

AVALIAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO VOLUMÉTRICA DE GOTAS COM DIFERENTE TIPOS PONTAS DE PULVERIZAÇÃO EM AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS

Data de aceite: 01/08/2024

Klayson Burjack Nunes

Danilo Ribeiro Barbacena

Joana Darque Vieira da Silva

RESUMO: Dentre as tecnologias para o aumento da produtividade alimentícia, destaca-se o uso de Aeronaves remotamente pilotadas –(RPA's) , já que o pacote de sensores embarcados em RPA'S para o monitoramento das culturas agrícolas e regiões produtoras tem crescido ao longo dos últimos anos, além do uso para pulverização agrícola. Diante disso, esse trabalho objetivou avaliar a distribuição volumétrica de gotas com diferente tipos pontas de pulverização em aeronaves remotamente pilotadas. Para tanto foi realizado em experimento na unidade de CRIA GDM-Porto Nacional, sendo os tratamentos foram 2 tipos de bicos pulverizador (original e antideriva) e 2 velocidades de voo (14 e 19km/h) com 4 repetições, totalizando assim um delineamento de 2x2x4, totalizando 16 parcelas experimentais. O voo foi realizado em uma altura de 3,10m. Com o veículo aéreo não tripulado DJI AGRAS T20.

Os dados coletados foram submetidos a análise de variância e teste de f e as médias comparadas pelo teste de tukey a nível de 5% de probabilidade. Pode-se concluir que para o bico antideriva apresentou uma melhor largura de faixa que o bico original, independente da velocidade. Também que para o número de gotas e para a densidade de gotas o bico original na maior velocidade testada e o antideriva na menor velocidade, apresenta melhores resultados, indicado assim principalmente para produtos de contato. Não houve efeito das velocidades e bicos testados para cobertura, taxa de aplicação e dispersão, ao contrário da importância descrita e demonstrada em outros trabalhos.

PALAVRAS-CHAVE: Volume; Aplicação; Fitossanidade; drones

ABSTRACT: Among the technologies for increasing food productivity, the use of remotely piloted aircrafts (RPA's) stands out, since the package of sensors on board RPA's for monitoring agricultural crops and producing regions has grown over the past few years, besides the use for agricultural spraying. Therefore, this work aimed to evaluate the volumetric distribution of drops with different types of spray tips on remotely

piloted aircraft. To this end, an experiment was conducted in the town of Aparecida do Rio Negro, and the treatments were two types of spray nozzles (original and antiderivative) and two flight speeds (14 and 19 km / h) with 4 repetitions, thus totaling a 2x2x4 design, totaling 16 experimental plots. The flight was conducted at a height of 3.10m. With the unmanned aerial vehicle DJI AGRAS T20. The collected data were submitted to variance analysis and f-test and the means were compared by the tukey test at 5% probability level. It can be concluded that the antidrip nozzle showed a better swath width than the original nozzle, regardless of speed. Also, for the number of drops and the drop density, the original nozzle at the highest speed tested, and the anti drift nozzle at the lowest speed, presented better results, thus indicated mainly for contact products. There was no effect of the tested speeds and nozzles for coverage, application rate, and dispersion, contrary to the importance described and demonstrated in other works.

KEYWORDS: Volume; Application; Application; Plant Protection; drones

INTRODUÇÃO

O aumento populacional levou a uma crescente demanda alimentícia, o que consequentemente fez com os produtores buscassem o aumento das produtividades das culturas agrícolas nos últimos anos. Este crescimento foi possível devido ao melhor uso de insumos, pesquisas em melhoramento genético, investimento em tecnologias, levando o Brasil ao posto de celeiro do mundo (FIESP, 2021). Dentre essas tecnologias, destaca-se o uso de Aeronaves remotamente pilotadas –(RPA's) , já que o pacote de sensores embarcados em RPA'S para o monitoramento das culturas agrícolas e regiões produtoras tem crescido ao longo dos últimos anos, além do uso para pulverização agrícola (HUNT, DAUGHTRY, 2018).

O interesse em novas tecnologias como o drone tem crescido muito ao redor do mundo. Esse aumento no desenvolvimento de drones é devido os avanços tecnológicos computacionais, desenvolvimento de novos softwares, materiais mais leves para sua fabricação, os sistemas globais de, avançados de links de dados, sofisticados sensores e a miniaturização (SILVA, 2021). As RPA-S na pulverização é considerada uma boa alternativa principalmente em locais de difícil acesso, diminui o risco de intoxicação, logo usando essas aeronaves é possível minimizar os riscos ambientais e da saúde humana nessa prática; além disso a utilização dessas aeronaves podem acelerar o incremento do pacote tecnológico a campo e facilitar o trabalho com o emprego de automação. (CHEN et al., 2020; KARTAL et al., 2020).

O desenvolvimento de drones surgiu como uma importante opção na AP. A aplicação dos mesmos em áreas agrícolas e em missões de reconhecimento vem se tornando facilitada devido o atual estágio de desenvolvimento tecnológico, além de serem relativamente baratos, possuírem tamanho pequeno e pela necessidade de otimização da produção(OLIVEIRA E SILVA, 2020).Uma correta tecnologia de aplicação de agrotóxicos visa colocar a quantidade certa de ingrediente ativo no alvo, com a máxima eficiência e da maneira mais econômica possível, minimizando impactos ao ambiente (MATTHEWS, 2002).

Em trabalhos de Wang (2020) usou um RPA com georreferenciamento sendo que a qualidade da aplicação em relação a um avião tripulado foi maior, já que houve menor taxa de deriva, menor consumo de água e aplicação de forma mais localizada que possibilita economia de defensivos agrícolas. Já em trabalhos de Martinez-Guanter et al., (2019) comparando a tecnologia de RPA's com um pulverizador de arrasto notou uma mesma eficiência de tamanho de gota e de cobertura foliar em pulverização de oliveira e citrus, porém destaca-se a menor deriva e ausência de compactação de solo com aeronave remotamente pilotada.

Com o intuito de reduzir a deriva de gotas de herbicidas não seletivos, recomendam-se pontas de pulverização com indução de ar para aplicações de herbicidas sistêmicos em pós emergência. Essas pontas também são recomendadas para qualquer herbicida aplicado diretamente ao solo e em pré-emergência (VIANA, 2007).

OBJETIVOS

Objetivo geral

Avaliar a distribuição volumétrica de gotas com diferente tipos pontas de pulverização em aeronaves remotamente pilotadas.

Objetivos Específicos

- Verificar a faixa de aplicação pelo software usado pela fabricante do RPA é realmente verídico.
- Avaliar a distribuição volumétrica sob diferentes pontas de pulverização em RPA'S.
- Descrever a volumetria sob diferentes velocidades em RPA'S

PROBLEMA

As novas tecnologias estão incrementando o monitoramento das áreas agrícolas, diante disso o desafio está em aumentar a eficiência dos sistemas produtivos, através da utilização de insumos e produtos de forma mais detalhada e preciso. Além disso essa precisão necessita ser mantida independentemente da escala de produção (KARTAL et al., 2020).

O problema dessa pesquisa consiste na necessidade de ampla análise das culturas por imagem para formação de um banco de dados que permita o desenvolvimento de um trabalho de agronomia utilizando drones de imageamento. Como não há série histórica considerando a aplicação dessa ferramenta para a maior parte das culturas existem poucos dados disponíveis, isso se agrava pelo fato de existirem poucas empresas atuando na área e não haver interesse na divulgação dos seus bancos de dados;

Além disso interpretações erradas da tecnologia, levam muitos produtores a não enxergar as RPA's como uma ferramenta, mas sim como solução completa, causando uma quebra de expectativa que contribui para o descrédito da tecnologia. Soma-se a falta de integração entre agentes da cadeia do agronegócio projetistas, agrônomos e produtores.

O uso da automação na agricultura pode ser uma alternativa para otimizar o trabalho principalmente em locais de difícil acesso, como já comentado anteriormente. Entretanto, a tecnologia ainda apresenta problemas de autonomia, deficiência operacional e problemas de usabilidade (ADAMIDES, 2020).

Por isso existem limitações dessa ferramenta devido à capacidade de bateria e em sua maioria tem capacidade máxima de voo que varia de 15 a 30 minutos. A prestação desse serviços deveria ser focada em operação de catação, identificando onde haja uma ocorrência e realizando operações localizadas. Não deve ser útil para aplicar em todo o terreno, a não ser em áreas muito adensadas, como as de café, ou em área de morro, com declive”, avalia o pesquisador.

Falta de estudo na parte tecnologia de aplicação como tipo de bico para cada aplicação ou produto, mensuração de deriva de acordo cada situação, e condições ambientais fatores com vento umidade, temperatura. O número de profissionais qualificados e baixo. A aplicação incorreta de defensivos agrícolas é sinônimo de prejuízo, pois além de gerar desperdício e deriva, aumenta consideravelmente os riscos de contaminação em pessoas e no meio ambiente.

JUSTIFICATIVA

O estudo é de importância pelo fato de haver poucas informações sobre criação de um protocolo de pulverização via drone para auxiliar na uniformização dos tipos de tratamento para determinados diagnósticos, assim organizando e facilitando a tomada de decisões. Ademais impedir que em futuras aplicações ocorram problemas, com deriva ou ineficiência da aplicação. Por meio do resultado atingido com a ferramenta o produtor ganhara tempo nas tomadas de decisões erradicando o problema ainda no começo.

É possível diminuir, pois evitará desperdício de produto, já terá consciência de sobreposição da área aplicada, e a utilização do bico com a maior eficiência também vai precisar gastar comprando outros modelos de bicos diminuindo o custo pois tem um valor alto. Além do amassamento das plantas provocado pelo rodado do trator e da compactação causado ao solo.

Dessa maneira, não terá perdas de outras culturas plantadas próxima a aplicação, com a consciência do raio de alcance da deriva e possível controlar esse fator que tem grande impacto nas pulverizações. Dentre os benefícios do uso dessa tecnologia está, redução de mão de obra no campo e mais eficiência e eficácia no processo de pulverização.

Pesquisas na área de automação das práticas agrícolas são de extrema importância para o entendimento, contribuição e desenvolvimento da tecnologia, e para a melhoria dos

processos e técnicas que evitam problemas que podem causar perdas de produtividade das culturas e prejuízos para os agricultores. É importante destacar que não foram encontradas pesquisas abordando todas as aplicações de VANT no mesmo estudo (Anziliero, 2021)

HIPÓTESE

- A menor velocidade testada será melhor que a maior testada
- O bico antideriva será superior ao original.

REFERENCIAL TEÓRICO

Agricultura no Brasil

A agricultura brasileira era rudimentar em meados do século passado. Prevalcia o trabalho braçal na produção agropecuária. Naquela época, menos de 2% das propriedades rurais contavam com máquinas agrícolas. Homens e mulheres do campo sofriam com escassez de tecnologia e de informação. O crescimento da agricultura exigia que extensas áreas naturais fossem convertidas em lavouras e pastagens. Práticas inadequadas causaram severos impactos ambientais, como erosão e assoreamento. Mas as fazendas não produziam o suficiente para atender à demanda interna, a trajetória recente da agricultura brasileira é resultado de uma combinação de fatores (EMBRAPA, 2018).

Embora a origem da diversificação, a agropecuária brasileira não apresentava muita novidade em meados do século antigo. Prevalcia o serviço braçal. Naquela estação, menos de 2% das propriedades rurais contavam simultaneamente com poucas máquinas agrícolas, faltavam conhecimentos sobre solos e variedades, eram escassas as recomendações de manejos e as tecnologias da comunicação eram quase desconhecidas no campo. O efeito era o insignificante lucro por hectare e pequena manufatura, que passou a ser escasso para acolher à procura interna, num tempo de industrialização e acréscimo populacional. O agronegócio no Brasil iniciou uma época de modernização entre 1960 e 1970.

O bom desempenho do setor está, a propósito, diretamente ligado às suas exportações. Para se entender tal assertiva, deve-se considerar os seguintes cenários: a alta dos preços internacionais das commodities, predominantes na pauta de exportações brasileiras, em função do aumento da demanda mundial por alimentos, e a forte desvalorização do Real frente ao dólar. Ambos os fatores fazem das exportações o “caminho dos tijolos amarelos” para a produção agropecuária, pois seus produtos estão mais valorizados e seus preços, em dólar, mais competitivos (CEPEA, 2021).

A produção interna de tratores no Brasil só se iniciou no ano de 1959, com a instalação da Ford. Antes desse ano, os tratores usados eram todos importados. O uso de fertilizantes artificiais e agrotóxicos também se acentuou a partir da década de 1960, com índices bastante elevados (TEIXEIRA, 2005).

Nos últimos anos a pesquisa brasileira tem alertado para a importância de se ampliar a produtividade, não só para gerar uma rentabilidade maior por hectare, mas também porque a oferta de novas áreas começa a chegar no limite. As áreas com pastagens degradadas ainda apontam uma opção para a agricultura avançar em termos de área, mas isso depende da adaptação do solo em áreas sem histórico com agricultura, ou seja, o montante a ser produzido começará pequeno e avançará mais lentamente, do que em áreas já consolidadas (CANAL RURAL, 2019).

Diante disso a agricultura digital, os avanços promovidos pelas tecnologias ligadas a Agricultura digital já é uma realidade nas propriedades agrícolas do Brasil. Progressivamente a tecnologia se propaga em lavouras, assim ocorre também com a informação que é passada dos técnicos para os produtores rurais. Já é fato de que existe uma heterogeneidade nos ambientes de produção, e que fatores como relevo, vegetação, solo e o histórico do uso da área influenciam na variabilidade e qualidade de cultivo e que tais fatores são de grande importância na tomada de decisão de qual estratégia utilizar a fim de garantir altos rendimentos. (BERNARDI et al., 2014).

Agricultura de precisão e digital

A Agricultura 4.0 surge da conveniência de otimização do método lucrativo agrícola, ascensão de negócios mais eficientes no terreno, além de sua superior rentabilidade, através do uso de tecnologias é executável o seguimento em período verídico da lavoura, bem como monitoramento de pragas, administração de insumos, além de admitir para uma tomada de decisão mais competente.

Os efeitos potencialmente transformadores da tecnologia que está por vir para a agricultura, positivos e negativos, exigem que se faça uma pausa para reflexão antes que a revolução tome conta. Os termos Agricultura 4.0 e quarta revolução agrícola, assim como a quarta revolução industrial, se referem a mudanças provocadas pelo uso de novas tecnologias, particularmente o uso de IA para tomar decisões de planejamento mais inteligentes e alimentar robôs autônomos. Essas máquinas inteligentes podem ser usadas para cultivar e colher, capinar, ordenhar gado e distribuir agroquímicos por drones. Outras tecnologias agrícolas específicas incluem novos tipos de edição de genes para desenvolver safras de maior rendimento e resistentes a doenças; fazendas verticais; e carne sintética produzida em laboratório (ECYCLE, 2020).

A agricultura de precisão é um sistema de gerenciamento agrícola que cresce no país na medida que as informações sobre conceitos, técnicas e vantagens chegam ao produtor rural, as ferramentas buscam acompanhar o processo de maneira precisa, coletando e analisando as informações através de tecnologias que facilitam a tomada de decisão pelos produtores e trabalhadores rurais, proporcionando maior controle sobre todo o processo produtivo e contribuindo para uma produção eficiente, lucrativa e sustentável.

Começou com as tecnologias das máquinas dotadas de receptores GPS e geração de mapas de produtividade. Avançou e hoje vai além dos equipamentos e das culturas de milho e soja (CNA, 2019).

O agricultor foi perdendo sobremodo da sua visão dos detalhes como ao solo e à cultura, porque o maquinário de alta qualidade trata facilmente grandes áreas de maneira homogêneo. no entanto, essa estratégia não pode ser considerada otimizada, pois nem o solo nem a cultura são uniformes dentro dessas áreas. É importante resgatar essa aptidão que o agricultor possuía no passado e adequar as grandes extensões de lavouras e suas operações mecanizadas juntamente as diferenças intrínsecas anexo dessas áreas produtivas. No entanto, a agricultura a observação visual pelo agricultor e os ajustes manuais nas operações não são mais possíveis. Ao adaptar a averiguação da variabilidade e a instrução agrônomo já reunido com o uso de máquinas e algum nível de automação dos processos, é provável reproduzir boa parcela daquele detalhamento originado antigamente através do agricultor no gerenciamento de pequenas glebas (MOLIN, et al, 2015).

A telemetria é uma ferramenta que atua como uma forte aliada na gestão e no monitoramento da lavoura. Por meio dessa ferramenta, uma série de informações são enviadas pelas máquinas automaticamente por meio de rede celular (GPRS) ou wi-fi ao servidor na nuvem. Havendo conectividade, estas informações podem ser acessadas em tempo real via internet ou por meio de um smarthphone, computador ou tablet. O recurso permite verificar se a aplicação de agroquímicos foi realizada conforme o programado e no volume de aplicação desejado e, também, se as condições climáticas estavam adequadas, tais como a temperatura e a umidade relativa no momento da aplicação (PONTELLI, 2018).

Outra vantagem além do monitoramento dessas ferramentas é aplicação a taxa variável que permite ao produtor variar a taxa de insumos agrícolas em pontos diferentes do talhão. Assim, cada área recebe um manejo diferenciado de acordo com sua capacidade produtiva, otimizando resultados (FIELDVIEW, 2020).

O termo taxa variável surgiu na década de 1970 nos Estados Unidos. Quando agricultores, visando eliminar variações durante as pulverizações desenvolveram sistemas de controles e válvulas com a finalidade de compensar os efeitos de mudanças de velocidade que notadamente influenciava na vazão do sistema, e assim permitindo pulverizações homogêneas durante as aplicações (GEBHARDT et al., 1974).

Segundo STAFFORD (2000), o desenvolvimento de máquinas agrícolas capazes de executar intervenções à Taxa Variável (TV) foi parte fundamental no sistema, pois a correta aplicação potencializa os resultados de todos os levantamentos de atributos assim como os efeitos dos recursos tecnológicos utilizados até obterem-se as prescrições. Para corretas prescrições é necessário usar sensores embarcados em ferramentas como satélites ou RPA's (popurlamente conhecida como drone), esses equipamentos permitem conhecer e estimar o potencial produtivo através de cálculos geoespaciais.

Os drones são ferramentas de agricultura de precisão e já provaram que estão entre as tecnologias digitais mais promissoras para a agricultura em diversos países. De acordo com pesquisa do Business, o mercado de drones comerciais e civis cresceu a uma taxa anual de 19% entre 2015 e 2020. Já o Goldman Sachs, estimou que o setor agrícola será o segundo maior usuário de drones do mundo a partir de 2021. Os drones podem ser utilizados em qualquer cultivo para aplicação de defensivos agrícolas químicos e biológicos, desde que a atividade esteja regulamentada e os produtos devidamente registrados (CORTEVA, 2021).

A coleta de dados realizada por ferramentas digitais é uma das formas de levar mais eficiência para as lavouras. Quando analisadas e interpretadas, essas informações levam mais clareza para o processo de tomada de decisão no campo. Decisões melhores e mais precisas significam menos perdas na lavoura. Essas bases de dados de uma fazenda que geram modelos preditivos para uma operação estão sendo chamadas de gêmeo digital da fazenda (SYNGENTA, 2021).

Uso de rpa's na agricultura

A princípio os RPAs foram criados para utilização militar, mas a percepção na diminuição dos custos e a expansão tecnológica, o produto começou a chamar atenção de outros mercados pela sua potencialidade, propagando-se então a outros setores, como mapeamento, segurança e também como lazer (RIBATSKI; SANTOS; NETO NOGARA, 2018). Drone é um termo genérico, que não possui definição técnica e não legislativo, o qual foi originado nos Estados Unidos propagando-se pelo mundo (LUCHETTI, 2019).

Inicialmente, essas aeronaves podem ser utilizadas para levantamentos e captação de imagens em geral em áreas de produção agrícola e avanços recentes na qualidade de câmeras e sensores mostraram que eles podem ser usados para diagnosticar o estresse da cultura (BAOFENG et al., 2016) e controlar ervas daninhas (BRIGHT et al., 2016; LÓPEZ-GRANADOS et al., 2016).

Dentre algumas das características promissoras dos RPA's são destaque: a longa duração do voo, a melhoria da segurança da missão, a repetibilidade do voo devido à melhoria dos pilotos automáticos e a redução dos custos operacionais quando comparados às aeronaves tripuladas (WATTS; AMBROSIA; HINKLEY, 2012).

As vantagens potenciais da plataforma, no entanto, são função de diversos fatores, como aeronaves, tipos de sensores, objetivos da missão, além de todos os trâmites legais de regulamentação operacional da plataforma específica.

Em comparação com outras plataformas de aeronaves tripuladas com os mesmos sensores embutidos usados na AP, as principais vantagens do uso de RPA's podem ser listadas: i) amostragem de baixa altitude; e ii) com base no movimento Structure (Motion Structure-SfM) cria-se um modelo de altura do dossel a partir de uma nuvem de pontos (HUNT; DAUGHTRY, 2018).

De acordo com Pecharromás & Veiga (2017), atualmente é permitido a operação de RPA's através da autorização expressa ou certificado de autorização de voo da ANAC. Experimento Pecharromás & Veiga (2017) também mencionam em seu estudo que qualquer RPA requer autorização prévia do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), exatamente como é o caso das aeronaves tripuladas e está sujeito às mesmas regras. A regulamentação de aspectos específicos das atividades de voos com RPA's no Brasil é recente, produzido por duas agências, tem vínculos com diferentes departamentos governamentais, e ramo militar, todos em nível federal: DECEA, ANAC e Nacional Telecomunicações - ANATEL (CASTILLO, 2019).

Quanto à legislação sobre o uso de RPA's, de acordo com a ANAC (2019), os RPA'S's que pesam mais de 250 gramas, só podem voar para longe, pelo menos 30 metros. Além disso, os operadores dessas aeronaves (até 250 gramas). Considerado licenciado sem documentação emitida pela ANAC desde que o dispositivo não seja usado para voos acima de 400 pés.

Com isso em mente, a ANAC promulgou o Decreto nº 606/MD em junho de 2004, que contém requisitos gerais para RPA's civis. Entre esses requisitos, registro obrigatório de RPA's para todos os RPA's, recreativos ou não, aqueles com peso superior a 250g e limitados a 25kg e que não voem fora de vista ou 400 pés (120 metros) acima do solo.

Três tipos de sensores remotos são usados na agricultura de precisão: RGB, sensores multiespectrais e hiperespectrais (PREY et al., 2019). Uma imagem digital consiste em dados (pixels) que misturam canais de cores vermelho-verde-azul (RGB), também conhecido como espectro visível (ROSELL et al., 2020). As câmeras RGB de nível de consumidor podem ser usadas para detectar e classificar vários tipos de feições de daninhas, por exemplo com base na cor vermelho-verde-azul e nas informações de profundidade de flores, frutas, galhos e troncos de árvores. Os sensores RGB também podem detectar outras características da planta, como tamanho da planta, número de folhas, cotilédone e forma real da folha, cor, superfície e posição (MADSEN et al., 2020). Lima (2020) destaca que as câmeras que utilizam os sensores do modelo de cores RGB (Red, Green e Blue) operam com as cores representadas pelas componentes vermelho (R), verde (G) e azul (B) (cores primárias).

A câmera RGB é usada para a detecção de plantas daninhas, geralmente disponível no mercado local, o custo é baixo em comparação com outros sensores (BARBA et al. 2020). O método RGB também é de baixa manutenção e requer pouco treinamento para dominar as técnicas de tirar fotos e analisar imagens (GASPAROVIC et al., 2020). Além disso, os sensores RGB podem ser integrados às RPA's para realizar várias tarefas agrícolas, incluindo mapeamento espacial de campo, identificação de estresse nutricional de plantas e estimativa de biomassa (BARESEL et al., 2017).

O sistema RGB é um dos principais sistemas utilizados na apresentação de cores em sistemas digitais (RICKER, 2004). Cada pixel é caracterizado por um espaço espectro

tridimensional, contendo as três cores que formam o sistema (Red, Green e Blue). A intercalação dessas três cores ocasiona em uma cor por pixel. Normalmente as imagens digitais possuem pixel, uma vez que cada uma das três cores, irão apresentar 256 níveis de cinza, ou seja, esse fator possibilita a formação de mais de 16,7 milhões de cores (256 x 256 x 256) (BARBOSA, et al., 2016). Atualmente existem uma grande diversidade de câmeras digitais no mercado. As câmeras RGB atuam captando luzes no espectro do visível para humanos, o que varia de 400 a 700 nm (SAKAMOTO et al., 2010).

De acordo com Chang (2019), no processamento de imagens multiespectrais usando apenas algumas dezenas de bandas espectrais discretas, a informação espectral esperada de um pixel de imagem multiespectral é geralmente muito limitada em comparação com o que os pixels de imagem hiper espectrais fornecem.

A contribuição ao sensoriamento remoto orbital tem aumentado, porém o uso de veículos aéreos não tripulados (RPA's) complementam essas informações via satélite, pois esses possuem a capacidade de detectar um tipo de vegetação, com precisão centimétrica, ainda sem a interferência de nuvens(RIBATSKI; SANTOS; NETO NOGARA, 2018).

Além do uso dos sensores como já citado acima uma grande funcionalidade que os drones vem ganhando espaço é na utilização na pulverização. Pois essa forma de uso apresenta vantagens: aplicação de áreas de difícil acesso, em áreas muito íngremes o com obstáculos onde os demais pulverizadores jamais conseguirão operar, talvez essa seja a maior vantagem do uso de drones pulverizador. O Drone também permite fazer aplicação a taxa variável ou localizado somente na área em que necessita, com isso há economia de produto (LUCHETTI, 2019).

RPA´s pulverizadores

Segundo Passos et al. (2014) pulverizar com um drone é semelhante a usar pulverizador autopropelido ou rebocado, mas pode ser feito com ou sem assistência de controladores, antes de tudo é feita uma avaliação de metas e estágios culturais, Em seguida, define-se qual ponta será utilizada com base no formato do jato e vazão suficiente. Depois o preparo da calda é realizado da mesma forma, respeitando a ordem e adiciona-se o produto ao tanque de acordo com a receita do produto e conforme mencionado concentração.

Apesar das vantagens citadas no tópico anterior, existe alguns gargalos como: não se existe protocolos corretos para aplicação com as RPA´s, já que quando se deseja realizar qualquer aplicação de um produto fitossanitário, deve-se sempre consultar a bula do mesmo para se averiguar se aquele produto é recomendado para aquele tipo de aplicação. Esse equipamento possui limitações quanto ao seu baixo rendimento operacional de cobertura entre 3 a 4 hectares por hora, além da necessidade de mão de obra especializada para se aplicar o mesmo (LUCHETTI, 2019).

Conforme complementa Jobim (2017) as boas práticas agrícolas, quando bem feitas, permitem a aplicabilidade de pulverizações para que possam ser qualidade. A escolha correta da tecnologia é a principal ação das boas práticas, porque escolhendo o pulverizador certo para cada aplicação, é possível evitar diversos problemas.

Vários modelos de drones de pulverização já estão disponíveis mercado, então existem principalmente: DJI Agras MG-1; Pelican drone; JT pulverizador 15-608; AGL-20; e ElevaSpray 150. Seu preço varia de acordo com suas especificações, A capacidade de realizar ações automatizadas deve ser verificada; a existência de software já embutido no sistema; tempo de voo autônomo; número de bicos; e a capacidade do tanque de combustível. (Tabela 1)





Drone	Capacidade	Preço
<p>DJI Agras MG-1</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Rendimento 3 a 4 ha/h; • Reservatório 10 kg; • Capacidade de voo 10 min; • Velocidade de até 30 km/h; • 4 bicos de pulverização; • Modo Smart ou Manual; e • Ajusto automático da pressão de acordo com a velocidade. 	R\$ 107.000,00
<p>Pelicano</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Rendimento 5 a 10 ha/dia; • Reservatório 10 kg; • Capacidade de voo 15 min; • 6 bicos de pulverização; • Velocidade de até 54 km/h; • Faixa de aplicação de 4 a 5 metros; • Missão de voo totalmente automatizada. 	R\$ 65.000,00
<p>JT Sprayer 15-608</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Rendimento 5 a 10 ha/dia; • Reservatório 15 kg; • Capacidade de voo 15 min; • 6 bicos de pulverização; • Velocidade de até 30 km/h; e • Faixa de aplicação de 5 metros. 	R\$ 38.000,00
<p>AGL-20</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Rendimento 4,5 ha/h; • Reservatório 20 kg; • Capacidade de voo 15 min; • 5 bicos de pulverização; • Velocidade de até 36 km/h; e • Faixa de aplicação de 3 metros 	R\$ 123.000,00

Tabela 1 - lista os dados dos principais drones disponíveis no mercado

Fonte : Bernardo et al., 2019.

METODOLOGIA

O experimento foi instalado no primeiro semestre do ano de 2022 em condições de campo. Localizada na estação no projeto do Prata, na cidade de Porto Nacional (10°26'24"S 48°20'23"O).

Estudo foi abordado de maneira qualitativa. Os dados foram tabulados em tabelas de acordo com os objetivos específicos e os tratamentos analisados .

Foi usado o produto Diquat, sendo pulverizado sobre uma área de 920m², que possuía *Brachiaria Brizantha* cv. Marandu implantado. Os tratamentos foram de 2 tipos de bicos pulverizador (original e antideriva) (figura 1). E 2 velocidades de voo (14 e 19km/h) com 4 repetições, totalizando assim um delineamento de 2x2x4, totalizando 16 parcelas experimentais. O voo foi realizado em uma altura de 3,10m. Com o veículo aéreo não tripulado DJI AGRAS T20. Figura 1.

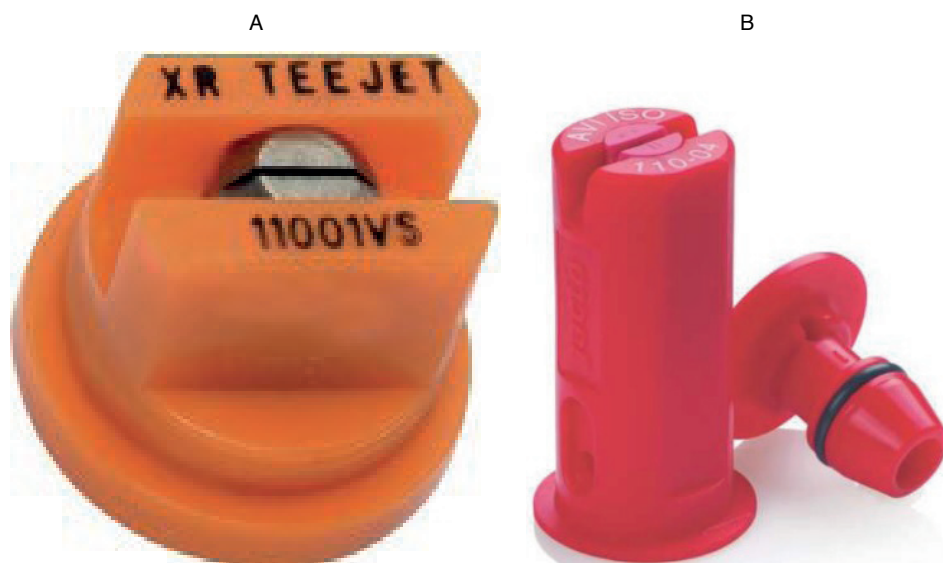


Figura 1- A- Bico original; 1B – Bico Antideriva

Fonte: Jacto, 2021; Steren, 2022



Figura 2 – DJI Agras T20 no voo do experimento

Foi medido distribuído em papel hidrossensível sob a área experimental nas folhas da planta que estava presente, com ajuda do grampeador (figura 3).



Figura 3- Colocação dos papéis hidrossensíveis sobre a folha da planta.

Foi realizado o procedimento anterior citado de voo, após isso os papéis foram retirados da área e foi analisado no aplicativo gotas o número de gotas (N.G.), densidade de gotas (D.G.), cobertura (Cob.). figura 4.

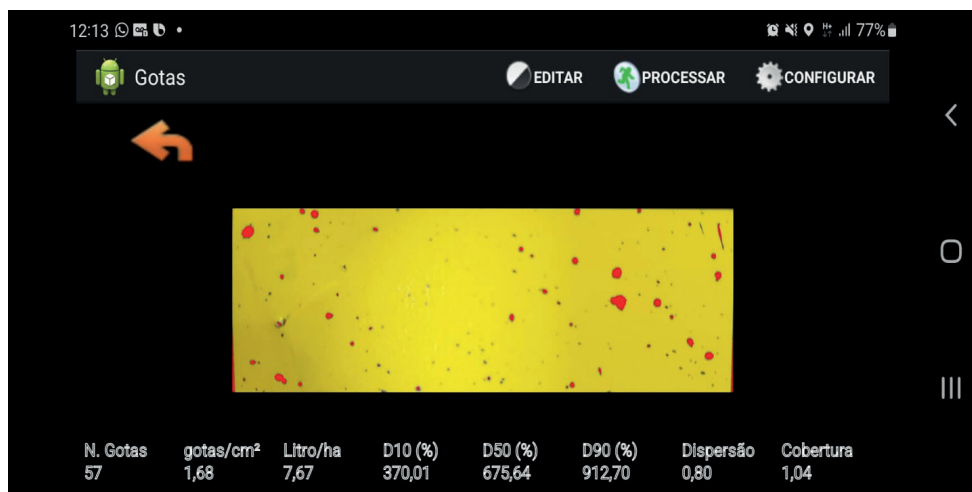


Figura 4- Interface do aplicativo gotas

Fonte: gotasapp, 2022.

Os demais parâmetros avaliativos de gura de faixa (l.f.), dispersão (disp.), (nf), taxa de aplicação (t.a.) foram expressos pelo próprio aplicativo do veículo aéreo não tripulado – dji fly more.

Os dados coletados foram submetidos a análise de variância e teste de f e as médias comparadas pelo teste de tukey a nível de 5% de probabilidade. os dados foram analisados em parcelas subdivididas, submetidos à análise de variância, e de regressão de 5%, utilizando-se o programa sisvar - a computer statistical analysis system.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise de variância (Tabela 2) expressa a variação ao nível de 1% avaliação de distribuição volumétrica de gotas com diferentes tipos de pontas de pulverização aeronaves remotamente pilotadas.

CAUSAS DE VARIACÃO	QUADRO DE ANÁLISE					
	L.F. (m)	N.G. (un)	D.G.(gotas. cm ²)	Disp. (m)	Cob. (m)	T.A. (l.ha ⁻¹)
Fc	0,0064**	0,0142*	0,042*	0,752 ^{ns}	0,5708 ^{ns}	0,635 ^{ns}
Média	5,40	51,90	61,64	30,50	62,08	66,91
CV (%)	1,25	41,00	2,79	0,85	0,51	3,54

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) e ns não significativo ($p \geq 0,05$), respectivamente, pelo teste F.

Tabela 2- Resumo da análise de variância para largura de faixa (L.F.), número de gotas (N.G.), densidade de gotas (D.G.), dispersão (Disp.), cobertura (Cob.), (NF), taxa de aplicação (T.A.) com diferentes tipos de pontas de pulverização aeronaves remotamente pilotadas.

É possível observar que os parâmetros avaliados LF apresentou diferença estatística a nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) entre os tratamentos analisados, já o parâmetro DG e N.G. para os tratamentos analisados apresentou diferença estatística a nível de entre 1 e 5% ($0,01 \leq p < 0,05$), e por último os demais tratamentos, Disp, Cob., T.A., não foi significativo a nível de 5% ($p \geq 0,05$).

O teste de médias dos parâmetros avaliados da distribuição volumétrica de gotas com diferentes tipos de pontas de pulverização aeronaves remotamente pilotadas estão expressos na tabela 3.

Tratamentos (bico: velocidade)	L.F. (m)	N.G. (un)	D.G (gotas.cm ⁻²)	Cob. (m)	T.A. (l.ha ⁻¹)	
T1 – original: 14	5,29b	27,25b	1,17b	0,87a	0,49a	3,92a
T2 – original: 19	5,16b	50,5a	3,29a	0,77a	0,70a	4,58a
T3 – Anti-deriva: 14	5,48a	59,0a	4,68a	0,96a	0,40a	2,43a
T4 – Antideriva: 19	5,48a	27,2b	2,02b	0,82a	0,45a	3,26a

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste deTukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 3 - Comparação estatística das para largura de faixa (L.F.), número de gotas (N.G.), densidade de gotas (D.G.), dispersão (Disp.), cobertura (Cob.), (NF), taxa de aplicação (T.A.) com diferente tipos de pontas de pulverização aeronaves remotamente pilotadas.

Para L.F. houve diferença estatística entre os tratamentos levantados, sendo que os tratamentos T3 e T4 foi superior aos tratamentos T1 e T2. Portanto é possível concluir que o bico antiderivação pode levar a uma maior faixa de aplicação. Fritz et al. (2019), relatam que quanto maior a envergadura da barra de pulverização em relação a aeronave, mais larga poderá ser a faixa de deposição efetiva, e quanto mais próxima a barra do final da asa, mais facilmente as gotas pulverizadas são arrastadas nos vórtices da ponta da asa, além do tipo de bico usado.

Em N.G. e D.G. houve um comportamento parecido nos tratamentos, onde o T2 e T3 foi superior aos demais tratamentos, isso pode sugerir que o bico original a uma velocidade de 19km/h e o bico anti-deriva a velocidade de aplicação de 14 km/h pode ser o mais adequado quando se busca melhor densidade de gotas e aplicação de produtos de contato que requer maior densidade. Mota (2021) descreve que os produtos de contatos, como inseticidas, requerem que o inseto entre em contato com o produto, por isso uma maior quantidade de gotas e maior densidade leva a uma maior eficiência de aplicação, já que no percurso da praga a chance de encontrar o produto é maior. a pulverização de agrotóxico, a densidade de gotas a serem depositadas no alvo, depende do produto a ser aplicado e ao alvo a ser atingido. Para alterar a densidade de gotas, deve-se ajustar o espectro de gotas e/ou volume de pulverização. Para um determinado volume de pulverização, Viera et al. (2019) relatam que o aumento do DMV está inversamente relacionado com o aumento da densidade de gotas no alvo. Nas condições avaliadas, observou-se que a densidade de gotas variou entre 0,9 e 20,9 gotas cm⁻². Houve variações na densidade de gotas de acordo com a altura de voo. Nas alturas de voo de 2 e 3 m, a variação ocorreu de forma aleatória. Andrade et al. (2018), avaliaram a aplicação de agrotóxicos por meio de RPA e também constataram variações na densidade de gotas de acordo com a altura de voo e tipo de ponta hidráulica. Wen et al. (2018) relatam em seu trabalho variações na densidade de gotas pulverizadas e relatam que pode ser causado pela velocidade do vento natural durante o experimento.

O parâmetro de Disp., ao contrário do encontrado aqui Silva (2020), objetivando comparar pontas de pulverização com deriva simulada, encontrou diferença estatística, sendo uma dispersão menor encontrada quando comparado aos bicos tradicionais. A Jacto (2021) afirma que os bicos antiderivas possuem aplicações mais precisas que conseguem aumentar a resistência da gota pelo vento, devido ao sistema de indução pelo ar que também evita aplicações e regula a dispersão de acordo com a velocidade do vento. Os valores encontrados aqui são inferior ao encontrado por Silva (2020) que obteve médias de dispersão de 1,96.

Por fim o sucesso de uma aplicação está relacionado à eficácia da aplicação e é influenciada pela seleção do equipamento, incluindo tipos de aviões, instrumentos e sistemas montados, pontas de pulverização hidráulicas ou atomizadores rotativos, ajuste do volume de calda, parâmetros operacionais (faixa de deposição, altura de voo, velocidade de aplicação e tamanho da barra de pulverização), condições ambientais favoráveis e momento correto da aplicação, devendo sempre levar em consideração as recomendações das boas práticas agrícolas (CARVALHO; CUNHA, 2019; ANTUNIASSI et al., 2017).

Apesar da TA e da Cob. não ter apresentado diferenças estatísticas Carvalho e Cunha, (2019). dentre os aspectos mais importantes da aplicação aérea estão a correta uniformidade, taxa de aplicação, cobertura, a seleção da largura da faixa de deposição, a baixa uniformidade de distribuição da aplicação, a qual pode ocorrer a variação da dose durante a pulverização e a qualidade ser comprometida. Tendo resultados negativos, como o baixo controle fitossanitário e resistência.

CONCLUSÕES

Pode-se concluir que para o bico antideriva apresentou uma melhor largura de faixa que o bico original, independente da velocidade. Também que para o número de gotas e para a densidade de gotas o bico original na maior velocidade testada e o antideriva na menor velocidade, apresenta melhores resultados, indicado assim principalmente para produtos de contato. Não houve efeito das velocidades e bicos testados para cobertura, taxa de aplicação e dispersão, ao contrário da importância descrita e demonstrada em outros trabalhos.

Leva-se a concluir que trabalhos futuros podem testar outros bicos, diferentes velocidades de aplicação, afim de buscar verificar os melhores conjuntos de tecnologias embarcadas e de técnicas de voos. Afim de obter melhores custos-benefícios na tomada de decisão de quais tecnologias adquirir.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a GDM CRIA – Porto Nacional, e todo o seu quadro de funcionários. Ane Gabriele de Oliveira a minha supervisora direto ao Murilo Viotto Del Conte coordenador, Cristian Rafael Brzezinski Gerente, e a Gerarda Beatriz Supervisora por ter disponibilizado a área e os equipamentos necessário para confecção do meu Trabalho de conclusão de Curso, pelo apoio e por dividir suas experiência comigo.

E a minha familiar por todo apoio nesse momento.

REFERÊNCIAS

ADAMIDES, G. Heuristic Evaluation of the User Interface for a SemiAutonomous Agricultural Robot Sprayer. **AGRIS on-line Papers in Economics and Informatics**, Vol. 12, N. 3, p. 3-12, 2020. ISSN 1804-1930. DOI 10.7160/aol.2020.120301

ALFARO, Rui Amaro Ferreira. **Os veículos aéreos não tripulados na PSP: visão estruturante e aplicabilidade operacional**. Tese de Doutorado. 2015.

ANAC, Agência nacional de aviação civil. **Regras de órgãos brasileiros sobre operação de drones**. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/drones/regras-de-todos-os-orgaos-brasileiros-sobre-operacao-de-drones>. Acesso em: 11 mai. 2022.

ANTUNIASI, U. R.; BAILO, F. H. R.; SHARP, T. C. **Agricultura de Precisão**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, Uberlândia, 2007. Anais [...]. Uberlândia: CNPA, 2007.

APROSOJA. **A Soja**. Disponível em: <https://aprosojabrasil.com.br/a-soja/>, 2018. Acesso em: 09 de mai. de 2022.

APROSOJA. **Colheita de soja tem início e produção deve atingir 133,7 milhões de toneladas, 2018**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/3788-colheita-de-soja-tem-inicio-e-producao-deve-atingir-133-7-milhoes-de-toneladas>. Acesso em: 08 de out. de 2021.

ARARIPE, P.; OLIVEIRA, L. A. **Klefdmanngroup**, 2013. Disponível em: . Acesso em: 05 nov 2021.

BARROS, M. M.; VOLPATO, C. E. S.; SILVA, F. C.; PALMA, M. A. Z.; SPAGNOLO R. T. **Avaliação de um sistema de aplicação de fertilizantes a taxa variável adaptado à cultura cafeeira**. 2014. 16 f.

BERNARDI, A. C. C.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (editores técnicos). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014.

BUCK, Guilherme. **Agricultura de precisão, agricultura 4.0 e agricultura digital: é a mesma coisa?** Disponível em: <https://blog.climatefieldview.com.br/agricultura-de-precisao-e-agricultura-digital-4-0-e-a-mesma-coisa>. Acesso em: 27 mai. 2022.

CANAL RURAL. **Soja, veja tudo o que você precisa saber sobre a produção no Brasil**. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/agronegocio/soja/>. Acesso em 07 de mai. de 2022.

CASALI, André Luis et al. **Caracterização, avaliação e classificação dos pulverizadores autopropelidos produzidos no Brasil**. 2015. 125 f. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria. 2015

CEPEA. **Agronegócio brasileiro: importância e complexidade do setor**. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/opiniao-cepea/agronegocio-brasileiro-importancia-e-complexidade-do-setor.aspx>. Acesso em 07 de jun. de 2022.

CHIARELLO, Cássia Gilmar Fraga et al. **Regulação dos veículos aéreos não tripulados para agricultura no Brasil: das competências normativas**. 2017.

CLERCQ, M.; VATS, A.; BIEL, A. **Agriculture 4.0: the future of farming technology, 2018**. <https://www.oliverwyman.com/our-expertise/insights/2018/feb/agriculture-4-0--the-future-of-farming-technology.html>. Acesso em 26 de set. de 2021

CLIMATE FIELD VIEW. **Plantio em taxa variável: é uma boa estratégia**, 2020. Disponível em: <https://blog.climatefieldview.com.br/plantio-em-taxa-variavel-e-uma-boa-estrategia>. Acesso em 09 de out. de 2021.

CNA BRASIL. **Agricultura de precisão**. Disponível em: <https://www.cnabrasil.org.br/projetos-e-programas/agricultura-de-precisao>. Acesso em: 13 de nov. de 2021.

CONAB. **Soja em números (safra 2020/21)**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em 18 de nov. de 2021.

CORTEVA AGRISCIENCE. **Drones para a aplicação de defensivos agrícolas**. Disponível em: <https://www.corteva.com.br/boas-praticas-agricolas/blog/Drones-para-a-aplicacao-de-defensivos-agricolas.html>. Acesso em 08 de nov. de 2021.

de aeronave remotamente pilotada nas aulas práticas de estudo do relevo e de impactos ambientais.

ECYCLE. **Agricultura 4.0: o que é, prós e contras**. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/agricultura-4-0/>. Acesso em: 10 de out. de 2021.

EMBRAPA. **A tecnologia na agricultura**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/30015917/artigo-a-tecnologia-na-agricultura>. Acesso em 10 de nov. de 2021.

EMBRAPA. Trajetória da agricultura brasileira - Portal Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/visao/trajetoria-da-agricultura-brasileira>. Acesso em 10 de out. de 2021.

FOWLER. Mapas de produtividade: entenda essa parte da agricultura de precisão. Disponível em: <https://tecnologianocampo.com.br/mapas-de-produtividade/>. Acesso: 01 de nov. de 2021.

GEBHARDT, M.R. et al. Automatic sprayer control system. Transactions of ASAE, v.17, n.6, p.1043-1047, 1974.

JOBIM, Lucas dos Santos et al. Avaliação de diferentes técnicas de pulverização com base em agricultura de precisão. 2017.

JORGE, LA de C.; INAMASU, Ricardo Y. Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) em agricultura de precisão. Embrapa Instrumentação-Capítulo em livro científico (ALICE), 2014.

JUNIOR, E. B.; FERREIRA, M. C.; LEITE, G. J. Avaliação da pulverização de calda herbicida em cana soca por meio de diferentes equipamentos, declives e horários de aplicação. Conbraf - Congresso Brasileiro de Fitossanidade, UNESP. Jaboticabal. 2013.

KARTAL, S. et al. Segmentation of Bean-Plants Using Clustering Algorithms. **AGRIS on-line Papers in Economics and Informatics**, Vol. 12, No. 3, pp. 36-43, 2020. ISSN 1804-1930. DOI 10.7160/aol.2020.120304.

LOPES, Alfredo; GUILHERME, Luiz. Fertilidade do solo e produtividade agrícola.

LUCHETTI, Alexandre. Utilização de drones na agricultura: impactos no setor sucroalcooleiro.

MALDANER, Leonardo; WEI, Marcelo; MOLIN, José. Boletim Técnico. 4. São Paulo, jan 2019.

MORAES, R. M. Soja Como Alimento Funcional. Agrolink, 2006. Disponível em: . Acesso em: 04 mai 2022.

NACHILUK K.; OLIVEIRA, M. D. M.; CUSTO DE PRODUÇÃO: UMA IMPORTANTE FERRAMENTA GERENCIAL NA AGROPECUARIA. Análises e indicadores do agronegócio, V. 7, N. 5, maio.2012.

PASSOS, Adriano Gonçalves dos; CAVALCANTI, Lucas Biazon; OLIVEIRA, Rafael Sato de. Projeto

PEROSA, Gleyson Cortez. A Eletrônica na Agricultura. 2000. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade de Marília, Marília, SP, 2000.

PIX FORCE. Tecnologia agrícola: a importância e principais inovações, 2018. Disponível em: <https://pixforce.com.br/tecnologia-agricola/>. Acesso em 09 de mai. de 2022.

PONTELLI, C.; Ferramentas podem aumentar a produtividade e reduzir custos. Agroanalysis abril, (2018).

Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico (EDUCITEC), v. 4, n. 08, 2018.

SEDIYAMA, T. Tecnologias de produção e usos da soja. Londrina, PR: Mecenas, v.1, p. 314. 2009.

SENAR. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural de Goiás - SENAR/AR-G, 2015. Curso Agricultura de Precisão na Semeadura. Goiânia, Goiás, p.25. 2015

SILVA, J. M. AGUIAR, A. V.; RAMOS, K. S.; ZUCOLOTO, M.; LIMA, J. S. de S.; Variabilidade Espacial da Produtividade da Soja Sob Dois Sistemas de Cultivo no Cerrado. *Revista Engenharia Ambiental*, v. 6, n. 2, p. 397-409, 2009.

SILVA, José Roselito Carmelo; DE ARAÚJO, Charles Silva; REBOUÇAS, Darler Júnior Pereira. O uso

SILVA, M. S. NAVES, M. M. V.; OLIVEIRA, R. B. de.; LEITE, O. de S. M.; Composição química e Valor Proteico do Resíduo de Soja em Relação aos Grãos de Soja. Avaliação química e biológica do resíduo de soja, Campinas - SP, 2006.

STAFFORD, J.V. Implementing precision agriculture in the 21st century. *Journal of Ag°* GRISSE, R. et al. Precision farming: a comprehensive approach. Blacksburg: Virginia Tech, 2009. (Virginia Cooperative Extension). *gricultural Engineering Research*, v.76, p.267-275, 2000.

TEIXEIRA, J.; Modernização da agricultura no Brasil. Impactos econômicos, sociais e ambientais. Três Lagos, MS, p. 25.

TEOFILO, Danilo. Tecnologia embargada em máquinas agrícolas. 2019. 14 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia). Universidade Federal do Ceará, Ceará, CE, 2019.

VIEIRA, R. R. Tempo de resposta de um controlador eletrônico em sistemas de aplicação a taxas variáveis em pulverizadores agrícolas. 2013. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo (Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”). Piracicaba, 2013.

WANG, Xiaqing *et al.* Dynamic plant height QTL revealed in maize through remote sensing phenotyping using a high-throughput unmanned aerial vehicle (UAV). **Scientific Reports**, [S.L.], v. 9, n. 1, p. 34-58, 5 mar. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-019-39448-z>.

ZHANG, Jinshui *et al.* Estimating plant distance in maize using Unmanned Aerial Vehicle (UAV). **PLoS One**, [s. l.], p. 1-22, 20 abr. 2018.