilitando, por exemplo, minimizar os efeitos do ambiente que podem comprometer a eficiência de um tratamento fitossanitário (CARBONARI et al., 2005).

3.4 Drones/VANTs para pulverização de agrotóxicos

Os drones e VANTs de pulverização agrícola possuem os mais variados tipos e tamanhos. Entre os drones, o AGRAS MG-1P tem sido o mais comumente utilizado para pulverização de agrotóxicos em sistemas agrícolas, pois possui um rádio controle que gerencia o drone numa faixa de até 3 km e possui câmera que transmite imagens ao vivo. Este equipamento possui 8 motores que são acionados pela comunicação de rádio, tanque com capacidade para 10 quilos de insumos líquidos (agrotóxicos ou fertilizantes). A eficiência de aplicação deste equipamento varia de 4.000 a 6.000 m² a cada 10 minutos utilizando velocidade média XXX, altura de XXX e faixa de aplicação de XXXX. De acordo com o fabricante a bateria deste modelo de drone possui autonomia de até 24 minutos de operação.

Os VANTs e drones possuem grande vantagem em comparação às aplicações terrestres pois a turbulência das hélices causa um vórtex que interfere em diversos fatores da pulverização, incluindo uniformidade da aplicação, largura da faixa de aplicação, penetração das gotas no dossel das plantas e potencial de deriva (Fernando Kassis Carvalho, 2020).

De acordo com o TECNOBLOG as regras para exercer os serviços de pulverização com drones devem seguir os seguintes procedimentos: Realizar o registro da aeronave na Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e no Sistema de Aeronaves não Tripuladas (SISANT), usuário maior de 18 anos, seja para pilotar ou auxiliar na operação como observador, seguro com cobertura de danos a terceiros, avaliação de risco operacional, voar apenas em áreas distantes de no mínimo 30 m de pessoas (é possível voar mais próximo quando estão cientes do voo ou quando existe barreira mecânica entre elas e a aeronave), operar apenas um drone por vez, ter autonomia suficiente para o voo e o pouso no local previsto.

3.5 Condições climáticas e as pulverizações – Uso da tabela do delta T

A tabela do delta T auxilia na tomada de decisões das aplicações, indicando os melhores momentos de aplicação, sendo que quando observamos o ponto ideal de aplicação realizamos o cruzamento da umidade relativa (%) com a temperatura (C°) sendo que esteja dentro da faixa verde, quando estiver dentro da faixa amarela verificamos que

as condições climáticas estão arriscadas para aplicar no momento, e se for verificado que esteja na faixa vermelha não devemos aplicar pois as condições climáticas estão inadequadas no momento.

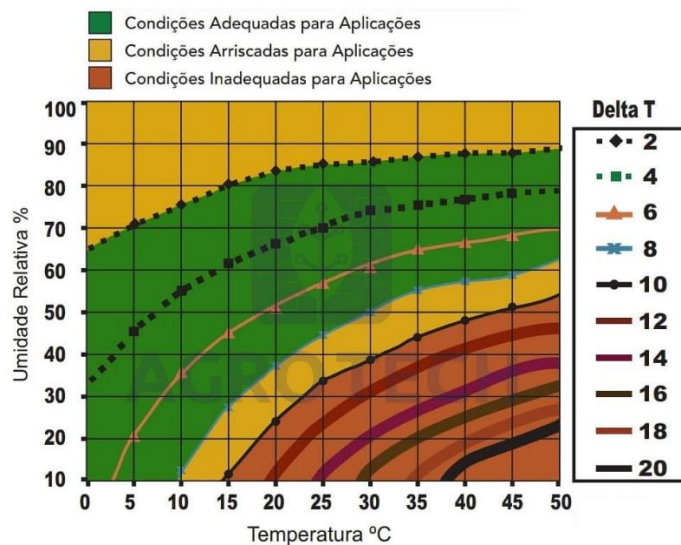


Figura 1: Tabela delta T para tomada de decisão para aplicações de agrotóxicos. Fonte: Tecnofiltros.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no município de Tunápolis - SC nas coordenadas geográficas (-26.967, -53.656) sobre a cultura da aveia branca (*Avena sativa* L.) cultivado no sistema de plantio direto com espaçamento de 20 cm entre linhas. No momento da realização dos testes a aveia encontrava-se no estágio fenológico de perfilhamento (aproximadamente 20 cm de altura), com uniformidade na densidade da população de plantas. Após o reconhecimento da área, definiu-se o plano de voo. Após definido o plano de voo configurou-se o rádio que envia as informações altura, faixa de aplicação, velocidade de aplicação e vazão para o drone tipo AGRAS MG-1p marca dji, desenvolvido para realizar pulverizações de produtos agrícolas em diversas culturas e sistemas de cultivo. O drone dispõe de um controle remoto para navegação, 4 pontas de pulverização do tipo cone vazio Teejet nº 1 e um reservatório com capacidade para 10 litros de calda.

Para a coleta de dados, delimitou-se uma área de 3000 m² dentro da lavoura, onde foram distribuídos papéis hidrossensíveis de forma aleatória, somente para o tratamento

de largura da faixa de aplicação, foram dispostos os papéis a cada metro, transversal a linha de voo em que o drone estará passando para realizar a pulverização (Figura 2).

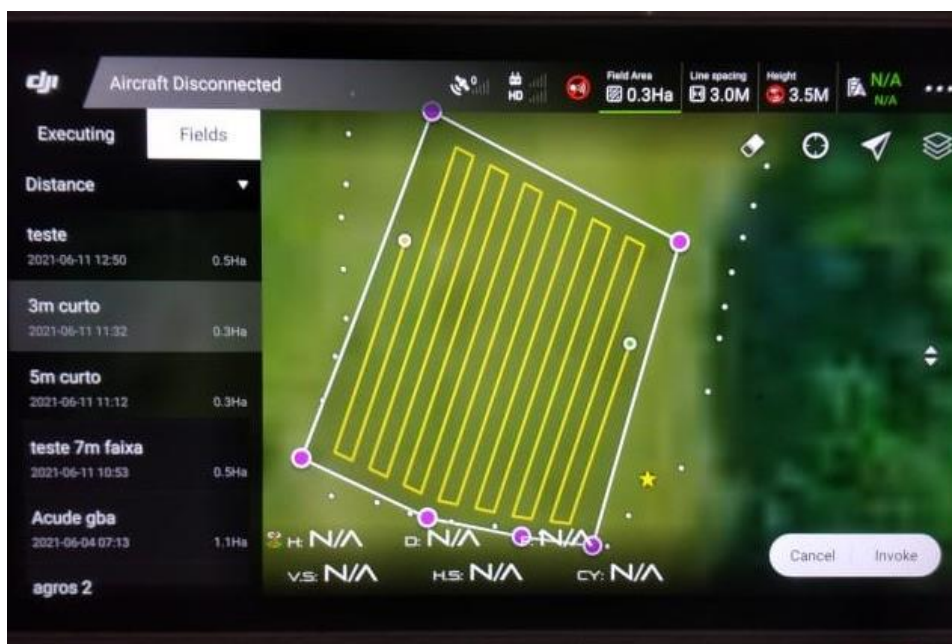


Figura 2: Área onde foram realizados os testes, registrada por caminhamento pelo terreno. Localizada no município de Tunápolis-SC. Fonte: Autores.

Os tratamentos realizados foram de volume de calda, velocidade de voo, faixa de aplicação, todos os tratamentos utilizando água pura e com uso de adjuvante, com três repetições. Para definir os tratamentos, utilizou-se os valores médios empregados pelas empresas prestadoras de serviços da região e a partir deles e da capacidade do drone definiu-se um valor acima e outro abaixo deste valor médio de referência para todas as variáveis. Para todos os tratamentos, papéis hidrossensíveis foram colocados em uma estaca de madeira a 25 cm da superfície do solo. Logo após a coleta dos dados os papéis hidrossensíveis foram devidamente identificados e armazenados em sacos plásticos herméticos. Para avaliação da pulverização foram realizadas leituras dos valores de gotas/cm², diâmetro médio volumétrico (DMV em μm), risco de deriva, menor gota, maior gota e o índice de cobertura (%), foi determinado no DropScope (Figura 3).



Figura 3: DropScope para a realização da leitura dos papéis hidrossensíveis. Fonte: Autores

Para volume de pulverização, utilizou-se os volumes correspondentes a 8, 10 e 12 L/ha com e sem adjuvante, totalizando 6 tratamentos e 3 repetições/tratamento, mantendo-se a velocidade em km/h, espaçamento das faixas de pulverização de 5 m e altura de voo de 3,5 m. Para velocidade de voo, utilizou-se as velocidade de deslocamento do drone de 10, 15 e 25 km/h com e sem adjuvante, totalizando 6 tratamentos com 3 repetições/tratamento, mantendo-se o volume fixo de 10 L/há, espaçamento das faixas de pulverização de 5 m e altura de voo de 3,5 m. Para o estudo de faixa de aplicação de calda colocou-se etiquetas hidrossensíveis a cada metro por pelo menos o dobro da largura da faixa de pulverização e de forma transversal ao sentido do voo. Para largura da faixa de pulverização, foram testadas as larguras de 3, 5 e 7 m, mantendo-se o volume de 10 L/ha, altura de voo de 3,5 m e velocidade de 15 km/h. Os experimentos foram realizados das 8:30 às 13:30 onde a velocidade do vento variou de 0 a 7 km/h, umidade relativa do ar de 41 a 78% e temperatura de 17,1 a 28 °C. Para todos os tratamentos foram registrados os dados de velocidade do vento, umidade relativa do ar e temperatura.

5. RESULTADOS e DISCUSSÕES

Entre as diferentes formas de pulverização a terrestre é a mais utilizada. Atualmente existe uma grande diversidade de tecnologias que envolvem desde pulverizadores de arrasto até autopropelidos que comportam diferentes capacidades e eficiências de aplicação. Nesses equipamentos podem ser utilizado diferentes tipos de pontas para diferentes situações de alvos a serem atingidos. A pulverização terrestre tem como principal características a aplicação próxima da planta usando altos volumes de

calda quando comparado as aplicações áreas. Porém, as pulverizações aéreas podem ser realizadas com aviões agrícolas, helicópteros, drones e VANTs de 3 a 7 m acima do dossel das plantas. Nesses equipamentos são utilizados ultrabaixos volumes de calda de pulverização (5 e 20 L/ha), pois os drones e helicópteros induzem a formação de vórtex que contribui para uma melhor deposição da calda nos alvos.

5.1 Fatores climáticos

Na realização de aplicações de defensivos é fundamental que as condições climáticas sejam adequadas pois se o clima não estiver favorável (principalmente umidade relativa do ar, temperatura, radiação, umidade do solo e vento), o sucesso de aplicação estará comprometido, sendo desta forma, crucial o acompanhamento do clima antes de realizar as aplicações.

Entre os fatores do clima, são importantes a temperatura ambiente, a umidade relativa do ar, a precipitação, a radiação solar, os ventos e o orvalho. Esses fatores interagem constantemente, provocando diferenças nas condições ambientais durante o dia (Gazziero, 1980; Skuterud et al., 1998)

Os fatores ambientais que podem prejudicar a absorção podem-se mencionar a temperatura (baixa ou elevada), a baixa umidade relativa do ar, a baixa radiação solar, a ocorrência de orvalho e o estresse hídrico (Victoria Filho, 1985)

As condições climáticas durante a realização dos experimentos possuíram variações durante o dia sendo que no início do experimento a umidade estava em 79% a qual foi caindo, onde se manteve quase constante em 40% até o final do experimento, já a temperatura teve uma elevação durante o experimento de 17 °C para 28°C e a velocidade do vento variou de 0 a 6 km/h em alguns momentos.

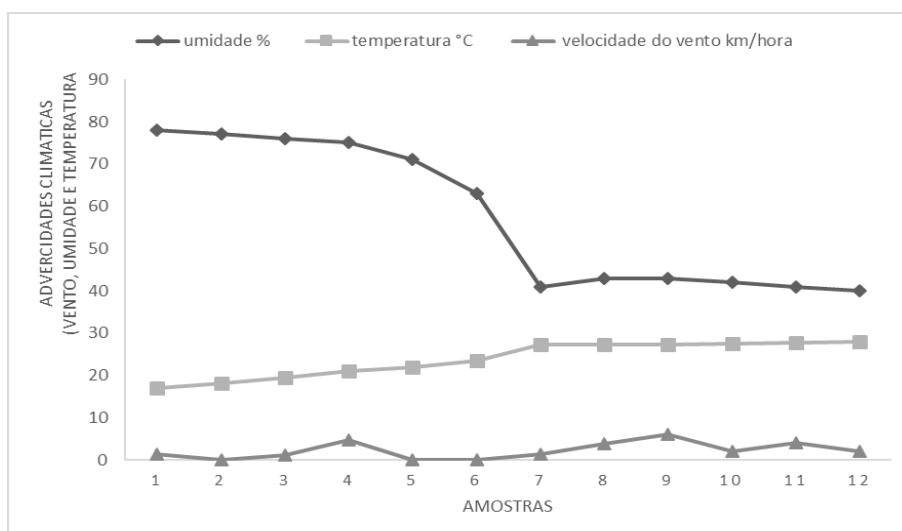


Figura 4: Condições climáticas (velocidade do vento, umidade relativa do ar e temperatura) no momento da realização dos testes. Fonte: Autores.

5.2 Volume de calda

O volume de calda está relacionado ao custo, rendimento e eficiência da pulverização. Este fator é muito importante porque na aplicação de agrotóxicos com drones trabalha-se com ultrabaixos volumes de calda.

O índice de cobertura reflete o percentual do tecido vegetal que é coberto pela calda de pulverização. Na aplicação de 8 L/ha obtivemos 3,37% de área coberta sem uso de adjuvantes. No entanto, com adjuvantes obtivemos 1,09%. Na aplicação de 10 L/ha obtivemos 10,13% sem adjuvante e 1,10% com adjuvantes. Na aplicação de 12 L/ha obtivemos 3,11% sem adjuvante e 3,17% com o uso de adjuvante. O erro padrão na aplicação de 10 L ha⁻¹ foi maior sendo de 7,98. Cunha et al. (2006) verificaram que a aplicação de baixos volumes de calda e redução do diâmetro de gotas maiores capacidades de coberturas atingindo diferentes partes do alvo com maior facilidade.

Antuniassi e Baio (2009) afirmaram que o tamanho de gota é de fundamental importância para o sucesso na aplicação de agrotóxicos, influenciando sobre a deposição de gotas sobre o alvo e sobre as perdas por deriva. A Associação Nacional de Defesa Vegetal (ANDEF), recomenda que a densidade de gotas para aplicação de herbicidas, deve ser de 20 a 30 gotas/cm².

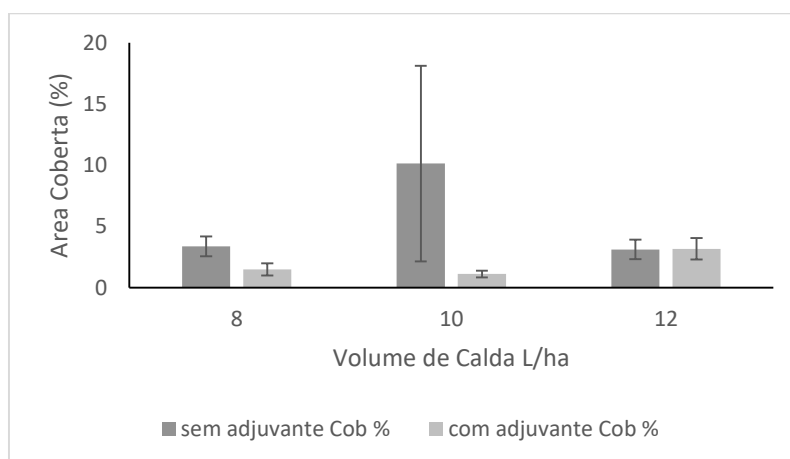


Figura 5: Índice de área coberta por cm², em relação ao volume de calda aplicado. Fonte: Autores

Conforme observado na Tabela 1, notamos que a disposição das gotas/cm² com a alteração do volume de calda é muito variável entre os tratamentos, estando muito sujeita às condições climáticas do local onde será realizada a aplicação e a características da aplicação usando ultrabaixos volumes de calda. Neste estudo foi possível observar que no volume de calda de 10L/ha sem adjuvante tem um número médio de 1180 gotas/cm² depositadas sobre o papel hidrossensível que em comparação aos outros tratamentos mostrou-se com um elevado número de gotas, isto pode estar ligado diretamente a umidade e temperatura no momento da aplicação.

Tabela 1: Número de gotas/cm² com e sem adjuvante, variando o volume de calda aplicado.

| Tratamentos | Sem adjuvante | | Com adjuvante | |
|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|
| | Gotas/cm ² | Erro padrão | Gotas/cm ² | Erro padrão |
| 8 L/ha | 407,66 | 241,001 | 196,33 | 102,81 |
| 10 L/ha | 1180 | 914,21 | 162,33 | 49,02 |
| 12 L/ha | 403,66 | 99,76 | 842,33 | 217,04 |

Fonte: Autores.

A deriva é um dos principais problemas que deve ser controlado durante o processo de pulverização de defensivos agrícolas, pois está diretamente relacionado à contaminação do aplicador, do meio ambiente e de culturas vizinhas. Além de causar prejuízos ao agricultor, já que boa parte do produto aplicado não atinge o alvo desejado, reduz a eficiência da aplicação e onera os custos de produção (RAMOS, 2001). As principais causas de deriva estão relacionadas ao tamanho de gota, tipo de ponta, vazão, pressão, condições climáticas, uso de adjuvantes entre outros.

Pode-se observar na Figura 2 que o risco de deriva foi maior na aplicação com 12 L/ha de volume de calda associado ao adjuvante. O maior risco de deriva é atribuído à velocidade de aplicação, a pressão formada pelo sistema do drone e as condições climáticas no momento de aplicação.

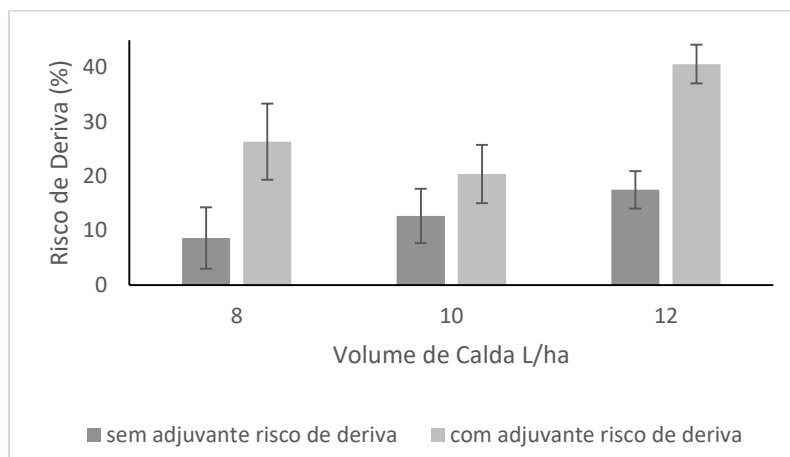


Figura 6: Porcentagem de risco de deriva em relação ao volume de calda aplicado. Fonte: Autores.

5.3 Velocidade de aplicação

A velocidade de aplicação varia de acordo com as condições da área, volume de calda, altura de voo e plano de voo. As velocidades avaliadas foram de 15,4, 18,5 e 21,6 km/h usando volume de calda de 10 L/ha. Podemos observar que a velocidade de 15,4 km/h sem adjuvante teve 1,73% de cobertura, enquanto com adjuvantes obtivemos 1,01% de cobertura (Figura 6). Na velocidade de 18,5 km/h obtivemos 2,93% sem adjuvante e 1,84% com adjuvante. Na velocidade 21,6 km/h obtivemos 1,09 e 1,01 % respectivamente. Podemos ressaltar que a velocidade de 18,5 km/h teve uma melhor porcentagem de área coberta devido aos fatores relacionados com a pressão que contribui diretamente no tamanho de gotas.

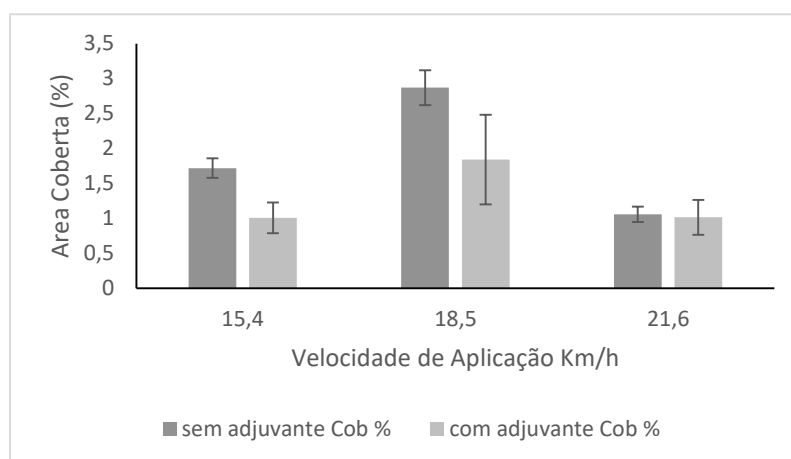


Figura 7: Porcentagem de área coberta cm² com relação à velocidade de aplicação. Fonte: Autores.

Observando o número de gotas em relação a velocidade verificamos maior deposição de gotas/cm² no tratamento sem adjuvante em que a velocidade média foi de 18,5 km/h na qual se encontram 409,33 gotas com um erro padrão de 17,57, quando comparado ao mesmo tratamento com adjuvante observamos que houve uma menor deposição de gotas sendo 288 e um erro padrão mais elevado sendo de 95,56 nos levando a entender que a velocidade ótima de aplicação está em uma média de 18,5 km/h pois teve o maior índice de gotas quando comparado com as outras velocidades.

Isto mesmo pode ter decorrido por conta do equipamento utilizar a aplicação de ultrabaixos volumes e condições climáticas no momento da aplicação como podemos ver na tabela Delta T, pois tivemos uma grande variação na umidade e temperatura de quando se iniciou os tratamentos até o término, tendendo a essa diferença entre os tratamentos.

Tabela 2: Número de gotas/cm² com e sem adjuvante em diferentes velocidades de deslocamento do drone .

| Tratamentos | Sem adjuvante | | Com adjuvante | |
|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|
| | Gotas/cm ² | Erro padrão | Gotas/cm ² | Erro padrão |
| 15,4 Km/h | 204 | 9 | 166 | 63,69 |
| 18,5 Km/h | 409,33 | 17,57 | 288 | 95,56 |
| 21,6 Km/h | 170 | 13 | 238,66 | 42,76 |

Fonte: Autores

Conforme podemos observar na Figura 7, o risco de deriva em relação a velocidade de aplicação podemos ver que na velocidade de 15,4 km/h o risco foi de 13,95 % quando aplicado sem adjuvante, com adjuvante obtivemos 17,12, já na velocidade de 18,5 km/h o risco de deriva sem adjuvante obteve-se 19,37 e com adjuvante 20,23 e com velocidade de 21,6 km/h sem adjuvante 20,2 e com adjuvante diminui este risco de deriva para 15,18 %. Desta forma, quando consideramos o erro padrão de todas as repetições vemos que não teve uma diferença significativa no risco de deriva quando variamos a velocidade de aplicação.

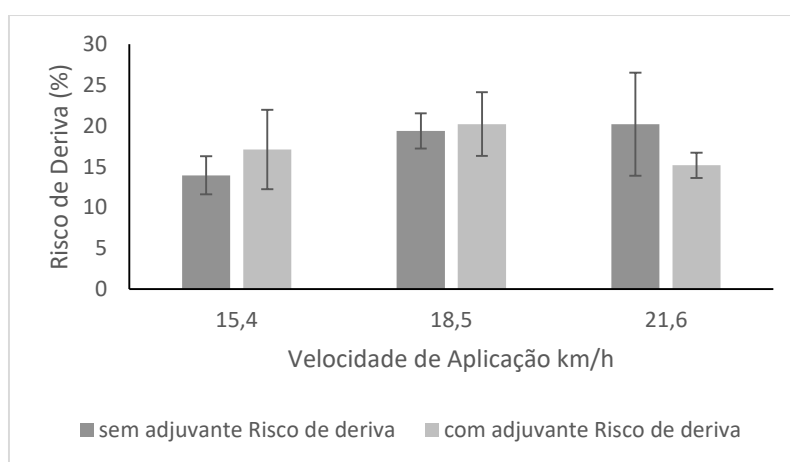


Figura 8: Risco de deriva com variação na velocidade de aplicação.
Fonte: Autores

5.4 Largura da faixa de aplicação

Quando observamos a faixa de aplicação de 3 m podemos ver que possui uma pequena variação, pois a bomba do drone está trabalhando em baixa pressão para manter a mesmo volume, as gotas geradas são maiores e mais resistentes à deriva porém esta faixa de aplicação é muito estreita e pouco eficiente na cobertura do terreno,

A faixa de aplicação de 5 m é a mais usual entre elas pois o risco de deriva é baixo e possui uma gota maior possuindo uma maior uniformidade espacial, sendo assim a faixa de aplicação mais recomendada. Tendo em vista que a faixa de 7 m foi a que teve maior variação entre elas, isso pode ser explicado pela pressão elevada do equipamento que é necessário para realizar a aplicação, tornando as gotas mais finas e mais suscetíveis à deriva causando as variações, quando utilizamos estas pressões elevadas o drone realiza a abertura de mais duas pontas as quais liberam mais dose do produto a ser aplicado,

possivelmente quando realiza as aberturas das outras duas pontas ocorre as variações que podemos ver no gráfico.

Observando os gráficos abaixo podemos observar que a faixa de aplicação de 5 m obteve-se melhores resultados pois quando comparada às outras faixas de aplicação, podemos perceber que não houve grandes influências de deriva, possuindo então uma aplicação mais uniforme e sendo mais eficiente na cobertura espacial da área.

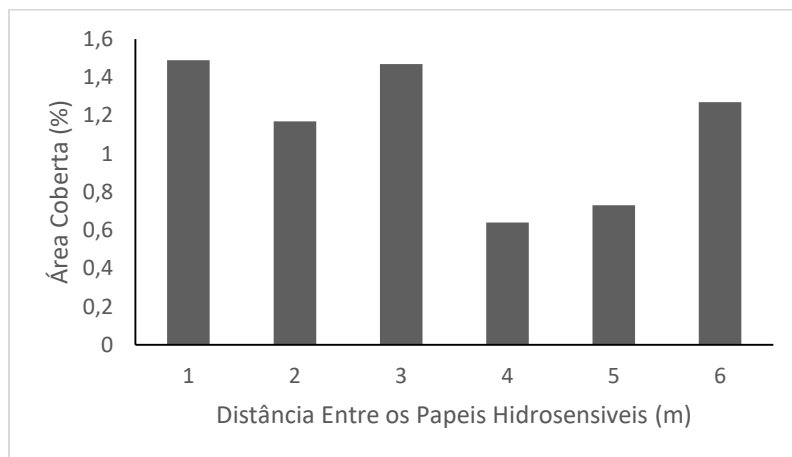


Figura 9: Porcentagem de área coberta em uma faixa de aplicação de 3 m, tendo a sobreposição entre as aplicações. Fonte: Autores

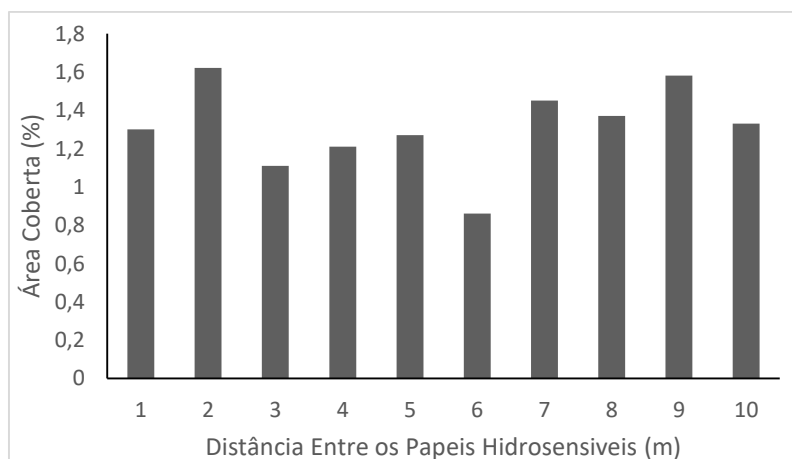


Figura 10: Porcentagem de área coberta em uma faixa de aplicação de 5 m, tendo a sobreposição entre as aplicações. Fonte: Autores.

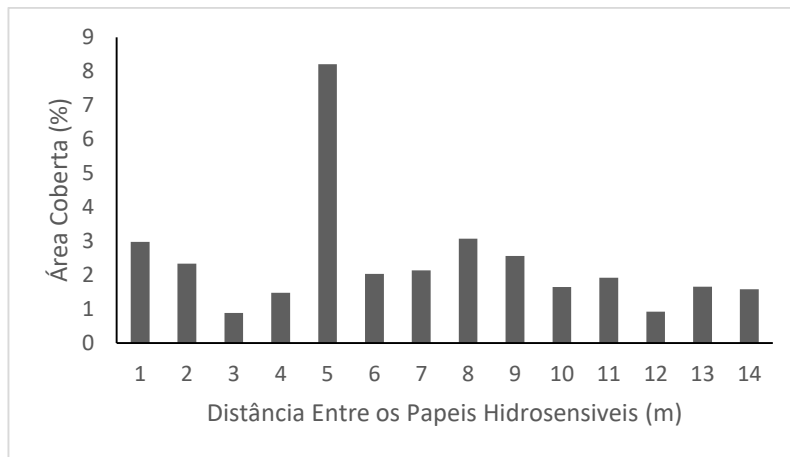


Figura 11: Porcentagem de área coberta em uma faixa de aplicação de 7 m, tendo a sobreposição entre as aplicações. Fonte: Autores

6. CONCLUSÃO

Concluimos que a aplicação com drone demonstrou distintos resultados entre os tratamentos com e sem uso de adjuvante, ou seja, nos índices de cobertura, número de gotas e no risco de deriva a aplicação somente com água sem adjuvante, obteve melhores resultados.

Em relação ao volume de calda o tratamento que possuía somente água e 10 L/ha mostrou ter uma capacidade de cobertura maior, o teste feito com a variação nas velocidades de aplicação concluímos que a velocidade de 18,4 km/h teve os melhores resultados de cobertura, para largura de faixa de aplicação o que se mostrou mais significativo foi a faixa de 5 metros, por fornecer maior uniformidade espacial. O acompanhamento das condições climáticas é de extrema importância para uma melhor aplicação. O uso da tabela do delta T nos auxilia para tomada de decisões indicando o momento adequado de aplicação, para o sucesso de aplicação.

7. REFERÊNCIAS

CAREGNATOH, L.; ALVES, F.L.; SAMPAIO, S. V. Agricultura de precisão: um estudo sobre ferramentas e técnicas inovadoras no agronegócio. **Revista Scientia Alpha**, v. 1, n. 1, p. 1-15, 2019. Disponível em: <http://revista.alfaumuarama.edu.br/index.php/alfa/article/view/15>>. Acesso em: 22 mar. 2020.

SOARES-FILHO, R.; DA CUNHA, J.P.A.R. Agricultura de precisão: particularidades de sua adoção no sudoeste de Goiás–Brasil. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 4, p. 689-698, 2015.

MOLIN, J.P. **Geração e interpretação de mapas de produtividade para agricultura de precisão**. Disponível em: <<http://www.ler.esalq.usp.br/download/CLP%202000.01.PDF>>. Acesso em: 24 mar. 2020.

MOLIN, J.P.; DO AMARAL, L.R.; COLAÇO, A. **Agricultura de precisão**. 1 ed., São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 40p.

BARBIERI, D.M.; MARQUES-JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial de atributos químicos de um Argissolo para aplicação de insumos à taxa variável em diferentes formas de relevo. **Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 4, p. 645-653, 2008.

VASCONCELOS, M.B.S. **Projeto de um dosador de fertilizantes para semeadora/adubadora de grãos graúdos de baixa potência para agricultura familiar**. 109f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas. 2011.

CASER, I.N.; SERAPHIM, S.K.C. **Projeto de caixa de redução de velocidade por correia sincronizadora para veículo BAJA SAE®**. Disponível em: <http://www.engenhariamecanica.ufes.br/sites/engenhariamecanica.ufes.br/files/field/anexo/2014-2_igor_sylvio_1.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2020.

JUNTOLLI, V.F.; SANTOS, B.L. **Agricultura de precisão. 3 ed., Brasília**: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2013. 36p.

ARTUZO, F.D. **Análise da eficiência técnica e econômica da agricultura de precisão a taxa variável de fertilizantes na cultura da soja no RS. 113f.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2015.

REIS, E.M.; ZANATTA, M. **Cálculo do dano do amassamento, na cultura do trigo, pelo rodado do equipamento na primeira aplicação de defensivos.** Disponível em: <http://www.orsementes.com.br/sistema/anexos/artigos/94/Amassamento%20c%C3%A1lculo%20dano.pdf>. Acesso em: 19 de julho, 2021.

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

CONTIERO, Robinson Luiz; BIFFE, Denis Fernando; CATAPAN, Valdenir. **Tecnologia de Aplicação.** BRANDÃO FILHO, JUT; FREITAS, PSL; BERIAN, LOS; GOTO, R. Hortaliças-fruto. Maringá: EDUEM, p. 401-449, 2018. disponível em: <<https://books.scielo.org/id/bv3jx/pdf/brandao-9786586383010-15.pdf>>. Acesso em: 10/01/2022.

RAMOS, Hamilton et al. Manual de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. **ANDEF-associação Nacional de Defesa Vegetal**, v. 52, n. 10.1029, 2004. Disponível em: <<http://www.lpv.esalq.usp.br/sites/default/files/Leitura%20-%20Manual%20Tecnologia%20de%20Aplicacao.pdf>>. Acesso em 20/09/2021.

REIS, Elton F. dos et al. Qualidade da aplicação aérea líquida com uma aeronave agrícola experimental na cultura da soja (*Glycine max L.*). **Engenharia Agrícola**, v. 30, p. 958-966, 2010. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/eagri/a/6mpN5596kPG73zzfq8zWhrz/?format=pdf&lang=pt>>. acesso em: 21/09/2021.

CUNHA J.P.A, SILVA L.L, BOLLER W., RODRIGUES J.F.. **Aplicação aérea e terrestre de fungicida para controle de doenças do milho.** Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rca/a/Br6kwydsVrNGB5p3FTrgTSp/?format=html>>. Acesso em 22/09/2021.

DE AZEVEDO, F. R.; FREIRE, FDCO. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. **Embrapa Agroindústria Tropical-Documentos (INFOTECA-E)**, 2006. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=Tecnologia+de+Aplica%C3%A7%C3%A3o+de+Defensivos+Agr%C3%ADcola&btnG=>. Acesso em: 20/10/2021.

LAUBER, Valcir Antonio et al. **ADAPTAÇÃO DE PULVERIZADOR COSTAL PARA MELHORIA NOS PARÂMETROS DE APLICAÇÃO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS**. 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/197838/TCC%20Valcir%20Antonio%20Lauber%20reposit%C3%B3rio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 20/09/2021.

SILVA JUNIOR, Claudio Lisias da; PEREIRA, Luciano Meneguetti. **A PROTEÇÃO DA PRIVACIDADE E DA DIGNIDADE DO SER HUMANO DIANTE DAS NOVAS TECNOLOGIAS: UM ESTUDO ANALÍTICO SOBRE OS DRONES**. 2018. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=Drones%2C+leis+e+regulamenta%C3%A7%C3%A3o%3A+tu+do+o+que+voc%C3%AA+precisa+saber+antes+de+voar&btnG=#d=gs_cit&u=%2Fscholar%3Fq%3Dinfo%3AOCogVNu8iEJ%3Ascholar.google.com%2F%26output%3Dcite%26scirp%3D0%26hl%3Dpt-BR. Acesso em: 22/01/2022.

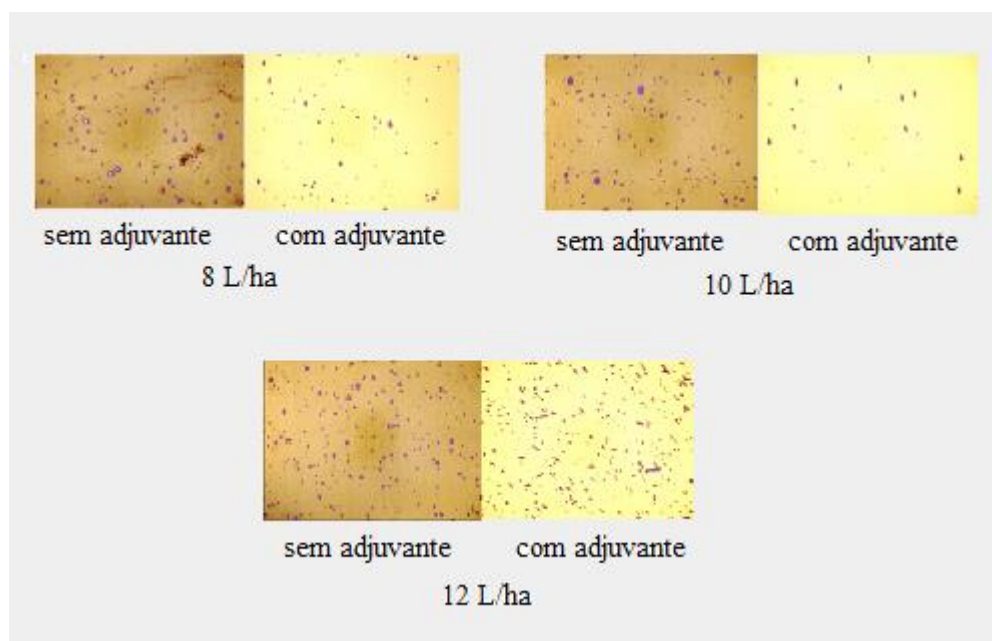
VARGAS, Leandro; ROMAN, Erivelton Scherer. Conceitos e aplicações dos adjuvantes. **Embrapa Trigo-Documentos (INFOTECA-E)**, 2006. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/admin,+Biosci-2007-631.pdf>. Acesso em: 03/03/2022.

PENCKOWSKI, L. H.; PODOLAN, M. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F. Influência das condições climáticas no momento da aplicação de herbicidas pós-emergentes sobre a eficácia de controle de nabiça (*Raphanus raphanistrum*) na cultura de trigo. **Planta Daninha**, v. 21, n. 3, p. 435-442, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/z4RgVDQXvq9bxsJ6ZTjBTTj/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 03/03/2021.

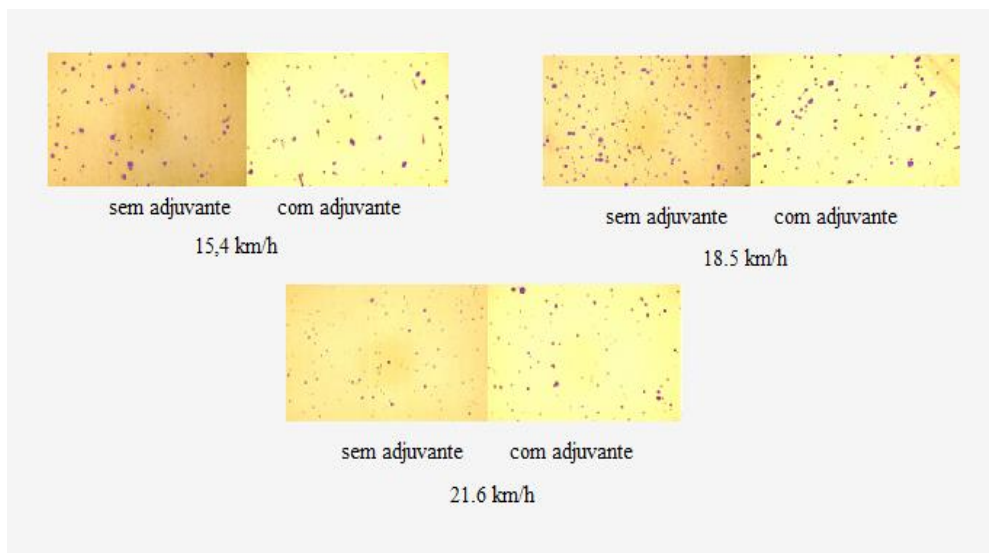
APÊNDICE:



Apêndice A: Estacas posicionadas a cada metro.



Apêndice B: papeis hidrossensíveis L/ha



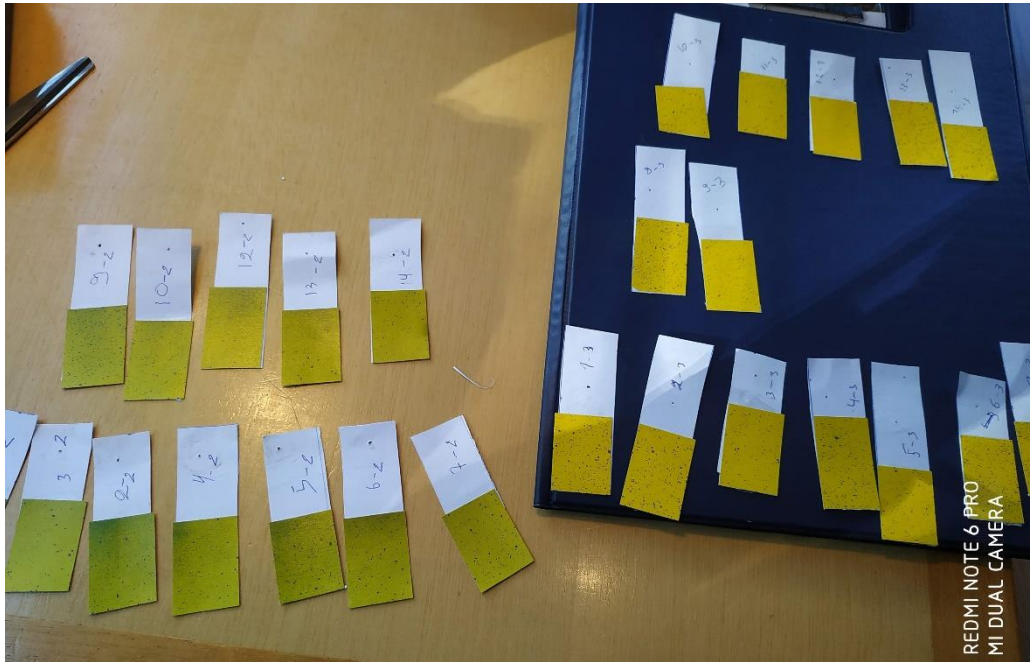
Apêndice C: Papeis hidrossensíveis Km/h



Apêndice D: Posicionamento das estacas.



Apêndice E: marcação dos papéis hidrossensíveis



Apêndice F: separação dos papéis hidrossensíveis para realizar a leitura.



Apêndice G: Abastecimento com água do tanque do drone